

ACC 倶楽部 技術委員会
特別研究会

FRP 材を使用したコンクリート部材の 耐久性の調査・検討

報 告 書

2000 年 3 月

A C C 倶 楽 部

はじめに

現在，産業界においては，さまざまな分野で高機能を持った製品が求められている昨今です．このことは建設分野においても例外ではなく，技術革新にともない，多様化してきている社会ニーズに合致する新素材の活用注目注がれております．

この様な背景下において，ＡＣＣ倶楽部では，炭素繊維，アラミド繊維，ガラス繊維などの各種新素材複合材料の建設分野への多岐にわたる利用推進とその技術の普及および発展を目的に８つの材料部会^{注)}を設置し，対象構造物によりＦＲＰ緊張材・補強材の耐食性，施工性，軽量性，耐久性などがＰＣ鋼材と比較して優れていることを利用し，ＦＲＰ材の適用範囲の拡大を図ってきましたが，構造物のさらなる長寿命化を図るうえで，これらＦＲＰ材を使用したコンクリート部材の耐久性に関する技術を把握することが極めて重要となります．

以上より，ＦＲＰ材およびこれらを使用したコンクリート部材の耐久性に関する過去のデータ収集および調査・検討と問題点を整理する目的で，平成１０年秋に，ＡＣＣ倶楽部技術委員会に特別研究会として，「ＦＲＰ材を使用したコンクリート部材の耐久性の調査・検討」研究会を立ち上げ，既に発表されているＦＲＰ材料およびＦＲＰ材を用いたコンクリート部材の耐久性に関する国内外，約２３０件の論文をエキスパート情報として，耐化学性，力学特性，耐熱・耐候性などのテーマごとに分類し，各分野における研究の動向および技術レベルと残された課題について解説し，取りまとめを行いました．

また，会員の皆様におかれましては，ＦＲＰ新素材に対する耐久性向上に関し，日々，様々な取り組み・研鑽に努められておられることと思いますが，ここに取りまとめたエキスパート情報が大いに活用され，ＦＲＰの耐久性に関する研究開発とさらなるＦＲＰ材の市場普及への一助となることを願うものであります．

なお，本調査を行なうにあたっては，既に実施された下記の調査資料も参考とさせていただいたことを記載して，謝辞とさせていただきます．

「繊維補強コンクリートの耐久性評価手法に係る調査研究報告書」(社)日本建材産業協会
「連続繊維補強材に関する文献のデータベース」 ＡＣＣ研究会

会員各位におかれましては今後ともご意見・ご指導を賜りたくお願い申し上げます．

注) 平成１１年１０月アラブリ部会の解散により現在は７材料部会

平成１２年３月

ＡＣＣ倶楽部 技術委員会

「ＦＲＰ材を使用したコンクリート部材の耐久性の調査・検討」研究会

研究会長 久野 公徳

A C C 倶楽部 技術委員会
「FRP材を使用したコンクリート部材の耐久性の調査・検討」研究会
会員構成

会 長

久野 公德 (株)ピー・エス

副会長

古市 耕輔 鹿島建設(株) (アラブ°リ部会)

会 員

織田 一郎	鹿島建設(株) (NACC ストラント°部会)
北川 洋一	新日本製鉄(株) (NACC ストラント°部会)
古賀政二郎	(株)大林組 (リト°ライン部会)
小林 紀行	帝人(株) (テクノ°ラ部会)
金野 智広	旭硝子マテックス(株) (ネマック部会)
白濱 昭二	神鋼鋼線工業(株) (FiBRA 部会)
中井 裕司	住友建設(株) (テクノ°ラ部会)
中村 俊明	東京製綱(株) (CFCC 部会)
細谷 学	大成建設(株) (CFCC 部会)
松野 繁宏	宇部日東化成(株) (コンボ°-ス°部会)
湊 康裕	西松建設(株) (コンボ°-ス°部会)
村上かおり	清水建設(株) (ネマック部会)
谷木 謙介	三菱化学産資(株) (リト°ライン部会)
渡部 寛文	川田建設(株) (FiBRA 部会)

元会員

伊藤 忠彦	西松建設(株) (コンボ°-ス°部会)
松岡 寛	日東シンコー(株) (アラブ°リ部会)

運営・統括(技術委員会 委員長)

鈴木 義晃 (株)ピー・エス

目 次

第 1 章 FRP 材の耐久性に関する研究概要

1.1 まえがき	1
1.2 分類	3
1.3 研究動向・概説	4
(A)化学的耐久性	4
A - 1 耐セメント・耐アルカリ性	4
A - 2 耐水・耐塩水性	6
A - 3 耐薬品性	7
A - 4 その他	8
(B)力学的耐久性	9
B - 1 動的疲労	9
B - 2 リラクセーション・クリープ	11
B - 3 長期試験	14
B - 4 その他	16
(C)熱力学的耐久性	20
C - 1 耐熱性	20
C - 2 耐候性	22
C - 3 耐凍結性	25
C - 4 耐火性	26
C - 5 その他	28
1.4 調査のまとめと今後の課題	29

第 2 章 文献抄録

2.1 まえがき(構成, 使用方法, など)	33
2.2 文献一覧(抄録対応表)	35
2.3 抄録	53
2.4 付録 CD の使用方法	312

第1章 FRP材の耐久性に関する研究概要

1.1 まえがき

(1)研究目的

平成 3 年 11 月に A C C 倶楽部が設立されて以来，炭素繊維，アラミド繊維，ガラス繊維などの F R P 材を用いたコンクリート構造物の実績は着実に増加し，1999 年には約 150 件に達している．この間，F R P 材の物理的性質および耐久性，また実構造物への応用技術に関して，さまざまな研究開発が行われ，成果を上げており，F R P 材が建設材料として社会的に高く認められてきている．

今後，このような F R P 材がさらに発展していくためのキーワードとして，「耐久性」が考えられる．F R P 材は耐久性に優れているというのが主な特長のひとつである．おりしも時代は，「建設」から「維持補修」へと移行しつつあり，ライフサイクルコストや環境への影響が重視され始めており，F R P 材が大きく発展する可能性を秘めている．しかし，F R P 材がこのような点で有利な材料であることを認知してもらうには，耐久性に対する確かなデータを提示する必要がある．F R P 材の耐久性については，各製造メーカーが責任をもって研究しており，これまでの実績に問題は生じていない．しかし，統一された耐久性の試験方法はまだ確立されておらず，これまでは各メーカーが独自の方法で試験し，独自の判断基準で責任を負っており，A C C 倶楽部として取りまとめたデータや統一した見解がないのが現状である．

そこで，各種環境条件下における F R P 材を使用したコンクリート部材において，F R P 材の多方面にわたる使用優位性を明確にして需要の拡大を図ることを目的として，平成 10 年 9 月に A C C 倶楽部技術委員会の傘下に本研究会が設立された．

本研究会における調査・検討の内容は，現在までの耐久性に関する国内外の文献収集を行い，耐久性に関する問題点と課題を抽出したエキスパート情報としてまとめることである．

(2)調査範囲

本研究会で調査を行った文献は、以下の通りである。

- ・ 日本建築学会関連（1987～1998 年）
 - 日本建築学会大会学術講演概要集
 - 日本建築学会論文集
- ・ 土木学会関連（1989～1998 年）
 - 土木学会年次学術講演会講演概要集
 - 土木学会論文集
- ・ 日本コンクリート工学協会関連（1987～1998 年）
 - コンクリート工学年次論文報告集
 - Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the 1st,2nd,3rd International Symposium
- ・ 日本材料学会関連（1994～1998 年）
 - 工業材料
 - 材料
 - 機能材料
- ・ 日本複合材料学会関連（1994～1999 年）
 - 日本複合材料学会誌
- ・ A C I（The American Concrete Institute）関連（1993～1998 年）
 - ACI Journal (Structural, Materials)
 - ACI International Symposium

1.2 分類

収集した研究文献を大きく化学的耐久性，力学的耐久性，熱力学的耐久性の3つに分類し，さらにそれぞれを細分化して，下記に示すテーマごとに整理して，動向の調査を行った．

[化学的耐久性]

- A - 1 耐セメント・耐アルカリ性
- A - 2 耐水・耐塩水性
- A - 3 耐薬品性
- A - 4 その他

[力学的耐久性]

- B - 1 動的疲労
- B - 2 リラクセーション・クリープ
- B - 3 長期試験
- B - 4 その他

[熱力学的耐久性]

- C - 1 耐熱性
- C - 2 耐候性
- C - 3 耐凍結性
- C - 4 耐火性
- C - 5 その他

1.3 研究動向・概説

[化学的耐久性]

A - 1 耐セメント・耐アルカリ性

(1) 研究の動向

耐セメント・耐アルカリ性に関する文献は、20 件であった。部材の種類としては単体が最も多く、16 件であり、その中には、RC と併記されているもの[\[A1-5\]](#) [\[A1-16\]](#) が 2 件あった。単独で単体以外の部材の種類としては、PC[\[A1-19\]](#) と RC[\[A1-18\]](#) が各 1 件のみであった。

形状としては表 1 に示すように、異型ロッドタイプが 20 件と群を抜いて最も多く、次いで組紐タイプが 6 件、ロッド、ストランド、格子タイプが各 3~4 件である。矩形タイプに関するものは、1 件も無かった。

表 1 形状別分類

	ロッド	異型ロッド	ストランド	組紐	格子	矩形
	(R)	(D)	(S)	(B)	(L)	(P)
炭素	1	6	3	2		
アラミド	1	3		4		
ガラス	1	9			3	
アラミド・ガラスハイブリッド	1	1				
玄武岩ファイバー		1				
計	4	20	3	6	3	0

炭素に関しては、異型が 6 件と最も多く、次いで、ストランド、組紐の各タイプの順であり、比較的形状の偏りは無かった。アラミドは、組紐と異型ロッドの各タイプがそれぞれ 4 件、3 件であった。また、ガラスは異型タイプが 9 件であり、これらの素材に関しては、使用された形状が偏る傾向が見られた。また、ビニロンに関する文献[\[A1-11\]](#) も 1 件あったが、これは短繊維を対象としたものであり、表 1 中にはカウントしていない。

採り上げられている素材としては、表 2 に示すように、炭素が 9 件、アラミドが 7 件、ガラスが 12 件およびビニロンが 1 件であった。また、特殊な材料として、ガラス繊維を主体としたアラミド繊維とのハイブリッド FRP (AGFRP) に関するものが 2 件[\[A1-10\]](#) [\[A1-15\]](#)、玄武岩ファイバーFRP[\[A1-6\]](#) が 1 件あった。なお、表 2 では、1 件の文献で同じ素材が異なる形状で取り上げられている場合でも 1 件の素材として数えている。

ガラスに関する文献が 12 件と最も多いのは、耐セメント・耐アルカリ性に関する問題を重視する傾向があるためであると考えられる。さらに、ガラスのみに関する文献が 6 件と多いことや、アラミド・ガラスハイブリッドに関する文献が 2 件あることも、それを裏付けている。また、短繊維のビニロンのみを取り上げた文献[\[A1-11\]](#) が 1 件あったが、これは、ビニロンを使用した製品の PR 的要素の強いものであった。

炭素，アラミドに関しては，単独で取り上げている文献はアラミドの 2 件[\[A1-1\]](#) [\[A1-19\]](#)のみであり，それ以外は他の素材との比較という位置付けである場合が多い．したがって，これらの 2 種類の素材は，ガラスやビニロンに比べて耐セメント・耐アルカリ性に関する注目度は低いようである．

表 2 素材別分類

A1-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	計
炭素	○			○				○			○	○				○	○		○	○	9
アラミド	○			○							○	○		○				○	○	○	8
ガラス		○		○	○	○	○	○	○			○			○	○	○		○	○	13
ビニロン			○																	○	2
アラミド・ガラスハイブリッド				○						○											2
玄武岩ファイバー													○								1

(2) 研究内容の概説

アルカリ環境を実現する方法としては，主に，実際のコンクリート中に長期間埋め込む方法と，濃度や温度を上げたアルカリ溶液中に浸漬して促進させる方法の 2 種類に分類できる．評価の方法としては，コンクリート中あるいはアルカリ溶液中から取り出した FRP の引張強度の調査が主である．

コンクリート中から取り出した試験体では，ガラスに関してもほとんど劣化は認められないが，アルカリ溶液中での促進試験では，ガラスの劣化が最も大きい．炭素が最も安定しており，アラミドは炭素に比べてやや劣る傾向がみられた．アラミド・ガラスハイブリッドは，アラミドによるアルカリ環境に対する防護効果が確認されている．

(文責:白濱)

A - 2 耐水・耐塩水性

(1) 研究の動向

耐水・耐塩水性について収集した文献は3件で、GFRP 引き抜き成型材の水浸劣化試験[\[A2-1\]](#)、AFRP および CFRP プリテンション梁が潮流に晒された場合の長期信頼性[\[A2-3\]](#)、ガラス繊維とビニルエステル樹脂を用いたシートの水浸暴露試験[\[A2-2\]](#)が報告されている。これらの研究では、水浸の影響とともに、温度、熱による影響についても併せて行われている。

(2) 研究内容の概説

各種複合材料について、水中暴露試験および潮流試験等が行われており、材料によってその内容は異なるものの、試験後各種強度が低下していることが報告されている。また、水温が高いほどその傾向が大きく、一方、浸水により低下した強度も乾燥によって初期値に戻るというケースも報告されている。

(文責:村上)

A - 3 耐薬品性

(1) 研究の動向

対象文献数は 8 件であった .

耐薬品性の評価方法として , 評価材を各種薬品に浸漬し ,

- ・ 重量変化
- ・ 引張強度の変化
- ・ 曲げ強度の変化
- ・ 曲げ弾性率の変化等

の経時変化の測定が一般的に行われている .

(2) 研究内容の概説

1) 複合材の機械物性

FRP の重量 , 引張強度 , 曲げ強度 , 曲げ弾性率の薬品による経時変化の結果がつぎのように示されている .

対象文献中の最大浸漬時間(浸漬時間 1 年)

松林らは , FRP 浄化槽の土中耐久性評価を目的に試験を実施 .

pH13 ,10(NaOH 水溶液で pH 調整) , pH 4(HCL 水溶液)及び界面活性剤を添加し 50% に希釈した灯油を用いて人工的に浸漬する土壌を作成し試験を行った .

浸漬期間は 1 年とし , 外観・バール硬さ・曲げ強さ・曲げ弾性率の変化を測定したが , 顕著な変化は見られなかった[\[A3-4\]](#) .

浸漬液が有機溶剤の例

岡本らは , アラミド繊維による紐状棒材の研究で , 水溶液以外に有機溶剤を用いて試験を実施 .

トルエン・トリクレン・ジメチルホルムアルデヒド・灯油の各溶剤に 30 日間浸漬後 , 引張試験を実施 . 強度保持率 90%以上を確保し , 顕著な差は見られなかった[\[A3-5\]](#) .

2) 破壊機構

川田らは , 酸応力腐食環境下での GFRP 織物積層板の亀裂進展挙動と破壊機構を調査するため , 加重漸減法による応力腐食割れ試験を行い , K_{ISCC} (亀裂進展下応力拡大係数)の定量化と破壊機構の解明を行うと共に , 数値計算モデルを考案し , 亀裂進展速度を推定した[\[A3-3\]](#) .

(文責:北川)

A - 4 その他

(1) 研究の動向

収集した文献では ,GPクロス ,GPマットの応力腐食に及ぼすマトリックス樹脂の影響 , 連続炭素繊維シートとFRP板(炭素 , アミド)の酸性環境下での耐酸性の影響および一方向繊維強化補強材を構成するアラミド繊維(テノラ , ケブラー-K49) , ガラス繊維 , カーボン繊維素材そのものとマトリックス樹脂材の化学的耐久性についての研究が主体となっている .

(2) 研究内容の概説

ここに収集した文献では , 藤井らは , GFRPの応力腐食に及ぼすマトリックス樹脂の影響について検討した結果 , 複合材料の応力腐食割れ抵抗には , マトリックスの最適じん性値が存在し , マトリックス損傷の発生とそのレベルは樹脂のじん性に大きく影響を受ける . また , 疲労損傷は , 酸中環境下において強度低下に大きな影響を与えている[\[A4-1\]](#) .

次に , 酸性環境下での連続繊維シート(炭素繊維シート) , 樹脂 , FRP板のコンクリート補強への適用性の検討にあたり , これらにより補強したコンクリートを10%硫酸水溶液に6ヶ月間浸漬する促進試験での引張 , 曲げ , 微少硬度および中性化深さ試験結果において , 樹脂には劣化が認められたが , 複合構造としてのこれらの補強コンクリートでは顕著な劣化は認められなかったとしている[\[A4-6\]](#) .

また , Antonio NANNIらは , CFRPシートを貼付補強した場合のマトリックス樹脂の劣化とそのメカニズムは , 水泡の発生とはく離現象と言う形態で現れるが , 本文献中の実験では , 炭素繊維材と対面した鉄筋の腐食の促進が認められたものの , マトリックス自体の劣化である水泡の形成およびはく離等の現象は認められなかったと報告している[\[A4-7\]](#) .

さらに , 西村らは , 一方向繊維強化補強材を構成するアラミド繊維(テノラ , ケブラー-K49) , ガラス繊維 , カーボン繊維素材そのものを温度80℃ , 湿度60±2%の高温環境下での耐化学薬品性劣化促進浸漬試験(アルカリ溶液 , 塩酸水溶液および蒸留水)においていずれの繊維素材とも強度低下し , SEM観察結果では , アラミド繊維であるケブラー-K49材およびガラス繊維材で塩酸水溶液浸漬試験において繊維表面の劣化性状が観察されている . また , カーボン繊維素材は , 特に , 塩酸水溶液中に60日間浸漬した場合 , 約37%程度の強度低下が確認されたと報告がなされている[\[A4-8\]](#) . これは , 今後 , 温度等の環境条件の相違による各種繊維の劣化進行の程度を把握し , 使用環境によって何らかの対策の必要性を示唆するものであると考える .

(文責:久野)

[力学的耐久性]

B-1 動的疲労

(1) 研究の動向

連続繊維補強材 (FRP) の疲労特性に関する研究は、実験的なアプローチが多い。実験方法は、FRP の素材としての評価と部材 (ほとんどがはり) としての評価が行われている。

本章は、集計した 52 件の文献を実験方法に従い分類し、FRP 単体 (23 件) と FRP を用いた部材 (29 件) としての疲労特性について概観する。

(2) 研究内容の概説

1) FRP の疲労特性

魚本らは、FRP を構成する繊維の種別をパラメーターとする疲労試験を実施し、用いられる繊維の種類による FRP の引張疲労特性の差異を明らかにしている。200 万回引張疲労強度は、AFRP と CFRP が $90\text{kgf/mm}^2 \sim 100\text{kgf/mm}^2$ 、GFRP が $40\text{kgf/mm}^2 \sim 50\text{kgf/mm}^2$ で、その残留引張強度は、AFRP が 83%、CFRP が 100%、GFRP が 69% であるとしている [B1-7]。さらに、FRP の引張疲労強度は、平均応力が高い場合、引張クリープ破壊の時間の関数に支配される場合があることを指摘している [B1-37]。

特定の FRP 材の引張疲労試験は、[B1-1][B1-8][B1-14][B1-39][B1-41][B1-47]で行われており、実証的な実験の場合と疲労強度式の提案されている場合がある。各研究とも魚本らの研究を補完する意味合いをもっていると考えられる。

FRP の水環境効果について、樹脂系複合材料は、吸水することにより、樹脂が膨潤し、複合材料中の残留応力が変化、また微視き裂や層間剥離が生じる。その結果、繊維 / 樹脂界面が劣化して、複合材の強度およびじん性が大きく影響を受けるので注意を要する [B1-42]。

FRP の末端処理は、FRP を緊張するキー技術である。原田らは、膨張剤を用いた FRP の末端を開発し、その長期安定性および引張疲労特性を研究している。付着定着においては、FRP が末端から多少抜け出すこと、末端内の抜け出しが高い定着効率を生じる原因であることを解析的に明らかにしている [B1-3][B1-33]。

そのほか、引張 - 圧縮疲労試験が [B1-31][B1-43]等で行われており、疲労寿命は、塑性ひずみエネルギーで評価できるとしている。

FRP の引張疲労強度は、既往の鋼材より優れていると考えられる。

2) FRP を用いた部材の疲労特性

実験の対象となっている部材は、すべて単純はりである。用いられたはりの種類は、RC と PC である。RC はりでは、補強を対象として、はり下面に FRP をポリマーモルタルで貼り付けた形式の実験が主に行われている [B1-2][B1-9][B1-15][B1-19][B1-25][B1-29]。PC はりでは、主緊張材に FRP が用いられた実験が多数行われている。また、水環境下におけ

る疲労試験も行われている[\[B1-44\]](#)。

一部では、FRP を用いたはりのせん断疲労耐力に関する実験も行われている[\[B1-34\]](#)。

RC はりの曲げ疲労試験は、1987 年に小沢らにより、立体格子状の FRP を用いて行われており、純曲げ区間とせん断区間でそれぞれ疲労破壊を生じさせ、部材内で FRP の疲労耐力が普通鉄筋より高いことを明らかにしている[\[B1-26\]](#)。

CFRP を主筋に用いたせん断補強筋のない RC はりのせん断疲労耐力は、土木学会式で安全側に評価でき、鉄筋を主筋に AFRP もしくは CFRP をスターラップに用いたはりは、ひずみの増加傾向と斜めひび割れ幅を既往の鉄筋コンクリートはりの研究成果から推定可能としている[\[B1-26\]](#)。

PC はりに対する曲げ疲労試験は、ひび割れ荷重以上の上限荷重を与えて行われている。ほとんどの研究において、FRP を用いたはりの疲労強度は、既往の PC 鋼材を用いたはりよりも高い事を示している[\[B1-11\]](#)[\[B1-13\]](#)[\[B1-18\]](#)[\[B1-23\]](#)。また、水中環境におけるはりの曲げ疲労試験によると、疲労強度は緊張材の種類に依存し、大きい順に CFRP・AFRP・PC 鋼材の順になるとしている[\[B1-44\]](#)。

(文責:中井,古市)

B-2 リラクセーション・クリープ

(1) 研究の動向

1) 収集文献の内訳

リラクセーション・クリープ等を含む連続繊維補強材の長期特性に関する研究文献を収集した。収集文献は全部で 42 件であった。収集文献の内訳を図 1 に示す。

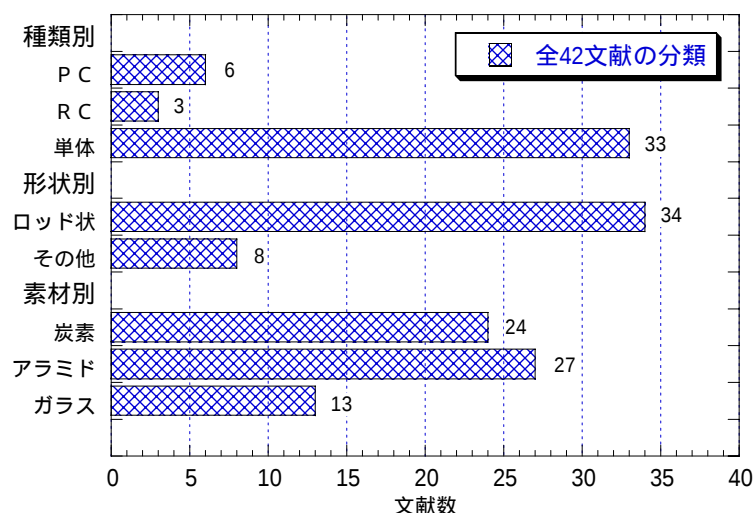


図 1 実験種類別・FRP 形状別・FRP 素材別の分類

図 1 は収集した文献を、実験された部材の種類別、FRP の形状別、FRP 素材別にそれぞれ再分類して、文献数をカウントしたものである。

部材の種類別分類の内訳

実験供試体の種類によって、P C 部材、R C 部材、単体の 3 項目に分類した。本研究分野では、FRP 単体での研究が全体の 79% であり、コンクリート部材としての実験データは比較的少ない結果となった。リラクセーション・クリープが対称分野であるので、P C 部材としての実用的な研究成果の充実が望まれる。

形状別分類の内訳

コンクリート部材用補強材としてロッド状に成型したものと、その他(シート状、板状、筒状など)の 2 項目に分類した。ロッド状を用いた研究が全体の 81% で、ほぼ調査目的に合った文献が収集されている。

素材別分類の内訳

FRP の形状は無視して、素材の材質のみ(炭素繊維・アラミド繊維・ガラス繊維の 3 項目)に注目した分類を行った。一つの文献で複数の素材を扱った文献が多数あるので、これらは重複してカウントした。したがって、3 項目の合計数は全文献数より多くなっている。内訳としては、アラミドが一番多いが、炭素も同程度の研究が行われており、この 2 種類で全体の 80% を占めている。

2) ロッド状 FRP の分類

次に、今回の調査・検討の目的に合致すると思われる上記のロッド状 FRP を用いた研究 34 件に関して、さらに P C 部材、R C 部材、単体ごとに素材別分類を行った結果を図 1-2 に示す。図 2 は、複数の素材を扱った研究を重複してカウントしているため、合計数は 34 件より多くなっている。

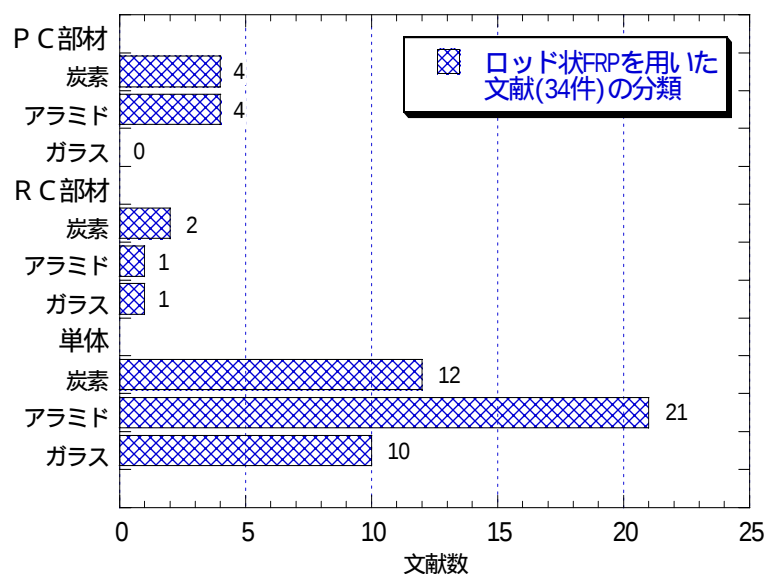


図 2 ロッド状 FRP を用いた P C ・ R C ・ 単体それぞれの素材別分類

P C 部材としては、炭素繊維とアラミド繊維を使用した研究がそれぞれ 4 件であり、ガラス繊維を用いた研究は収集されなかった。R C 部材としての研究は P C 部材のそれよりも少なく、炭素繊維で 2 件、アラミド繊維・ガラス繊維はそれぞれ 1 件であった。ロッド状 FRP に関しても単体として研究されているものが多く、全体の 78% となった。単体の内訳は、アラミド繊維を用いた研究が多く報告されており全体の約 50% を占めている。残りは炭素繊維とガラス繊維を用いた研究で、件数は両者でほぼ等しい。

(2) 研究内容の概説

プレストレストコンクリート構造に連続繊維補強材 (FRP) を使用する場合、リラクセーション率が重要な要因となるため、緊張材として利用可能な CFRP および AFRP 単体の研究が行われている [B2-5][B2-8][B2-10][B2-24][B2-28][B2-33][B2-35]。FRP のリラクセーション率は温度依存性が認められているが、20 ～ 60 程度の範囲内では顕著な差異は無いと報告されている [B2-8][B2-10]。蒸気養生を想定して、CFRP と PC 鋼より線の 80 × 10 時間の温度履歴を受けた場合のリラクセーション率の比較が報告されている [B2-5]。これによると、CFRP の高温リラクセーションは PC 鋼より線と同等または小さいことが示されている。また、CFRP および AFRP の 3000 時間以上の長期リラクセーション試験を行い [B2-28] 土木学会コンクリート標準示方書に示されている 1000 時間までの試験で、100 万時間 (約 114 年) 後のリラクセーション率の設計基準値が設定できることが実証されている。以上まとめると、一般的な環境下で設計耐用年数を 50 年～100 年とした場合、CFRP のリラクセーション率は 3%～4%、AFRP のそれは 18%～19% という結果が得られている。ACC 倶楽部では、「FRP 材を用いた道路橋設計・施工マニュアル (案) (4 訂版)」において、コンクリートの乾燥収縮およびクリープを考慮した見かけのリラクセーション率を、CFRP で 6%、AFRP で 25% という値を提案しているので参照されたい。なお、FRP を用いた実構造物 (PC 橋) における計測結果では、限られた期間ではあるが、FRP の張力変動は小さく安定した挙動を示していると報告されている [B2-16][B2-34]。

FRP は大きな持続応力を長時間作用させた場合、静的耐力以下で破断 (クリープ破壊) することが認められている。静的耐力の約 90% の持続応力を載荷した場合、クリープ破壊までの時間は CFRP、AFRP、GFRP の順に短くなり、破断までの耐力低下は CFRP、AFRP、GFRP の順に大きくなる [B2-3]。また、持続応力比と時間には線形関係が認められ、耐用年数 100 年を考慮したの限界持続応力は、CFRP 93%、AFRP 45%、GFRP 30% と推定している [B2-3][B2-9]。クリープ破壊耐力は各々の研究によってバラツキが見られるが、FRP の種類によらず、クリープ破壊時間と載荷レベルには直線的な関係が認められる [B2-23][B2-27][B2-31][B2-36]。PC 橋梁緊張材を対称とした研究では、クリープ破壊の限界値を、50 年後の 50% 生存値として、CFRP で 79%、AFRP で 66% というデータを報告している [B2-8][B2-10]。一方、CFRP では静的耐力の 75% の持続荷重下においても、クリープひずみは無視できるほど小さいという報告もある [B2-38]。最近では、クリープ破壊モデルの構築を目的とした研究も行われ始めている [B2-7][B2-32]。部材レベルでの報告は極めて少ないが、CFRP および AFRP を用いた PC 部材の長期たわみ性状にクリープの影響を考察した研究 [B2-1][B2-22]、GFRP を用いた RC 部材のクリープたわみに関する研究 [B2-21]、CFRP および AFRP を用いた RC 部材の付着クリープに関する研究 [B2-41] 等が報告されている。

(文責:伊藤,織田,湊)

B - 3 長期試験

(1) 研究の動向

収集した 14 の文献を部材種類別，FRP 形状別，FRP 素材別に分類し，文献数をカウントしたものを図 3 に示す．

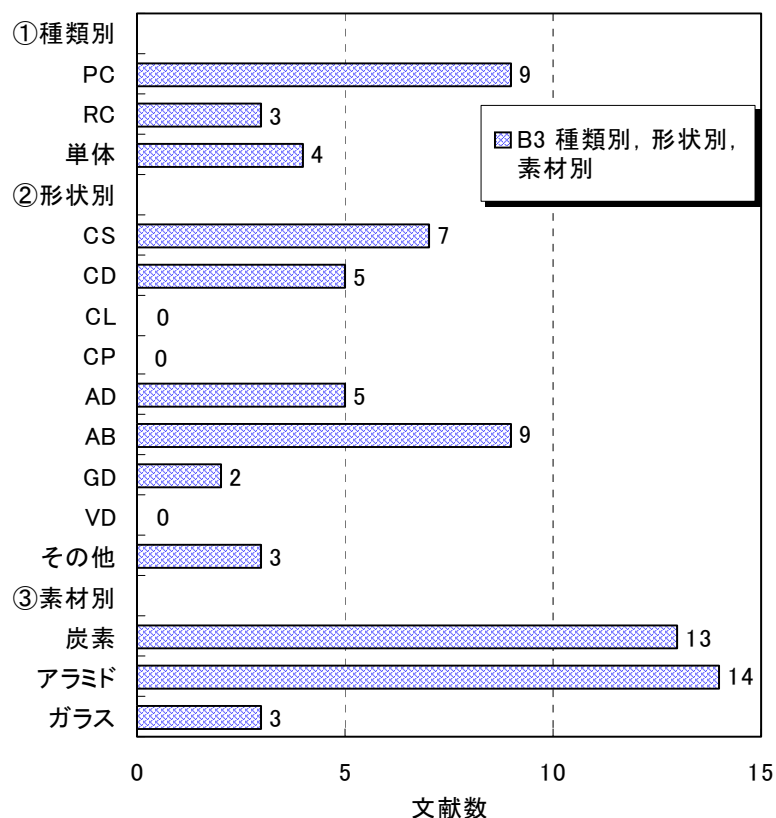


図 3 部材種類別，FRP 形状別，FRP 素材別

1)部材種類別

部材の種類は，PC, RC, 単体に分類した．PC(56%)，RC(19%)，単体(25%)である．

2)FRP 形状別

FRP 形状は素材および形状の記号別に分類した（土木学会基準に準拠する）．

形状は，組紐，より線，ロッドに分けられる．

3)FRP 素材別

FRP 素材は，炭素，アラミド，ガラスに分類した．割合は炭素(42%)，アラミド(48%)，ガラス(10%)である．

4)試験内容

PC，RC は，長期載荷試験が主であり，特に長期たわみ試験，曲げ試験（曲げ破壊試験含む）であった．単体は，クリープ試験（クリープ破壊試験含む），レラクセーション試験，アルカリ暴露試験であった．

(2) 研究内容の概説

各文献におけるポイントを項目ごとに整理する．

1) たわみ：

[\[B3-1\]](#)[\[B3-2\]](#)[\[B3-7\]](#)[\[B3-9\]](#)[\[B3-12\]](#)[\[B3-13\]](#)に長期たわみ（PC, RC）について記されている．
[\[B3-1\]](#)[\[B3-7\]](#)にプレストレス導入によりたわみを抑制できることが記されている．

2) ひびわれ：

[\[B3-3\]](#) にひびわれ(PC)について記されている．
[\[B3-3\]](#) ではひびわれ幅の算出法が記されている．

3) すべり（付着）：

[\[B3-4\]](#)[\[B3-10\]](#)[\[B3-14\]](#)にすべり（付着）について記されている．すべり（付着）は材料により異なるようである．

4) その他：

[\[B3-6\]](#)にアルカリ性高温促進試験（単体）について記されている．結果，リラクセーションおよびクリープ試験は水の影響を受けるが，温度 60℃ までは温度の影響はないことが記されている．[\[B3-8\]](#)に温泉雰囲気における促進試験について記されている．結果，耐食性に関しては鋼材より優れていることが分かった．ただし，熱影響については別途考慮しなければならない．

PC, RC, 単体とも室内における各種長期試験結果は文献として公開されていると思われる．

今後，暴露試験等「環境の変化」と「長期試験」に関する研究結果が必要と思われる．

（文責:古賀,中村）

B - 4 その他

(1) 研究の動向

収集した文献を部材種類別，FRP 形状別，FRP 素材別に分類し，文献数をカウントしたものを図 4～6 に示す．

また，小テーマごとにカウントしたものを図 7 に示す．

1) 部材種類別件数

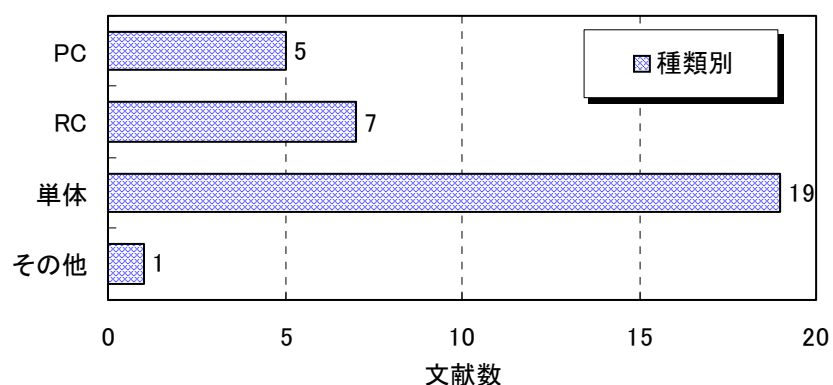


図 4 部材種類別

本項目の部材種類は半数以上が FRP 単体である．これは FRP を構成している繊維とマトリクス樹脂との物理的关系に着目した文献が多いことに由来する．その他の 1 件は繊維強化ガラスの物性に関する試験であり，本来 FRP とは異質なものであるが，参考として本項目に含めることにした．

2) F R P 形状別件数

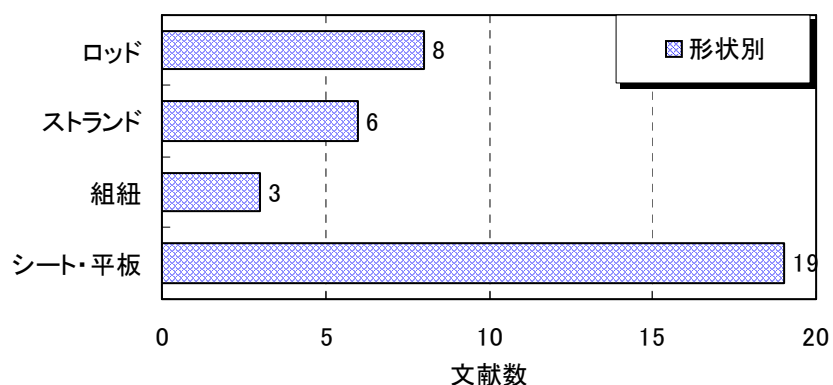


図 5 FRP 形状別

FRP の形状別ではシート・平板状が最も多く、a. の単体の半数以上が平板状である。また、この形状の中にはシートを丸めて円管状にしたもの（1件）や、単繊維の特性について調べたもの（1件）も含まれている。

3) FRP 素材別件数

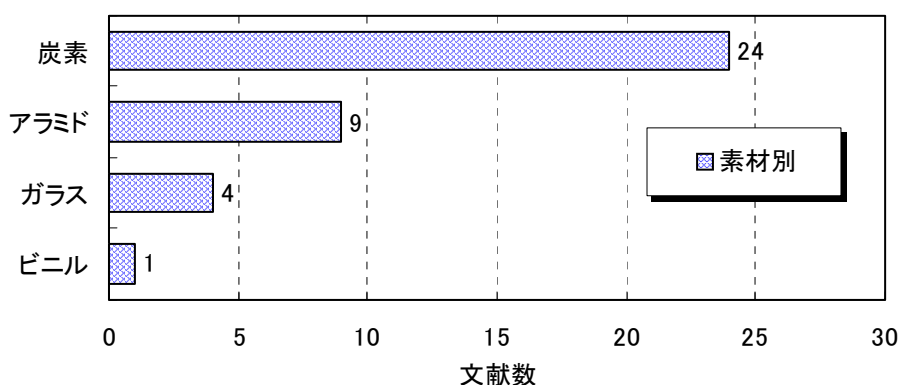


図 6 FRP 素材別

FRP の素材はほとんど炭素繊維である。入手のしやすさ、採用物件数の多さを考えると、当然の結果と言える。

4) テーマ別件数

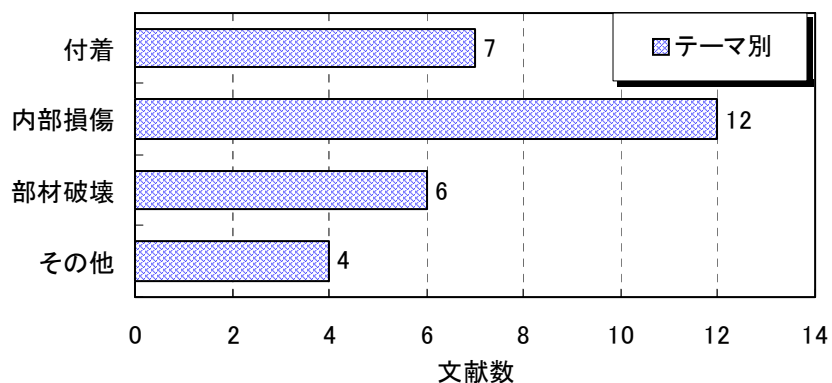


図 7 テーマ別件数

テーマ別では内部損傷、特に積層体の層間はく離に関する文献が多い。次いでコンクリートと FRP の付着を扱ったもの、FRP 単体またはコンクリート部材に発生するひび割れに着目したものが数件ずつある。その他には FRP を用いた人道橋の載荷試験、吸湿による物性変化を調べたもの、単繊維の引張試験などが報告されている。

(2) 研究内容の概説

1) FRPとコンクリートとの付着に関するもの

付着に関する実験は炭素・アラミド・ガラスの各材料に対して行われており、部材形状は円柱や直方体の引抜き[B4-11][B4-16][B4-18][B4-25]のほか、はり型の躯体に FRP を配置したもの[B4-15][B4-21][B4-22]もある。パラメータとしては緊張材の表面形状(ロッド・組紐・ストランド等)、定着長、PC 部材の場合は緊張力などがある。載荷方法は片引き・曲げ引張に分けられ、静的破壊、動的疲労および長期クリープの 3 種類について試験が行われている。

測定方法は緊張材端に変位計を取り付けるのが一般的だが、A E (アコースティック・エミッション) 法による非破壊試験を行った報告もある[B4-21]。

結果はつぎの 4 点にまとめられる。

- ・付着性能は FRP の表面形状や弾性係数に著しく影響を受ける。
- ・付着強度と定着長はほぼ比例関係にある。
- ・プレストレスの導入は付着性能に大きな影響を与える。
- ・A E 法は付着劣化の時空的プロセスを把握するのに有効である。

2) 内部損傷に関するもの

内部損傷に関する論文は、FRP 積層材の層間はく離[B4-4][B4-5][B4-6][B4-7][B4-10][B4-12][B4-13][B4-23][B4-24]と、繊維 - 母材間の界面破壊[B4-6][B4-17][B4-20][B4-26]の 2 種類に分けられる。

素材は 12 文献中 11 件が炭素、残る 1 件はガラスであり、内部損傷に関してアラミドを対象とした報告はない。部材形状はすべて平板またはシートであるが、積層板の場合繊維層に比べて母材樹脂層の強度が著しく低いため、この部分の破壊メカニズムを解明、または補強方法を提案した報告がほとんどである。

載荷方法は軸引張、3 点曲げ、片持ちはりなど静的載荷のほか、繰り返し衝撃による破壊過程を追跡したものもある[B4-10]。

結果はつぎのようにまとめられる。

- ・供試体の支持方法、載荷方法とその速度などの違いはあるが、積層構造の破壊は繊維の方向に大きく依存し、繰り返し載荷ではこの影響がより顕著となる。
- ・荷重負担能力の最も高い繊維方向は 0° (供試体軸に平行) である。
- ・微視的な破壊形態はひずみ速度に依存し、ひずみ速度が小さい場合は母材樹脂、大きい場合は繊維 - 母材樹脂間の破壊が支配的である。

3) 部材破壊に関するもの

部材破壊に関する論文には、FRP を用いた RC・PC はりの各種特性を調べたもの[B4-2][B4-3][B4-14][B4-28]、FRP 単体の平板供試体に発生する亀裂を追跡したもの[B4-8]

[\[B4-9\]](#)[\[B4-30\]](#)がある。

前者はひび割れに着目したり，載荷方法が繰り返し衝撃だったり，通常のはり供試体を用いながら独自の視点で実験を行っている．後者は 2．にまとめた層間はく離などの内部損傷について触れていない文献をまとめた．部材形状や載荷方法などは文献によりまちまちであるが，いずれも FRP の微視的構造における解析の妥当性を検証したものになっている．特に[\[B4-30\]](#)は部材の亀裂進展を光学的手法により観察するユニークな実験を行っている．

4) その他

前記 1)～3)に該当しないものとして，つぎのような文献があった．

- ・炭素ストランドを使用した PC 人道橋の載荷実験[\[B4-1\]](#)
- ・吸湿による CFRP の粘性係数変化[\[B4-19\]](#)
- ・直径変化を伴う炭素単繊維の引張試験[\[B4-27\]](#)
- ・炭素繊維強化ガラスの 4 点曲げ試験[\[B4-29\]](#)

(3) 今後の展望

コンクリートの分野における FRP の利用に際しては，弾性挙動やクリープ特性など，通常の使用範囲における FRP 単体または PC，RC の性質を把握することのほかに，複合体としての特性が維持できる限界点を知ることがより重要になってくる．(2) の 1)，2)にあるような，FRP とコンクリートの付着性能を調べたり，繊維 - 母材樹脂間のはく離に着目した論文が多いのは，FRP を補強筋や緊張材として用いる上での前提条件が整備され，より実構造に近いレベルでの特質の把握が求められていることを示している．また 3)のような切欠きを設けた FRP の引張試験は，取扱いが難しいとされる FRP の損傷に対する鋭敏度を定量化したものと言える

本項目にまとめられた文献より提案された理論が，FRP の持つメリットを最大限に生かし，計画・設計・施工レベルにおける信頼度を向上させるとともに，今後より多様な形式で試験を行うことで，FRP がさらに身近な存在としてコンクリート分野のみならず，広く土木分野で採用されることを期待する．

(文責:渡部,細谷)

[熱力学的耐久性]

C - 1 耐熱性

(1) 研究の動向

連続繊維補強材の耐熱性に関する研究文献としては 24 件が抽出された．それらの内訳を下表に示す．縦軸には部材の種類を，横軸には連続繊維の種類を分類した．なお，件数についてはひとつの文献中に複数の部材種類あるいは連続繊維の種類を扱ったものがあるので合計数は文献数よりも多くなっている．

表 3 耐熱性に関する研究分類

	炭素繊維	アラミド繊維	ガラス繊維	ビニロン繊維	計
FRP	10	5	4		19
RC	8	8	4	1	21
PC	2	1	1		4
計	20	14	9	1	44

1) 部材の種類別分類

試験供試体の種類によって，FRP (単体) , RC 部材，PC 部材の 3 項目に分類した．本研究分野では，FRP 単体での実験及び研究がコンクリート部材としての実験および研究が FRP 単体でのそれよりも多くなっている．このことは，連続繊維補強材の耐熱性に関してはコンクリート部材としての性能についての関心が高いことを示している．

連続繊維補強材単体の耐熱性はマトリックスレジン耐熱性に支配される場合が多いので，必然的に FRP 単体では耐熱性は期待できない場合が多い．ところが，実際の使用状況を考慮するとコンクリートとの複合体として機能することから，コンクリートとの複合体としての耐熱性を研究することのほうが，より現実的であることが示されている．

2) 連続繊維の種類別分類

連続繊維の種類別による分類結果では，炭素繊維 45%，アラミド繊維 32%，ガラス繊維 20%，ビニロン繊維 2%であり，炭素繊維とアラミド繊維で全体の 8 割弱を占めており，両者に対する関心が高いことを示している．

(2) 研究内容の概説

調査した範囲では耐熱性の評価方法は、千差万別で各種の方法が用いられている。FRP 単体の耐熱性の研究例を示す。温度条件としては多くの場合高温下の影響を研究しているが、低温特性に着目した研究も見られる。この例として藤崎らは[\[C1-5\]](#)において 20 ~ -170 の温度範囲での炭素繊維およびガラス繊維とビニルエステル樹脂とのFRPの引張強度を測定している。それによると、いずれのFRPとも20~-60 の範囲では、破断荷重および剛性とも温度による影響が見られなかったこと、さらに低温の場合には破断荷重は増加することを報告している。

高温下の研究例としては、Kumahira らによる 60 ~ 400 の範囲での熱間および加熱後の常温下での引張強度測定が報告されている[\[C1-7\]](#)。それによると加熱温度が 250 以下の場合は、アラミド繊維およびビニルエステルをマトリックスとしたガラス繊維を除いて、熱間での引張強度保持率は約 80%であったこと、ヤング係数の低下は非常に小さいとしている。また、400 まで加熱した場合の引張強度保持率は、マトリックスが有機材料の場合、40 ~ 60%、無機材料の場合は 80%以上と報告している。

(文責:谷木)

C - 2 耐候性

(1) 研究の動向

連続繊維補強材の耐候性（一部，“浸漬試験”等も複合された実験を含む）に関する研究文献 15 件の内訳を図 8～10 に示す．

図 8～10 は，収集した文献を 部材の種類別， FRP 形状別， 素材別にそれぞれ再分類したものである．

1)部材の種類別分類

試験供試体の種類によって，PC 部材，RC 部材，単体の 3 項目に分類した．

本研究分野では，PFR 単体での実験及び研究が全体の 75%を占めており，PC 及び RC のコンクリート部材としての研究データが少ない事が判明した．

基本的に，FRP 素材の耐候性（耐久性）等物性については，まだ，解明されていない部分が多く，素材単体での研究が中心となるのは，ある意味で仕方がない状況と考える．

今後，素材でのデータがある程度蓄積された後，並行して，PC 及び RC 部材での研究が増加する事と期待される．

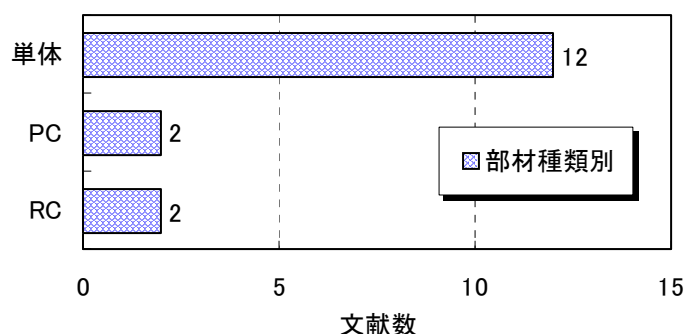


図 8 部材種類別

2)素材別分類

FRP の素材別（ビニロン繊維，ガラス繊維，炭素繊維，アラミド繊維）による分類を実施した．比率としては，上位から炭素繊維 38%，アラミド繊維 30%，ガラス繊維 24%，ビニロン繊維 8%であり，炭素繊維とアラミド繊維で全体の 62%を占めている．

ガラス繊維についても，安価で，物性的に非常に有用である事から，数多くの研究が今でも行われているが，前者よりも強度的に優位で，“最先端材料”の感が強い炭素繊維，アラミド繊維が研究分野においても，クローズアップされがちである事は，周知の事実である．

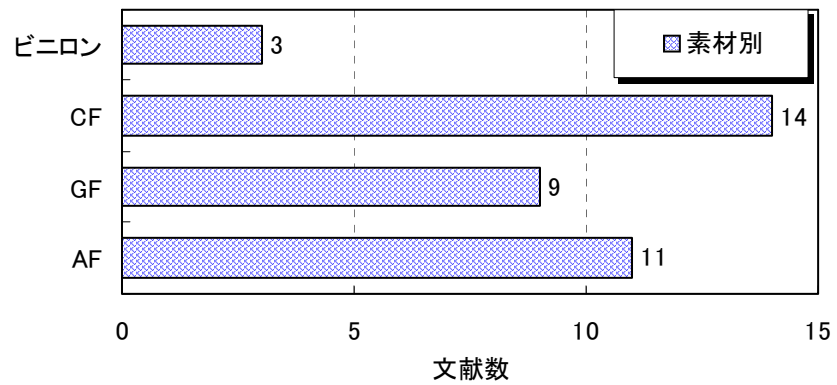


図 9 素材別

3)形状別分類

本分野の研究に使用された連続繊維補強材の形状は，ロッド状に成形したものが最も多く，全体の 79%を占め，以下，ストランド 5%，格子状 5%，組紐状 5%，矩形 3%，繊維素材 3%となっている．

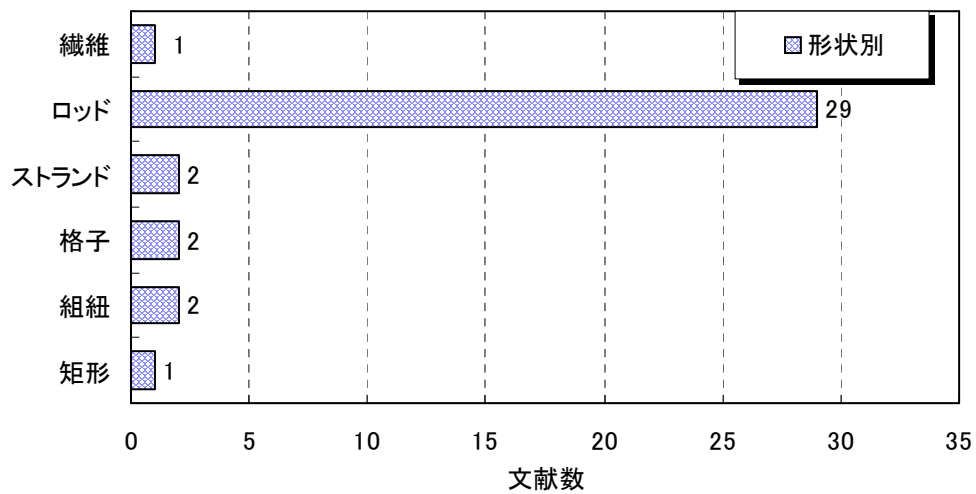


図 10 形状別

(2) 研究内容の概説

耐候性の評価方法には、数種のアプローチが存在するが、本分野における調査文献で最も多い評価方法は、ウエザーメータを使用した紫外線照射による促進試験であり、全体の53%を占める。([\[C2-2\]](#) [\[C2-4\]](#) [\[C2-7\]](#) [\[C2-9\]](#) [\[C2-10\]](#) [\[C2-12\]](#) [\[C2-13\]](#))

これらの研究の中で、ガラス繊維及び炭素繊維に関しては、紫外線照射による極端な強度劣化は、殆ど確認されないが、アラミド繊維は明らかに強度低下が確認される事(紫外線照射量 約 0.2 MJ/m^2 を 1000 時間で強度低下 55%) が述べられている。([\[C2-2\]](#) [\[C2-4\]](#) [\[C2-7\]](#) [\[C2-13\]](#))

上記の実験の供試体は、約 80% が FRP ロッド材であった。また、CFRP の一方向シートのプリプレグの促進試験についても、[\[C2-10\]](#) で述べられており、曲げ強度比で 3~5% 程度、曲げ弾性率比で 4% 程度しか低下しない事が判っている。更に、エポキシ樹脂で含浸した炭素繊維メッシュについても、実験されており[\[C2-12\]](#)、CFRP 材の強度劣化の低さが証明されている。

また、促進ではなく、一般環境よりも過酷な条件での暴露試験として内陸及び海洋暴露試験による評価方法がある。([\[C2-1\]](#) [\[C2-3\]](#) [\[C2-6\]](#) [\[C2-8\]](#))

[\[C2-1\]](#) [\[C2-3\]](#) では、GFRP、CFRP、AFRP 全てのロッドにおいて、海洋よりも内陸暴露の方が強度劣化が激しいという結果が得られており、その中でも AFRP ロッドの場合、内陸、海洋の両条件において強度低下が著しく、また、GFRP 及び CFRP ロッドは、海洋よりも内陸暴露の方が劣化が進行する事が判明している。

一般的な屋外暴露試験においても、アラミド繊維の耐候性の弱さが指摘されている。[\[C2-11\]](#) では、アラミド繊維の組み紐棒材について、屋外暴露試験が行われているが、断面積の小さな部材ほど強度劣化の進行が早く、大きいものほど進行が遅いという結果が得られている。これは、紫外線が部材中央部に到達するまでに外壁のマトリックス及び繊維にエネルギーを吸収されるためと考えられる。

ここまでは、ガラス繊維、炭素繊維、アラミド繊維に関してのみの研究文献であったが、ビニロン繊維を供試体として使用した実験もある。[\[C2-14\]](#) にてビニロン繊維の耐候性についての実験が行われている。ここでは、同じ熱可塑のポリエチレンが照射 800 時間で 80% も強度保持率が低下したのに対し、ビニロンは 10% 程度しか低下せず、優れた耐候性を有する事が実証されている。ビニロンに関する研究は希少であるため、非常に有用である。

また、[\[C2-5\]](#) では、実験的研究ではなく、耐候性の用語の定義や、耐候性を評価する各種試験方法の解説、そして、促進耐候性試験と屋外暴露試験の相関性等について、記述している文献もある。

(文責:金野)

C - 3 耐凍結性

(1) 研究の動向

耐凍結性に関係する文献は 5 件であったが、各文献とも独自の研究を展開しており、全体的な動向を窺い知ることはできない。

内容としては、マトリックス性能比較、連続繊維補強材の付着力、極低温化衝撃力検証などである。

(2) 研究内容の概説

炭素繊維補強セメントの凍結融解物性を検証するため、PAN系炭素繊維によるセメントプリプレグシート供試体の曲げ試験を実施したところ、強度、弾性率とも弾性率の低下は認められていない[C3-1]。

炭素、アラミド、ガラス、ビニロンのロッドをコンクリートに埋め込んだ供試体による凍結融解試験では、アラミドのみがやや付着力の低下が見られた [C3-2]。

また、CFRP ロッド補強押出セメント板の検討において、通常の押出成形マトリックス（比重 1.9）と軽量押出マトリックス（比重 1.65）との凍結融解性能の比較では、ほぼ同等の性能を示している[C3-3]。

伝導施設対応の極低温下（ - 196 ）における耐衝撃性に関する研究では、炭素繊維ロッドの場合は一定のひずみ速度のときに引張破断が生じる可能性があるが、アラミド繊維ロッドの場合には破断が見られなかったと報告されている[C3-4]。

他、炭素繊維コンクリートパネルをカーテンウォール材として使用する場合の耐久性試験の中で凍結融解性能も問題ないとするレポートが提出されている[C3-5]。

（文責:小林）

C - 4 耐火性

(1) 研究の動向

耐火性に関する文献は全部で 15 件であった．耐火性を特に問題とするのは建築分野であり，C4 に属する文献の出展もそれを裏付けている．文献の内訳は，日本建築学会で発表されたものが 9 件，日本コンクリート工学協会(JCI)で発表されたものが 4 件，「工業材料」，「FRPRCS」が各 1 件であった．

著者は，建築学会で発表されたものは別として，JCI では 4 件中 2 件[C4-2] [C4-3]が建築関係者，「工業材料」および「FRPRCS」についても共に建築関係者であった．つまり，C4 の文献 15 件中，建築関係の文献が 13 件と，約 9 割を占めている．

特徴的なのは，FRP 単体のみの文献は全体の 1/3 と少なく，FRP を用いた RC，PC 部材としての耐火特性に関する文献が大部分であることである．これは，耐火という性質上，コンクリート自体も影響を受けるため，FRP とコンクリートとの複合部材としての評価が必要であることが理由であると考えられる．また，文献が発表された当時の建築分野では評定制度というものがあり，実際に試験を行い，その性状を確認する必要があったことも理由の一つとして挙げられるであろう．一方，土木関係の 2 件については，RC および単体が各 1 件ずつであった．

(2) 研究内容の概説

使用された材料は，炭素，アラミド，ガラスの順に多く，炭素およびガラスに関しては異型タイプが多く，アラミドに関しては組み紐状タイプが多かった．

試験方法としては，コンクリート部材を載荷した状態で加熱する方法が主であった．

一般的な結果として，載荷した状態で加熱した場合，加熱に伴うたわみの増加が認められている．これは，コンクリートの熱膨張の影響もあるが，加熱されたことによって FRP のヤング係数が低下したことが主要因であるとされている．また，その後の性状については，使用した材料や形状に依存している．炭素繊維を使用した RC 部材の場合，組紐状やストランド状のものを使用した場合では，たわみが急激に増加した後，FRP の破断によって破壊しているのに対して，同じ炭素繊維でも，異型ロッド状のものは破壊には至っていない．これは，単体での高温引張試験を行った結果，組紐状やストランド状では，ヤング係数や引張強度の低下率が異型ロッド状のものに比べて大きくなるという傾向と一致している．

アラミド繊維を使用した場合は，形状に関わらず，加熱後，時間とたわみはほぼ比例関係を示すが，その後急激にたわみが増加して，FRP の破断によって破壊している．この場合も炭素繊維の場合と同様に，単体での試験結果と一致している．すなわち，アラミド繊維の場合，高温では著しいヤング係数および強度の低下が認められている．

このような現象は，マトリクス材料に影響されるという報告[C4-1]もある．有機系のマトリクスを使用したものはマトリクスの溶解によって温度の影響を受けやすく，無機系の

マトリクスの場合は影響を受けにくいというものである。

また、FEM 解析や、弾性解析を行い、試験結果と比較・検討している報告[\[C4-10\]](#) [\[C4-13\]](#) [\[C4-14\]](#)もあった。これらの報告では、比較的コンクリート表面に近い部分の温度推移は FEM 解析によって追跡可能であるが、より内部に近い部分では水分の移動を考慮する必要があり、FRP の劣化は単体の試験によって得られた温度と FRP の劣化の関係から推定できると述べられている。ただし、より内部に近い FRP の劣化については、水蒸気の影響を考慮する必要があるとの記述もある。また、弾性解析を行う場合には、熱膨張変形や亀裂からの熱流入についても考慮する必要があり、異型ロッド状の炭素繊維では比較的实验値と近い値が得られている。

重ね継手を設けた RC 部材の挙動に関する報告[\[C4-6\]](#)もあった。ここでは、有機系のマトリクスの熱劣化により、重ね部の強度が低下し、加熱中に RC 部材が破壊している。

以上、C4 の文献について総括的に見てきたが、熱の影響は FRP の材料やその形状よりも、むしろマトリクス対して大きく、マトリクスの劣化が FRP の劣化に大きく影響しているという傾向が見られた。

(文責:白濱)

C - 5 その他

(1) 研究の動向

対象文献数は 6 件で，特別な傾向はみられなかった．

(2) 研究内容の概説

複合材の機能特性の一つである非磁性を生かした鉄筋代替及び環境問題から処理方法の研究が行われており，以下代表例を紹介する．

非磁性 FRP 開発のための立体補強材の磁気特性

柿沢らは，外部からの低周波磁気ノイズを防ぐ「アクティブシールド」技術について，炭素繊維ロッドによる 3 次元織物補強コンクリートを用いて(比較材として鉄筋，ワイヤメッシュ)非磁性 FRP を建造し磁気特性について検討を加え，炭素繊維製が他材料に比較して優れていることを見いだしている [\[C5-1\]](#) ．

炭素繊維抵抗膜を用いたテレビ電波吸収壁の開発

中川らは，炭素繊維抵抗膜を埋設した外壁 FRP のテレビ電波吸収特性に関して，UHF 帯テレビ電波に対しては外壁断面内に電波吸収材を収めることが可能としている [\[C5-5\]](#) ．

コンクリート補強用耐放射線アラミド繊維強化樹脂の開発

松原らは，硬化剤を含む FRP 樹脂の粘度が室温付近で 103cps 以下の耐放射線用樹脂を見いだすことにより，100Mgy の大線量に耐えるアラミド繊維 FRP 筋の仕様を確立した [\[C5-3\]](#) ．

CFRP の熱分解法によるリサイクル

牛越しらは，FRP 樹脂及びフェノール樹脂を用いた CFRP の熱分解試験により，炭素繊維がほぼ 100%に近い収率で残さとして回収出来ることが判明した．また，回収繊維の表面状態及び力学的特性に大きな変化は無く，再使用可能との結果を得た [\[C5-2\]](#) ．

(文責:北川)

1.4 調査のまとめ及び今後の課題

本報告書は、1987 年より 1998 年までの 12 年間にわたる FRP 材を使用したコンクリート部材の耐久性に関する国内外約 230 件の論文を化学・力学・熱力学の 3 分野に分類した上で、調査した全ての論文を抄訳としてまとめたものである。

論文の研究動向は、下表に示すように、化学的問題を取扱ったものが 1994 から 1998 年の 5 年間に集中して発表されてはいるものの、力学的・熱力学的問題を取り扱った研究が圧倒的に多く調査件数の約 80%を占めている。

表 4 年代別文献数

	A1 耐 セ メ ・ ア ル カ リ	A2 耐 塩 水	A3 耐 薬 品	A4 そ の 他	計	B1 疲 労	B2 リ ラ ク ・ ク リ ー プ	B3 長 期 試 験	B4 そ の 他	計	C1 耐 熱	C2 耐 候	C3 耐 凍 結	C4 耐 火	C5 そ の 他	計	合 計
1987			1		1	1				1	1					1	3
1988					0					0	1					1	1
1989					0	4		1	1	6			1	1		2	8
1990					0	9	1	2		12	3			2		5	17
1991	1				1	4	2	2		8	2	1				3	12
1992	1				1	6		3	1	10	1	1		2		4	15
1993	1				1	7	7	1	2	17	4		1	1		6	24
1994	1		1	1	3	5	3	1	6	15	1				1	2	20
1995	3		1	2	6	5	11	4	6	26	3	2	2	2	1	10	42
1996	3		1	2	6	4	7	1	3	15	3	2		2	1	8	29
1997	8	8	3	2	21	12	18	4	4	38	4	6	1	3	2	16	75
1998	4		3	2	9	2	3	1	10	16	2	1		2	1	6	31
1999					0					0		2				2	2
合計	22	8	10	9	49	59	52	20	33	164	25	15	5	15	6	66	279

また、研究は、FRP 単体の評価から FRP 材を補強材とするコンクリート部材の評価へ移行する傾向が見られたものの、近年は、FRP 単体を構成するマトリックスそのものやマトリックスと補強繊維間の界面問題など、今後予想される幅広い適用分野に対応するための微細構造の評価、環境問題対策としての回収・再利用性の評価などについても行なわれている。

化学的耐久性については、次のようにまとめることができる。

F R P 単体は、耐セメント・耐アルカリ・耐水・耐塩水に関する劣化促進試験の結果において、一般に、その引張強度が低下する傾向にある。しかし、アルカリに弱いとされているガラス繊維強化プラスチック(GFRP)でさえもコンクリート程度のアルカリ度であれば引張強度の低下は殆ど認められず、一般のアルカリ雰囲気中において実用上の問題はないと思われる。その一方で、酸性環境下での引張強度劣化の報告があり、一部の薬品などの環境下における問題が残ることも事実である。なお、炭素繊維シートで補強したコンクリート試験体の劣化促進試験結果からは、FRP 材表面の劣化が認められるもののマトリックス内部への劣化進行がなく、炭素繊維シートとコンクリートとの複合部材としての諸耐力に関する部材性能に顕著な劣化は認められてはいない。

力学的耐久性については、次のようである。

力学的耐久性に関する研究は、FRP 単体または FRP 材を引張補強材とするコンクリート部材を用いての疲労、リラクセーションおよびクリープの研究がほとんどである。これらの研究によれば、FRP 単体は、既往の鋼材に比して、引張疲労特性が一般的に優れていること、および、リラクセーション・クリープも顕著な差異がないことが明らかにされている。FRP 単体の引張疲労特性は、補強繊維の種類により差が認められている。引張疲労強度は、定性的に炭素繊維強化プラスチック(CFRP)とアラミド繊維強化プラスチック(AFRP)がほぼ同等で GFRP がその半分程度であり、これを残留引張強度率で見れば、CFRP がほぼ 10 割、AFRP は約 8 割、GFRP が 7 割である。また、静的疲労特性では耐力の 90%の持続応力を載荷した FRP 単体のクリープ破壊までの時間が、CFRP、AFRP、GFRP の順に短くなるのが通常である。なお、コンクリート部材中に緊張材として使用した FRP 材のコンクリートの乾燥収縮およびクリープを考慮した見かけのリラクセーション率は、当 ACC 倶楽部で提案している CFRP で 6%、AFRP で 25%の値が、今回の調査結果から見ても妥当であると評価することができた。一方、鉄筋コンクリート梁の研究成果によれば、FRP 材を引張補強材として用いたコンクリート部材での、FRP 材のひずみ増加とひびわれ幅の関係が明らかにされてきている。

熱力学的耐久性に関しては、次のようである。

FRP 単体の耐熱・耐候・耐凍結・耐火性は、その性能レベルの評価と性能発揮過程の研究が進められている。特に、FRP 単体の耐熱・耐火性能は、補強繊維よりもエポキシ樹脂等の有機系マトリックスの性能に左右されることが明らかにされている。FRP 単体は、熱や火に直接曝される場合では金属ほどの耐熱・耐火性能を期待することが出来ないが、かぶりコンクリートが FRP 材までの熱伝達を遅らせる被覆材として働くコンクリートとの複合体として用いられる場合の評価が重要である。FRP 単体の耐候性は、補強繊維が炭素またはアラミドなどの場合、使用繊維の品種や外部形状毎に異なった傾向にあることが判明している。

その他、磁気特性、電波吸収性などの電気物理的研究に関する報文も多々みられている。

以上の研究結果によれば，FRP 単体の力学的特性および通常の化学的環境下での耐蝕性に関する耐久性は，一般の鋼材より優れていることが明らかにされており，当 ACC 倶楽部編『FRP 材を用いた PC 道路橋設計・施工マニュアル - 4 訂版 - ，平成 10 年 4 月』を利用して設計すれば，実用上の問題はないと評価できよう．

しかしながら，耐久性設計やライフサイクルコスト(LCC)的評価を実施し，鋼材の適用が難しいとされるコンクリート部材の軽量化を図る薄いかぶりでの採用や，防錆被覆の無い露出状態での使用を積極的に進めるには，FRP 単体に関する，力学的特性および耐蝕性に関する耐久性以外の，化学的・熱力学的性能を適切に評価することが必要であり，必然的にこれらの耐久性に関する定量化が要求され，この要求に応える研究が必須となる．

そのための課題として次のものが挙げられる．

- ・ FRP 材劣化の主要因であるマトリックスの劣化，および補強繊維とマトリックス間の界面剥離に関する機構の解明および改良
- ・ FRP 材とコンクリート間の界面剥離現象の挙動解明および定量化
- ・ 劣化予測のシミュレーション手法の開発
- ・ 微細かつ長期的劣化解明のための，FRP 材にセンサー機能やモニタリング機能を取り入れた FRP 材のインテリジェント化

ACC 倶楽部技術委員会としては，引き続き文献調査の継続と調査報告書の充実（改訂版）を行なうとともに，耐久性設計法の確立に貢献する資料の提供をしていきたい．

以上

第 2 章 文献抄録

2.1 はじめに

本文献抄録は、FRP を用いたコンクリート構造物の耐久性に関する文献を収集し、研究会メンバーで分担し、各担当者が論文の出典、概要、をとりまとめて同様の書式に記載したものである。

収集したすべての文献には、発表時期に基づく通し番号を与え、それぞれの題名、著者、出典、キーワードを一覧表として記載するとともに、各分類毎に概要説明のための分類番号を付加した。この分類番号は、一つの文献が複数の分類に関係する場合の内容の場合には、それぞれの分類ごとに付記することとした。

各抄録は文献番号(通し番号)の順にならべられている。

ある分類に対しての調査を行う場合には、分類項をもとに文献番号(通し番号)を決定して、その抄録を検索することができる。

また、1章3節の研究動向・概説に対応する文献は、分類番号をもとに文献番号を確認して抄録を検索することになる。

検索については、添付の CD に記録されているデータを利用できる。(2.4 参照)

[抄録の構成]

抄録には、以下の項目を記載する。

a. 文献番号

文献に固有の番号で、基本的に発表年号をもとに附記するもの
本番号により、抄訳を編集する。

b. 分類及び分類番号

下記の一覧に対応する分類記号と書く分類における解説に用いる番号
この分類番号は、文献の内容が多岐にわたる場合には、複数の番号附記される。

A	(化学的耐久性)	B	(力学的耐久性)	C	(耐熱的耐久性)
A1	耐セメント・耐アルカリ性	B1	動的疲労	C1	耐熱性
A2	耐水・耐塩水性	B2	リラクゼーション・クリープ	C2	耐候性
A3	耐薬品性	B3	長期試験	C3	耐凍結性
A4	その他	B4	その他	C4	耐火性
				C5	その他

c. 部材種類

部材種類は次表に応じて，記号で表示する

- ・ PC（プレストレストコンクリート）
- ・ RC（鉄筋コンクリート）
- ・ 単体（FRP:連続繊維補強材）

d. 材料の素材・形状

材料の素材及び形状は土木学会基準に準拠した記号により表示

- ・ CS：炭素繊維 - スtrand
- ・ CD：炭素繊維 - ロッド（異形タイプ）
- ・ CL：炭素繊維 - 格子
- ・ CP：炭素繊維 - 矩形
- ・ AD：アラミド繊維 - ロッド（異形タイプ）
- ・ AB：アラミド繊維 - 組紐
- ・ GD：ガラス繊維 - ロッド（異形タイプ）
- ・ VD：ビニロン繊維 - ロッド（異形タイプ）

e. 論文名

f. 著者

著者は2名以上可能な範囲で(所属)とともに記載する．

g. 出典

h. キーワード

キーワードは，文献内に記載されているものはそのものを，また記載のないものについては，担当者がないように応じて“，”で区切って附記した．

i. 概要

概要は，文献の目的，検討内容，結果を簡単にまとめたもの

j. 結果

結果には，文献の結論に帰結するためのデータ(表，グラフ)を添付する．

k. 備考

今後の展開や，担当者の評価，意見など

2.2 文献一覧(抄録対応表)

次頁以降に抄録の一覧表(年代順)を示す．

文献一覧

文献No.	分類No.	分類	題 名	キーワード	著 者	出 典	年 月	頁
1	B1-26	B1	FRPで補強したコンクリートはりの曲げ疲労特性	曲げ疲労, はり	小沢一雅他(東京大学)	コンクリート工学会年次論文報告集, 1987.9	1987/9/1	54
2	A3-5 C1-20	A3, C1	アラミド繊維による組み組状棒材の研究(その1. 引っ張り特性及び耐久性について)	耐乾熱, 耐湿熱, 耐薬品	岡本直・谷垣正治(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) 1987.10	1987/10/1	56
3	C1-1	C1	3次元繊維補強コンクリート(3D-FRC)の耐久性	3次元繊維物, オートクルーブ	秋浜繁幸・末長龍夫(鹿島建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) 1988.10	1988/10/1	57
4	B1-12	B1	AE計測によるFRPラップの疲労特性評価	引張疲労荷重試験	魚本健人(東京大学)	土木学会第44回年次学術講演会 1989.10	1989/10/1	58
5	B1-13	B1	アラミド繊維製FRPラップを緊張材としたPC構造物の曲げ疲労特性	曲げ疲労試験	中井裕司(住友建設)	土木学会第44回年次学術講演会 1989.10	1989/10/1	59
6	B4-1	B4	炭素繊維FRP材料を使用したノメタルPC人道橋	炭素繊維FRP, 人道橋, 設計, 載荷実験	半沢茂(船橋市役所), 丸山武彦(日本コンクリート工業)	土木学会第44回年次学術講演会 pp324-325, 1989.10	1989/10/1	60
7	B1-40 C3-1	B1, C3	(その2)人道橋の設計と載荷試験 連続炭素繊維補強コンクリートの物性	CFRC, カラテックス, 曲げ疲労特性, 凍結融解抵抗性	川村直芳(東邦工業), 西垣太郎(大成建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 1989.10	1989/10/1	62
8	B1-41	B1	連続繊維補強材の物理特性, 力学特性および耐久性に関する研究 その2. 疲労特性に関する基礎的検討	砂付き組紐状炭素繊維補強材, 引張疲労, Goodman線図, 疲労限界応力比	白田太(宇都宮大学), 棚野博之(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 1989.10	1989/10/1	63
9	C4-6	C4	繊維強化複合材料(NFM)で補強されたコンクリート床版の耐火性能試験	耐火性能, 載荷加熱試験	藤崎忠志・末長茂正(清水建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 1989.10	1989/10/1	64
10	B3-5	B3	アラミド繊維による組紐状棒材の研究	アラミド繊維棒, PC梁, 長期載荷試験	岡本直(三井建設), 野村設郎(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) PP153-154, 1989.10	1989/10/1	65
11	B1-18	B1	組紐状AFRPラップで補強したコンクリート梁の疲労性状	コンクリート梁, 疲労	三上浩(三井建設)	コンクリート工学会年次論文報告集 Vol.12, No.1, 1990	1990/6/1	67
12	B1-17	B1	CFRPラップを用いたPC梁の繰返し載荷による付着性状に関する一実験	耐久性, 曲げ, 疲労, 付着, CFRP, ラップ, ストラット	丸山武彦(日本コンクリート工業), 本間雅人(東京大学)	コンクリート工学会年次論文報告集 Vol.12, No.1, PP1147-1152, 1990	1990/6/1	68
13	B1-1	B1	炭素繊維複合材料ケーシング(CFCC)の引張疲労特性	CFRPストラット, PC鋼より線, 200万回繰返し疲労	榎本剛(東京製鋼)	土木学会第45回年次学術講演会 1990.9	1990/9/1	69
14	B1-24	B1	組紐状AFRPラップで補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性	はり, 曲げ疲労	加藤正利他(三井建設)	土木学会第45回年次学術講演会 1990.9	1990/9/1	70
15	B2-5	B2	より線型CFRPラップのラミネーション特性	炭素繊維FRPラップ, PC鋼より線, 高温リラックス, リラックス率	丸山武彦(日本コンクリート工業), 榎本剛(東京製鋼)	土木学会第45回年次学術講演会 1990.9	1990/9/1	71
16	B1-19	B1	FRPとボルトラミネーションで補修したRC梁の疲労性状	耐久性, 曲げ, 疲労, 梁, ボルトラミネーション, CFRP, AFRP, GFRP	佐藤寛一(奈良建設), 小玉克己(武蔵工業大学)	土木学会第45回年次学術講演会 pp.624-625, 1990.9	1990/10/1	72
17	B1-16	B1	組紐状AFRPラップで補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性	コンクリート梁, 疲労	武富幸郎(三井建設)	土木学会第45回年次学術講演会 1990.9	1990/10/1	73
18	B3-1	B3	アラミド繊維による組紐状棒材の研究(その11. PC梁の曲げ性状 実大梁の曲げ破壊試験および長期載荷試験)	PRC, アラミド繊維, 曲げ破壊試験, 長期載荷試験, 乾燥収縮, 長期たわみ	岡田映子(三井建設), 野村設郎(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990.10	1990/10/1	74
19	C1-2	C1	長繊維補強コンクリート部材の耐久性評価に関する研究(長繊維補強コンクリート梁の促進熱劣化試験)	促進熱劣化	山崎裕一(鉄高組), 梶田佳寛(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990.10	1990/10/1	75
20	C1-3	C1	繊維強化複合材料(NFM)で補強されたコンクリート壁板の耐火性能試験	耐火試験, 耐火試験後の曲げ試験	杉田稔・藤崎忠志(清水建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990.10	1990/10/1	76

文献一覧

21	C1-22 C4-8	C1, C4	1時間加熱を受けた3次元繊維補強コンクリートの性状	耐火性能, 1時間加熱	末長龍夫・大内富夫(鹿島建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990.10	1990/10/1	77
22	C4-7	C4	繊維強化複合材料(NFM)の耐熱特性	加熱引張試験, 高温特性	藤崎忠志・杉田稔(清水建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990.10	1990/10/1	78
23	B1-45	B1	アラミド繊維による組紐状棒材で補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性(その1.実験概要および実験結果の要約)	アラミド繊維, 組紐状棒材, 疲労, PC	松原澄行(三井建設), 石橋一彦(千葉工業大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) 1990年10月	1990/10/1	79
24	B3-8	B3	繊維強化複合材料(NFM)の建築構造への利用に関する研究 その11. 温泉雲囲気中での耐久性試験	繊維強化複合材, 耐久性試験	中辻昭幸(わかみ), 中野克彦(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp961-962, 1990.10	1990/10/1	80
25	B1-30	B1	アラミド繊維による組紐状棒材で補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性(その2. たわみおよびひびわれ特性)	アラミド繊維, 曲げ疲労特性, たわみ, ひびわれ幅	三上浩(三井建設), 石橋一彦(千葉工業大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp997-998, 1990.10	1990/10/1	82
26	B1-3	B1	CFRP緊張材の定着法とその長期および疲労特性	耐久性, 疲労, 付着, 抜出し, 定着, CFRP	原田哲夫(長崎大学)	コンクリート学会年次論文報告集, Vol.13, No.2, P.759-764, 1991	1991/6/1	84
27	B1-2	B1	CFRPコンクリート補強コンクリート梁の繰返し載荷作下下の曲げ性状	CFRPコンクリート, 耐久性, 曲げ, 疲労, 付着, CFRP	古川茂(群馬工業高等専門学校)	コンクリート学会年次論文報告集, Vol.13, No.2, P.777-782, 1991	1991/6/1	85
28	B1-22	B1	各種FRPコンクリートを緊張材としたPC部材の耐久性性状	FRPコンクリート, 耐力加力性	久保田敏治・藤井健太郎(日本コンクリート)	土木学会第46回年次学術講演会 1991.9	1991/9/1	86
29	B2-33	B2	アラミド製FRPコンクリートの応力緩和特性	アラミド製FRPコンクリート, 応力緩和特性, リラックス	浅井洋・中井裕司(住友建設)	土木学会第46回年次学術講演会 1991.9	1991/9/1	87
30	B1-6	B1	定着用膨張材を用いたCFRP緊張材定着部の疲労特性	耐久性, 疲労, 付着, 抜出し, 定着, CFRP	原田哲夫(長崎大学), 出光隆(九州工業大学)	土木学会第46回年次学術講演会 pp.234-235, 1991.9	1991/9/1	89
31	C1-5	C1	繊維強化複合材料(NFM)の低温特性	低温引張特性, 寒冷地	藤崎忠志・中辻昭幸(清水建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 1991.9	1991/9/1	90
32	C2-11	C2	アラミド繊維による組紐状棒材の研究	屋外暴露, 耐候性	松原澄行・蓮尾孝一(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 1991.9	1991/9/1	91
33	C1-4	C1	長繊維補強材の熱間引張による耐熱性の評価について	熱間試験	能原進((財)建材試験センター), 榎田佳寛(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) 1991.9	1991/9/1	92
34	B1-10	B1	アラミド繊維棒材を緊張材としたPC梁の曲げ疲労性状	棒状破壊, せん断圧壊, 圧縮破壊	岩本勲(近畿コンクリート工業)	コンクリート学会年次論文報告集, Vol.14, No.2, 1992	1992/6/1	94
35	C4-10	C4	連続繊維補強筋を用いたコンクリート梁の耐火試験 (その2: 考察)	加熱引張試験, FEM解析	蓮尾孝一(三井建設), 榎田佳寛(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) No.3084 P1389-1390, 1992.8	1992/8/1	95
36	B3-7	B3	組紐状アラミド連続繊維筋を用いたPPC梁の長期載荷実験 (その1. 実験概要およびたわみ性状)	組紐状アラミド連続繊維筋, 長期載荷実験, たわみ性状	岡本直・遠藤克彦(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) pp155-156, 1992.8	1992/8/1	96
37	A1-19	A1	アラミド繊維による組紐状棒材の研究	耐力加力劣化, 耐久性	三上浩・松原澄行(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 1992.8	1992/8/1	98
38	B3-3	B3	組紐状アラミド連続繊維筋を用いたPPC梁の長期載荷実験 (その2. 曲げひびわれ性状)	組紐アラミド連続繊維筋, 付着応力, 曲げ, ひびわれ性状	遠藤克彦・岡本直(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 1992.8	1992/8/1	99

39	C1-6	C1	アラミド繊維による組紐状棒材の研究	熱間引張試験,引張特性の温度依存性	松原澄行・蓮尾孝一(三井建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 1992.8	1992/8/1	100
40	C2-12	C2	炭素繊維強化マト(CFR)の耐久性に関する研究	炭素繊維マト,屋外暴露,促進試験	山田寛次(新日鐵), 櫻野紀元(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 1992.8	1992/8/1	101
41	C4-9	C4	連続繊維筋を用いたコンクリート梁の耐火試験	載荷加熱試験,耐火性能	小坂田論(アイ-エ), 梶田佳寛(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 1992.8	1992/8/1	102
42	B1-51	B1	CFRP緊張材を用いたPC梁の曲げ特性に関する研究	CFRP,マトリッド,棒,緊張材,PC梁,曲げ疲労特性	林田則光・加藤武彦(熊谷組)	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) pp1121-1122, 1992.8	1992/8/1	103
43	B1-4	B1	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはり	耐久性,曲げ,疲労,外荷,プル,マトリッド,ロープ	池田哲郎(北海道大学)	土木学会第47回年次学術講演会 pp262-263, 1992.9	1992/9/1	104
44	B1-23	B1	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの曲げ疲労特性	曲げ疲労,はり	崎山義之他(立命館大学)	土木学会第47回年次学術講演会, 1992.9	1992/9/1	105
45	B4-2	B4	炭素繊維強化樹脂補強コンクリートのひびわれ特性	炭素繊維強化樹脂,ひびわれ特性	井上哲(日本びろ), 満木泰郎(法政大学)	土木学会第47回年次学術講演会, pp214-215, 1992.9	1992/9/1	106
46	B1-8	B1	アラミド製FRP緊張材の疲労特性	動的疲労	中井裕司・浅井洋(住友建設)	土木学会第47回年次学術講演会, pp248-249, 1992.9	1992/9/1	108
47	B1-9	B1	FRPを用いて下面増厚補強したRC梁の疲労性状に関する研究	繰り返し荷重下における補強梁の曲げ性状試験	永井健(武蔵工業大学)	土木学会第47回年次学術講演会, 1992.9	1992/9/2	109
48	B1-46 B2-3	B1, B2	Static and Fatigue Strength of FRP Concrete Reinforcement (FRP補強筋の静的強度及び疲労強度)	AFRP, GFRP, CFRP, クリープ, 疲労	魚本・西村(東京大学)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	110
49	B1-32 B4-25	B1, B4	Bond and Fatigue Properties of Arapree	付着特性, 疲労特性, 実験, マトリッド	J.A. DEN UIJL(Delft Univ. of Technology.)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	111
50	B2-36	B2	Characteristic of Aramid FRP Rods	付着定着体, クリープ, 疲労, 強度特性, AFRP	K.Mukae(Sumitomo Construction) S.Kumagai(Sumitomo)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	113
51	B2-42	B2	Fundermental Properties of Continuous Fiber Bars	bonding, carbon, creep tests, fibers, glass fibers, mechanical	Y.Yamasaki(Zenitaka Corporation), Y.Masuda(Ministry of Construction), H. Tanano(Ministry of Construction), A. Shimizu(Science University of Tokyo)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	115
52	B3-11	B3	Fundermental Properties of Continuous Fiber Bars	引張強度, 弾性係数, 引張クリープ, 引抜き付着強度	Y.YAMASAKI(Technical Research Institute, Zenitaka Corporation) Y.MASUDA(Building Research Institute, Ministry of Construction)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	116
53	B4-14	B4	Engineering Model of Stress-Rupture of Afrp in Concrete(コンクリートにおけるAFRPの応力破壊の工学モデル)	AFRP, 応力破壊, コンクリート, マトリッド	M.SCHEIBE(Braunschweig大学), F.S.ROSTASY(Braunschweig大学)	FRP Reinforcement for Concrete Structures, international Symposium, aci, sp-138, 1993	1993/3/1	117

文献一覧

54	C1-9	C1	Investigation of S-2 Glass/Epoxy Strands in Concrete	拡散,劣化,球*杉樹脂,繊維強化ガラス繊維,破壊,塩水,走査顕微鏡	R.SEN(南刀ダ*大学), D.MARISCAL,M.SHAHAWY	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138,1993	1993/3/1	118
55	B2-20	B2	Flexural Fatigue Behavior of Prestressed Concrete Beams Using Aramid-Fiber Tendons	梁,疲労,疲労試験,繊維,曲げ強度,プレスストコンクリート,緊張,PC鋼線,プレテンション,強度,リヤ-	K.Iwamoto(Kinki Concrete Industries Co.,Ltd.), Y.Uchiita(Technical Research Center of Kansai Electric	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138-31, pp.509-523,1993	1993/3/1	119
56	C3-2	C3	Bond characteristics of FRP Rod and Concrete after Freezing and Thawing Deterioration	凍結融解,耐久性	M.Mishima(大阪市大), K.Iwamoto(近畿コンクリート)	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138-4,1993	1993/3/1	120
57	C1-7	C1	Tensile Strength of Continuous Fibar Bar Under High Temperature	炭素,繊維,炉,ガラス繊維,鉄筋,比熱,温度,引張強度,試験	S.Kumahira (Japan Testing Center for Construction	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138-5, pp.71-86 ,1993	1993/3/1	121
58	C1-8	C1	Evaluation of FRP as Reinforcement for Concrete Bridge	橋床版,橋梁(構造),クリ-ブ*特性,耐久性,疲労(材料),繊維補強プラスチック,RCコンクリート,引張強度	A.H.Rahman (National Research Council Canada), D.A.Taylor (National Research Council Canada)	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138-6,1993	1993/3/1	122
59	B2-2	B2	Creep Rupture Behavior of FRP Elements for Prestressed Concrete Phenomenon,Results and Forecast Models	クリ-ブ*特性,繊維補強材,破壊,PC	H.Budelmann(Kassel大学), F.S.Rostasy(Braunschweig大学)	FRP Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium ,aci ,sp-138-7,1993	1993/3/1	123
60	B1-11	B1	アラミド*繊維緊張材を用いたPCはりでの疲労特性	繰り返し載荷における応力	岩本勲(近畿コンクリート工業)	コンクリート学会年次論文報告集, Vol.15, No.2, 1993.6	1993/6/1	124
61	A1-12	A1	アルカリによるガラス繊維の劣化性状	耐アルカリ,ガラス繊維,引張強度,定量化	宮崎太(東急建設), 魚本健人(東京大学)	土木学会第48回年次学術講演会 pp358-359, 1993.9	1993/9/1	125
62	B1-7	B1	FRPの動的疲労特性	AFRPの引張強度,200万回繰返し疲労試験,引張強度	魚本健人(東京大学)	土木学会第48回年次学術講演会 pp358-359, 1993.9	1993/9/1	126
63	B1-14	B1	アラミド*繊維棒材の引張疲労特性	引張,疲労,強度式	岩本勲(近畿コンクリート工業)	土木学会第48回年次学術講演会, 1993.9	1993/9/1	127
64	B4-3	B4	各種FRPで補強したRC梁の繰り返し衝撃載荷実験	繰り返し衝撃	松岡篤(ト*建設工業), 三上浩(三井建設)	土木学会第48回年次学術講演会, 1993.9	1993/9/1	128
65	C1-23 C4-11	C1,C4	長繊維補強コンクリートはりの載荷加熱試験	たわみ変形,加熱載荷試験	西田一郎(建材試験センター), 中村賢一(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No.3058 pp1357-1358, 1993.9	1993/9/1	129
66	A3-1	A3	GFRPの環境劣化に及ぼす初期損傷の影響	GFRP, Initial damage, Acidic environment, Acoustic emission, Stress corrosion	藤井善通(セ*工業), 久保田智子(京都工芸繊維大学)	材料 Vol.43, No.486, pp271-277, Mar.1994	1994/3/1	130
67	B2-15	B2	CFRPおよびCF/GF三層FRPの曲げクリ-ブ*特性に関する時間-温度換算則の適用	CFRP, CF/GF三層FRP板, 曲げクリ-ブ*, 時間-温度換算則	古江治美(機械技術研究所)	材料 Vol.43, No.487, pp441-	1994/4/1	131

68	B4-5	B4	CFRPのモード速度依存性	CFRP, Fracture toughness, ENF test, Impact strength, Mode II, Split Hopkinson pressure bar method	山下貴之(兵庫県立工業技術センター), 黒川知明(京都大学)	材料 Vol. 43, No. 487, pp445-450, Apr. 1994	1994/4/1	132
69	B4-4	B4	CF/EPF複合材0°層はく離に及ぼす負荷保持および積層構成の影響	CFRP, Delamination, Mode II, Delamination resistance, Load	轟 亨(東京工業大学), 小林英男(日本航空)	材料 Vol. 43, No. 487, pp434-440, Apr. 1994	1994/4/1	133
70	B1-43	B1	CFRP薄肉円管の繰返し引張-圧縮による疲労損傷過程	引張圧縮疲労, 薄肉円管, CFRP, マトリッククラック, 剛性低下	金川靖・村上澄男(名古屋大学)	材料 Vol. 43, No. 487, Apr. 1994	1994/4/1	134
71	B4-28	B4	炭素繊維による鉄筋コンクリート構造物の補強工法	炭素繊維スラット, 炭素繊維ブリッジメント, 促進暴露試験, 引張試験, RC曲げ試験, RCせん断試験	田中常雄(三菱化成), 木村耕三(大林組)	日本複合材料学会誌, Vol. 20, No. 4, pp168-169, 1994	1994/4/1	135
72	B1-28	B1	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはり	FRP, PCはり, 耐水疲労	崎山義之(北一工), 児島孝之(立命館大学)	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 16, No. 2, 1994. 6	1994/6/1	136
73	B4-6	B4	MDIを第3成分とするCF/GF複合材料とその機械的特性	第3成分, MDI, イソシアネート, CF/GFブリッジメント	好満芳邦(広島県立西部工業技術センター), 杉山一男(近畿大学)	材料 Vol. 43, No. 492, pp. 1087-1093, Sep. 1994	1994/9/1	138
74	A4-1	A4	ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の応力腐食に及ぼすマトリックス樹脂の影響	GFRP, Stress corrosion, Fracture toughness, Pre-damage, Fatigue	藤井善通(セコ-化工), 村上惇(姫路工業大学)	材料 Vol. 43, No. 492, pp. 1100-1105, Sep. 1994	1994/9/1	139
75	B1-42	B1	FRPの疲労 水環境効果について	疲労, FRP, 環境効果, 水環境, 破壊メカニズム, カボシ, アラミド	荻島弘二	材料 Vol. 43, No. 492, Sep. 1994	1994/9/1	140
76	A1-13	A1	GFRPロッドの耐アルカリ性評価に関する基礎研究	GFRPロッド, 耐アルカリ性, 劣化促進試験, ENPA, 強度特性の変化	勝木太(東急建設), 魚本健人(東京大学)	土木学会第49回年次学術講演会 pp904-905, 1994. 9	1994/9/1	141
77	B2-34	B2	アラミド実証橋の長期計測結果	実証橋梁, 長期計測, 有効アレストリス, 有効係数, リラクセーション	中井裕司・浅井洋(住友建設)	土木学会第49回年次学術講演会, 1994. 9	1994/9/1	142
78	B1-27	B1	アラミド繊維棒材を緊張材としたフレキシブルPCはりの水中疲労	AFRP, 水中疲労	崎山義之(北一工), 高木宣章(立命館大学)	土木学会第49回年次学術講演会, 1994. 9	1994/9/1	144
79	B2-16	B2	CFRPを外ケ-ブルに適用したPC橋の載荷試験及びびけ-ブル張力の長期測定	CFRP, 外ケ-ブル, 載荷試験, 張力の長期測定	細谷学・石川育(大成建設)	土木学会第49回年次学術講演会, pp952-953, 1994. 9	1994/9/1	146
80	B1-37	B1	FRPロッドの疲労強度に及ぼす応力振幅と平均応力の影響	FRPロッド, 疲労, 平均応力, 応力振幅	西村次男・大賀宏行(東京大学)	土木学会第49回年次学術講演会, 第5部 pp882-883, 1994. 9	1994/9/1	147
81	C5-1	C5	非磁性IL-4M開発のための立体補強材の磁気特性評価	非磁性材料, 磁気, アクリルシール, 微量磁場測定	柿沢忠弘・大野定俊(竹中工務店)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No. 1238 pp475-476, 1994	1994/9/1	148
82	C1-10	C1	長繊維補強コンクリート梁の載荷加熱試験(第2報; 実大断面と1/2縮小断面の載荷試験)	耐火, たわみ変形, 加熱載荷試験	西田一郎(建材試験センター), 中村賢一(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No. 3042 pp1441-1442, 1994	1994/9/1	149

93	B3-12	B3	炭素繊維による補強部材の長期たわみ性状	炭素繊維シート,補強,長期たわみ,下面接着	木村耕三・小畠克朗(大林組)	日本建築学会大会学術講演梗概集,	1994/9/1	150
94	B4-7	B4	ビツ系/PAN系IM7リットー方向CFRPの静的曲げ破壊挙動	ビツ系CFRP,PAN系CFRP,ビツ系/PAN系IM7リットー	宮野靖(金沢工業大学), 毛利三知宏(日本石油)	材料 Vol.43, No.493, pp1321-1327,	1994/10/1	151
95	B1-31	B1	CFRPの繰返し非弾性変形特性と疲労寿命に関する一考察	CFRP,繰返し載荷,非弾性変形特性,疲労寿命,	佐々木克彦・石川博将(北海道大学)	材料 Vol.44, No.498, pp332-	1995/3/1	152
96	B4-9	B4	一方GFRPの面内モード破壊じん性評価-FEMによる破壊シミュレーション	破壊モード,じん性,せん断,FEM	川田広之・杉野正明(早稲田大学)	材料 Vol.44, No.499, pp470-	1995/4/1	154
97	B2-12	B2	CFRPの酸性水環境でのILSSの低下	CFRP,環境の影響,酸性水,ILSSの低下,活性化試験-	中西洋一郎(大阪工業技術研究所)	材料 Vol.44, No.499, pp482-	1995/4/1	155
98	C5-2	C5	CFRPの熱分解法によるリサイクル	CFRP, Recycle, Pyrolysis, TG, DTA	牛越憲治・小松信行(神戸製鋼所)	材料 Vol.44, No.499, pp428-	1995/4/1	156
99	A3-2	A3	酸性水と塩水中でのCFRP接着継ぎ手の強度低下	CFRP,接着継ぎ手,引張せん断強度,酸性水,塩水,耐久性,寿命	中西洋一郎(大阪工業技術研究所)	材料 Vol.44, No.499, pp407-	1995/4/1	157
90	B4-8	B4	切欠きをもつFRP板の静的破壊特性に及ぼす切欠形状の影響	強化プラスチック,切欠き,応力集中,破壊基準,引張り,曲げ,線形切欠力学	百武秀・山本俊浩(福岡大学)	材料 Vol.44, No.499, pp401-406, Apr. 1995	1995/4/1	158
91	B4-10	B4	低コストの繰返し衝撃によるCFRP積層材の損傷	CFRP積層材,低コスト,繰返し衝撃,損傷,残留強度	申亭壁(岩手大学), 前川一郎(神奈川工科大学)	材料 Vol.44, No.500, pp625-	1995/5/1	159
92	C4-1	C4	Fire Resistance of Continuous Fiber Reinforced Concrete	耐火,加熱載荷試験	H.TANANO(Building Research Institute,Ministry of Construction), Y.MASUDA(Building Research Institute,Ministry of Construction)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure, P368-375, 1995	1995/6/1	160
93	B2-37	B2	Aspect of Laboratory Testing to Determine Mechanical Properties of FRP	試験方法,引張強度,引-ジ,疲労	M.SCHEIBER,F.S.ROSTASY(Imbmb,Technical University of Braunschweig,Braunschweig, Germany)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995	1995/6/1	161
94	B2-38	B2	Behaviour of FRP Grid Reinforcement for Concrete under Sustained Load	引-ジ,持続荷重,残留強度,静的破壊	A.H.RAHMAN and C.Y.KINGSLEY (Institute for Construction,National Research Council Canada)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995	1995/6/1	162
95	B2-41	B2	A Study on Bond Creep Behavior of FRP Rebars Embedded in Concrete	FRP rebar, pull-out test, bond creep, flexural creep, long term deflection	A.HATTORI,S.INOUE,T.MIYAGAWA,M.FUJII(Kyoto University)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995	1995/6/1	163
96	C1-11	C1	Uni-Directional Fiber Prestressed Concrete Elements	割裂ひび割れ,温度,プレス入,表面コート,	W.R.DE SITTER(Hollandsche Beton Groep),F.TOLEMAN(Nether lands)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995	1995/6/1	165

文献一覧

97	C1-21 C2-15	C1, C2	Durability Studies on Prest-Ressted Concrete Beams with CFRP Tendons	FRP溶液, プレストレス, CFRP, 劣化, 変性, 海水, 暴露	M. AROCKIASAMY, M. ZHUANG, K. SAND EPUDI	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure, 1995	1995/6/1	166
98	B3-10	B3	A Study on Bond Creep Behavior of FRP Rebars Embedded in Concrete	FRP補強筋, 引抜き試験, 付着ク リブ, 曲げクリブ, 長期たわみ	A. HATTORI (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan) S. INOUE (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, RILEM. pp.172-179, 1995	1995/6/1	167
99	B3-9	B3	Long-Term Deflection of Continuous Fiber Reinforced Concrete Beams	連続繊維, C/A/GFRP, 長期たわみ, 曲げひび割れ剛性, 修正ヤ グ係数法	T. KAGE (Building Research Institute, Ministry of Construction, Japan) K. SATO (Chichibu Onoda Cement Co., Ltd., Japan)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, RILEM. pp.251-258, 1995	1995/6/1	169
100	C1-12	C1	Prediction of Detarioration of FRP Rods Due to Alkali Attack	FRPロッド, FRP浸透, 予測, 拡散, 引張強度	F. KATUKI (東急建設), T. UOMOTO (東京大学)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, RILEM. 1995	1995/6/1	171
101	B3-6	B3	Long - Term Behaviour of Arapree	alkaline environment, aramid, creep, long-term loading, prestressing	A. Gerritse (Consultant, Rotterdam), J.A. Den Uijl (Delft University of Technology)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures. PP57-66, 1995	1995/6/1	173
102	A1-1 B3-7	A1, B3	Stress - Rupture of AFRP Subjected to Alkaline Solutions and Elevated Temperature - Experiments	AFRP, hostile environments, stress-rupture, temperature	A. Gerritse (Consultant, Rotterdam) J.A. Den Uijl (Delft University of Technology)	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures. PP67-73, 1995	1995/6/1	175
103	B2-9	B2	FRPロッドのクリブ破壊に関する基礎的研究	耐久性, 疲労, 静的疲労, クリブ疲労, AFRP, CFRP, GFRP	西村次男・魚本健人 (東京大学)	コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, No.2 pp547-550, 1995.6	1995/6/1	176
104	B1-15	B1	下面増厚したRC床版の疲労に関する研究	床版, 損傷度	佐藤貢一 (奈良建設)	コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, No.2, 1995.6	1995/6/1	177
105	B1-5	B1	FRP繊維棒材を緊張材としたPCIはり	FRP, PCIはり, 水中疲労	崎山義之 (ビークス), 児島孝之 (立命館大学)	コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, No.2, 1995.6	1995/6/1	178
106	B2-19	B2	AI-FRP円筒接着継手のねじり強度	AI-FRP円筒接着継手, ねじり強度, 接着面積, 弾塑性有限要素法, 相当塑性ひずみ	逢坂勝彦・福田武人 (大阪市立大学)	材料 Vol.44, No.496, pp116-121, Jan.1995	1995/6/1	179
107	C3-3	C3	CFRPロッド補強押出コンクリート板の特性とそのマトリックスの凍結融解性能	凍結融解性能, 押出成形マトリックス	平戸靖浩・山田寛次 (新日本製鉄)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No.1505 pp1009-1010, 1995.8	1995/8/1	180

文献一覧

108	B2-18	B2	CFRPリットで補強した押出成形セメント板の特性 その3.耐久性評価	炭素繊維、押出成形セメント、耐久性	山田隆・平戸靖浩(新日本製鐵)	日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1013-1014, 1995. 8.	1995/8/1	181
109	C2-1	C2	内陸および海洋下に暴露した各種FRPリットの引張り特性	FRPリット, 内陸部暴露, 海洋暴露, 引張強度	西村次男・魚本健人(東京大学)	土木学会第50回年次学術講演会, pp372-373, 1995. 9	1995/9/1	182
110	A1-14	A1	環境温度がGFRPリットの耐アルカリ性に与える影響	GFRP, 耐アルカリ, 引張強度, 浸透速度, 拡散係数, 強度低下予測	勝木大(東急建設), 魚本健人(東京大学)	土木学会第50回年次学術講演会, pp384-385, 1995. 9	1995/9/1	183
111	B2-6 B4-11	B2, B4	連続繊維棒材のコンクリートとの付着機構とその長期性状について	連続繊維棒材, 炭素より線, アルミド異形棒, 付着応力分布, 片引試験, クリープ試験	服部篤史(京都大学), 井上晋(大阪工業大学)	土木学会第50回年次学術講演会, V-188, pp376-377, 1995. 9	1995/9/1	184
112	B1-38	B1	連続繊維棒材を緊張材としたT形PCはり	PCはり, プレテンション, 疲労, 水	松尾真紀・児島孝之(立命館大学)	土木学会第50回年次学術講演会, 第5部 pp378-379, 1995. 9	1995/9/1	185
113	B1-25	B1	CFRP板を接着・補強したRCはりの破壊様式と静的及び疲労強度	はり, 接着, 破壊形式, 曲げ疲労	井上正一他(鳥取大学)	土木学会第50回年次学術講演会, 1995. 9	1995/9/1	186
114	A4-2	A4	「複合材料活用事例集」石綿代替とコンクリート補強用途の拡大	セメント補強用繊維, 繊維強化セメント, ビニロン, 耐アルカリ性, 耐紫外	佐々木謙(ケレ)	工業材料, Vol. 43, No. 12, pp48-52	1995/11/1	188
115	A4-3	A4	「複合材料活用事例集」カーボンファイバーで多種多様な用途展開	CFRC(炭素繊維補強コンクリート), カテンオール	佐々木謙(ケレ)	工業材料, Vol. 43, No. 12, pp53-57	1995/11/1	189
116	A1-11 C2-14	A1, C2	石綿代替とコンクリート補強用途の拡大	セメント補強用繊維, 繊維強化セメント, ビニロン, 耐アルカリ性, 耐紫外線性	佐々木謙(ケレ)	工業材料, Vol. 43, No. 12, pp48-52, 1995. 11	1995/11/1	190
117	C3-5 C4-5	C3, C4	カーボンオールで多種多様な用途展開	CFRC(炭素繊維補強コンクリート), カテンオール	呉羽化学工業, I7・7・ル・シ	工業材料, Vol. 43, No. 12, pp53-57, 1995. 11	1995/11/1	191
118	B2-11	B2	エポキシ樹脂のクリープ変形に及ぼすフィバークリープの評価	フィバークリープ, クリープ変形, エポキシ樹脂	宮野靖・後藤康一(金沢工業大学)	材料, Vol. 44, No. 506, pp1367-1371, Nov. 1995	1995/11/1	192
119	C1-13	C1	ビニル系/PAN系リット一方向CFRPの静的曲げ強度の温度依存性	Fiber reinforced plastics, PAN based carbon fiber, Pitch based carbon fiber, Hybrid, Flexural strength, Temperature dependence	宮野靖(金沢工業大学), 松井洋(金沢工業高等学校)	材料, Vol. 44, No. 507, pp1428-1432, Dec. 1995	1995/12/1	193
120	B4-12	B4	引張荷重下における疑似等方性カーボン/エポキシ積層材の破壊メカニズムに及ぼす積層順序の影響	疑似等方性積層材, 引張荷重, 破壊メカニズム, 積層順序	谷本敏夫・森井亭(湘南工科大)	材料, Vol. 44, No. 507, pp1433-1438, Dec. 1995	1995/12/1	194
121	A4-4	A4	CF/Epoxyの非線形引張り応力-歪み挙動に及ぼす温度の影響	CF/Epoxy, 非線形性, 引張り応力-歪み挙動, 温度, コップリメンタリエーブル, 塑性ポテンシャル	黄木景二(九州大学応用力学研究)	材料, Vol. 45, No5, pp478-483, May, 1996	1996/3/1	195
122	B1-52	B1	炭素繊維複合材構造継ぎ手の疲労強度設計について	CFRP材, 継ぎ手の疲労強度, フォトリソグラフィ	菊川廣繁(富士重工業)	日本複合材料学会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 100-107, 1996	1996/3/1	196
123	A4-5	A4	GFRP用高分子型ランカッパリング剤の合成と性能	GFRP, ガラス繊維, ガラスエポキシ, ランカッパリング剤, 高分子型ランカッパリング剤, 相溶化剤, 機械的物性, グラフト効果, 層間せん断強度, 曲げ強度	杉山一男(近畿大学)	材料, Vol. 45, No4, pp449-454, Apr, 1996	1996/4/1	197

文献一覧

124	B2-14	B2	疲労過程におけるクリ-フ特性の変化を用いたCFRPの疲労寿命予測	CFRP複合材, 疲労寿命予測, クリ-フ試験, 一般化Voigtet'sル, 損傷変数, Lemaitre-Chaboche's 損傷発展式	金川靖・藤井敏彦(名古屋大学)	材料 Vol. 45, No. 5, pp502-506, May. 1996	1996/5/1	198
125	B2-13	B2	炭素繊維強化ポリアミドのメタッ昇温によるクリ-フ特性の評価	CFPA, 環境の影響, 曲げクリ-フ, クリ-フ特性の評価法	古江治美(機械技術研究所)	材料 Vol. 45, No. 5, pp507-510, May. 1996	1996/5/1	199
126	B3-4 B4-16	B3, B4	連続繊維棒材のコンクリートとの付着とその長期挙動	連続繊維棒材, 炭素より線, アミド 異形棒, 付着, 付着クリ-フ	服部篤史・宮川豊章(京都大学)	コンクリト工学年次論文集, Vol. 18, No. 1, pp1197-1202, 1996. 7	1996/7/1	200
127	C2-2	C2	紫外線による各種繊維の劣化現象の評価方法に関する基礎研究	連続繊維補強材, 紫外線劣化, クリ-フ分布	山口明伸・西村次男・魚本健人(東京大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996. 7	1996/7/1	201
128	C2-3	C2	異なった環境条件で暴露した各種FRPの引張強度特性	FRPの引張強度, 暴露試験, 凍結融解, 引張強度	西村次男・魚本健人・加藤佳孝(東京大学), 勝木太(東急建設)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996. 7	1996/7/1	202
129	C4-15	C4	高温加熱されたCFRP補強コンクリートはりの温度・力学特性	CFRPの引張強度, 高温加熱, 熱伝導, 温度応力, 曲げ性状	黒田一郎・日野伸一・太田俊昭・升川裕士(九州大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996. 7	1996/7/1	203
130	B1-29	B1	CFRP板で補強したRCはりの変形性状と静的および疲労強度	CFRP板接着補強工法, ひび割れ幅, たわみ, 付着強度, 疲労強度	井上正一・西林新蔵(鳥取大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 2, pp1481-1486, 1996. 7	1996/7/1	204
131	A1-17	A1	コンクリート中に埋設した連続ガラス繊維補強材の耐久性	ガラス繊維, 連続繊維補強材, 引張耐力, 引張剛性, IR分光分析試験, 疲労特性	金野智広(旭硝子株式会社), 関島謙蔵(清水建設)	土木学会論文集, No. 544/V-32, 1996. 8	1996/8/1	205
132	B1-49	B1	アミド製連続繊維補強材の疲労特性	アミド製連続繊維補強材, 疲労試験, 疲労特性	小田切隆幸・中井裕司(住友建設)	土木学会第51回年次学術講演会 pp962-963, 1996. 9	1996/9/1	206
133	A1-15	A1	耐アルカリ性を改善したAGFRPの開発	アルカリ環境下, AGFRPの二層構造	西村次男・魚本健人(東京大学)	土木学会第51回年次学術講演会 pp964-965, 1996. 9	1996/9/1	207
134	B1-47 B2-4	B1, B2	繊維保護材で被覆したアミド製緊張材のクリ-フおよび引張疲労特性に関する実験的検討	被覆, 帯板状, クリ-フ, 疲労	湊康裕(西松建設), 小野田章夫(宇部日東化成)	土木学会第51回年次学術講演会, -478, pp954-955, 1996. 9	1996/9/1	208
135	B2-31	B2	アミド系連続繊維緊張材のクリ-フ破壊に関する実験的検討	アミド系連続繊維緊張材, 載荷応力比, クリ-フ破壊時間		土木学会第51回年次学術講演会, pp956-957, 1996. 9	1996/9/1	209
136	B2-28	B2	連続繊維緊張材の長期純リクセ-ションに関する実験的検討	連続繊維緊張材, 長期純リクセ-ション, 純リクセ-ション率	安藤直文(住友建設), 袴田文雄(阪神高速道路公団)	土木学会第51回年次学術講演会, pp958-959, 1996. 9	1996/9/1	211
137	C5-3	C5	コンクリート補強用耐放射線性アミド繊維強化樹脂の開発	耐放射線性, 原子炉施設, 繊維強化樹脂	松原遼行・森谷俊夫(鹿島建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) No. 23073, pp145-	1996/9/1	212
138	A1-18	A1	コンクリート中の炭素繊維強化アラミクと鉄筋のカルニク腐食特性	カルニク腐食, 腐食電流, 自然電位, 分極特性	相部真一・坂井広道(三菱化学)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) 1996. 9	1996/9/1	213
139	C1-14	C1	CFRP製立体トラスの開発	フェノール樹脂, 耐火性能	中辻照幸・杉崎健一(清水建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) 1996. 9	1996/9/1	214
140	C4-12	C4	炭素繊維シートによる既存RC柱の耐震補強に関する研究	耐震補強, 熱間引張試験, 冷間引張試験, 耐火仕上げ	田中義成・跡部義久(大日本土木)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) No. 23082, pp163-	1996/9/1	215
141	引用リテラ	C1	GFRPのレーザ-穴あけ加工における穴品質の改善に関する研究	Drilling, CO2 laser drilling, YAG laser drilling, GFRP, PWB, Hole quality, Damage	青山栄一(同志社大学), 廣垣俊樹(滋賀県立大学)	材料 Vol. 45, No. 10, pp1125-1130, Oct. 1996	1996/10/1	216
142	C1-15	C1	FRPの空気中熱分解と燃焼に及ぼす繊維の種類とマトリックス樹脂, 添加物の影響	GFRP, CFRP, TG, DTA, Thermal recycling, Thermal degradation, Combustibility	中西洋一郎(大阪工業技術研究所), 木本正樹(大阪府立産業技術総合研究所)	材料 Vol. 45, No. 10, pp1125-1130, Oct. 1996	1996/10/1	217

143	A3-6	A3	FRPにおける界面相とその化学的制御 (総説)	GFRP, CFRP, 界面, ガラス繊維, カ ボン繊維, 表面処理, シンカブリン グ剤, サイジング剤, 物性	中西洋一郎(大阪工業技術研究 所)	材料 Vol. 46, No.12, pp1307- 1315, Dec. 1996	1996/12/1	218
144	B2-26	B2	FRPにおける初期クリップ損傷の蓄積とそ のAEによる評価	Creep damage, Short-term creep, Residual life, Damage parameter, Acoustic emission, Glass fiber reinforced plastics	Toshiyuki UENOYA(大阪府立産業 技術総合研究所)	材料 Vol. 46, No. 4, pp360-365, Apr. 1997	1997/4/1	219
145	B2-29	B2	GFRP積層管のクリップ特性評価法の一考 察	GFRP積層管, クリップ特性, クリッ プ構成式	岩本正治・荒木栄敏(京都工芸織 維大学)	材料 Vol. 46, No. 4, pp354-359, Apr. 1997	1997/4/1	221
146	A3-3	A3	酸応力環境下におけるGFRP繊維積層板 の応力腐食割れ	応力腐食割れ, 亀裂進展下限界 応力拡大係数, GFRP, ジュレーション	川田宏之・上野博則(早稲田大 学)	材料 Vol. 46, No. 4, pp374-379, Apr. 1997	1997/4/1	223
147	B2-10	B2	連続繊維緊張材の長期特性に関する実 験的検討	連続繊維緊張材, クリップ破壊, リ クレーション, 荷重比	安藤直文(住友建設), 松川治雄(川田建設)	コンクリト工学年次論文報告集 Vol. 19, No. 1, pp1243-1248, 1997. 6	1997/6/1	224
148	B2-7	B2	繊維の損傷確率理論に基づくFRPクリッ プのクリップ変形のモデル化	FRPクリップ, クリップ特性, クリッ プ論, 繊維損傷度	山口明伸・加藤佳孝(東京大学)	コンクリト工学年次論文報告集 Vol. 19, No. 1, pp1231-1236, 1997. 6	1997/6/1	225
149	B1-39 B2-35	B1, B2	アラミド繊維を用いた連続繊維強化グラス チッククリップのリクレーション特性と疲労特性	アラミド繊維, FRP, クリップ, リクレーション 率, 疲労強度	松元香保里・小田切隆幸(住友建 設)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, 1997. 6	1997/6/1	227
150	C2-4	C2	紫外線促進試験によるFRPクリップの劣化 性状に関する研究	FRPクリップ, 繊維, マトリックス, 紫外線 劣化	西村次男・加藤佳孝・山口明 伸・魚本健人(東京大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, 1997. 6	1997/6/1	229
151	A4-6	A4	酸性環境における連続繊維シートを用い たコンクリート補強	連続繊維シート, 樹脂, 曲げ補強, 耐酸性, 下水道施設	山本貴士(京都大学大学院), 嘉指成詞(サウルジ)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, pp1237-1242, 1997. 6	1997/6/1	230
152	B4-15	B4	連続繊維棒材の付着疲労に及ぼすリス トスの影響	連続繊維棒材, 付着, 疲 勞, RILEMはり型付着試験法, す 温引張特性, 載荷加熱	井上真也(京都府庁), 児島孝之(立命館大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 2, 1997. 6	1997/6/1	231
153	C1-16 C4-2	C1, C4	連続繊維補強材の高温引張特性と載荷 加熱時の梁曲げ変形挙動に関する研究	連続繊維補強材, 耐火性能, 高 温引張特性, 載荷加熱	棚野博之(建設省建築研究所), 坂 下雅司(建材研/研究所), 桝田佳 寛(宇都宮大学), 大野吉昭(財 団法人「タレ」)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 2, 1997. 6	1997/6/1	232
154	B2-1 B3-13	B2, B3	連続繊維補強プラスチックコンクリートの長期た わみ挙動	プラスチックコンクリートはり, 長期たわ み, たわみ倍率K	野々村家寿道(宇佐見組), 棚野博之(建設省建築研究所)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 2, pp1167-1172, 1997. 6	1997/6/1	233
155	C2-5	C2	高分子材料の耐候性向上技術(複維化 する屋外環境と高分子材料の耐候性)	耐候性, 暴露試験, 促進耐候 試験	大石不二夫(神奈川大学)	工業材料, Vol. 45, No. 6, pp26-29, 1997. 6	1997/6/1	234
156	B2-30	B2	CFRP積層材に対する時間依存非弾性変 形のモデル化	CFRP積層材, 時間依存非弾性変 形	金井靖・村上澄男(名古屋大学)	材料 Vol. 46, No. 7, pp769-774, Jul. 1997	1997/7/1	235
157	A1-10	A1	耐アルカリ性を向上させた新AGFRP緊張材 の開発	AGFRP緊張材, 耐アルカリ性	魚本健人(東京大学)	機能材料, Vol. 7, No. 9, pp46-51, 1997. 9	1997/9/1	237
158	C2-13 C5-4	C2, C5	FRPクリップ用マトリックス樹脂の紫外線促進試 験	マトリックス, 紫外線促進試験, 引張 試験	西村次男・魚本健人(東京大学)	土木学会第52回年次学術講演会 pp1026-1027, 1997. 9	1997/9/1	238
159	A2-1	A2	ガラス繊維強化プラスチックの水浸劣化試験	GFRP, ガラス繊維強化プラスチック, 水 浸試験, 質量変化, 曲げ強度, 耐 水性	西崎到・佐々木蔵(建設省土木研 究所)	土木学会第52回年次学術講演会 pp1028-1029, 1997. 9	1997/9/1	239

160	C1-17	C1	高温加熱を受けたCFRP補強コンクリートは、CFRPの耐荷性能	CFRPの耐荷性能	黒田 一郎(九州大学), 山口 芳範(IVR)	土木学会第52回年次学術講演会 pp1032-1033, 1997.9	1997/9/1	240
161	C3-4	C3	極低温下におけるFRPの耐衝撃性に関する基礎的研究	極低温下, FRP, 耐衝撃性, ひずみ速度	鹿内英登・岩代 一郎(東北大学)	土木学会第52回年次学術講演会 pp502-503, 1997.9	1997/9/1	241
162	A1-16	A1	FRP環境に暴露した連続繊維棒材の付着に関する検討	連続繊維棒材, マトリックス樹脂, 耐アルカリ性, 付着	森寛晃・服部篤史(京都大学)	土木学会第52回年次学術講演会 pp982-983, 1997.9	1997/9/1	242
163	B1-50	B1	緊張した連続繊維棒材の付着疲労	梁型付着試験, 付着疲労試験, FRP緊張材, 組状アラミド棒材, より線状炭素繊維棒材	中越貴宣・児島孝之(立命館大学)	土木学会第52回年次学術講演会 pp984-985, 1997.9	1997/9/1	243
164	B2-17	B2	FRPコンクリート用各種繊維の時間依存特性に関する基礎的研究	FRPコンクリート, 時間依存特性, フライバー, 繊維	山口明伸・西村次男(東京大学)	土木学会第52回年次学術講演会, pp974-975, 1997.9	1997/9/1	244
165	C4-14	C4	連続繊維補強コンクリートの耐火性能評価に関する研究	耐火, たわみ変形, 加熱載荷試験	棚野博之(建設省建築研究所), 坂下雅司(建材リサーチ研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No.1288 pp575-576, 1997.9	1997/9/1	245
166	C1-24 C4-13	C1, C4	連続繊維補強コンクリートの耐火性能評価に関する研究 その1. 連続繊維補強材の高温引張特性	耐火, 高温引張弾性係数試験, 高温引張強度試験	坂下雅司(建材リサーチ研究所), 棚野 博之(建設省建築研究所)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No.1287 pp573-574, 1997.9	1997/9/1	246
167	C5-5	C5	炭素繊維抵抗膜を用いたFRP電波吸収壁の開発 (その3 UHF帯FRP電波吸収壁の実用化)	電波吸収壁, カテナコール, FRP電波吸収	中川裕章・小林美亀雄(鹿島建設)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No.1290 pp579-580, 1997.9	1997/9/1	247
168	A1-4	A1	Long-Term Durability of Glass-Fiber Reinforced Polymer Composites in Alkaline Environments	耐久性, 耐アルカリ	R. K. DEVALAPURA(Owens Corning), J. V. GAUCHEL(Owens Corning)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	248
169	A1-5	A1	Durability of FRP Rebars and Tendons	促進試験, フライバー, カテナコール, 耐久性, 弾性率, ガラス, 水分率, 拡散, フライバー比, 引張り強度, 応力, 歪み	Hamid, Saadatmanesh (アリゾナ大学, 土木)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	249
170	A1-6	A1	Corrosion Resistance of Non-metallic Reinforcement Based on Basalt Fibres and Binders with of Waste of Chemical Industry	FRP樹脂, イママトマト, FRP外酸無水物, FRPインジエーター, 玄武岩FRP-強化FRP, 蒸留残渣	L. G. ASLANOVA	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	250
171	A2-2	A2	Durability and Systems Level Design Guidelines for The Use of Fiber Reinforced Composite Reinforcement in Civil Infrastructure	耐久性, 劣化, 界面, 水分, カテナコール, 外部補強, composite shell, 拘束効果	Vistasp M. KARBHARI (University of California), Frieder SEIBL (University of California)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	251

172	B1-21	B1	Bending Fatigue Test of Prestressed Concrete Beams Reinforced with Carbon Fiber Sheets in Water Environment	疲労試験, PC桁, 水中環境, 放置状況, 炭素繊維シート補強	Itaru NISHIZAKI(Public Works Research Institute), Hiroyuki SAKAMOTO	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	252
173	B4-18	B4	FRPの付着特性, およびそのコンクリートビームの長期たわみに及ぼす影響	FRP強化材, コンクリート, 引抜き試験, 付着-滑りの関係, 付着能, ビーム, 長期荷重, 長期たわみ	Zhongming WANG(北海道大学工学部), Yasuaki GOTO(北海道大学工学部)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	253
174	B4-21	B4	強化コンクリート中とコンクリート中のアラミドの付着劣化の非破壊テスト	コンクリート, プラスチック, 非破壊試験, アラミド, エポキシ樹脂, テーブル解析, レーダー, アラミド	Hans W. REINHARDT(スウェーデン工科大学), Liane GOLLAS(スウェーデン工科大学)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	254
175	B4-22	B4	ビーム試験片に埋め込んだ連続繊維コンクリートの付着に関する研究	アラミド繊維コンクリート, 炭素繊維コンクリート, 付着, 滑り, 付着疲労, 付着強度, 埋め込み長さ, 疲労強度	Nobuaki TAKAGI・Takayuki KOJIMA(立命館大学)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	255
176	A1-3	A1	Aging of Structural Composites under Varying Environmental Conditions	耐アルカリ, 耐久性, 耐環境, 耐海水	Hota V.S.GANGARAO(West Virginia大学), P.V.VIJAY(West Virginia 大学)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct., 1997	1997/10/1	256
177	B2-8	B2	Strengthening of prestressed concrete segmental T-beam bridge using FRP external prestressed systems	FRP external prestressing systems, strengthening, specific material strength, guidelines	Yukio ADACHI(Ministry of Construction), Mitsuhiro HAYASHIDA(Hanshin Expressway Public Corporation Japan)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2 PP695-702, Oct.1997	1997/10/1	257
178	B2-25	B2	Creep-Rupture of Fiber-Reinforced-Plastics in A Concrete Environment	FRP, creep, stress, rupture, prestress, durability, constitutive properties, environmental exposure	Charles W. DOLAN(Department of Civil and Architectural Engineering, University of Wyoming), Brent L. LEU(Department of Civil and Architectural Engineering, University of Wyoming)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, pp.187-194 Oct.1997	1997/10/1	258

文献一覧

179	B2-24	B2	Relaxation of Rope-Type Tendons Using Aramid Fibers	continuous fiber tendons, aramid fiber, relaxation ratio, environmental temperature, tensile tension	Toshitaka HIKIMURA(Technical Research Institute, Sho-Bond Corporation), Koji SAKAI(Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Bureau)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, pp211-217 Oct.1997	1997/10/1	260
180	B2-22	B2	Long-Term Deflection of Continuous Fiber Prestressed Concrete Beams	連続繊維補強筋, 連続繊維コンクリート梁, 長期荷重によるたわみ, たわみ比	K. Sakate(Usamigumi Corp.), K. Nonomura(Usamigumi Corp.)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp655-662, Oct.1997.	1997/10/1	261
181	引用抄	B1	Dynamic Behaviors of Continuous Carbon and Glass Fiber Reinforced Thermoplastics (CFRP and GFRP) for Recyclable Non-Metallic Reinforcements for Concrete Structures	Ecomaterials design, Continuous fiber reinforced lightweight precast concrete, Continuous fiber reinforced thermoplastic, Recyclability, CFRP, GFRP	T. FUKUSHIMA (Building Research Institute) K. SAKAYAMA (Tsutunaka Plastics Industry)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	262
182	引用抄	B1	Tensile Properties at High Temperatures of Continuous Fiber Bars and Deflections of Continuous Fiber Reinforced Concrete Beams Under High-Temperature Loading	continuous fiber bar, fire resistance, high-temperature tensile test, tensile properties at high temperature, heating-under-load test	Hiroyuki TANANO(Building Research Institute), Yoshihiro MASUDA(Utsunomiya University)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	263
183	引用抄	B1	Deflection of Continuous Fiber Reinforced Concrete Beams Subjected Loaded Heating	continuous fiber bar, continuous fiber reinforced concrete beam, fire-resistance performance, loaded heating test	Masashi SAKASHITA(Building Materials Tech.)Yoshihiro MASUDA(Utsunomiya University)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	264
184	C2-6	C2	Evaluation of Acm Reinforcement Durability by Exposure Test	Advanced composite materials, Durability, Exposure test, Tropical zone	F. TOMOSAWA (University of Tokyo), T. NAKATSUJI (Shimizu Corp.)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	265
185	C2-7	C2	Computational Model for Deterioration of Aramid Fiber by Ultraviolet Rays	Weakest-link theory, Ultraviolet rays, Tensile strength	Y. KATO (University of Tokyo), T. YAMAGUCHI (University of Tokyo)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	266

文献一覧

186	C2-8	C2	Durability Evaluation of FRP Cables by Exposure Tests	Fiber reinforced plastic cable, Exposure test, Prestress, Direct sunlight, Water environment	I. SASAKI (Public Works Research Institute) I. NISHIZAKI (Public Works Research Institute)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	267
187	A4-7	A4	Environmental Degradation of Repaired Concrete Structure		Antonio NANNI (The Pennsylvania State University, USA), Thomas BOOTHBY (The Pennsylvania State University, USA)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp155-162, Oct.1997	1997/10/1	268
188	B1-44	B1	Flexural Fatigue Behavior of prestressed Concrete Beams with Non - Metallic Fiber Tendon under water (FRP緊張材を用いたPCはりの水中における曲げ疲労挙動)	疲労, 水中, PC	Maki MATSUO(立命館大), Takayuki KOJIMA(立命館大)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp775-782, Oct.1997	1997/10/1	269
189	A2-3 A3-7	A2, A3	Durability of Afrp & CFRP Pretensioned Piles in Marine Environment	耐久性, 付着, コクリート, プレキャスト, FRP, AFRP, CFRP	Sen R. (University of South Florida)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol2, pp123-130, Oct, 1997	1997/10/1	270
190	B1-20	B1	Fatigue of Reinforced Concrete Beams Externally Prestressed with Aramid Fibre Cable	Aramid fibre, composite materials, external prestressing, fatigue test, flexural strength, strengthening, repair, rehabilitation	T.HORIGUCHI (Hokkaido Institute of Technology), N.SAEKI (Hokkaido University)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct.1997	1997/10/1	271
191	B2-27	B2	Creep Rupture of FRP Rods Made of Aramida, Carbon and Glass Fibers	劣化特性, FRP, AFRP, CFRP, GFRP	Toshinobu YAMAGUCHI (Tokyo Univ.), Yoshitaka KATO (I.I.S., Tokyo Univ.)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct.1997	1997/10/1	273
192	B2-40	B2	Experimental Studies on The Long-Term Tensile Properties of FRP Tendons	FRP tendon, creep rupture, relaxation, load ratio	Naofumi ANDO (Sumitomo Construction), Haruo MATSUKAWA (Kawada Construction), Atsushi HATTORI (Kyoto University), Mitsuyasu MASHIMA (Osaka City University)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Oct.1997	1997/10/1	275

文献一覧

193	B2-23	B2	Test Method on Creep of Continuous Fiber Reinforcing Materials	test method on creep, creep strain, creep-rupture time, creep-rupture capacity, creep-rupture strength, ratio of load, continuous glass fiber reinforcements	Hiroshi SEKI(Department of Civil Engineering, Waseda University), Kenzo SEKIJIMA(Institute of Technology, Shimizu Corporation)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, pp.195-202 Oct.1997	1997/10/1	276
194	A1-7	A1	A New Generation of Reinforced Polymer Rebars for Concrete Reinforcement	glass fiber reinforced polymer rebars, long-term tests, short-term tests, processing, bond test, alkaline durability	Salem FAZA Oliber WAGNER Stephan DEUSSER Charles Mc CLASKEY	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	277
195	B3-2	B3	FRPの付着特性,およびそのコンクリートビームの長期たわみに及ぼす影響	FRP強化材,コンクリート,引抜き試験,付着-滑りの関係,付着能,ビーム,長期荷重,長期たわみ	Zhongming WANG・Yasuaki GOTO(北海道大学)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, Oct.1997	1997/10/1	278
196	B1-36	B1	Fatigue Behavior of a Carbon FRP Grid Encased in Concrete	FRP格子,疲労,コンクリート,塩分,終局引張強度,残留引張強度	Rahman, H.(N.R.C.C.), Adimi, R. (University of Sherbrooke)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp219-226, Oct.1997	1997/10/1	279
197	B1-35	B1	Thermal and Mechanical Fatigue Effects on GFRP Rebar-Concrete Bond	GFRP,付着,熱的疲労,機械的疲労,逆半梁試験	Shield, C. (University of Minnesota), French, C. (University of Minnesota)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp381-388, Oct.1997	1997/10/1	280
198	B2-21	B2	Sustained Load Deflections in GFRP-Reinforced Concrete Beams	梁のたわみ,複合材,クリップ,連続繊維補強材,鉄筋コンクリート,使用性,時間依存効果	Vicki L. BROWN(Widener University, USA)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp495-502, Oct.1997	1997/10/1	281
199	B1-34	B1	A Study on Shear Fatigue Behavior of Concrete Beams with FRP Rods	せん断疲労,疲労強度,スタックアップひずみ,斜めひび割れ幅	Yosuke MIZUKAWA(Hokkaido Univ.), Yasuhiko SATO(Hokkaido Univ.)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp309-316 Oct.1997	1997/10/1	282
200	B1-33	B1	Behavior of Anchorage for FRP Tendons Using Highly Expansive Material under Cyclic Loading	CFRP strand, highly expansive material, anchorage, fatigue test, bond analysis	Tetsuo HARADA(Department of Structural Engineering, Nagasaki University), Masashi SOEDA(Department of Civil Engineering, Fukuoka University)	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp719-726 Oct.1997	1997/10/1	283
201	B4-30	B4	コースティック法による直交異方性CFRP積層材の応力拡大係数の測定	CFRP積層材,直交異方性,コースティック法,応力拡大係数	広瀬幸雄・山岸雄一(金沢大学)	材料 Vol.47, No.3, pp299-304, Mar.1998	1998/3/1	284

202	B4-23	B4	CFRP積層材の静的横せん断特性	Transverse shear modulus, Transverse shear failure strain, Transverse shear strength, CFRP laminate, Short beam method, 3D FEM, Transverse isotropy	邊吾一・谷本安浩(日本大学)	材料 Vol. 47, No. 3, pp287-292, Mar. 1998	1998/3/1	285
203	B1-48	B1	疲労過程におけるCFRPの内部損傷の検討	CFRP平板, CFRP円管, 疲労過程, 内部損傷観察	田中行平・村上澄男(名古屋大学)	材料 Vol. 47, No. 5, pp440-445, Mar. 1998	1998/3/1	286
204	B4-29	B4	ランダム配向不連続炭素繊維強化ガラス基複合材料の破壊メカニズム	複合材料, ランダム配向不連続炭素繊維, 強化ガラス基, AE特性, 破壊メカニズム	武田展雄(東京大学), 黄木景二(九州大学)	材料 Vol. 47, No. 4, pp406-412, Apr. 1998	1998/4/1	288
205	B4-20	B4	繊維強化複合材料の超音波伝ば速度と減衰係数に及ぼす界面はく離の影響 - 繊維方向に偏向したせん断波の散乱解析に基づく検討 -	Fiber-reinforced composite, Shear wave, Scattering, Fiber-matrix interface, Debonding, Phase velocity, Attenuation, Nondes tructive	琵琶志朗・柴田俊忍(京都大学)	材料 Vol. 47, No. 4, pp399-405, Apr. 1998	1998/4/1	289
206	B4-19	B4	吸湿によるCFRP粘性係数変化の超音波伝ば特性による評価	CFRP, Anisotropy, Moisture absorption, Moisture desorption, Ultrasonic propagation, Viscous coefficient	岡部洋二・武田展雄(東京大学)	材料 Vol. 47, No. 5, pp472-477, May. 1998	1998/5/1	290
207	B4-17	B4	CFRP板の塑性加工性と繊維間摩擦との関係	CFRP板, 塑性加工性, 上界法による解析, r値	大村勝(摂南大学), 岡本一則(初田工業)	材料 Vol. 47, No. 5, pp452-457, May. 1998	1998/5/1	291
208	A3-4	A3	ランダム(FRP)浄化槽 - 高温環境下における各種繊維の引張強度特性	ランダム(FRP)浄化槽 - 高温環境下における各種繊維の引張強度特性	松林一夫((社)型式浄化槽協会)	日本複合材料学会誌, Vol. 24, No. 5, pp30-34, 1998. 5	1998/5/1	292
209	A4-8 C4-4	A4, C4	各種連続繊維補強材の高温引張強度特性	繊維, 高温環境下, 耐化学薬品性, 劣化促進試験	西村次男・魚本健人・加藤佳孝(東京大学), 山口明伸(鹿児島大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998. 6	1998/6/1	293
210	C4-3	C4	各種連続繊維補強材の高温引張強度特性	連続繊維補強材, 高温特性, 引張強度, 引張弾性係数, 応力-ひずみ曲線	今井章博(コリス), 棚野博之, 白田太(建設省建築研究所)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998. 6	1998/6/1	294
211	A1-8	A1	コンクリト中に長期間埋設した連続ガラス繊維補強材の諸物性について	ガラス繊維, PCはり, 引張試験, 保持率, SEM	林 耕四郎(旭硝子マテリアル), 関島謙蔵(清水建設)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, pp247-252, 1998. 6	1998/6/1	295
212	A1-2	A1	連続繊維補強材の耐久性評価に関する実験的研究	連続繊維補強材, 高温アルカリ浸漬, 疲労特性, Goodman線図	白田太・棚野博之(建設省建築研究所)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, pp253-258, 1998. 6	1998/6/1	296
213	B2-32	B2	繊維の応力比を考慮したFRPリッドのクリープ破壊メカニズム	FRPリッド, クリープ破壊, 繊維の応力比, クリープ理論	山口明伸・西村次男(東京大学)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, pp271-276, 1998. 6	1998/6/1	297
214	B2-39	B2	Flexural Failure Mode and Ultimate Moment of FRP Reinforced Concrete Beams after Sustained Loading	FRP補強材, 梁, 曲げ終局モード, 持続荷重	Z. WANG, O. JOH (Hokkaido University)	コンクリト工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 3, 1998. 6	1998/6/1	299

文献一覧

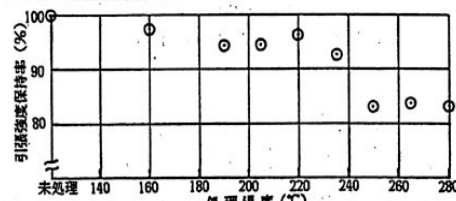
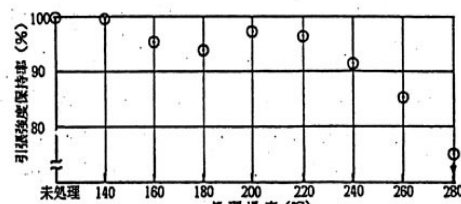
215	B4-24	B4	一方炭素繊維強化繊維複合材料の繊維方向がその摩擦特性に与える影響	CFRP, 摩擦係数, 摩耗試験, 繊維方向, 表面粗さ, 走査型電子顕微鏡	肖 毅・松原監壮(九州大学)	材料 Vol. 47, No. 6, pp618-624, 1998	1998/6/1	301
216	A1-9 A4-9	A1, A4	建築・土木分野での複合材料の利用の現状と将来 -連続繊維強化ガラス・補強インカート(FRPRC)を中心として-	連続繊維強化ガラス・補強インカート, 連続繊維シート, 補修・補強, イマテリアル	福島敏夫(建設省建築研究所)	日本複合材料学会誌, Vol. 24, No. 6, pp8-17, 1998. 6	1998/6/1	302
217	B4-27	B4	繊維方向に直径変化を伴う炭素繊維の引張強度分布の推定	炭素繊維, 引張試験, 引張強度, Weibull 解析, 有効体積	田中道七(立命館大学), 中山英明(大阪産業大学)	材料 Vol. 47, No. 7, pp719-726, 1998	1998/7/1	303
218	A3-8 C5-6	A3, C5	開繊された強化繊維束の樹脂含浸挙動	開繊, 開繊繊維束, カーボン繊維, 含浸, FRTP, 電子顕微鏡, 曲げ強	川辺和正(福井県工業技術センター)	材料 Vol. 47, No. 7, pp735-742, 1998	1998/7/1	304
219	B4-26	B4	2軸組合せ負荷におけるCFRPの損傷面に関する検討	CFRP, 損傷面, フォース・ディplacement, 2軸応力, ストリックひび割れ	田中行平・金川靖(名古屋大学)	材料 Vol. 47, No. 9, pp905-911, Sep. 1998	1998/9/1	305
220	B4-13	B4	一方繊維強化複合材料のDCB試験片におけるモードI層間はく離き裂先端近傍の応力場	複合材料, 応力解析, DCB, 層間はく離き裂, 有限要素法	多田直哉・北村隆行(京都大学)	材料 Vol. 47, No. 9, pp926-930, Sep. 1998	1998/9/1	306
221	C1-18	C1	連続繊維補強材の高温引張特性に関する基礎的研究 その1. 素材繊維および形状による影響	高温引張特性, 熱劣化	下井大輔・重倉裕光(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No. 1030 pp59-60, 1998. 9	1998/9/1	307
222	A1-20 C1-19	A1, C1	連続繊維補強材の高温物理特性, 力学特性および耐久性に関する基礎的研究 その1. 高温クリープ, 熱膨張および耐アルカリ性に関する基礎検討	耐アルカリ性, 高温クリープ, 熱膨張	棚野博之(建設省建築研究所), 下井大輔(東京理科大学)	日本建築学会大会学術講演梗概集 No. 1028 pp55-56, 1998. 9	1998/9/1	308
223	C2-9	C2	FRPの複合材料としての紫外線劣化特性	FRP, 紫外線劣化, 繊維, ストリック樹脂	山口明伸・西村次男・魚本健人(東京大学)	土木学会第53回年次学術講演会 pp950-951, 1998. 10	1998/10/1	309
224	B3-14	B3	連続繊維緊張材の定着・付着とその長期状態に関する研究	連続繊維緊張材, 定着, 付着, 長期性状, T-S関係	川崎浩司・服部篤史(京都大学)	土木学会第53回年次学術講演会, V-419, pp838-839, 1998. 10	1998/10/1	311
225	C2-10	C2	促進暴露を受けるCFRP材の耐候性曲げ強度とその非破壊的予測		工藤亮(防衛大学校), 邊吾一(日本大学)	日本複合材料学会誌, Vol. 25, No. 1, pp23-29, 1999. 1	1999/1/1	312

2.3 抄録

次頁以降に，各文献の抄訳を一覧表の番号順(年代順)に掲載する．

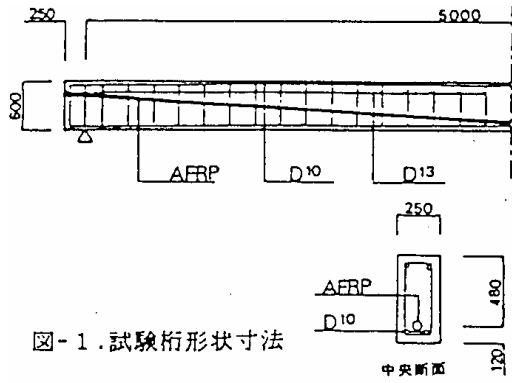
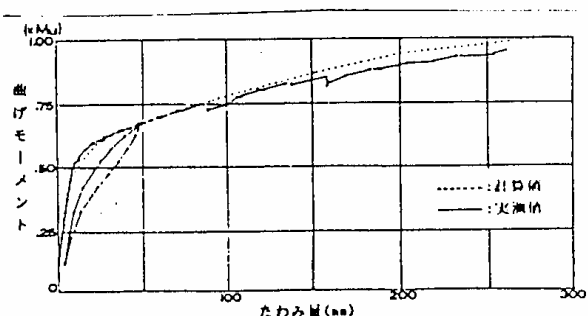
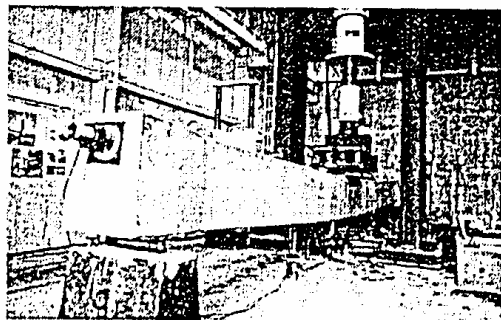
分類	B1-26																																																																									
材料	部材種類(R C)		素材・形状(C D)																																																																							
論文名	FRPで補強したコンクリートはりの曲げ疲労特性																																																																									
著者	小沢一雅他(東京大学)																																																																									
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、1987.9																																																																									
キーワード	曲げ疲労, はり																																																																									
概要	コンクリート補強に使用されるFRP筋は応力関係を柔軟に設定できるが、弾性係数が鉄と比較して小さい。又、橋梁床版のように自動車の繰返し荷重を受ける部材に補強材として使用するには静的特性だけでなく、疲労特性も把握する必要がある。スターラップにもFRP筋を使用し、3次元構造物に一体成形した立体格子型のFRP筋を鉄筋の代わりに補強材として用いたコンクリート梁の静的曲げ試験及び疲労試験を行い、FRP筋の材料特性が梁の疲労特性に及ぼす影響について研究する。																																																																									
結果	表-2 静的載荷試験結果 <table><tr><th>供試体</th><th>曲げひびわれ発生荷重 (kN)</th><th>斜めひびわれ発生荷重 (kN)</th><th>破壊荷重 Pu (kN)</th><th>破壊形式</th></tr><tr><td>NS-1</td><td>34.3</td><td>88.3</td><td>234</td><td>等モーメント区間の主筋の破断</td></tr><tr><td>NS-2</td><td>29.4</td><td>98.1</td><td>225</td><td>せん断スパンの主筋とスターラップの破断</td></tr></table> 表-3 疲労試験結果 <table><tr><th>供試体</th><th>上限荷重 Pmax (kN)</th><th>Pmax — Pu</th><th>Tfmax — Tfu</th><th>疲労破断回数 N (回)</th><th>FRP筋の破断箇所 (＊)</th></tr><tr><td>NC-1</td><td>122</td><td>0.519</td><td>0.517</td><td>1.43 * 10⁶</td><td>下段の主筋 (等)</td></tr><tr><td>NC-2</td><td>147</td><td>0.627</td><td>0.620</td><td>8.53 * 10⁴</td><td>下段の主筋 (等)</td></tr><tr><td>NC-3</td><td>134</td><td>0.573</td><td>0.569</td><td>> 2.81 * 10⁶</td><td>破壊せず</td></tr><tr><td>NC-4</td><td>141</td><td>0.602</td><td>0.594</td><td>4.50 * 10⁴</td><td>スターラップ, 主筋 (せ)</td></tr><tr><td>NC-5</td><td>141</td><td>0.602</td><td>0.594</td><td>1.30 * 10⁵</td><td>下段の主筋 (等)</td></tr><tr><td>NC-6</td><td>129</td><td>0.547</td><td>0.543</td><td>1.78 * 10⁶</td><td>下段と中段の主筋 (せ)</td></tr><tr><td>NC-7</td><td>129</td><td>0.547</td><td>0.543</td><td>1.68 * 10⁵</td><td>スターラップ, 主筋 (せ)</td></tr><tr><td>NC-8</td><td>129</td><td>0.519</td><td>0.517</td><td>7.53 * 10⁵</td><td>下段の主筋 (等)</td></tr></table> 注) Pu : はりの曲げ耐力 (= 234kN), Tfmax : 上限荷重時の下段の主筋の引張力 Tfu:主筋の引張耐力 (= 78.6kN),下限荷重 Pmin= 18.1kN, Tfmin= 8.53kN ＊) 等:等モーメント区間, せ:せん断スパン内 TENSILE FORCE AT THE MAXIMUM LOAD (Tfmax/Tfu)					供試体	曲げひびわれ発生荷重 (kN)	斜めひびわれ発生荷重 (kN)	破壊荷重 Pu (kN)	破壊形式	NS-1	34.3	88.3	234	等モーメント区間の主筋の破断	NS-2	29.4	98.1	225	せん断スパンの主筋とスターラップの破断	供試体	上限荷重 Pmax (kN)	Pmax — Pu	Tfmax — Tfu	疲労破断回数 N (回)	FRP筋の破断箇所 (＊)	NC-1	122	0.519	0.517	1.43 * 10 ⁶	下段の主筋 (等)	NC-2	147	0.627	0.620	8.53 * 10 ⁴	下段の主筋 (等)	NC-3	134	0.573	0.569	> 2.81 * 10 ⁶	破壊せず	NC-4	141	0.602	0.594	4.50 * 10 ⁴	スターラップ, 主筋 (せ)	NC-5	141	0.602	0.594	1.30 * 10 ⁵	下段の主筋 (等)	NC-6	129	0.547	0.543	1.78 * 10 ⁶	下段と中段の主筋 (せ)	NC-7	129	0.547	0.543	1.68 * 10 ⁵	スターラップ, 主筋 (せ)	NC-8	129	0.519	0.517	7.53 * 10 ⁵	下段の主筋 (等)
供試体	曲げひびわれ発生荷重 (kN)	斜めひびわれ発生荷重 (kN)	破壊荷重 Pu (kN)	破壊形式																																																																						
NS-1	34.3	88.3	234	等モーメント区間の主筋の破断																																																																						
NS-2	29.4	98.1	225	せん断スパンの主筋とスターラップの破断																																																																						
供試体	上限荷重 Pmax (kN)	Pmax — Pu	Tfmax — Tfu	疲労破断回数 N (回)	FRP筋の破断箇所 (＊)																																																																					
NC-1	122	0.519	0.517	1.43 * 10 ⁶	下段の主筋 (等)																																																																					
NC-2	147	0.627	0.620	8.53 * 10 ⁴	下段の主筋 (等)																																																																					
NC-3	134	0.573	0.569	> 2.81 * 10 ⁶	破壊せず																																																																					
NC-4	141	0.602	0.594	4.50 * 10 ⁴	スターラップ, 主筋 (せ)																																																																					
NC-5	141	0.602	0.594	1.30 * 10 ⁵	下段の主筋 (等)																																																																					
NC-6	129	0.547	0.543	1.78 * 10 ⁶	下段と中段の主筋 (せ)																																																																					
NC-7	129	0.547	0.543	1.68 * 10 ⁵	スターラップ, 主筋 (せ)																																																																					
NC-8	129	0.519	0.517	7.53 * 10 ⁵	下段の主筋 (等)																																																																					

結 果	図-1 FRP筋の形状 図-7 荷重-たわみ関係 図-12 FRP筋の疲労強度
備 考	

分 類	A3-5, C1-20																																																							
材 料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AB)																																																						
論 文 名	アラミド繊維による組み紐状棒材の研究 (その1.引っ張り特性及び耐久性について)																																																							
著 者	岡本 直(三井建設), 谷垣 正治(三井建設)																																																							
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(近畿) 1987年10月																																																							
キ-ワ-ト	”耐乾熱”, ”耐湿熱”, ”耐薬品”																																																							
概 要	耐乾熱・耐湿熱性を引張強度保持率で評価。耐薬品試験では30日浸漬後に引張強度保持率及び重量増加率で評価。																																																							
結 果	耐乾熱・耐湿熱性試験とも、処理温度220℃まで引張強度保持率は95%前後の高い値を示した。耐薬品性は、硫酸を除くと引張強度保持率は90%以上の値を示し、30日浸漬については顕著な変化は見られなかった。 表-3 耐久性試験項目 <table><tr><th>試験項目</th><th>試 験 条 件</th><th>使用棒材</th></tr><tr><td>耐 乾 熱</td><td>160～280℃まで15℃毎にそれぞれの棒材を2時間乾熱処理し、引張試験を行った。</td><td rowspan="2">A16</td></tr><tr><td>耐 湿 熱</td><td>140～280℃まで20℃毎にそれぞれの棒材を2時間湿熱処理し、引張試験を行った。</td></tr><tr><td>耐 薬 品</td><td>対象とした薬品は、一般的な酸、アルカリ、人工海水および通常接触する可能性のある薬品とした。試験は25℃室温中にて所定材料まで浸漬し、110℃24時間乾燥後重量および引張試験を行った。</td><td>A16</td></tr></table> 図-5 耐乾熱試験結果  図-6 耐湿熱試験結果  表-4 耐薬品性試験結果 <table><tr><th>薬 品 名</th><th>重 量 増加率 (%)</th><th>引張強度 保持率 (%)</th><th>薬 品 名</th><th>重 量 増加率 (%)</th><th>引張強度 保持率 (%)</th></tr><tr><td>NaOH(30%)</td><td>-0.25</td><td>92</td><td>H₂SO₄(30%)</td><td>1.46</td><td>80</td></tr><tr><td>NaOH(5%)</td><td>-0.27</td><td>90</td><td>H₂SO₄(10%)</td><td>1.38</td><td>85</td></tr><tr><td>NaClO(5%)</td><td>-0.73</td><td>95</td><td>トルエン</td><td>-0.36</td><td>96</td></tr><tr><td>Ca(OH)₂</td><td>-0.26</td><td>96</td><td>トリクレン</td><td>0.61</td><td>93</td></tr><tr><td>人工海水 (全体浸漬)</td><td>-0.10</td><td>100</td><td>ジメチルホルムアミド</td><td>1.53</td><td>99</td></tr><tr><td>人工海水 (半分浸漬)</td><td>-0.20</td><td>93</td><td>灯 油</td><td>-0.09</td><td>93</td></tr></table>			試験項目	試 験 条 件	使用棒材	耐 乾 熱	160～280℃まで15℃毎にそれぞれの棒材を2時間乾熱処理し、引張試験を行った。	A16	耐 湿 熱	140～280℃まで20℃毎にそれぞれの棒材を2時間湿熱処理し、引張試験を行った。	耐 薬 品	対象とした薬品は、一般的な酸、アルカリ、人工海水および通常接触する可能性のある薬品とした。試験は25℃室温中にて所定材料まで浸漬し、110℃24時間乾燥後重量および引張試験を行った。	A16	薬 品 名	重 量 増加率 (%)	引張強度 保持率 (%)	薬 品 名	重 量 増加率 (%)	引張強度 保持率 (%)	NaOH(30%)	-0.25	92	H ₂ SO ₄ (30%)	1.46	80	NaOH(5%)	-0.27	90	H ₂ SO ₄ (10%)	1.38	85	NaClO(5%)	-0.73	95	トルエン	-0.36	96	Ca(OH) ₂	-0.26	96	トリクレン	0.61	93	人工海水 (全体浸漬)	-0.10	100	ジメチルホルムアミド	1.53	99	人工海水 (半分浸漬)	-0.20	93	灯 油	-0.09	93
試験項目	試 験 条 件	使用棒材																																																						
耐 乾 熱	160～280℃まで15℃毎にそれぞれの棒材を2時間乾熱処理し、引張試験を行った。	A16																																																						
耐 湿 熱	140～280℃まで20℃毎にそれぞれの棒材を2時間湿熱処理し、引張試験を行った。																																																							
耐 薬 品	対象とした薬品は、一般的な酸、アルカリ、人工海水および通常接触する可能性のある薬品とした。試験は25℃室温中にて所定材料まで浸漬し、110℃24時間乾燥後重量および引張試験を行った。	A16																																																						
薬 品 名	重 量 増加率 (%)	引張強度 保持率 (%)	薬 品 名	重 量 増加率 (%)	引張強度 保持率 (%)																																																			
NaOH(30%)	-0.25	92	H ₂ SO ₄ (30%)	1.46	80																																																			
NaOH(5%)	-0.27	90	H ₂ SO ₄ (10%)	1.38	85																																																			
NaClO(5%)	-0.73	95	トルエン	-0.36	96																																																			
Ca(OH) ₂	-0.26	96	トリクレン	0.61	93																																																			
人工海水 (全体浸漬)	-0.10	100	ジメチルホルムアミド	1.53	99																																																			
人工海水 (半分浸漬)	-0.20	93	灯 油	-0.09	93																																																			
備 考																																																								

分 類	C1-1																																																						
材 料	部材種類 (RC)	素材・形状 (C , A , V)																																																					
論 文 名	3次元織物補強コンクリ - ト(3D-FRC)の耐久性																																																						
著 者	秋浜 繁幸(鹿島建設), 末長 龍夫(鹿島建設)																																																						
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(関東) 1988年10月																																																						
キ-ワ-ド	”3次元織物”, ”オ-トクレ-ブ”																																																						
概 要	3D-FRCの耐久性を評価するために、各環境下で養生した3D-FRC部材の曲げ試験を実施。 環境条件1;炭素繊維製3D-FRCを80 熱水中に浸漬し、各材令による曲げ特性の変化。 環境条件2;繊維及び養生の違いが曲げ特性に及ぼす影響について検討。 繊維として、炭素繊維・アラミド繊維・ビニロン繊維・耐アルカリガラス繊維。環境条件として60 、80 、熱水浸漬及び180 オ-トクレ-ブ養生。																																																						
結 果	炭素繊維・アラミド繊維を使用した3D-FRCは、今回の実験範囲では耐久性に優れ、耐アルカリガラス繊維は高温により若干曲げ強度の低下を生じた。ビニロン繊維は、180 オ-トクレ-ブでは繊維補強効果が無いまでに劣化した。 表-2 3次元織物諸元 <table><tr><th rowspan="2">Phase</th><th rowspan="2">繊維種類</th><th colspan="3">繊維収束数[*]</th><th colspan="3">繊維ピッチ(mm)</th><th colspan="2">引張補強繊維</th></tr><tr><th>X軸</th><th>Y軸</th><th>Z軸</th><th>X方向</th><th>Y方向</th><th>Z方向</th><th>σ_t(mm^2)</th><th>P_t(%)</th></tr><tr><td>I</td><td>PAN系炭素繊維</td><td colspan="3">36,000F</td><td>40</td><td>12.5</td><td></td><td>20.8</td><td>0.41</td></tr><tr><td rowspan="4">II</td><td>PAN系炭素繊維</td><td>72,000F</td><td rowspan="4">PAN系炭素繊維</td><td rowspan="4">PAN系炭素繊維</td><td rowspan="4">20</td><td rowspan="4">30</td><td></td><td>11.1</td><td>0.45</td></tr><tr><td>アラミド繊維</td><td>36,000D</td><td></td><td>11.4</td><td>0.47</td></tr><tr><td>ビニロン繊維</td><td>32,400D</td><td></td><td>11.1</td><td>0.45</td></tr><tr><td>耐アルカリガラス繊維</td><td>7,440tex</td><td></td><td>11.0</td><td>0.45</td></tr></table> Y軸繊維 Z軸繊維 X軸繊維 </		Phase	繊維種類	繊維収束数 [*]			繊維ピッチ(mm)			引張補強繊維		X軸	Y軸	Z軸	X方向	Y方向	Z方向	σ_t (mm^2)	P_t (%)	I	PAN系炭素繊維	36,000F			40	12.5		20.8	0.41	II	PAN系炭素繊維	72,000F	PAN系炭素繊維	PAN系炭素繊維	20	30		11.1	0.45	アラミド繊維	36,000D		11.4	0.47	ビニロン繊維	32,400D		11.1	0.45	耐アルカリガラス繊維	7,440tex		11.0	0.45
Phase	繊維種類	繊維収束数 [*]			繊維ピッチ(mm)			引張補強繊維																																															
		X軸	Y軸	Z軸	X方向	Y方向	Z方向	σ_t (mm^2)	P_t (%)																																														
I	PAN系炭素繊維	36,000F			40	12.5		20.8	0.41																																														
II	PAN系炭素繊維	72,000F	PAN系炭素繊維	PAN系炭素繊維	20	30		11.1	0.45																																														
	アラミド繊維	36,000D						11.4	0.47																																														
	ビニロン繊維	32,400D						11.1	0.45																																														
	耐アルカリガラス繊維	7,440tex						11.0	0.45																																														

分類	B1-12																		
材料	部材種類(単体)	素材・形状(CD , AD , GD)																	
論文名	AE計測によるFRPロッドの疲労特性評価																		
著者	魚本健人(東京大学)																		
出典名	土木学会第44回年次学術講演会 1989年10月																		
キーワード	引張疲労荷重試験																		
概要	本研究は、引張疲労荷重を受ける各種FRPロッドの破壊機構を明らかにすることを目的として実施したもので、この目的のためにはAE計測が有効であると考え、疲労試験時のAE計測を実施した。																		
結果	図表 表1 FRPロッドの諸元 <table><tr><td></td><td>AFRP</td><td>CFRP</td><td>GFRP</td></tr><tr><td>弾性係数 (kg/mm²)</td><td>5800</td><td>12600</td><td>5600</td></tr><tr><td>繊維混入率 (%)</td><td>65.0</td><td>66.1</td><td>66.8</td></tr><tr><td>理論耐力 (tonf)</td><td>5.70</td><td>6.54</td><td>5.66</td></tr></table>				AFRP	CFRP	GFRP	弾性係数 (kg/mm ²)	5800	12600	5600	繊維混入率 (%)	65.0	66.1	66.8	理論耐力 (tonf)	5.70	6.54	5.66
	AFRP	CFRP	GFRP																
弾性係数 (kg/mm ²)	5800	12600	5600																
繊維混入率 (%)	65.0	66.1	66.8																
理論耐力 (tonf)	5.70	6.54	5.66																
備考																			

分類	B1-13																						
材料	部材種類(PC)	素材・形状(AD)																					
論文名	アラミド繊維製FRPロッドを緊張材としたPC構造物の曲げ疲労特性																						
著者	中井裕司(住友建設)																						
出典名	土木学会第44回年次学術講演会 1989年10月																						
キーワード	曲げ疲労試験																						
概要	従来、FRPロッドはPC鋼材より弾性係数が低く、明確な降伏点を有さないため、プレストレスコンクリート構造物としてのひびわれ発生以降の挙動と一方向強化材であることから定着部に問題があり、大容量化が困難であった。本研究では、AFRPロッドを緊張材とするテンドンを用い、ポストテンション桁を製作し、ひび割れモーメントを上回る上限曲げモーメントを与えて曲げ疲労試験を行った。その結果、AFRPロッドを緊張材としたPC構造物は、過大な曲げモーメントの履歴に対しても十分な耐力、変形性能を有すると考えられる。																						
結果	 図-1. 試験桁形状寸法	 図-2. 静的載荷試験	表-1. 曲げモーメント荷重に対する構成材の応力 <table><tr><th>モーメント</th><th>AFRPロッド</th><th>上縁コンクリート</th><th>下段鉄筋</th></tr><tr><td>.25Mu</td><td>-9360</td><td>41</td><td>149</td></tr><tr><td>.55Mu</td><td>-9590</td><td>200</td><td>-1434</td></tr><tr><td>.65Mu</td><td>-10230</td><td>321</td><td>-3000</td></tr><tr><td>Mu</td><td>-17670</td><td>555</td><td>-3000</td></tr></table> 単位 (kg/cm²) + : 圧縮	モーメント	AFRPロッド	上縁コンクリート	下段鉄筋	.25Mu	-9360	41	149	.55Mu	-9590	200	-1434	.65Mu	-10230	321	-3000	Mu	-17670	555	-3000
モーメント	AFRPロッド	上縁コンクリート	下段鉄筋																				
.25Mu	-9360	41	149																				
.55Mu	-9590	200	-1434																				
.65Mu	-10230	321	-3000																				
Mu	-17670	555	-3000																				
写真-1. 実験状況																							
備考																							

分類	B4-1																								
材料	部材種類 (PC)		素材・形状 (CS)																						
論文名	炭素繊維FRP材料を使用したノンメタルPC人道橋 (その2)人道橋の設計と載荷試験																								
著者	半沢茂(船橋市役所)，丸山武彦(日本コンクリート工業)																								
出典名	土木学会第44回年次学術講演会， -135，pp324-325，平成元年10月																								
キーワード	炭素繊維FRP，人道橋，設計，載荷実験																								
概要	炭素繊維を用いたFRP材料を緊張材、配力筋およびスターラップとして全面的に使用したプレテンション方式プレストレストコンクリート人道橋の設計方針および載荷実験の結果についての報告。																								
結果	1. 設計方針 人道橋の設計においてはフルプレストレス方式を採用し、群集荷重500kgf/m^2として「道路橋示方書・同解説」および「コンクリート標準示方書」の考え方に準じたほか、CFRP材料の設計用数値は新宮橋の設計例、既往の研究、メーカーおよび筆者らの実験値などを参考にした。表-1に本橋で用いた設計用数値を示す。 2. 載荷実験 1) 導入プレストレス: 表-3はストランドに貼ったゲージのプレストレス導入前後のひずみの変化を示すものであり、ストランドの初期引張応力度は設計値とほぼ一致している。 2) 人道橋のたわみ: 図-3は支間中央点のたわみを示したものであり、たわみは直線的に変化する弾性挙動を示しており、計算値ともよく一致している。 3) CFRPストランドのひずみ: 図-5は緊張材であるストランドの曲げモーメントとひずみの関係を示したものである。ひずみは直線的に変化し、設計値とよく一致していることから、ストランドの付着性能は良好であり、弾性域においては一般のPC鋼材と同様に扱うことができる。 4) コンクリートのひずみ: 図-6は歩道面の床版の上下縁のコンクリートのひずみを示す。載荷荷重がセンターライン上の集中荷重であること、地覆部の剛性が大きいことと理由によって、中央部の引張ひずみが10～20%程度大きくなっているほかは、ほぼ計算値と一致している。 表-3 プレ導入前後のCFRPストランドの応力度 <table><tr><th rowspan="2">位置</th><th colspan="2">ひずみ変化量 ($\times 10^{-6}$)</th><th rowspan="2">応力度 (kgf/mm^2)</th><th rowspan="2">設計値 (kgf/mm^2)</th><th rowspan="2">測定値 設計値</th></tr><tr><th>測定値</th><th>平均値</th></tr><tr><td>コンクリート 外部</td><td>7,121 6,808</td><td>6,965</td><td>98.2</td><td>100</td><td>0.98</td></tr><tr><td>コンクリート 内部</td><td>160 167 143 156</td><td>157</td><td>2.21</td><td>1.99</td><td>1.11</td></tr></table> 図-3 支間中央のたわみ					位置	ひずみ変化量 ($\times 10^{-6}$)		応力度 (kgf/mm^2)	設計値 (kgf/mm^2)	測定値 設計値	測定値	平均値	コンクリート 外部	7,121 6,808	6,965	98.2	100	0.98	コンクリート 内部	160 167 143 156	157	2.21	1.99	1.11
位置	ひずみ変化量 ($\times 10^{-6}$)		応力度 (kgf/mm^2)	設計値 (kgf/mm^2)	測定値 設計値																				
	測定値	平均値																							
コンクリート 外部	7,121 6,808	6,965	98.2	100	0.98																				
コンクリート 内部	160 167 143 156	157	2.21	1.99	1.11																				

結 果

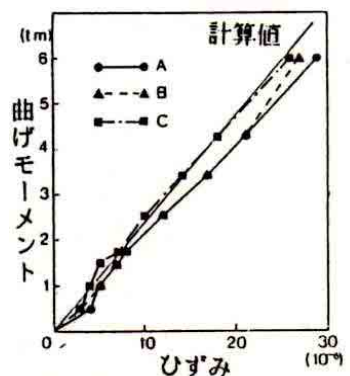


図-5 CFRPストラッドのひずみ

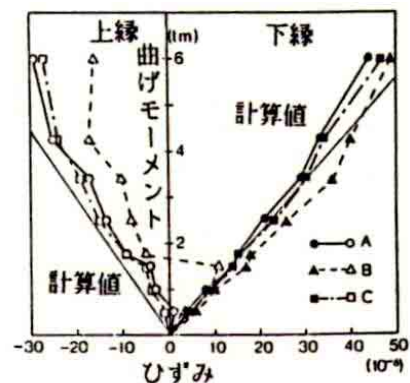
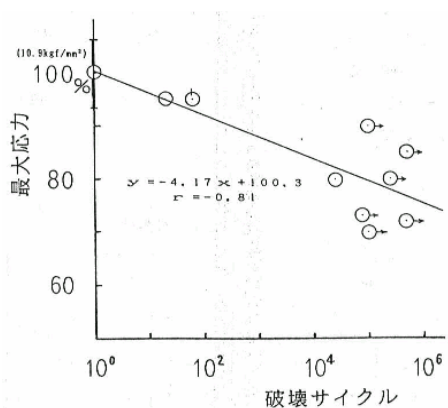
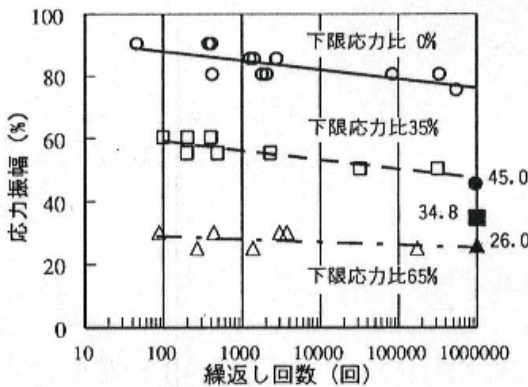
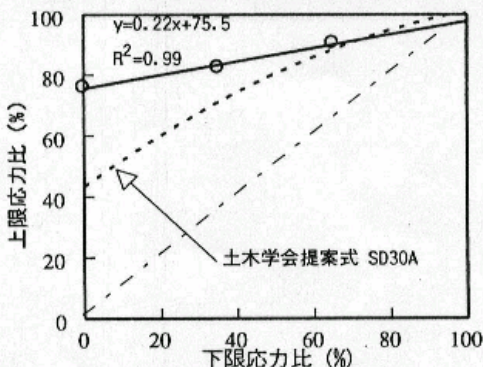


図-6 コンクリート上縁 下縁のひずみ

備 考

分 類	B1-40, C3-1																	
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (CP)																
論 文 名	連続炭素繊維補強セメントの物性																	
著 者	川村直芳(東邦レーヨン), 西垣太郎(大成建設)																	
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989年10月																	
キーワード	CFRC, カーテンウォール, 曲げ疲労特性, 凍結融解抵抗性																	
概 要	PAN系連続炭素繊維束を一方向に多本数引きそろえてセメントスラリー中を通過させ、プレプリグシートを作成し、4プライ(0/90/90/0)レイアップして成形を行ったCFRC(Vf=4.5%)を作成している。この供試体を曲げ疲労試験と、凍結融解抵抗性試験(ASTM C 666-71)を行い3点曲げ試験を行い評価した。																	
結 果	曲げ疲労試験の結果、完全片ぶり振幅で静的破壊強度の80%および70%でそれぞれ10E5, 10E7の疲労強度を有していた。また、残存耐力の低下も認められなかった。																	
	凍結融解試験の結果、曲げ強度と弾性率の低下は認められなかった。																	
	 図-1 曲げ疲労曲線 表-3 CFRCの凍結融解抵抗性 <table><tr><th>凍結融解回数</th><th>曲げ強度 kgf/mm²</th><th>曲げ弾性率 tf/mm²</th></tr><tr><td>コントロール</td><td>10.9</td><td>3.17</td></tr><tr><td>50サイクル</td><td>10.8</td><td>3.08</td></tr><tr><td>100サイクル</td><td>11.5</td><td>3.11</td></tr><tr><td>150サイクル</td><td>10.1</td><td>3.03</td></tr></table>			凍結融解回数	曲げ強度 kgf/mm ²	曲げ弾性率 tf/mm ²	コントロール	10.9	3.17	50サイクル	10.8	3.08	100サイクル	11.5	3.11	150サイクル	10.1	3.03
凍結融解回数	曲げ強度 kgf/mm ²	曲げ弾性率 tf/mm ²																
コントロール	10.9	3.17																
50サイクル	10.8	3.08																
100サイクル	11.5	3.11																
150サイクル	10.1	3.03																
備 考																		

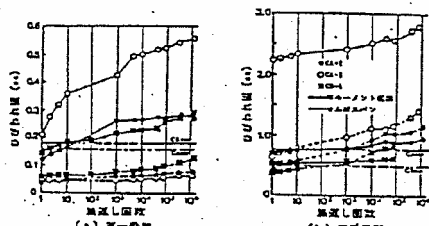
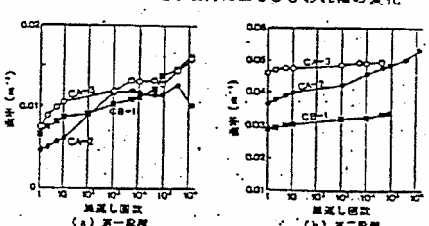
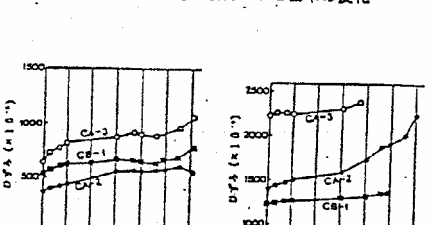
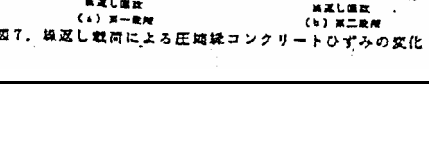
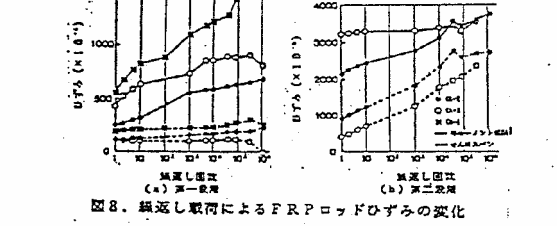
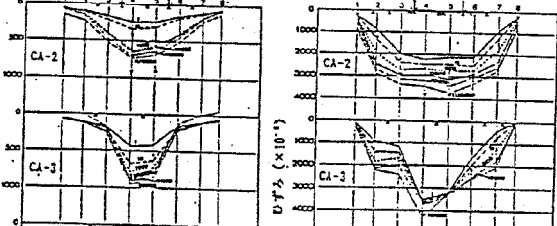
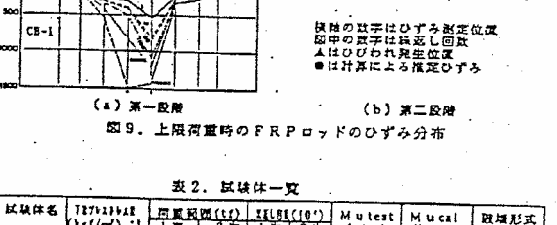
分類	B1-41
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CB)
論文名	連続繊維補強材の物理特性,力学特性および耐久性に関する研究 その2. 疲労特性に関する基礎的検討
著者	白田太(宇都宮大学), 棚野博之(建設省建築研究所)
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989年10月
キーワード	砂付き組紐状炭素繊維補強材, 引張疲労, Goodman線図, 疲労限界応力比
概要	砂付き組み紐状炭素繊維補強材で疲労試験を行った結果, 次の結果を得た. 1. 下限応力比が0%, 35%, 65%のとき, 実験回帰式から求めた疲労限界応力比はそれぞれ76%, 82%, 90%であった. 2. 一般の鋼材では, 下限応力比の増加に従い上限応力比が凸型に増加するが, 本試験の場合, Goodman線図に示されるように, 下限応力比と上限応力比にほぼ直線的な関係が認められた. 3. 疲労限界応力比以下の場合, 疲労試験前後の引張強度ならびに引張弾性率の変化は認められなかった.
結果	疲労試験に使用した連続繊維補強材は砂付き組み紐状炭素繊維補強材(呼び径8mm, 繊維含有率60%)である. 疲労試験は100万回の部分片振とし, 上限および下限応力比は最大引張応力にたいする割合である. この疲労試験結果をgoodman線図に変換すると, 図-6になる. 鉄筋の疲労曲線に比して, 直線的な関係が認められた.   図-4 応力振幅と繰返し回数の関係 図-6 本実験のGoodman線図
備考	

分 類	C4-6
材 料	部材種類 (R C) 素材・形状 (C L , G L)
論 文 名	繊維強化複合材料(NFM)で補強されたコンクリート床版の耐火性能試験
著 者	藤崎 忠志(清水建設), 末松 茂正(清水建設)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(九州) 1989年10月
キ-ワード	"耐火性能", "載荷加熱試験"
概 要	NFMで補強されたコンクリート床版の載荷加熱試験で耐火性能を評価。載荷方式は、単純支持の3等分点2点集中載荷。温度条件は、昭和44年建設省告示第2999号の耐火加熱曲線に沿って昇温し、最高で2時間の加熱。
結 果	NMFが約600 に達するまでは、鉄筋格子で補強したものとたわみ性状は同等。但し、重ね継手が有る場合は、450 で樹脂の劣化により交差部の強度確保が出来なく破壊。 今回の試験では、ほとんどの試験体が破壊まで至り、加熱後の試験体の耐力低下の検討は出来ず。
備 考	

分類	B3-5																																																																																				
材料	部材種類 (PRC)	素材・形状 (AB)																																																																																			
論文名	アラミド繊維による組紐状棒材の研究																																																																																				
著者	岡本 直(三井建設)、野村 設郎(東京理科大学)																																																																																				
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 PP153-154, 1989																																																																																				
キーワード	アラミド繊維棒、PRC梁、長期載荷試験																																																																																				
概要	アラミド繊維棒を緊張材および主筋として用いたPRC梁の長期的な耐荷性状について実験的に検討した。																																																																																				
結果	(1) プレテンションの場合とポストテンションの場合とで、長期載荷性状に大きな差は見られなかった。 ・プレストレスの導入は、曲率の増大を抑制する効果がある。 (2) プレストレスの導入は、曲率の増大を抑制する効果がある。 図-1 試験体形状 <table border="1"><caption>表-1 試験体一覧</caption><thead><tr><th rowspan="2">試験体</th><th colspan="3">プレストレス用鋼材</th><th rowspan="2">導入方法</th><th rowspan="2">荷重レベル</th></tr><tr><th>引張主筋</th><th>種類</th><th>下鉄</th></tr></thead><tbody><tr><td>C-26-15 I</td><td>3-K128S</td><td>2-K192S</td><td>1 S</td><td>プレテンション</td><td>1. OPer</td></tr><tr><td>C-26-30 I</td><td>3-K128S</td><td>2-K192S</td><td>3 O</td><td>プレテンション</td><td>1. OPer</td></tr><tr><td>C-26-30 II</td><td>3-K128S</td><td>2-K192S</td><td>3 O</td><td>プレテンション</td><td>1. 5Per</td></tr><tr><td>CB-26-30N I</td><td>3-K128S</td><td>2-K192</td><td>3 O</td><td>ポストテンション</td><td>1. OPer</td></tr></tbody></table> 図-2 加力方法 <table border="1"><caption>表-2 材料特性</caption><thead><tr><th colspan="4">a) 繊維棒</th><th colspan="2">b) コンクリート</th></tr><tr><th>棒材名</th><th>断面積 (mm²)</th><th>弾性係数 (kg/cm²)</th><th>引張耐力 (ton)</th><th>圧縮強度 (kg/cm²)</th><th>弾性係数 (kg/cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>K128S</td><td>1.0</td><td>0.59×10⁶</td><td>13.3</td><td>384</td><td>384</td></tr><tr><td>K192S</td><td>1.5</td><td>0.59×10⁶</td><td>20.5</td><td>415</td><td>415</td></tr></tbody></table><table border="1"><caption>表-3 梁中央部変位の時間変化 単位 [mm]</caption><thead><tr><th>試験体</th><th>弾性計算</th><th>載荷直後</th><th>100 hr 後</th><th>1000 hr 後</th></tr></thead><tbody><tr><td>C-26-15 I</td><td>0.984</td><td>2.00 (2.03)</td><td>4.05 (4.12)</td><td>7.02 (7.13)</td></tr><tr><td>C-26-30 I</td><td>1.27</td><td>2.14 (1.69)</td><td>3.99 (3.14)</td><td>6.68 (5.26)</td></tr><tr><td>C-26-30 II</td><td>1.91</td><td>7.51 (3.93)</td><td>13.84 (7.25)</td><td>18.62 (9.75)</td></tr><tr><td>CB-26-30N I</td><td>1.27</td><td>1.73 (1.36)</td><td>4.08 (3.21)</td><td>6.94 (5.46)</td></tr></tbody></table> ()内は弾性計算値に対する比 図-3 梁中央部変位の時間の関係 図-4 主筋ひずみと時間の関係 図-5 コンクリートひずみと時間の関係			試験体	プレストレス用鋼材			導入方法	荷重レベル	引張主筋	種類	下鉄	C-26-15 I	3-K128S	2-K192S	1 S	プレテンション	1. OPer	C-26-30 I	3-K128S	2-K192S	3 O	プレテンション	1. OPer	C-26-30 II	3-K128S	2-K192S	3 O	プレテンション	1. 5Per	CB-26-30N I	3-K128S	2-K192	3 O	ポストテンション	1. OPer	a) 繊維棒				b) コンクリート		棒材名	断面積 (mm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	引張耐力 (ton)	圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	K128S	1.0	0.59×10 ⁶	13.3	384	384	K192S	1.5	0.59×10 ⁶	20.5	415	415	試験体	弾性計算	載荷直後	100 hr 後	1000 hr 後	C-26-15 I	0.984	2.00 (2.03)	4.05 (4.12)	7.02 (7.13)	C-26-30 I	1.27	2.14 (1.69)	3.99 (3.14)	6.68 (5.26)	C-26-30 II	1.91	7.51 (3.93)	13.84 (7.25)	18.62 (9.75)	CB-26-30N I	1.27	1.73 (1.36)	4.08 (3.21)	6.94 (5.46)
試験体	プレストレス用鋼材				導入方法	荷重レベル																																																																															
	引張主筋	種類	下鉄																																																																																		
C-26-15 I	3-K128S	2-K192S	1 S	プレテンション	1. OPer																																																																																
C-26-30 I	3-K128S	2-K192S	3 O	プレテンション	1. OPer																																																																																
C-26-30 II	3-K128S	2-K192S	3 O	プレテンション	1. 5Per																																																																																
CB-26-30N I	3-K128S	2-K192	3 O	ポストテンション	1. OPer																																																																																
a) 繊維棒				b) コンクリート																																																																																	
棒材名	断面積 (mm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	引張耐力 (ton)	圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)																																																																																
K128S	1.0	0.59×10 ⁶	13.3	384	384																																																																																
K192S	1.5	0.59×10 ⁶	20.5	415	415																																																																																
試験体	弾性計算	載荷直後	100 hr 後	1000 hr 後																																																																																	
C-26-15 I	0.984	2.00 (2.03)	4.05 (4.12)	7.02 (7.13)																																																																																	
C-26-30 I	1.27	2.14 (1.69)	3.99 (3.14)	6.68 (5.26)																																																																																	
C-26-30 II	1.91	7.51 (3.93)	13.84 (7.25)	18.62 (9.75)																																																																																	
CB-26-30N I	1.27	1.73 (1.36)	4.08 (3.21)	6.94 (5.46)																																																																																	

結 果	実験 計算 ○ C-26-15 I () 内弾性曲率 (13.1) に対する比 △ C-26-30 I □ C-26-30 II × CB-26-30NI — ノンストレス 曲率 ($\times 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$) 時間 (hr) (19.0) (13.6) (10.6) 図-6 梁中央部曲率と時間の変化 M(t·m) 全断面有効 スラスト下縁応力 30kg/cm² 15kg/cm² 0kg/cm² --- コンクリート引張無視 ○ C-26-15I試験体 I_e=9100cm⁴ X_n=6.35cm △ C-26-30I試験体 CB-26-30NI試験体 I_e=15153cm⁴ X_n=9.22cm □ C-26-30II試験体 I_e=9280cm⁴ X_n=6.95cm 曲率 ($\times 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$) 図-7 略算における割線剛性の仮定
備 考	

分類	B1-18																																																																																																																				
材料	部材種類(RC, PC)	素材・形状(AD)																																																																																																																			
論文名	組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の疲労性状																																																																																																																				
著者	三上 浩(三井建設)																																																																																																																				
出典名	コンクリート工学年次論文報告集 1990 12-1																																																																																																																				
キーワード	コンクリート梁、疲労																																																																																																																				
概要	1.ロッドを緊張材に用いると、異形鉄筋と同等な割合で繰返しによるたわみの増加を抑制できる。 2.MDECは、ロッドを緊張材に用いた梁の曲げ繰越し試験においても、重要な指標と考えられる。 3.主筋に用いたロッドの付着係数は、200万回の繰返しで、初載荷の0.8程度に減少する。 4.ロッドを用いたPC梁の試験結果は、示方書のコンクリートの疲労強度式で安全側に包括されている。																																																																																																																				
結果	表-1 試験体の一覧 <table><thead><tr><th rowspan="2">試験体名</th><th rowspan="2">曲げ補強材の材質と本数(本)</th><th rowspan="2">せん断補強材の材質とピッチ(mm)</th><th colspan="2">繰返し荷重(tf)</th><th rowspan="2">上限荷重の静的耐力との比</th></tr><tr><th>上 限</th><th>下 限</th></tr></thead><tbody><tr><td>NR-1</td><td>異形鉄筋 D19 N=3</td><td>スライムロッド K48@100</td><td>9.8</td><td>2.0</td><td>0.50</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>AFRPロッド K256S N=3</td><td>スターラップ D6 @200</td><td>2.5</td><td>0.5</td><td>0.26</td></tr><tr><td>PR-1</td><td>K256S N=1 (0.45F_u)</td><td>スターラップ D6 @100</td><td>10.4</td><td>2.1</td><td>0.67</td></tr><tr><td>PR-2</td><td>K256S N=1 (0.45F_u)</td><td>スライムロッド K48@100</td><td>11.0</td><td>2.2</td><td>0.67</td></tr><tr><td>PR-3</td><td>K256S N=1 (0.45F_u)</td><td>スライムロッド K48@100</td><td>14.1</td><td>7.0</td><td>0.88</td></tr></tbody></table>		試験体名	曲げ補強材の材質と本数(本)	せん断補強材の材質とピッチ(mm)	繰返し荷重(tf)		上限荷重の静的耐力との比	上 限	下 限	NR-1	異形鉄筋 D19 N=3	スライムロッド K48@100	9.8	2.0	0.50	NR-2	AFRPロッド K256S N=3	スターラップ D6 @200	2.5	0.5	0.26	PR-1	K256S N=1 (0.45F _u)	スターラップ D6 @100	10.4	2.1	0.67	PR-2	K256S N=1 (0.45F _u)	スライムロッド K48@100	11.0	2.2	0.67	PR-3	K256S N=1 (0.45F _u)	スライムロッド K48@100	14.1	7.0	0.88																																																																													
	試験体名	曲げ補強材の材質と本数(本)				せん断補強材の材質とピッチ(mm)	繰返し荷重(tf)		上限荷重の静的耐力との比																																																																																																												
			上 限	下 限																																																																																																																	
NR-1	異形鉄筋 D19 N=3	スライムロッド K48@100	9.8	2.0	0.50																																																																																																																
NR-2	AFRPロッド K256S N=3	スターラップ D6 @200	2.5	0.5	0.26																																																																																																																
PR-1	K256S N=1 (0.45F _u)	スターラップ D6 @100	10.4	2.1	0.67																																																																																																																
PR-2	K256S N=1 (0.45F _u)	スライムロッド K48@100	11.0	2.2	0.67																																																																																																																
PR-3	K256S N=1 (0.45F _u)	スライムロッド K48@100	14.1	7.0	0.88																																																																																																																
	図-2 ひびわれ状況																																																																																																																				
	表-4 試験結果の一覧 <table><thead><tr><th rowspan="3">試験体名</th><th colspan="7">疲労試験</th><th colspan="2">単型荷重試験</th></tr><tr><th rowspan="2">梁下縁応力度 (kgf/cm²)</th><th rowspan="2">コンプレッションモジュール M_{0.05c} (tf・m)</th><th rowspan="2">M_{0.05c}の英調値 (tf・m)</th><th rowspan="2">M_{0.05c}の計算値 (tf・m)</th><th>①</th><th>②</th><th rowspan="2">最大たわみの比 ②/①</th><th rowspan="2">破壊形式</th><th rowspan="2">最大耐力 (tf)</th><th rowspan="2">最大たわみ (mm)</th></tr><tr><th>初載荷最大たわみ (mm)</th><th>最終計測最大たわみ (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>NR-1</td><td>—</td><td>—</td><td>0.90</td><td>0.85</td><td>3.50</td><td>200万回 5.03 (100万回) 4.92</td><td>1.44 1.41</td><td>200万回で破壊せず</td><td>19.5</td><td>22.9</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>—</td><td>—</td><td>0.62</td><td>0.81</td><td>1.32</td><td>200万回 3.54 (100万回) 3.10</td><td>2.68 2.35</td><td>200万回で破壊せず</td><td>9.6</td><td>18.0</td></tr><tr><td>PR-1</td><td>60.8</td><td>1.27</td><td>2.14</td><td>2.47</td><td>5.54</td><td>100万回 * 7.39</td><td>1.33</td><td>200万回で破壊せず</td><td>15.5</td><td>24.4</td></tr><tr><td>PR-2</td><td>45.6</td><td>0.95</td><td>2.16</td><td>2.16</td><td>7.10</td><td>100回 * 9.03</td><td>1.27</td><td>200万回で破壊せず</td><td>16.5</td><td>28.7</td></tr><tr><td>PR-3</td><td>55.2</td><td>1.15</td><td>2.40</td><td>2.36</td><td>12.62</td><td>10万回 19.50</td><td>1.55</td><td>229000回でロッド切断</td><td>16.0</td><td>26.0</td></tr></tbody></table> *は変位計に繰返し途中で異常があり、以後のデータは採用していない。 表-5 付着係数の繰返しによる変化 <table><thead><tr><th rowspan="2">試験体名</th><th rowspan="2">中立軸の位置 (cm)</th><th colspan="2">コンクリート圧縮係ひずみ (%)</th><th colspan="2">① 主筋ひずみ (%)</th><th colspan="2">② 同 計算値 (%)</th><th colspan="2">付着係数 ①/②</th></tr><tr><th>初載荷</th><th>200回</th><th>初載荷</th><th>200回</th><th>初載荷</th><th>200回</th><th>初載荷</th><th>200回</th></tr></thead><tbody><tr><td>NR-1</td><td>8.56</td><td>0.095</td><td>0.091</td><td>0.127</td><td>0.125</td><td>0.127</td><td>0.122</td><td>1.00</td><td>1.02</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>5.34</td><td>0.039</td><td>0.071</td><td>0.106</td><td>0.158</td><td>0.107</td><td>0.195</td><td>0.99</td><td>0.81</td></tr></tbody></table>		試験体名	疲労試験							単型荷重試験		梁下縁応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッションモジュール M _{0.05c} (tf・m)	M _{0.05c} の英調値 (tf・m)	M _{0.05c} の計算値 (tf・m)	①	②	最大たわみの比 ②/①	破壊形式	最大耐力 (tf)	最大たわみ (mm)	初載荷最大たわみ (mm)	最終計測最大たわみ (mm)	NR-1	—	—	0.90	0.85	3.50	200万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200万回で破壊せず	19.5	22.9	NR-2	—	—	0.62	0.81	1.32	200万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200万回で破壊せず	9.6	18.0	PR-1	60.8	1.27	2.14	2.47	5.54	100万回 * 7.39	1.33	200万回で破壊せず	15.5	24.4	PR-2	45.6	0.95	2.16	2.16	7.10	100回 * 9.03	1.27	200万回で破壊せず	16.5	28.7	PR-3	55.2	1.15	2.40	2.36	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回でロッド切断	16.0	26.0	試験体名	中立軸の位置 (cm)	コンクリート圧縮係ひずみ (%)		① 主筋ひずみ (%)		② 同 計算値 (%)		付着係数 ①/②		初載荷	200回	初載荷	200回	初載荷	200回	初載荷	200回	NR-1	8.56	0.095	0.091	0.127	0.125	0.127	0.122	1.00	1.02	NR-2	5.34	0.039	0.071	0.106	0.158	0.107	0.195	0.99	0.81
試験体名	疲労試験							単型荷重試験																																																																																																													
	梁下縁応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッションモジュール M _{0.05c} (tf・m)		M _{0.05c} の英調値 (tf・m)	M _{0.05c} の計算値 (tf・m)	①	②	最大たわみの比 ②/①	破壊形式	最大耐力 (tf)	最大たわみ (mm)																																																																																																										
			初載荷最大たわみ (mm)			最終計測最大たわみ (mm)																																																																																																															
NR-1	—	—	0.90	0.85	3.50	200万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200万回で破壊せず	19.5	22.9																																																																																																											
NR-2	—	—	0.62	0.81	1.32	200万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200万回で破壊せず	9.6	18.0																																																																																																											
PR-1	60.8	1.27	2.14	2.47	5.54	100万回 * 7.39	1.33	200万回で破壊せず	15.5	24.4																																																																																																											
PR-2	45.6	0.95	2.16	2.16	7.10	100回 * 9.03	1.27	200万回で破壊せず	16.5	28.7																																																																																																											
PR-3	55.2	1.15	2.40	2.36	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回でロッド切断	16.0	26.0																																																																																																											
試験体名	中立軸の位置 (cm)	コンクリート圧縮係ひずみ (%)		① 主筋ひずみ (%)		② 同 計算値 (%)		付着係数 ①/②																																																																																																													
		初載荷	200回	初載荷	200回	初載荷	200回	初載荷	200回																																																																																																												
NR-1	8.56	0.095	0.091	0.127	0.125	0.127	0.122	1.00	1.02																																																																																																												
NR-2	5.34	0.039	0.071	0.106	0.158	0.107	0.195	0.99	0.81																																																																																																												
備考																																																																																																																					

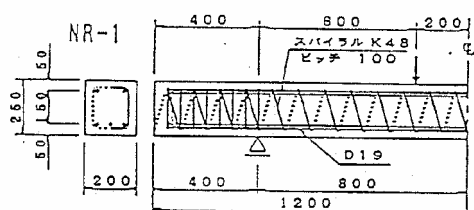
分類	B1-17																																																			
材料	部材種類(PC)	素材・形状(CD)																																																		
論文名	CFRPロッドを用いたPC梁の繰返し载荷による付着性状に関する一実験																																																			
著者	丸山 武彦(日本コンクリート工業)、本間 雅人(東京大学)																																																			
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, p.1147-1152, 12-1, 1990																																																			
キーワード	耐久性、曲げ、疲労、付着、CFRP、ロッド、ストランド																																																			
概要	CFRP緊張材で補強された梁の曲げ疲労試験。 CFRP緊張材: $\phi 12.5\text{mm}$ ストランド(付着力:中)、 $\phi 6\text{mm}$ ロッド(付着力:大) 疲労試験:上限荷重 ひび割れ荷重、120万回、 歳代荷重の60%、20~115万回																																																			
結果	(1) 疲労後の曲げ強度は静的曲げの結果と変わらない。 (2) いずれも疲労による付着力の低下徴候は認められなかった。 (3) 高荷重疲労では付着力の低いストランドで緊張材ひずみが広がる傾向にあった。  図3. 繰返し载荷によるひびわれ幅の変化  図4. 繰返し载荷による曲率の変化  図5. 繰返し载荷による残留変形の変化  図6. 繰返し载荷による残留変形の変化  図7. 繰返し载荷によるFRPロッドひずみの変化  図8. 繰返し载荷によるFRPロッドひずみの変化  図9. 上限荷重時のFRPロッドのひずみ分布 図9. 上限荷重時のFRPロッドのひずみ分布 図中の数字はひずみ測定位置 ○はひびわれ発生位置 ■は計算による推定ひずみ <table><tr><th>試験体名</th><th>127x127x127 (mm)</th><th>127x127x127 (mm)</th><th>127x127x127 (mm)</th><th>Mu test (t/m)</th><th>Mu cal (t/m)</th><th>取壊形式</th></tr><tr><td>CA-1</td><td>51.4</td><td>1.4</td><td>1.5-1</td><td>117</td><td>3.83</td><td>3.64</td></tr><tr><td>CA-2</td><td>51.4</td><td>1.4</td><td>1.5-1</td><td>117</td><td>3.83</td><td>3.71</td></tr><tr><td>CA-3</td><td>51.4</td><td>1.4</td><td>1.5-1</td><td>117</td><td>3.83</td><td>3.71</td></tr><tr><td>CB-1</td><td>47.5</td><td>1.4</td><td>1.5-6</td><td>118</td><td>3.14</td><td>3.21</td></tr><tr><td>CB-2</td><td>47.5</td><td>1.4</td><td>1.5-6</td><td>118</td><td>3.30</td><td>3.14</td></tr><tr><td>CB-3</td><td>47.5</td><td>1.4</td><td>1.5-6</td><td>118</td><td>3.30</td><td>3.14</td></tr></table>			試験体名	127x127x127 (mm)	127x127x127 (mm)	127x127x127 (mm)	Mu test (t/m)	Mu cal (t/m)	取壊形式	CA-1	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.64	CA-2	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.71	CA-3	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.71	CB-1	47.5	1.4	1.5-6	118	3.14	3.21	CB-2	47.5	1.4	1.5-6	118	3.30	3.14	CB-3	47.5	1.4	1.5-6	118	3.30	3.14
試験体名	127x127x127 (mm)	127x127x127 (mm)	127x127x127 (mm)	Mu test (t/m)	Mu cal (t/m)	取壊形式																																														
CA-1	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.64																																														
CA-2	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.71																																														
CA-3	51.4	1.4	1.5-1	117	3.83	3.71																																														
CB-1	47.5	1.4	1.5-6	118	3.14	3.21																																														
CB-2	47.5	1.4	1.5-6	118	3.30	3.14																																														
CB-3	47.5	1.4	1.5-6	118	3.30	3.14																																														
備考																																																				

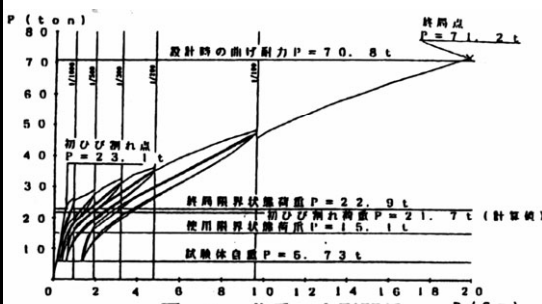
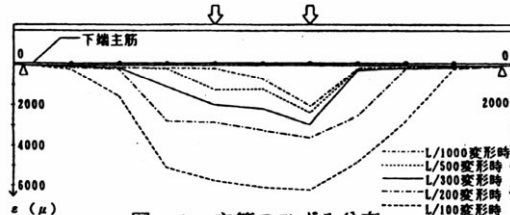
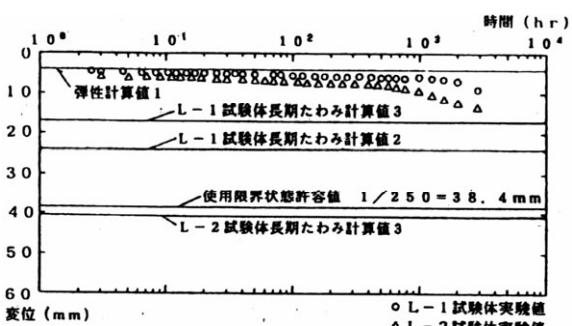
分類	B1-1																										
材料	部材種類(単体)	素材・形状(CS)																									
論文名	炭素繊維複合材料ケーブル(CFCC)の引張疲労特性																										
著者	榎本 剛(東京製鋼株式会社)																										
出典名	土木学会第45回年次学術講演会(平成2年9月)																										
キーワード	CFRPストランド、PC鋼より線、200万回繰返し疲労																										
概要	1.CFRPストランドの引張荷重と伸びの間には直線的な相関関係があり、0.8Pu負荷後の伸びは認められない。 2.0.6Pu+60kgf/mm2の変動荷重条件で2×10^6回の繰返しに耐えることができる。 3.変動荷重幅が1.9tf(応力25kgf/mm2)であれば、変動荷重の最大値が保証切断荷重近くでも2×10^6回の繰返しに耐えることができる。 4.2×10^6回疲労応力限界曲線は応力振幅での規定領域と最大応力での規定領域とに分けられ、原因を解明していくためには、CFRPストランドの詳しい解析が必要。																										
結果	表1 CFRPストランドの基本的特性 <table><thead><tr><th></th><th>CFRPストランド</th><th>PC鋼より線¹⁾</th></tr></thead><tbody><tr><td>構成</td><td>7本より</td><td>7本より</td></tr><tr><td>呼び径(mm)</td><td>12.5</td><td>12.4</td></tr><tr><td>公称断面積(mm²)</td><td>76.0</td><td>92.9</td></tr><tr><td>引張荷重(kgf)</td><td>16,430</td><td>17,800</td></tr><tr><td>保証切断荷重(kgf)</td><td>14,500</td><td>13,900^{*)}</td></tr><tr><td>弾性係数(kgf/mm²)</td><td>14,300</td><td>20,100</td></tr><tr><td>切断伸び(%)</td><td>1.5</td><td>6.7</td></tr></tbody></table> *) 0.2%永久伸びに対する荷重(JIS G 3536) 図1 荷重-伸び率曲線 図3 引張疲労特性(応力振幅と平均応力の関係)				CFRPストランド	PC鋼より線 ¹⁾	構成	7本より	7本より	呼び径(mm)	12.5	12.4	公称断面積(mm ²)	76.0	92.9	引張荷重(kgf)	16,430	17,800	保証切断荷重(kgf)	14,500	13,900 ^{*)}	弾性係数(kgf/mm ²)	14,300	20,100	切断伸び(%)	1.5	6.7
	CFRPストランド	PC鋼より線 ¹⁾																									
構成	7本より	7本より																									
呼び径(mm)	12.5	12.4																									
公称断面積(mm ²)	76.0	92.9																									
引張荷重(kgf)	16,430	17,800																									
保証切断荷重(kgf)	14,500	13,900 ^{*)}																									
弾性係数(kgf/mm ²)	14,300	20,100																									
切断伸び(%)	1.5	6.7																									
備考																											

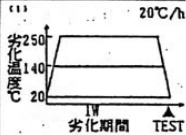
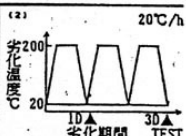
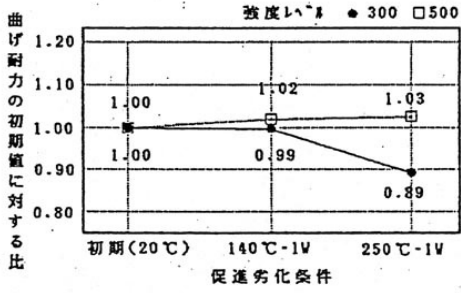
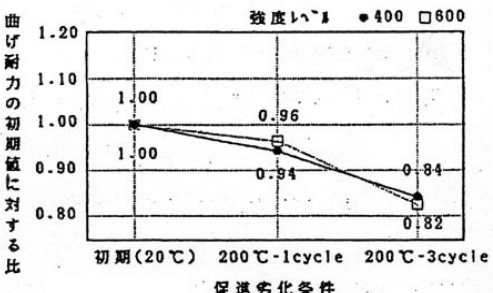
分 類	B1-24
材 料	部材種類 (P C) 素材・形状 (A D , A B)
論 文 名	組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性
著 者	加藤正利他 (三井建設株)
出 典 名	土木学会第45回年次学術講演会、1990.9
キーワード	はり, 曲げ疲労
概 要	ロッドを緊張材に用いた梁は上限荷重が静的耐力の65%程度では200万回の曲げ繰返しでも疲労破壊しない。同時に鋼材に比べて弾性係数が低いロッドでもPC緊張材に用いると異形鉄筋と同等な割合で繰返しによるたわみの増加を抑制できる。 又、M_{dec}はロッドを緊張材に用いたはりの曲げ繰返し载荷後も重要な指標であることやロッドの繰返しによるひび割れ拘束効果の低下は異形鉄筋よりも大きいこと等が試験結果より考えられる。
結 果	図-1 曲げモーメント とたわみの関係 図-2 ひびわれ状況
備 考	

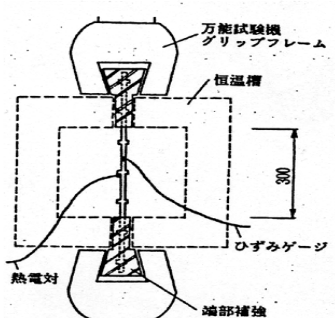
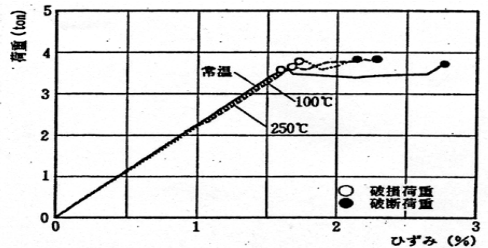
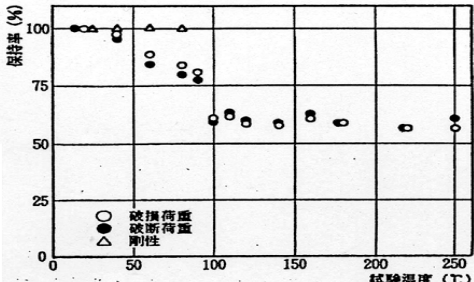
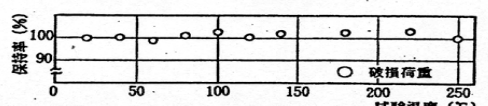
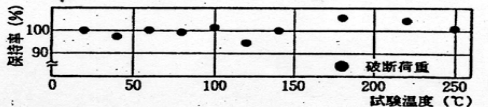
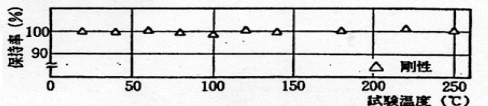
分類	B2-5																				
材料	部材種類（ 単体 ） 素材・形状（ CS ）																				
論文名	より線型CFRPロッドのリラクセーション特性																				
著者	丸山武彦(日本コンクリート工業株式会社)、榎本 剛(東京製鋼株式会社)																				
出典名	土木学会第45回年次学術講演会（平成2年9月）																				
キーワード	炭素繊維FRPロッド、PC鋼より線、高温リラクセーション、リラクセーション率																				
概要	より線型炭素繊維FRPロッドを用いて、常温リラクセーション試験および蒸気養生を想定した高温リラクセーション試験を行い、CFRPロッドのリラクセーション特性を検討した。結果、CFRPより線の常温におけるリラクセーション率は時間の対数に関しほぼ直線関係であり、一般のPC鋼材の場合と同様である。CFRPより線100時間の純リラクセーション率は、初期荷重が0.50～0.8Puaの範囲では約0.4%～1%と非常に小さく、初期荷重の大きさにも左右されずほぼ一定であった。CFRPの高温リラクセーションは、高温時にリラクセーションは一気に進行し、また常温にもどってからのリラクセーションはほとんど進行しない傾向が見られる。80×1時間のCFRPの50時間後リラクセーション率は、初期荷重0.5～0.8Puaで約3～4%であった。																				
結果	表-1 ロッドの基本的特性 <table><tr><th>項目</th><th>CFRPより線</th><th>PC鋼より線</th></tr><tr><td>呼び径 (mm)</td><td>12.5</td><td>12.4</td></tr><tr><td>断面積 (mm²)</td><td>76.0</td><td>92.9</td></tr><tr><td>引張強度 (kgf/mm²)</td><td>216</td><td>182</td></tr><tr><td>弾性係数 (kgf/mm²)</td><td>14,000</td><td>20,300</td></tr><tr><td>破断伸び (%)</td><td>1.57</td><td>—</td></tr></table> (a) 常温 (20±2℃) の場合 (b) 温度履歴 (80℃ 10時間) を受けた場合 平均破断荷重 Pu=16400kgf 保証破断荷重 Pua=14500kgf 試験片2～3個の平均 図-1 炭素繊維FRPより線 (12.5φ) のリラクセーション曲線 (a) 常温 (20±2℃) の場合 (b) 温度履歴 (80℃ 10時間) を受けた場合 JIS 引張強度 Pu=16300kgf 試験片2～3個の平均 図-2 PC鋼より線 (12.4φ) のリラクセーション曲線			項目	CFRPより線	PC鋼より線	呼び径 (mm)	12.5	12.4	断面積 (mm ²)	76.0	92.9	引張強度 (kgf/mm ²)	216	182	弾性係数 (kgf/mm ²)	14,000	20,300	破断伸び (%)	1.57	—
項目	CFRPより線	PC鋼より線																			
呼び径 (mm)	12.5	12.4																			
断面積 (mm ²)	76.0	92.9																			
引張強度 (kgf/mm ²)	216	182																			
弾性係数 (kgf/mm ²)	14,000	20,300																			
破断伸び (%)	1.57	—																			
備考																					

分類	B1-19																																																						
材料	部材種類(RC) 素材・形状(AD, GD, CD)																																																						
論文名	FRPとポリマーモルタルで補修したRC梁の疲労性状																																																						
著者	佐藤 貢一(奈良建設)、小玉 克己(武蔵工業大学)																																																						
出典名	土木学会第45回年次学術講演会 PP.624-625, 1990																																																						
キーワード	耐久性、曲げ、疲労、梁、ポリマーモルタル、CFRP、AFRP、GFRP																																																						
概要	ひび割れ梁をCFRP、AFRP、GFRPで補修し、曲げ試験及び曲げ疲労試験を行った。 補修材：CFRP、AFRP、GFRP、鉄筋をポリマーモルタルで一体化。 耐久性：静的曲げ、曲げ疲労 ひび割れ梁：降伏強度の75%载荷、0.3mmひび割れ																																																						
結果	(1)補修により耐荷力は約1.6倍に向上。 (2)主鉄筋応力の75%以下での疲労では、引張剛性と疲労回数が対応、それ以上の荷重下での疲労では相関は見られない。 表-1 材料性状 <table><thead><tr><th>部材の種類</th><th>最大応力 (kg/cm²)</th><th>弾性係数 E (kg/cm²)</th><th>引張強度 σ_b (kg/cm²)</th><th>引張弾性 A_{1E} (kg)</th></tr></thead><tbody><tr><td>GFRP 1"厚板</td><td>143</td><td>32.95 (0.28)</td><td>82.38 (0.85)</td><td>8.74×10⁴ (0.28)</td></tr><tr><td>CFRP 高弾性板</td><td>270</td><td>17.15 (0.14)</td><td>42.82 (0.34)</td><td>3.40×10⁴ (1.45)</td></tr><tr><td>AFRP 13(1"厚)</td><td>312</td><td>15.10 (0.12)</td><td>37.75 (0.30)</td><td>6.71×10⁴ (0.37)</td></tr><tr><td>D13 (SD 30)</td><td>35.54</td><td>124.7 (1)</td><td>1.91×10⁴ (1)</td><td>14.3×10⁴ (1)</td></tr><tr><td>D10 (SD 30)</td><td>34.24</td><td>71.33 (0.56)</td><td>1.44×10⁴ (0.94)</td><td>13×10⁴ (0.14)</td></tr></tbody></table> 【 】内は、D13を1とした場合の比値 F.R.P.弾性係数10⁴ 表-2 P.Pモルタル <table><thead><tr><th>圧縮強度</th><th>引張強度</th><th>引張弾性</th><th>付着強度</th><th>ヤング係数</th><th>減衰率係数</th></tr></thead><tbody><tr><td>240.0 kgf/cm²</td><td>73.0 kgf/cm²</td><td>75.3 kgf/cm²</td><td>75.0 kgf/cm²</td><td>1.14×10⁻⁵ kgf/cm²</td><td>ASTM C 666 200 Type 減衰率なし</td></tr></tbody></table><table><thead><tr><th>促進引張試験</th><th>塩水吸収試験</th><th>中性化促進試験</th><th>耐アルカリ性</th></tr></thead><tbody><tr><td>3000時間 異常なし</td><td>3000時間 異常なし</td><td>中性化深度 コンクリートの 5分の1</td><td>異常なし</td></tr></tbody></table> ※ 強度試験は28日強度とする。 図-2 荷重と主鉄筋応力の関係 図-3 荷重とたわみ量の関係 図-4 F-N関係図 図-5 応力と回数 図-6 ひびわれ幅と回数 <tr><td>備考</td><td colspan="2"></td></tr>		部材の種類	最大応力 (kg/cm ²)	弾性係数 E (kg/cm ²)	引張強度 σ _b (kg/cm ²)	引張弾性 A _{1E} (kg)	GFRP 1"厚板	143	32.95 (0.28)	82.38 (0.85)	8.74×10 ⁴ (0.28)	CFRP 高弾性板	270	17.15 (0.14)	42.82 (0.34)	3.40×10 ⁴ (1.45)	AFRP 13(1"厚)	312	15.10 (0.12)	37.75 (0.30)	6.71×10 ⁴ (0.37)	D13 (SD 30)	35.54	124.7 (1)	1.91×10 ⁴ (1)	14.3×10 ⁴ (1)	D10 (SD 30)	34.24	71.33 (0.56)	1.44×10 ⁴ (0.94)	13×10 ⁴ (0.14)	圧縮強度	引張強度	引張弾性	付着強度	ヤング係数	減衰率係数	240.0 kgf/cm ²	73.0 kgf/cm ²	75.3 kgf/cm ²	75.0 kgf/cm ²	1.14×10 ⁻⁵ kgf/cm ²	ASTM C 666 200 Type 減衰率なし	促進引張試験	塩水吸収試験	中性化促進試験	耐アルカリ性	3000時間 異常なし	3000時間 異常なし	中性化深度 コンクリートの 5分の1	異常なし	備考		
部材の種類	最大応力 (kg/cm ²)	弾性係数 E (kg/cm ²)	引張強度 σ _b (kg/cm ²)	引張弾性 A _{1E} (kg)																																																			
GFRP 1"厚板	143	32.95 (0.28)	82.38 (0.85)	8.74×10 ⁴ (0.28)																																																			
CFRP 高弾性板	270	17.15 (0.14)	42.82 (0.34)	3.40×10 ⁴ (1.45)																																																			
AFRP 13(1"厚)	312	15.10 (0.12)	37.75 (0.30)	6.71×10 ⁴ (0.37)																																																			
D13 (SD 30)	35.54	124.7 (1)	1.91×10 ⁴ (1)	14.3×10 ⁴ (1)																																																			
D10 (SD 30)	34.24	71.33 (0.56)	1.44×10 ⁴ (0.94)	13×10 ⁴ (0.14)																																																			
圧縮強度	引張強度	引張弾性	付着強度	ヤング係数	減衰率係数																																																		
240.0 kgf/cm ²	73.0 kgf/cm ²	75.3 kgf/cm ²	75.0 kgf/cm ²	1.14×10 ⁻⁵ kgf/cm ²	ASTM C 666 200 Type 減衰率なし																																																		
促進引張試験	塩水吸収試験	中性化促進試験	耐アルカリ性																																																				
3000時間 異常なし	3000時間 異常なし	中性化深度 コンクリートの 5分の1	異常なし																																																				
備考																																																							

分類	B1-16																																																																														
材料	部材種類(RC, PC) 素材・形状(AD)																																																																														
論文名	組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性																																																																														
著者	武富 幸郎(三井建設)																																																																														
出典名	土木学会第45回年次学術講演会, 1990																																																																														
キーワード	コンクリート梁、疲労																																																																														
概要	既往の研究で変動荷重が作用する構造物で、極めて重要な繰返し疲労特性を対象にしたものが少ないので、本研究ではロッドを曲げ補強筋やPC緊張材及びスパイラルせん断補強筋にコンクリート梁の曲げ繰返し載荷試験を行い、ロッドで補強した梁の曲げ疲労特性の把握を試みた。																																																																														
結果	表-1 試験体の種類																																																																														
	<table><tr><th rowspan="2">試験体名</th><th rowspan="2">曲げ補強材の材質と本数(本)</th><th rowspan="2">せん断補強筋の材質とピッチ(mm)</th><th colspan="2">繰返し荷重(tf)</th><th rowspan="2">上限荷重の静的耐力との比</th></tr><tr><th>上 限</th><th>下 限</th></tr><tr><td>NR-1</td><td>異形鉄筋 D19 N=3</td><td>スパイラル K48 @100</td><td>9.8</td><td>2.0</td><td>0.50</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>AFRP ロッド K256S N=3</td><td>スターラップ D6 @200</td><td>2.5</td><td>0.5</td><td>0.26</td></tr><tr><td>PR-1</td><td>K256S N=1 (0.45P_s)</td><td>スターラップ D6 @100</td><td>10.4</td><td>2.1</td><td>0.67</td></tr><tr><td>PR-2</td><td>K256S N=1 (0.45P_s)</td><td>スパイラル K48 @100</td><td>11.0</td><td>2.2</td><td>0.67</td></tr><tr><td>PR-3</td><td>K256S N=1 (0.45P_s)</td><td>スパイラル K48 @100</td><td>14.1</td><td>7.0</td><td>0.88</td></tr></table>		試験体名	曲げ補強材の材質と本数(本)	せん断補強筋の材質とピッチ(mm)	繰返し荷重(tf)		上限荷重の静的耐力との比	上 限	下 限	NR-1	異形鉄筋 D19 N=3	スパイラル K48 @100	9.8	2.0	0.50	NR-2	AFRP ロッド K256S N=3	スターラップ D6 @200	2.5	0.5	0.26	PR-1	K256S N=1 (0.45P _s)	スターラップ D6 @100	10.4	2.1	0.67	PR-2	K256S N=1 (0.45P _s)	スパイラル K48 @100	11.0	2.2	0.67	PR-3	K256S N=1 (0.45P _s)	スパイラル K48 @100	14.1	7.0	0.88																																							
試験体名	曲げ補強材の材質と本数(本)	せん断補強筋の材質とピッチ(mm)				繰返し荷重(tf)			上限荷重の静的耐力との比																																																																						
			上 限	下 限																																																																											
NR-1	異形鉄筋 D19 N=3	スパイラル K48 @100	9.8	2.0	0.50																																																																										
NR-2	AFRP ロッド K256S N=3	スターラップ D6 @200	2.5	0.5	0.26																																																																										
PR-1	K256S N=1 (0.45P _s)	スターラップ D6 @100	10.4	2.1	0.67																																																																										
PR-2	K256S N=1 (0.45P _s)	スパイラル K48 @100	11.0	2.2	0.67																																																																										
PR-3	K256S N=1 (0.45P _s)	スパイラル K48 @100	14.1	7.0	0.88																																																																										
	 図-1 試験体の形状寸法(単位:mm)																																																																														
結果	表-4 試験結果の一覧																																																																														
	<table><tr><th rowspan="3">試験体名</th><th colspan="8">疲労試験</th><th colspan="2">単調載荷試験</th></tr><tr><th rowspan="2">梁下縁応力度 (kgf/cm²)</th><th rowspan="2">コンプレッションメント M_{DEC} (tf・m)</th><th rowspan="2">M_{0.9}の実測値 (tf・m)</th><th rowspan="2">M_{0.9}の計算値 (tf・m)</th><th>①</th><th>②</th><th rowspan="2">最大たわみの比 ② / ①</th><th rowspan="2">破壊形式</th><th rowspan="2">最大荷重 (tf)</th><th rowspan="2">最大たわみ (mm)</th></tr><tr><th>初載荷最大たわみ (mm)</th><th>最終計測最大たわみ (mm)</th></tr><tr><td>NR-1</td><td>—</td><td>—</td><td>0.90</td><td>0.85</td><td>3.50</td><td>200万回 5.03 (100万回) 4.92</td><td>1.44 1.41</td><td>200万回で破壊せず</td><td>19.5</td><td>(12.0) 22.9</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>—</td><td>—</td><td>0.62</td><td>0.81</td><td>1.32</td><td>200万回 3.54 (100万回) 3.10</td><td>2.68 2.35</td><td>200万回で破壊せず</td><td>9.6</td><td>(12.3) 18.0</td></tr><tr><td>PR-1</td><td>60.8</td><td>1.27</td><td>2.14</td><td>2.47</td><td>5.54</td><td>100万回 * 7.39</td><td>1.33</td><td>200万回で破壊せず</td><td>15.5</td><td>(21.5) 24.4</td></tr><tr><td>PR-2</td><td>45.6</td><td>0.95</td><td>2.16</td><td>2.16</td><td>7.10</td><td>100回 * 9.03</td><td>1.27</td><td>200万回で破壊せず</td><td>16.5</td><td>(27.9) 28.7</td></tr><tr><td>PR-3</td><td>55.2</td><td>1.15</td><td>2.40</td><td>2.36</td><td>12.62</td><td>10万回 19.50</td><td>1.55</td><td>229000回でロッド切断</td><td>16.0</td><td>(23.7) 26.0</td></tr></table>		試験体名	疲労試験								単調載荷試験		梁下縁応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッションメント M _{DEC} (tf・m)	M _{0.9} の実測値 (tf・m)	M _{0.9} の計算値 (tf・m)	①	②	最大たわみの比 ② / ①	破壊形式	最大荷重 (tf)	最大たわみ (mm)	初載荷最大たわみ (mm)	最終計測最大たわみ (mm)	NR-1	—	—	0.90	0.85	3.50	200万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200万回で破壊せず	19.5	(12.0) 22.9	NR-2	—	—	0.62	0.81	1.32	200万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200万回で破壊せず	9.6	(12.3) 18.0	PR-1	60.8	1.27	2.14	2.47	5.54	100万回 * 7.39	1.33	200万回で破壊せず	15.5	(21.5) 24.4	PR-2	45.6	0.95	2.16	2.16	7.10	100回 * 9.03	1.27	200万回で破壊せず	16.5	(27.9) 28.7	PR-3	55.2	1.15	2.40	2.36	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回でロッド切断	16.0
試験体名	疲労試験								単調載荷試験																																																																						
	梁下縁応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッションメント M _{DEC} (tf・m)		M _{0.9} の実測値 (tf・m)	M _{0.9} の計算値 (tf・m)	①	②	最大たわみの比 ② / ①	破壊形式	最大荷重 (tf)	最大たわみ (mm)																																																																				
			初載荷最大たわみ (mm)			最終計測最大たわみ (mm)																																																																									
NR-1	—	—	0.90	0.85	3.50	200万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200万回で破壊せず	19.5	(12.0) 22.9																																																																					
NR-2	—	—	0.62	0.81	1.32	200万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200万回で破壊せず	9.6	(12.3) 18.0																																																																					
PR-1	60.8	1.27	2.14	2.47	5.54	100万回 * 7.39	1.33	200万回で破壊せず	15.5	(21.5) 24.4																																																																					
PR-2	45.6	0.95	2.16	2.16	7.10	100回 * 9.03	1.27	200万回で破壊せず	16.5	(27.9) 28.7																																																																					
PR-3	55.2	1.15	2.40	2.36	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回でロッド切断	16.0	(23.7) 26.0																																																																					
	*は変位計に繰返し途中で異常があり、以後のデータは採用していない。																																																																														
備考																																																																															

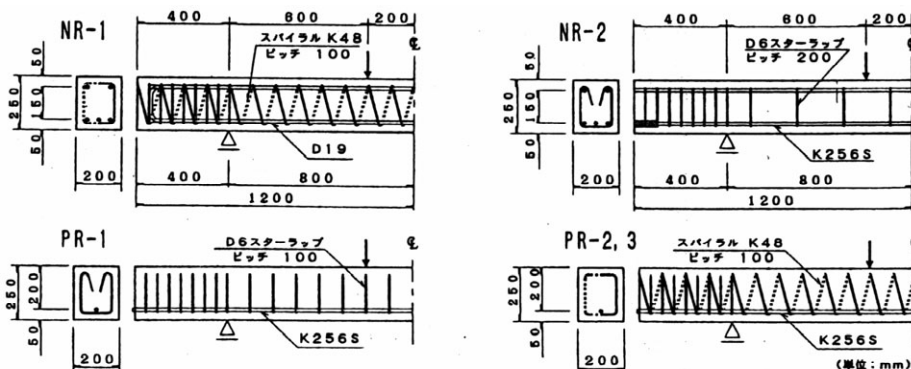
分類	B3-1																																				
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AB)																																			
論文名	アラミド繊維による組紐状棒材の研究 (その11. PRC梁の曲げ性状 実大梁の曲げ破壊試験および長期載荷試験)																																				
著者	岡田映子(三井建設(株)、野村設郎(東京理科大学)																																				
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 1990年10月																																				
キーワード	PRC、アラミド繊維、曲げ破壊試験、長期載荷試験、乾燥収縮、長期たわみ																																				
概要	PRC梁の曲げ破壊試験および長期載荷試験を行い、設計手法の妥当性と実用化の可能性について検討した。																																				
結果	(1) 曲げ破壊試験より設計時に想定した部材耐力・変形能力を有していることを確認。(2) 長期載荷試験では、プレストレスによるたわみ抑制効果が見られた。また、計算結果によれば、乾燥収縮の長期たわみへの影響は大きい。  図-3 荷重-変形関係 <table><caption>表-3 平均ひびわれ幅、最大ひびわれ幅および平均ひびわれ間隔</caption><tr><th rowspan="2"></th><th colspan="6">変形レベル</th></tr><tr><th>初ひびわれ</th><th>L/1000</th><th>L/100</th><th>L/300</th><th>L/200</th><th>L/100</th></tr><tr><td>平均ひびわれ幅 (mm)</td><td>0.055</td><td>0.173</td><td>0.247</td><td>0.417</td><td>0.526</td><td>0.852</td></tr><tr><td>最大ひびわれ幅 (mm)</td><td>0.055</td><td>0.260</td><td>0.361</td><td>0.615</td><td>0.908</td><td>1.351</td></tr><tr><td>平均ひびわれ間隔 (cm)</td><td>—</td><td>48.0</td><td>17.5</td><td>16.0</td><td>14.8</td><td>12.8</td></tr></table>  図-4 主筋のひずみ分布  図-5 たわみと時間の関係				変形レベル						初ひびわれ	L/1000	L/100	L/300	L/200	L/100	平均ひびわれ幅 (mm)	0.055	0.173	0.247	0.417	0.526	0.852	最大ひびわれ幅 (mm)	0.055	0.260	0.361	0.615	0.908	1.351	平均ひびわれ間隔 (cm)	—	48.0	17.5	16.0	14.8	12.8
	変形レベル																																				
	初ひびわれ	L/1000	L/100	L/300	L/200	L/100																															
平均ひびわれ幅 (mm)	0.055	0.173	0.247	0.417	0.526	0.852																															
最大ひびわれ幅 (mm)	0.055	0.260	0.361	0.615	0.908	1.351																															
平均ひびわれ間隔 (cm)	—	48.0	17.5	16.0	14.8	12.8																															
備考																																					

分 類	C1-2																				
材 料	部材種類 (R C) 素材・形状 (C D)																				
論 文 名	長繊維補強コンクリ - ト部材の耐久性評価に関する研究 (長繊維補強コンクリ - ト梁の促進熱劣化試験)																				
著 者	山崎 裕一(銭高組), 梶田 佳寛(建設省 建築研究所)																				
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(中国) 1990年10月																				
キ-ワード	"促進熱劣化"																				
概 要	炭素繊維を樹脂で固めて棒状にした補強材で補強したコンクリ - ト部材の促進熱劣化による曲げ耐力の低下を調べた。																				
結 果	200 以上の高温では、熱劣化の影響を受け曲げ耐力は低下する。劣化期間を長くするより、室温 - 高温 - 室温のサイクルの繰り返し条件の方が、曲げ耐力の劣化が大きい。 表 2. シリーズ I の実験の要因と水準 <table><tr><th>要 因</th><th>水 準</th></tr><tr><td>コンクリート強度⁽¹⁾</td><td>300, 500 (kgf/cm²)</td></tr><tr><td>熱劣化温度⁽¹⁾</td><td>初期(20℃), 140℃, 250℃</td></tr><tr><td>熱劣化期間</td><td>1 週間</td></tr><tr><td>試験体数</td><td>1 体 / 1 水準</td></tr></table> (1) 劣化温度 20℃/h  表 3. シリーズ II の実験の要因と水準 <table><tr><th>要 因</th><th>水 準</th></tr><tr><td>コンクリート強度⁽¹⁾</td><td>400, 600 (kgf/cm²)</td></tr><tr><td>熱劣化温度⁽²⁾</td><td>200℃</td></tr><tr><td>熱劣化期間</td><td>1 日 × (0.1, 3cycle)</td></tr><tr><td>試験体数</td><td>1 体 / 1 水準</td></tr></table> (2) 劣化温度 20℃/h  図 4. 補正初期値に対する促進劣化後の曲げ耐力の比  図 5. 補正初期値に対する促進劣化後の曲げ耐力の比 	要 因	水 準	コンクリート強度 ⁽¹⁾	300, 500 (kgf/cm ²)	熱劣化温度 ⁽¹⁾	初期(20℃), 140℃, 250℃	熱劣化期間	1 週間	試験体数	1 体 / 1 水準	要 因	水 準	コンクリート強度 ⁽¹⁾	400, 600 (kgf/cm ²)	熱劣化温度 ⁽²⁾	200℃	熱劣化期間	1 日 × (0.1, 3cycle)	試験体数	1 体 / 1 水準
要 因	水 準																				
コンクリート強度 ⁽¹⁾	300, 500 (kgf/cm ²)																				
熱劣化温度 ⁽¹⁾	初期(20℃), 140℃, 250℃																				
熱劣化期間	1 週間																				
試験体数	1 体 / 1 水準																				
要 因	水 準																				
コンクリート強度 ⁽¹⁾	400, 600 (kgf/cm ²)																				
熱劣化温度 ⁽²⁾	200℃																				
熱劣化期間	1 日 × (0.1, 3cycle)																				
試験体数	1 体 / 1 水準																				
備 考																					

分類	C1-3
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CL)
論文名	繊維強化複合材料(NFM)の耐熱特性
著者	藤崎 忠志(清水建設), 杉田 稔(清水建設)
出典名	日本建築学会大会学術講演概集(中国) 1990年10月
キーワード	"加熱引張試験", "高温特性"
概要	NMF単体の加熱引張試験(試験温度は常温～250℃まで10または13段階)を行いその耐熱特性を検討。加熱時引張及び冷却後引張の2種類を実施。
結果	高温時には、NMFの強度は常温時の約60%に低下し、常温に戻ればその強度も復帰すると言える。従って高温時にNMFの強度が低下することを設計条件に加えることで、コンクリート構造物の補強筋に十分使用可能であろう。  図1 試験方法  図4 荷重-ひずみ関係(冷却後引張)  図3 保持率(加熱時引張)  図5 破損荷重保持率(冷却後引張)  図6 破断荷重保持率(冷却後引張)  図7 剛性保持率(冷却後引張)
備考	

分 類	C1-22, C4-8								
材 料	部材種類 (R C)			素材・形状 (3次元織物)					
論 文 名	1時間加熱を受けた3次元織物補強コンクリ - トの性状								
著 者	末長 龍夫(鹿島建設), 大内 富夫(鹿島建設)								
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(中国) 1990年10月								
キ-ワード	"耐火性能", "1時間加熱"								
概 要	エポキシ樹脂を含浸させたアラミド・炭素繊維で構成された3次元織物を補強筋とし、ビニロン短繊維を混入したモルタルをマトリックスとした3次元織物補強コンクリ - ト(3D - FRC)に対して1時間加熱を行った場合の性状。								
結 果	3D - FRCが耐火1時間性能を有する。(1時間加熱を受けた曲げ強度保持率は、加熱面載荷の場合22%、裏面載荷の場合33%で取替時のパネルのハンドリングに対して支障無いと考えられる。)								
	表-5 小型供成体の裏面および内部の最高温度								
	測定位置		CF-1-1		CF-1-2				
		温度(℃)	時刻(分)	温度(℃)	時刻(分)				
	加熱面側繊維	438	63	545	62				
	裏面側繊維	138	89	161	79				
	裏面	93	92	92	92				
	表-6 パネルの曲げ試験結果								
	試験体記号	寸 法			取付面	最大荷重時			
		幅(mm)	高さ(mm)	スパン(mm)		荷重(kgf)	曲げ応力度(kgf/cm ²)	たわみ(mm)	
A	200	40	1200	加熱面	106	40	220		
				裏面	96	36	40		
B	300	50	1200	加熱面	205	33	250		
				裏面	475	76	160		
C	200	60	1200	加熱面	274	46	160		
				裏面	531	89	200		
表-7 曲げ試験結果									
試験体記号	加熱時間(時間)	積荷面	最大荷重時			備考			
			荷重(kgf)	曲げ応力度(kg/cm ²)	たわみ(mm)				
CF-0	0	コテ面	1019	216	37	加熱前			
CF-1-1	1	加熱面	220	46	126	加熱後			
CF-1-2	1	裏面	340	72	34				
表-4 パネルの裏面および内部の最高温度									
測定位置	パネル A			パネル B			パネル C		
	高さ	温度(℃)	時刻(分)	高さ	温度(℃)	時刻(分)	高さ	温度(℃)	時刻(分)
加熱面側織物	下	441	62	下	277	65	上	259	66
裏面側織物	下	126	86	中	112	93	上	106	84
加熱面側モルタル							中	267	66
裏面側モルタル							上	107	82
裏面	上	102	86	上	96	106	中	94	98
備考) パネルA: リブ付き, 一般部厚さ40mm パネルB: フラット, 一般部厚さ50mm パネルC: リブ付き, 一般部厚さ60mm									
備 考									

分 類	C4-7																																																																						
材 料	部材種類 (R C)	素材・形状 (C L)																																																																					
論 文 名	繊維強化複合材料(NFM)で補強されたコンクリート壁板の耐火性能試験																																																																						
著 者	杉田 稔(清水建設), 藤崎 忠志(清水建設)																																																																						
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(中国) 1990年10月																																																																						
キーワード	"耐火試験", "耐火試験後の曲げ試験"																																																																						
概 要	外壁(非耐力)に適用することを目的に、NMFで補強されたコンクリート壁板の耐火試験及び耐火試験後の曲げ試験結果。																																																																						
結 果	NMF補強コンクリート壁板は外壁(非耐力)に適用が可能であり、その設計は従来の鉄筋コンクリートの曲げ理論の適用が可能。																																																																						
	表1 NFMの材料特性																																																																						
	<table><tr><th>NFMの種類</th><th>繊維束</th><th>破損荷重 (ton)</th><th>破断荷重 (ton)</th><th>剛 性 (ton)</th></tr><tr><td>H 8</td><td>炭素繊維</td><td>3.67</td><td>3.79</td><td>224</td></tr><tr><td>G 8</td><td>ガラス繊維</td><td>—</td><td>3.10</td><td>155</td></tr></table> *1 破損荷重 炭素繊維が破断する時の荷重 *2 破断荷重 ガラス繊維が破断する時の荷重 *3 H 8は試験値、G 8は標準値				NFMの種類	繊維束	破損荷重 (ton)	破断荷重 (ton)	剛 性 (ton)	H 8	炭素繊維	3.67	3.79	224	G 8	ガラス繊維	—	3.10	155																																																				
	NFMの種類	繊維束	破損荷重 (ton)	破断荷重 (ton)	剛 性 (ton)																																																																		
H 8	炭素繊維	3.67	3.79	224																																																																			
G 8	ガラス繊維	—	3.10	155																																																																			
表2 耐火試験結果																																																																							
<table><tr><th colspan="2">試験体</th><th>No.1</th><th>No.2</th><th>適合条件</th></tr><tr><td rowspan="10">加熱試験</td><td>試験項目</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>炉内気圧</td><td>大気圧より大</td><td>大気圧より大</td><td>大気圧以上</td></tr><tr><td>補強材最高温度</td><td>292.0℃</td><td>310.3℃(*1)</td><td>550℃以下</td></tr><tr><td>裏面最高温度</td><td>68.8℃(*2)</td><td>66.5℃</td><td>260℃以下</td></tr><tr><td>目地部裏面最高温度</td><td>53.2℃</td><td>63.3℃</td><td>260℃以下</td></tr><tr><td>最大たわみ</td><td>—</td><td>14.0mm</td><td>耐火上及び</td></tr><tr><td>最大ひび割れ幅</td><td>0.55mm</td><td>0.55mm</td><td>構造耐力上</td></tr><tr><td>剥落面積</td><td>小</td><td>1/6以下</td><td>有害性がないこと</td></tr><tr><td>剥落深さ</td><td>数mm</td><td>~55mm</td><td></td></tr><tr><td>火気</td><td>シーリング材</td><td>シーリング材</td><td>停止後10分</td></tr><tr><td>火気の残存</td><td>停止後2分</td><td>停止後3分</td><td>未消で消火</td></tr><tr><td>判定</td><td>合格</td><td>合格</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">衝撃試験</td><td>観察結果</td><td>わずかな凹痕</td><td>爆裂部でもわずかな凹痕</td><td>貫通する剥離・穴なし</td></tr><tr><td>判定</td><td>合格</td><td>合格</td><td></td></tr><tr><td>総合判定</td><td>合格</td><td>合格</td><td></td></tr></table> *1 コンクリートが剥落し補強材が燃焼した箇所は除外 *2 異常 (水分の流れの影響、計測不良等) と考えられる値は除外					試験体		No.1	No.2	適合条件	加熱試験	試験項目				炉内気圧	大気圧より大	大気圧より大	大気圧以上	補強材最高温度	292.0℃	310.3℃(*1)	550℃以下	裏面最高温度	68.8℃(*2)	66.5℃	260℃以下	目地部裏面最高温度	53.2℃	63.3℃	260℃以下	最大たわみ	—	14.0mm	耐火上及び	最大ひび割れ幅	0.55mm	0.55mm	構造耐力上	剥落面積	小	1/6以下	有害性がないこと	剥落深さ	数mm	~55mm		火気	シーリング材	シーリング材	停止後10分	火気の残存	停止後2分	停止後3分	未消で消火	判定	合格	合格		衝撃試験	観察結果	わずかな凹痕	爆裂部でもわずかな凹痕	貫通する剥離・穴なし	判定	合格	合格		総合判定	合格	合格	
試験体		No.1	No.2	適合条件																																																																			
加熱試験	試験項目																																																																						
	炉内気圧	大気圧より大	大気圧より大	大気圧以上																																																																			
	補強材最高温度	292.0℃	310.3℃(*1)	550℃以下																																																																			
	裏面最高温度	68.8℃(*2)	66.5℃	260℃以下																																																																			
	目地部裏面最高温度	53.2℃	63.3℃	260℃以下																																																																			
	最大たわみ	—	14.0mm	耐火上及び																																																																			
	最大ひび割れ幅	0.55mm	0.55mm	構造耐力上																																																																			
	剥落面積	小	1/6以下	有害性がないこと																																																																			
	剥落深さ	数mm	~55mm																																																																				
	火気	シーリング材	シーリング材	停止後10分																																																																			
火気の残存	停止後2分	停止後3分	未消で消火																																																																				
判定	合格	合格																																																																					
衝撃試験	観察結果	わずかな凹痕	爆裂部でもわずかな凹痕	貫通する剥離・穴なし																																																																			
	判定	合格	合格																																																																				
	総合判定	合格	合格																																																																				
備 考																																																																							

分類	B1-45																																																																								
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AB)																																																																							
論文名	アラミド繊維による組紐状棒材で補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性 (その1. 実験概要および実験結果の要約)																																																																								
著者	松原澄行(三井建設(株)),石橋一彦(千葉工業大学)																																																																								
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国) 1990年10月																																																																								
キーワード	アラミド繊維、組紐状棒材、疲労、PC																																																																								
概要	アラミド繊維による組紐状棒材で補強したコンクリート梁の曲げ繰り返し疲労試験を計画し、梁のたわみやひびわれ特性に着目して、棒材の疲労条件下におけるコンクリート補強材への適用性を検討。																																																																								
結果	鋼材に比べて弾性係数が低い棒材でもPC緊張材に用いることにより、異形鉄筋と同等な割合で繰り返しによるたわみの増加を抑制できる。  図-1 試験体の形状寸法 表-4 実験結果の一覧 <table><tr><th rowspan="3">試験体名</th><th colspan="7">疲労試験</th><th colspan="2">単調載荷試験</th></tr><tr><th rowspan="2">梁下縁 応力度 (kgf/cm²)</th><th rowspan="2">コンプレッ ション モーメント M_{Dec} (tf・m)</th><th rowspan="2">引張 モーメント M_T (tf・m)</th><th>①</th><th>②</th><th rowspan="2">最大たわ みの比 ② / ①</th><th rowspan="2">破 壊 形 式</th><th rowspan="2">最大 荷重 (tf)</th><th rowspan="2">最大 たわみ (mm)</th></tr><tr><th>初載荷 最大たわみ (mm)</th><th>最終計測 最大たわみ (mm)</th></tr><tr><td>NR-1</td><td>—</td><td>—</td><td>0.90</td><td>3.50</td><td>200 万回 5.03 (100万回) 4.92</td><td>1.44 1.41</td><td>200 万回で 破壊せず</td><td>19.5</td><td>22.9</td></tr><tr><td>NR-2</td><td>—</td><td>—</td><td>0.62</td><td>1.32</td><td>200 万回 3.54 (100万回) 3.10</td><td>2.68 2.35</td><td>200 万回で 破壊せず</td><td>9.6</td><td>18.0</td></tr><tr><td>PR-1</td><td>60.8</td><td>1.27</td><td>2.14</td><td>5.54</td><td>100 万回 * 7.39</td><td>1.33</td><td>200 万回で 破壊せず</td><td>15.5</td><td>24.4</td></tr><tr><td>PR-2</td><td>45.6</td><td>0.95</td><td>2.16</td><td>7.10</td><td>100 回 * 9.03</td><td>1.27</td><td>200 万回で 破壊せず</td><td>16.5</td><td>28.7</td></tr><tr><td>PR-3</td><td>55.2</td><td>1.15</td><td>2.40</td><td>12.62</td><td>10万回 19.50</td><td>1.55</td><td>229000回で 棒材破断</td><td>16.0</td><td>26.0</td></tr></table> *は変位計に繰り返し途中で異常があり、以後のデータは採用していない。		試験体名	疲労試験							単調載荷試験		梁下縁 応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッ ション モーメント M _{Dec} (tf・m)	引張 モーメント M _T (tf・m)	①	②	最大たわ みの比 ② / ①	破 壊 形 式	最大 荷重 (tf)	最大 たわみ (mm)	初載荷 最大たわみ (mm)	最終計測 最大たわみ (mm)	NR-1	—	—	0.90	3.50	200 万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200 万回で 破壊せず	19.5	22.9	NR-2	—	—	0.62	1.32	200 万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200 万回で 破壊せず	9.6	18.0	PR-1	60.8	1.27	2.14	5.54	100 万回 * 7.39	1.33	200 万回で 破壊せず	15.5	24.4	PR-2	45.6	0.95	2.16	7.10	100 回 * 9.03	1.27	200 万回で 破壊せず	16.5	28.7	PR-3	55.2	1.15	2.40	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回で 棒材破断	16.0	26.0
試験体名	疲労試験							単調載荷試験																																																																	
	梁下縁 応力度 (kgf/cm ²)	コンプレッ ション モーメント M _{Dec} (tf・m)		引張 モーメント M _T (tf・m)	①	②	最大たわ みの比 ② / ①	破 壊 形 式	最大 荷重 (tf)	最大 たわみ (mm)																																																															
			初載荷 最大たわみ (mm)		最終計測 最大たわみ (mm)																																																																				
NR-1	—	—	0.90	3.50	200 万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200 万回で 破壊せず	19.5	22.9																																																																
NR-2	—	—	0.62	1.32	200 万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200 万回で 破壊せず	9.6	18.0																																																																
PR-1	60.8	1.27	2.14	5.54	100 万回 * 7.39	1.33	200 万回で 破壊せず	15.5	24.4																																																																
PR-2	45.6	0.95	2.16	7.10	100 回 * 9.03	1.27	200 万回で 破壊せず	16.5	28.7																																																																
PR-3	55.2	1.15	2.40	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回で 棒材破断	16.0	26.0																																																																
備考																																																																									

分類	B3-8																																																															
材料	部材種類（ 単体 ）		素材・形状（ GD ）																																																													
論文名	繊維強化複合材料(NFM)の建築構造への利用に関する研究 その11 温泉雰囲気中での耐久性試験																																																															
著者	中辻照幸(ネフコム株)，中野克彦(東京理科大学)																																																															
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）、pp961-962、1990年10月																																																															
キーワード	”繊維強化複合材“，”耐久性試験“																																																															
概要	繊維強化複合材料の耐久性について調べるために、酸性度の高い温泉地帯での暴露による耐久性試験を実施した結果の報告。試験方法は、各供試体を設置時点、設置2ヶ月後、4ヶ月後、6ヶ月後、12ヶ月後の各時点で暴露場からサンプリングし、目視試験と引張試験を行った。																																																															
結果	・目視試験の結果を表2に示す。NFMの気中部分に変化は認められないが、地中部分は深いほど黒色への変化の程度が大きく、これは温度の影響によるものと考えられる。鋼材の場合は地中部分の腐食が著しく、4mm φ の溶接金網は約100日、D10の鉄筋は約220日で溶失するものと推定される。 ・引張試験の結果、を図4、図5に示す。NFMについては、G4の地中部分で約40%の耐力低下が見られるがほぼ収れんする傾向にある。G10では約30%の耐力低下が認められているが、いずれ時間の経過とともに収れんするものと考えられる。また、気中部分ではG4は約10%体力が低下したが、G10はほとんど変化がない。一方、鋼材の残存している気中部分でも、錆のために4mm φ の溶接金網は約50%、D10の鉄筋は約10%耐力が低下した。 表2 目視試験の結果 <table><tr><th colspan="2">試験体名</th><th>初期状態 '88-3-3</th><th>2ヶ月後 '88-5-18</th><th>4ヶ月後 '88-7-6</th><th>6ヶ月後 '88-9-21</th><th>12ヶ月後 '89-3-7</th></tr><tr><td rowspan="2">NFM G 4</td><td>気中</td><td>アメ色半透明</td><td>変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td>地中</td><td>”</td><td>最下部横筋黒変</td><td>着色度変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td rowspan="2">NFM G 1 0</td><td>気中</td><td>”</td><td>変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td>地中</td><td>”</td><td>最下部横筋黒変</td><td>着色度変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td rowspan="2">溶接金網 4 φ</td><td>気中</td><td>錆 な し</td><td>赤錆発生</td><td>錆状態変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td>地中</td><td>”</td><td>部分的に溶失</td><td>溶失部増大</td><td>殆ど溶失</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="2">鉄 筋 D 1 0</td><td>気中</td><td>”</td><td>赤錆発生</td><td>錆状態変化なし</td><td>同 左</td><td>同 左</td></tr><tr><td>地中</td><td>”</td><td>錆による断面減少</td><td>断面減少増大</td><td>部分的に溶失</td><td>殆ど溶失</td></tr></table>					試験体名		初期状態 '88-3-3	2ヶ月後 '88-5-18	4ヶ月後 '88-7-6	6ヶ月後 '88-9-21	12ヶ月後 '89-3-7	NFM G 4	気中	アメ色半透明	変化なし	同 左	同 左	同 左	地中	”	最下部横筋黒変	着色度変化なし	同 左	同 左	NFM G 1 0	気中	”	変化なし	同 左	同 左	同 左	地中	”	最下部横筋黒変	着色度変化なし	同 左	同 左	溶接金網 4 φ	気中	錆 な し	赤錆発生	錆状態変化なし	同 左	同 左	地中	”	部分的に溶失	溶失部増大	殆ど溶失	—	鉄 筋 D 1 0	気中	”	赤錆発生	錆状態変化なし	同 左	同 左	地中	”	錆による断面減少	断面減少増大	部分的に溶失	殆ど溶失
試験体名		初期状態 '88-3-3	2ヶ月後 '88-5-18	4ヶ月後 '88-7-6	6ヶ月後 '88-9-21	12ヶ月後 '89-3-7																																																										
NFM G 4	気中	アメ色半透明	変化なし	同 左	同 左	同 左																																																										
	地中	”	最下部横筋黒変	着色度変化なし	同 左	同 左																																																										
NFM G 1 0	気中	”	変化なし	同 左	同 左	同 左																																																										
	地中	”	最下部横筋黒変	着色度変化なし	同 左	同 左																																																										
溶接金網 4 φ	気中	錆 な し	赤錆発生	錆状態変化なし	同 左	同 左																																																										
	地中	”	部分的に溶失	溶失部増大	殆ど溶失	—																																																										
鉄 筋 D 1 0	気中	”	赤錆発生	錆状態変化なし	同 左	同 左																																																										
	地中	”	錆による断面減少	断面減少増大	部分的に溶失	殆ど溶失																																																										

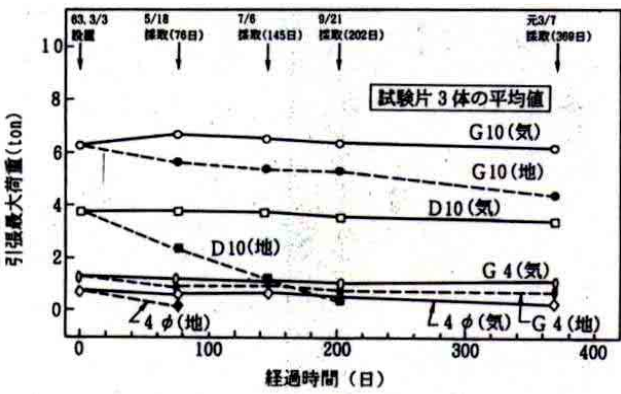


図 4 引張試験結果 (引張最大荷重と経過時間)

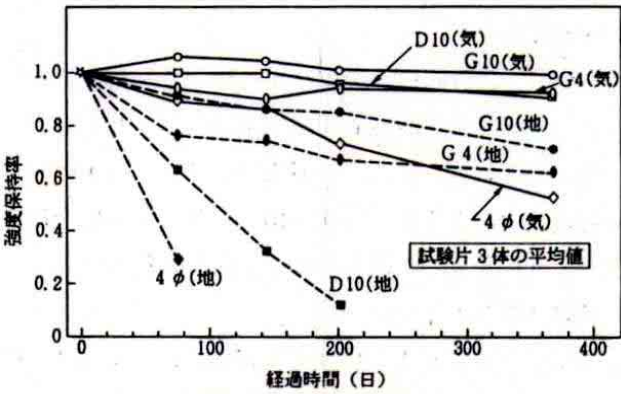


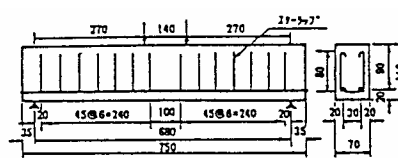
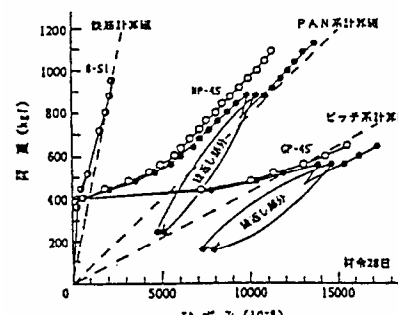
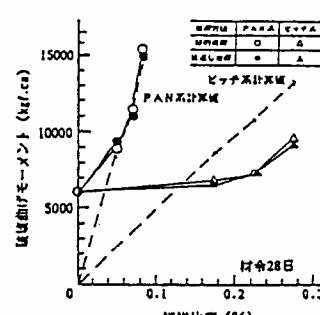
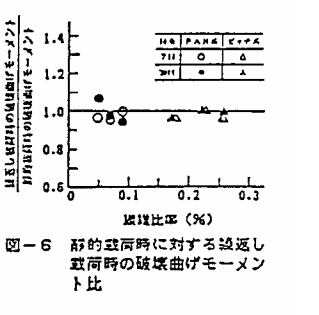
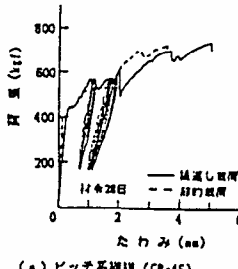
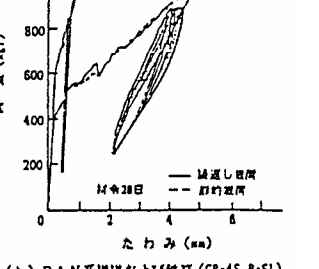
図 5 引張試験結果 (強度保持率と経過時間)

備 考

分 類	B1-30
材 料	部材種類 (RC,PC) 素材・形状 (AB)
論 文 名	アラミド繊維による組紐状棒材で補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性 (その2. たわみおよびひびわれ特性)
著 者	三上浩(三井建設(株)土木設計部), 石橋一彦(千葉工業大学建築学科)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp997-998, 1990年10月
キ-ワード	"アラミド繊維", "曲げ疲労特性", "たわみ", "ひびわれ幅"
概 要	その1の実験概要および実験結果の要約に引き続き、たわみおよびひびわれ特性を詳述したもの。
結 果	図-1に曲げモーメントとたわみの関係を、図-3にNR-1, 2とPR-1の曲げモーメントとひび割れ幅の関係を示す。 棒材を主筋や緊張材に用いた梁は各々静的耐力の25%、70%程度の上限荷重では200万回の繰返しでも疲労破壊しない。棒材を主筋とした梁のたわみやひびわれ幅は繰返しにより増加したが、緊張材に用いると異形鉄筋と同等な割合で繰返しによるたわみの増加を抑制でき、単位曲げモーメントあたりのひびわれ幅の増加も抑制できる。また、M_{DEC}は棒材を緊張材に用いた梁の曲げ繰返し後も重要な指標であると考えられる。 図-1 曲げモーメントとたわみの関係

結 果	The figure consists of three vertically stacked graphs, each showing the relationship between bending moment (y-axis, in $\text{tf}\cdot\text{m}$) and deflection (x-axis, in mm) for different materials. The y-axis for all graphs ranges from 0 to 4. The x-axis for all graphs ranges from 0.0 to 1.0. NR-1: The y-axis ranges from 0 to 4. The x-axis ranges from 0.0 to 1.0. Curves are shown for frequencies 10^0, 10^2, 10^4, and 10^6. The curves show a non-linear relationship, with the bending moment increasing with deflection. NR-2: The y-axis ranges from 0 to 2. The x-axis ranges from 0.0 to 1.0. Curves are shown for frequencies 10^0, 10^2, 10^4, 10^6, and 2×10^6. The curves show a non-linear relationship, with the bending moment increasing with deflection. PR-1: The y-axis ranges from 0 to 4. The x-axis ranges from 0.0 to 1.0. Curves are shown for frequencies 10^0, 10^2, 10^4, 10^6, and 2×10^6. A horizontal line is drawn at $M_{\text{dec}} = 1.27 \text{ tf}\cdot\text{m}$. The curves show a non-linear relationship, with the bending moment increasing with deflection. 図-3 曲げモーメントとひびわれ幅の関係
備 考	

分類	B1-3																																																					
材料	部材種類 (単体)		素材・形状 (CD)																																																			
論文名	CFRP緊張材の定着法とその長期および疲労特性																																																					
著者	原田哲夫(長崎大学)																																																					
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、P.759-764,13-2,1991																																																					
キーワード	耐久性、疲労、付着、拔出し、定着、CFRP																																																					
概要	付着定着されたCFRP緊張材の引張疲労を測定。 充填材： 静的破砕剤、 膨張材 緊張材：φ 12.5mmストランド 耐久特性： 静的引張(クリープ)、 動的疲労 [結論] 緊張力の低下は、 拔出し長に関係する。 動的疲労により拔出し長も増大するが200万回疲労でも0.8mmとわずかであった。																																																					
結果	表-1 長期載荷用供試体一覧 <table><tr><th></th><th>緊張材の種類</th><th>緊張長さ (cm) (有効定着長さ)</th><th>緊張最大荷重 (tf) (仮定破砕荷重)</th><th>定着荷重 (tf) (固定部定着時)</th><th>定着方法</th></tr><tr><td>A</td><td rowspan="3">静的破砕剤 B-100</td><td rowspan="3">22 (21)</td><td>11.52</td><td>11.22</td><td>I</td></tr><tr><td>B</td><td>11.46 (11.16)</td><td>11.37 (9.81)</td><td>II</td></tr><tr><td>C</td><td>11.58</td><td>11.43</td><td>I</td></tr><tr><td>D</td><td rowspan="4">定着用膨張材 NB-1</td><td rowspan="2">22 (21)</td><td>11.89</td><td>8.53</td><td>I</td></tr><tr><td>E</td><td>11.97 (11.51)</td><td>11.77 (10.30)</td><td>II</td></tr><tr><td>F</td><td>30 (29)</td><td>12.01</td><td>11.70</td><td rowspan="2">I</td></tr><tr><td>G</td><td>22 (21)</td><td>8.55</td><td>7.90</td></tr><tr><td>H</td><td>W/B=30%</td><td>30 (29)</td><td>11.86 (11.48)</td><td>11.42 (10.85)</td><td>II</td></tr></table> 図-7 荷重～定着部間全変位の関係				緊張材の種類	緊張長さ (cm) (有効定着長さ)	緊張最大荷重 (tf) (仮定破砕荷重)	定着荷重 (tf) (固定部定着時)	定着方法	A	静的破砕剤 B-100	22 (21)	11.52	11.22	I	B	11.46 (11.16)	11.37 (9.81)	II	C	11.58	11.43	I	D	定着用膨張材 NB-1	22 (21)	11.89	8.53	I	E	11.97 (11.51)	11.77 (10.30)	II	F	30 (29)	12.01	11.70	I	G	22 (21)	8.55	7.90	H	W/B=30%	30 (29)	11.86 (11.48)	11.42 (10.85)	II						
	緊張材の種類	緊張長さ (cm) (有効定着長さ)	緊張最大荷重 (tf) (仮定破砕荷重)	定着荷重 (tf) (固定部定着時)	定着方法																																																	
A	静的破砕剤 B-100	22 (21)	11.52	11.22	I																																																	
B			11.46 (11.16)	11.37 (9.81)	II																																																	
C			11.58	11.43	I																																																	
D	定着用膨張材 NB-1	22 (21)	11.89	8.53	I																																																	
E			11.97 (11.51)	11.77 (10.30)	II																																																	
F		30 (29)	12.01	11.70	I																																																	
G		22 (21)	8.55	7.90																																																		
H	W/B=30%	30 (29)	11.86 (11.48)	11.42 (10.85)	II																																																	
備考	表-2 疲労試験用供試体および試験結果 <table><tr><th>供試体記号</th><th>緊張材の種類</th><th>上端荷重 (tf)</th><th>下端荷重 (tf)</th><th>繰返し回数 (回)</th><th>疲労試験時荷重 (tf)</th></tr><tr><td>B-F1</td><td rowspan="2">静的破砕剤 W/B=25%</td><td>12.0</td><td>9.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>15.7</td></tr><tr><td>B-F2</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>16.6</td></tr><tr><td>NB-F1</td><td rowspan="4">定着用膨張材 NB-2</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>2388</td><td rowspan="4">よりが弱くなるようにストランドの疲労試験</td></tr><tr><td>NB-F2</td><td></td><td></td><td>142847</td></tr><tr><td>NB-F3</td><td>14.5</td><td>12.5</td><td>1010</td></tr><tr><td>NB-F4</td><td></td><td></td><td>138</td></tr><tr><td>NB-F5</td><td rowspan="3">W/B=30%</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>16.6</td></tr><tr><td>NB-F6</td><td>14.4</td><td>13.0</td><td>205×10^4</td><td>疲労試験</td></tr><tr><td>NB-F7</td><td>13.5</td><td>12.0</td><td>$>500 \times 10^4$</td><td>14.4</td></tr></table> 図-8 開口変位の変化			供試体記号	緊張材の種類	上端荷重 (tf)	下端荷重 (tf)	繰返し回数 (回)	疲労試験時荷重 (tf)	B-F1	静的破砕剤 W/B=25%	12.0	9.0	$>200 \times 10^4$	15.7	B-F2	13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6	NB-F1	定着用膨張材 NB-2	13.5	10.0	2388	よりが弱くなるようにストランドの疲労試験	NB-F2			142847	NB-F3	14.5	12.5	1010	NB-F4			138	NB-F5	W/B=30%	13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6	NB-F6	14.4	13.0	205×10^4	疲労試験	NB-F7	13.5	12.0	$>500 \times 10^4$	14.4
供試体記号	緊張材の種類	上端荷重 (tf)	下端荷重 (tf)	繰返し回数 (回)	疲労試験時荷重 (tf)																																																	
B-F1	静的破砕剤 W/B=25%	12.0	9.0	$>200 \times 10^4$	15.7																																																	
B-F2		13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6																																																	
NB-F1	定着用膨張材 NB-2	13.5	10.0	2388	よりが弱くなるようにストランドの疲労試験																																																	
NB-F2				142847																																																		
NB-F3		14.5	12.5	1010																																																		
NB-F4				138																																																		
NB-F5	W/B=30%	13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6																																																	
NB-F6		14.4	13.0	205×10^4	疲労試験																																																	
NB-F7		13.5	12.0	$>500 \times 10^4$	14.4																																																	

分類	B1-2																																																				
材料	部材種類 (RC)	素材・形状 (CD)																																																			
論文名	CFRCロッド補強コンクリート梁の繰返し載荷作用下の曲げ性状																																																				
著者	古川 茂(群馬工業高等専門学校)																																																				
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、P.777-782,13-2,1991																																																				
キーワード	CFRCロッド、耐久性、曲げ、疲労、																																																				
概要	セメント・ペーストをマトリクスとするCFRCロッドを補強材とする梁の曲げ及び曲げ疲労試験。 CFRCロッド：φ3mm、繊維含有率13～17%のビッチ系CF、7～8%のPAN系CF 曲げ疲労：最大荷重の20～80%、15回 [結果] 疲労後の曲げ特性は静的載荷時と変わらなかった。 繰返し載荷によりひずみは増加するが、PAN系の方が増加は少ない。																																																				
結果	 図-1 断面の諸元および載荷方法  図-4 ロッドのひずみに及ぼす繰返し載荷の影響  図-5 破壊曲げモーメントと繊維比の関係  図-6 静的載荷時に対する繰返し載荷時の破壊曲げモーメント比 <table><caption>表-2 CFRCロッドの諸元</caption><tr><th>試料名</th><th>繊維の種類</th><th>繊維の本数</th><th>平均直径 (mm)</th><th>繊維の含有率 (%)</th><th>$A_c f_f / (b d) \times 100 (\%)$</th></tr><tr><td>CP-2</td><td rowspan="3">ビッチ系</td><td>21000</td><td>6.6</td><td>16.9</td><td>0.174</td></tr><tr><td>CP-3</td><td>30000</td><td>7.5</td><td>16.3</td><td>0.224</td></tr><tr><td>CP-4</td><td>36000</td><td>9.2</td><td>12.0</td><td>0.267</td></tr><tr><td>RP-2</td><td rowspan="3">PAN系</td><td>24000</td><td>5.0</td><td>7.8</td><td>0.050</td></tr><tr><td>RP-3</td><td>48000</td><td>6.1</td><td>7.1</td><td>0.070</td></tr><tr><td>RP-4</td><td>60000</td><td>6.6</td><td>7.1</td><td>0.083</td></tr><tr><td>8-S1</td><td>鉄筋</td><td>1本</td><td>6.35</td><td></td><td>0.492</td></tr><tr><td>8-S2</td><td>鉄筋</td><td>2本</td><td></td><td></td><td>0.952</td></tr></table> $A_c f_f$: 炭素繊維の破断面積、b: 幅、d: 有効高さ、$b d$ 断面積 4023 kgf/cm^2。  (a) ビッチ系繊維 (CP-45)  (b) PAN系繊維および鉄筋 (CP-45、8-S1)			試料名	繊維の種類	繊維の本数	平均直径 (mm)	繊維の含有率 (%)	$A_c f_f / (b d) \times 100 (\%)$	CP-2	ビッチ系	21000	6.6	16.9	0.174	CP-3	30000	7.5	16.3	0.224	CP-4	36000	9.2	12.0	0.267	RP-2	PAN系	24000	5.0	7.8	0.050	RP-3	48000	6.1	7.1	0.070	RP-4	60000	6.6	7.1	0.083	8-S1	鉄筋	1本	6.35		0.492	8-S2	鉄筋	2本			0.952
試料名	繊維の種類	繊維の本数	平均直径 (mm)	繊維の含有率 (%)	$A_c f_f / (b d) \times 100 (\%)$																																																
CP-2	ビッチ系	21000	6.6	16.9	0.174																																																
CP-3		30000	7.5	16.3	0.224																																																
CP-4		36000	9.2	12.0	0.267																																																
RP-2	PAN系	24000	5.0	7.8	0.050																																																
RP-3		48000	6.1	7.1	0.070																																																
RP-4		60000	6.6	7.1	0.083																																																
8-S1	鉄筋	1本	6.35		0.492																																																
8-S2	鉄筋	2本			0.952																																																
備考																																																					

分類	B1-22																																																																																																																																																																																																								
材料	部材種類 (PC)		素材・形状(CD)																																																																																																																																																																																																						
論文名	各種FRPロッドを緊張材としたPC部材の耐久性状																																																																																																																																																																																																								
著者	久保田敏治(日本プレストレスコンクリート), 藤井健太郎(日本プレストレスコンクリート)																																																																																																																																																																																																								
出典名	土木学会第46回年次学術講演会、1991.9																																																																																																																																																																																																								
キーワード	"FRPロッド","耐アルカリ性"																																																																																																																																																																																																								
概要	(1)CFRP:強度低下なし (2)GFRP:強度低下が認められた																																																																																																																																																																																																								
結果	表-1 緊張材の基本的性質 <table><tr><th>種 類</th><th>CFRP (7本より取)</th><th>CFRP (単線)</th><th>GFRP</th><th>異形PC</th></tr><tr><td>公称径 (mm)</td><td>7.5</td><td>6</td><td>6</td><td>7.4</td></tr><tr><td>断面積 (mm²)</td><td>30.4</td><td>28.3</td><td>28.3</td><td>40.0</td></tr><tr><td>引張強度 (kgf/mm²)</td><td>191</td><td>191</td><td>150</td><td>151</td></tr><tr><td>弾性係数 (kgf/mm²)</td><td>14000</td><td>13000</td><td>5700</td><td>20500</td></tr><tr><td>0.6Pu (kgf)</td><td>3484</td><td>3243</td><td>2547</td><td>3624</td></tr><tr><td>異形化方法</td><td>単線の7本より</td><td>炭素繊維地付け</td><td>ビロン繊維地付け</td><td></td></tr></table> 表-2 試験経過 <table><tr><th rowspan="2">緊張材</th><th rowspan="2">試験日時</th><th colspan="4">試験材令</th></tr><tr><th>28日</th><th>4ヶ月 (3ヶ月)</th><th>7ヶ月 (6ヶ月)</th><th>13ヶ月 (12ヶ月)</th></tr><tr><td rowspan="2">CFRPより取</td><td>無</td><td>AN-1</td><td>AN-2</td><td>AN-3</td><td>AN-4</td></tr><tr><td>有</td><td>—</td><td>AT-2</td><td>AT-3</td><td>AT-4</td></tr><tr><td rowspan="2">CFRP単線</td><td>無</td><td>BN-1</td><td>BN-2</td><td>BN-3</td><td>BN-4</td></tr><tr><td>有</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="2">GFRP</td><td>無</td><td>ON-1</td><td>ON-2</td><td>ON-3</td><td>ON-4</td></tr><tr><td>有</td><td>—</td><td>OT-2</td><td>OT-3</td><td>OT-4</td></tr><tr><td rowspan="2">異形PC</td><td>無</td><td>DN-1</td><td>DN-2</td><td>DN-3</td><td>DN-4</td></tr><tr><td>有</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr></table> (注) 試験材令で()内は、浸漬日数を示す。 表-3 曲げ試験結果 <table><tr><th>部 材</th><th>試験体 No</th><th>初期変 形量 (mm)</th><th>ひびわれQ₁量 (mm)</th><th>破 壊 量 (mm)</th><th>破 壊 状 況</th></tr><tr><td rowspan="7">CFRP より取</td><td>AN-1</td><td>2.0</td><td>2.2</td><td>3.7</td><td rowspan="7">破壊は緊張材が破断した。</td></tr><tr><td>AN-2</td><td>2.6</td><td>2.3</td><td>3.9</td></tr><tr><td>AN-3</td><td>2.6</td><td>2.0</td><td>3.7</td></tr><tr><td>AN-4</td><td>2.8</td><td>2.0</td><td>3.8</td></tr><tr><td>AT-2</td><td>—</td><td>2.4</td><td>4.0</td></tr><tr><td>AT-3</td><td>—</td><td>2.5</td><td>3.6</td></tr><tr><td>AT-4</td><td>—</td><td>2.4</td><td>3.8</td></tr><tr><td rowspan="4">CFRP 単線</td><td>BN-1</td><td>2.4</td><td>2.2</td><td>3.0</td><td rowspan="4">破壊は緊張材が破断した。</td></tr><tr><td>BN-2</td><td>2.6</td><td>2.5</td><td>3.3</td></tr><tr><td>BN-3</td><td>2.7</td><td>2.3</td><td>3.2</td></tr><tr><td>BN-4</td><td>2.7</td><td>2.2</td><td>3.0</td></tr><tr><td rowspan="8">GFRP</td><td>ON-1</td><td>2.2</td><td>1.8</td><td>3.0</td><td rowspan="4">亀裂がひびきに上面まで入りガラス繊維が引き抜けて破壊した。</td></tr><tr><td>ON-2</td><td>2.4</td><td>—</td><td>2.4</td></tr><tr><td>ON-3</td><td>2.0</td><td>—</td><td>2.0</td></tr><tr><td>ON-4</td><td>1.7</td><td>—</td><td>1.7</td></tr><tr><td>OT-2</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="4">アルカリ浸漬中に緊張材が劣化しガラス繊維が引き抜けて破壊した。</td></tr><tr><td>OT-3</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>OT-4</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>OT-5</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td rowspan="4">異形PC</td><td>DN-1</td><td>1.7</td><td>1.4</td><td>2.6</td><td rowspan="4">曲げ破壊</td></tr><tr><td>DN-2</td><td>2.2</td><td>1.2</td><td>2.5</td></tr><tr><td>DN-3</td><td>2.5</td><td>1.5</td><td>4.1</td></tr><tr><td>DN-4</td><td>2.5</td><td>1.4</td><td>2.7</td></tr></table> 注 ロビわれ巾測定は下縁から5cm (GFRP材) の位置でのロビわれ巾がQ₁に達した時の測定です。 (浸漬は初回試験を行った後重量をもとスリッパゲージを取り付けて行った。)					種 類	CFRP (7本より取)	CFRP (単線)	GFRP	異形PC	公称径 (mm)	7.5	6	6	7.4	断面積 (mm ²)	30.4	28.3	28.3	40.0	引張強度 (kgf/mm ²)	191	191	150	151	弾性係数 (kgf/mm ²)	14000	13000	5700	20500	0.6Pu (kgf)	3484	3243	2547	3624	異形化方法	単線の7本より	炭素繊維地付け	ビロン繊維地付け		緊張材	試験日時	試験材令				28日	4ヶ月 (3ヶ月)	7ヶ月 (6ヶ月)	13ヶ月 (12ヶ月)	CFRPより取	無	AN-1	AN-2	AN-3	AN-4	有	—	AT-2	AT-3	AT-4	CFRP単線	無	BN-1	BN-2	BN-3	BN-4	有	—	—	—	—	GFRP	無	ON-1	ON-2	ON-3	ON-4	有	—	OT-2	OT-3	OT-4	異形PC	無	DN-1	DN-2	DN-3	DN-4	有	—	—	—	—	部 材	試験体 No	初期変 形量 (mm)	ひびわれQ ₁ 量 (mm)	破 壊 量 (mm)	破 壊 状 況	CFRP より取	AN-1	2.0	2.2	3.7	破壊は緊張材が破断した。	AN-2	2.6	2.3	3.9	AN-3	2.6	2.0	3.7	AN-4	2.8	2.0	3.8	AT-2	—	2.4	4.0	AT-3	—	2.5	3.6	AT-4	—	2.4	3.8	CFRP 単線	BN-1	2.4	2.2	3.0	破壊は緊張材が破断した。	BN-2	2.6	2.5	3.3	BN-3	2.7	2.3	3.2	BN-4	2.7	2.2	3.0	GFRP	ON-1	2.2	1.8	3.0	亀裂がひびきに上面まで入りガラス繊維が引き抜けて破壊した。	ON-2	2.4	—	2.4	ON-3	2.0	—	2.0	ON-4	1.7	—	1.7	OT-2	—	—	—	アルカリ浸漬中に緊張材が劣化しガラス繊維が引き抜けて破壊した。	OT-3	—	—	—	OT-4	—	—	—	OT-5	—	—	—	異形PC	DN-1	1.7	1.4	2.6	曲げ破壊	DN-2	2.2	1.2	2.5	DN-3	2.5	1.5	4.1	DN-4	2.5	1.4	2.7
種 類	CFRP (7本より取)	CFRP (単線)	GFRP	異形PC																																																																																																																																																																																																					
公称径 (mm)	7.5	6	6	7.4																																																																																																																																																																																																					
断面積 (mm ²)	30.4	28.3	28.3	40.0																																																																																																																																																																																																					
引張強度 (kgf/mm ²)	191	191	150	151																																																																																																																																																																																																					
弾性係数 (kgf/mm ²)	14000	13000	5700	20500																																																																																																																																																																																																					
0.6Pu (kgf)	3484	3243	2547	3624																																																																																																																																																																																																					
異形化方法	単線の7本より	炭素繊維地付け	ビロン繊維地付け																																																																																																																																																																																																						
緊張材	試験日時	試験材令																																																																																																																																																																																																							
		28日	4ヶ月 (3ヶ月)	7ヶ月 (6ヶ月)	13ヶ月 (12ヶ月)																																																																																																																																																																																																				
CFRPより取	無	AN-1	AN-2	AN-3	AN-4																																																																																																																																																																																																				
	有	—	AT-2	AT-3	AT-4																																																																																																																																																																																																				
CFRP単線	無	BN-1	BN-2	BN-3	BN-4																																																																																																																																																																																																				
	有	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																				
GFRP	無	ON-1	ON-2	ON-3	ON-4																																																																																																																																																																																																				
	有	—	OT-2	OT-3	OT-4																																																																																																																																																																																																				
異形PC	無	DN-1	DN-2	DN-3	DN-4																																																																																																																																																																																																				
	有	—	—	—	—																																																																																																																																																																																																				
部 材	試験体 No	初期変 形量 (mm)	ひびわれQ ₁ 量 (mm)	破 壊 量 (mm)	破 壊 状 況																																																																																																																																																																																																				
CFRP より取	AN-1	2.0	2.2	3.7	破壊は緊張材が破断した。																																																																																																																																																																																																				
	AN-2	2.6	2.3	3.9																																																																																																																																																																																																					
	AN-3	2.6	2.0	3.7																																																																																																																																																																																																					
	AN-4	2.8	2.0	3.8																																																																																																																																																																																																					
	AT-2	—	2.4	4.0																																																																																																																																																																																																					
	AT-3	—	2.5	3.6																																																																																																																																																																																																					
	AT-4	—	2.4	3.8																																																																																																																																																																																																					
CFRP 単線	BN-1	2.4	2.2	3.0	破壊は緊張材が破断した。																																																																																																																																																																																																				
	BN-2	2.6	2.5	3.3																																																																																																																																																																																																					
	BN-3	2.7	2.3	3.2																																																																																																																																																																																																					
	BN-4	2.7	2.2	3.0																																																																																																																																																																																																					
GFRP	ON-1	2.2	1.8	3.0	亀裂がひびきに上面まで入りガラス繊維が引き抜けて破壊した。																																																																																																																																																																																																				
	ON-2	2.4	—	2.4																																																																																																																																																																																																					
	ON-3	2.0	—	2.0																																																																																																																																																																																																					
	ON-4	1.7	—	1.7																																																																																																																																																																																																					
	OT-2	—	—	—	アルカリ浸漬中に緊張材が劣化しガラス繊維が引き抜けて破壊した。																																																																																																																																																																																																				
	OT-3	—	—	—																																																																																																																																																																																																					
	OT-4	—	—	—																																																																																																																																																																																																					
	OT-5	—	—	—																																																																																																																																																																																																					
異形PC	DN-1	1.7	1.4	2.6	曲げ破壊																																																																																																																																																																																																				
	DN-2	2.2	1.2	2.5																																																																																																																																																																																																					
	DN-3	2.5	1.5	4.1																																																																																																																																																																																																					
	DN-4	2.5	1.4	2.7																																																																																																																																																																																																					
備考																																																																																																																																																																																																									

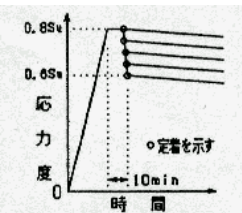


図2 荷重方法A

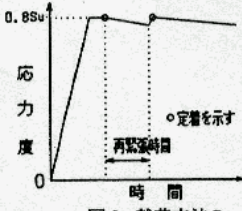


図3 荷重方法B

表1 荷重方法A

緊張 ケース	目標定着 応力度 (S/S_u)	初期 応力度 (kg/mm^2)	実測定着応力度	
			S_r (kg/mm^2)	S_L (kg/mm^2)
N	0.80	156 ($0.8S_u$)	156	165
A-1	0.75		146	156
A-2	0.70		137	149
A-3	0.65		128	144
A-4	0.60		118	137

表2 荷重方法B

緊張 ケース	目標定着 応力度 (S/S_u)	再緊張 時間 (hr)	実測定着応力度	
			S_r (kg/mm^2)	S_L (kg/mm^2)
B-1	0.80	1	155	165
B-2		3	156	168
B-3		6	154	167
B-4		24	160	168

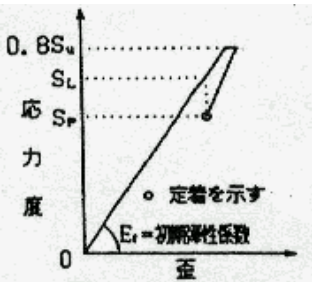


図4 応力度-歪曲線

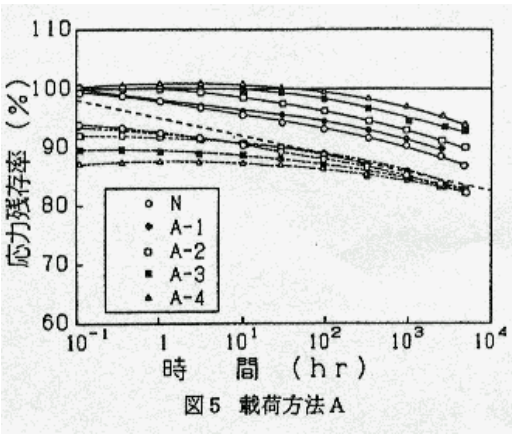


図5 荷重方法A

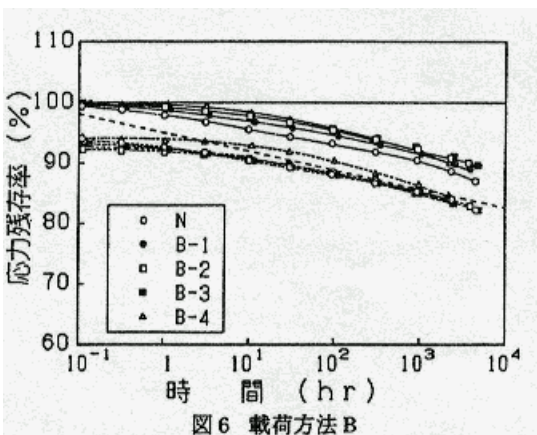
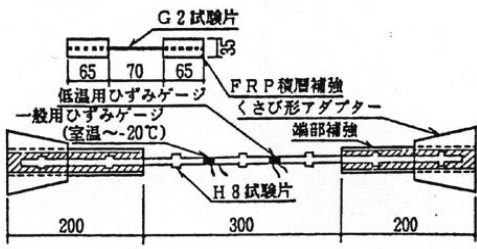
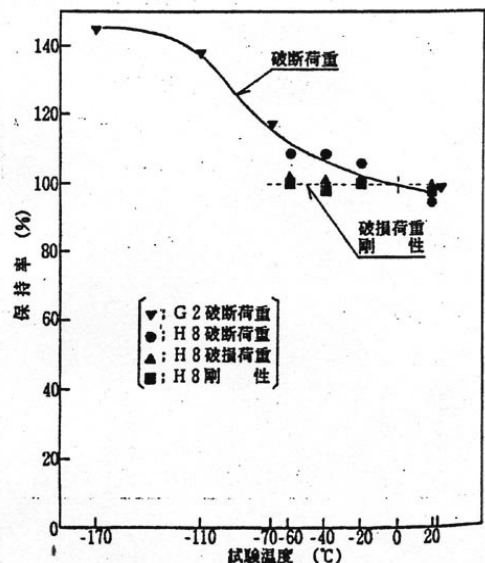


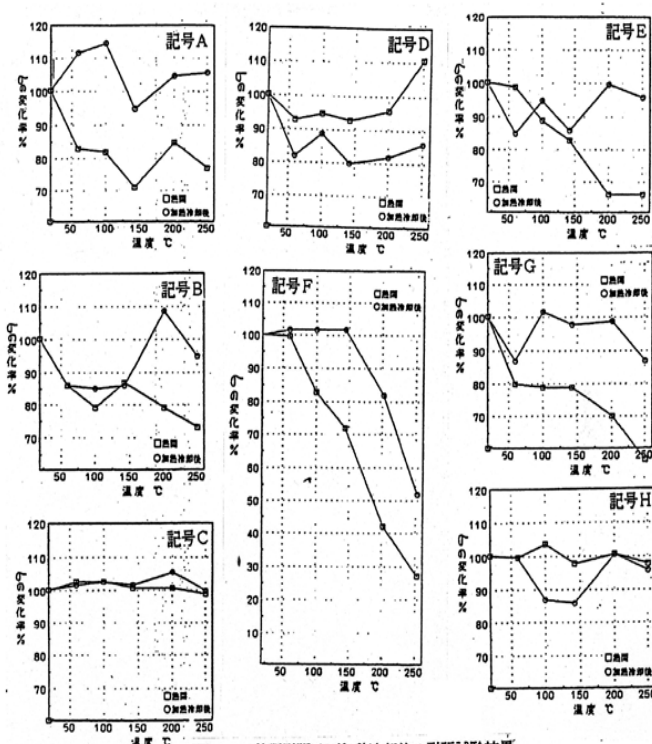
図6 荷重方法B

備考

分類	B1-6																																																			
材料	部材種類（ 単体 ）	素材・形状（ CS ）																																																		
論文名	定着用膨張材を用いたCFRP緊張材定着部の疲労特性																																																			
著者	原田哲夫(長崎大学)、出光 隆(九州工業大学)																																																			
出典名	土木学会第46回年次学術講演会(平成3年9月)、pp.234-235																																																			
キーワード	耐久性、疲労、付着、拔出し、定着、CFRP																																																			
概要	付着定着されたCFRP緊張材の引張疲労性を測定。 定着用充填材： 静的破砕剤、 膨張材 緊張材：φ12.5mmCFRPストランド 耐久性：動的疲労(上限荷重60%以上) [結果] 疲労200万回まで定着部は健全。 疲労により拔出し長は増大するが、0.8mmと小さく問題にならない。																																																			
結果	表-1 疲労試験用供試体および試験結果 <table><tr><th>供試体</th><th>部材の種別</th><th>上端荷重 (tf)</th><th>下端荷重 (tf)</th><th>繰り返し回数 (回)</th><th>計測箇所 (mm)</th></tr><tr><td>B-F1</td><td rowspan="2">静的破砕剤</td><td>12.0</td><td>9.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>15.7</td></tr><tr><td>B-F2</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>16.6</td></tr><tr><td>NB-F1</td><td rowspan="7">膨張材 NB-2 W/B =30%</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>2388 =</td><td rowspan="7"></td></tr><tr><td>NB-F2</td><td></td><td></td><td>142847 =</td></tr><tr><td>NB-F3</td><td></td><td></td><td>1010 =</td></tr><tr><td>NB-F4</td><td></td><td></td><td>138 =</td></tr><tr><td>NB-F5</td><td>13.5</td><td>10.0</td><td>$>200 \times 10^4$</td><td>16.6</td></tr><tr><td>NB-F6</td><td>14.4</td><td>13.0</td><td>205×10^4</td><td></td></tr><tr><td>NB-F7</td><td>13.5</td><td>12.0</td><td>$>500 \times 10^4$</td><td>14.4</td></tr></table> 図-3 荷重～定着部間全変位の関係 (a) B-F1, B-F2の場合 (b) NB-F6, NB-F7の場合 (c) NB-F5の場合		供試体	部材の種別	上端荷重 (tf)	下端荷重 (tf)	繰り返し回数 (回)	計測箇所 (mm)	B-F1	静的破砕剤	12.0	9.0	$>200 \times 10^4$	15.7	B-F2	13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6	NB-F1	膨張材 NB-2 W/B =30%	13.5	10.0	2388 =		NB-F2			142847 =	NB-F3			1010 =	NB-F4			138 =	NB-F5	13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6	NB-F6	14.4	13.0	205×10^4		NB-F7	13.5	12.0	$>500 \times 10^4$	14.4
供試体	部材の種別	上端荷重 (tf)	下端荷重 (tf)	繰り返し回数 (回)	計測箇所 (mm)																																															
B-F1	静的破砕剤	12.0	9.0	$>200 \times 10^4$	15.7																																															
B-F2		13.5	10.0	$>200 \times 10^4$	16.6																																															
NB-F1	膨張材 NB-2 W/B =30%	13.5	10.0	2388 =																																																
NB-F2				142847 =																																																
NB-F3				1010 =																																																
NB-F4				138 =																																																
NB-F5		13.5	10.0	$>200 \times 10^4$		16.6																																														
NB-F6		14.4	13.0	205×10^4																																																
NB-F7		13.5	12.0	$>500 \times 10^4$		14.4																																														
備考																																																				

分 類	C1-5
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CL)
論 文 名	繊維強化複合材料(NFM)の低温特性
著 者	藤崎 忠志(清水建設), 中辻 照幸(清水建設)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(東北) 1991年9月
キ-ワード	"低温引張特性", "寒冷地"
概 要	強化繊維として炭素繊維とガラス繊維の複合(Hタイプ)及びガラス繊維のみ(Gタイプ)を用い、ビニルエステル樹脂を母材とした、繊維強化複合材料の低温引張特性を調査。
結 果	剛性は、20～-60 の試験範囲内では温度による差は認められなかった。 破損荷重は、20～-60 の試験範囲内では温度による差は認められなかった。 G・Hタイプ共破断荷重は低温になればなるほど増加。増加の程度は同程度であり、ガラス繊維の破断で決まるためと思われる。  図 1 試験片形状・寸法  図 5 保持率
備 考	

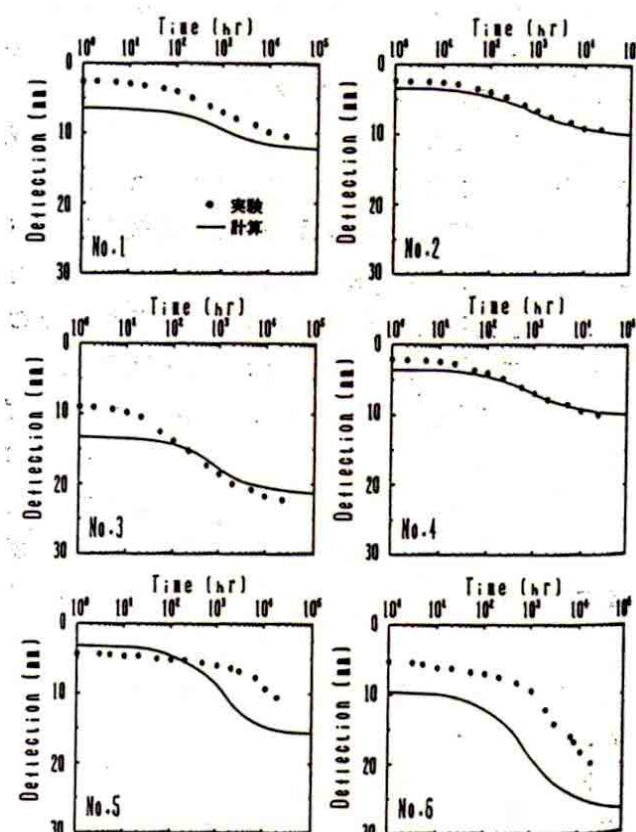
分 類	C2-11																								
材 料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AB)																							
論 文 名	アラミド繊維による組紐状棒材の研究																								
著 者	松原 澄行(三井建設), 蓮尾 孝一(三井建設)																								
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(東北) 1991年9月																								
キーワード	"屋外暴露", "耐候性"																								
概 要	アラミド繊維による組み紐棒材の屋外暴露試験を行い、暴露時間や棒材の断面積が、棒材の強度劣化に及ぼす影響について検討。																								
結 果	断面積が小さいものほど引張耐力の劣化速度が大きく、断面積が大きいものほど小さくなった。断面積の異なる棒材の劣化速度をその比表面積を考慮して推定可能である。																								
	表－2 試験体一覧																								
	<table><tr><th>シリーズ</th><th>暴露場所</th><th>棒 材</th><th>繊維量 (デニール) ×6000</th><th>断面積 (mm²)</th><th>公称径 (mm)</th><th>引張耐力 (kgf)</th></tr><tr><td>1</td><td>愛知県海部郡</td><td>K8</td><td>8</td><td>6.0</td><td>3.0</td><td>930</td></tr><tr><td>2</td><td>兵庫県尼崎市沖</td><td>K64</td><td>64</td><td>42.0</td><td>8.0</td><td>7020</td></tr></table>		シリーズ	暴露場所	棒 材	繊維量 (デニール) ×6000	断面積 (mm ²)	公称径 (mm)	引張耐力 (kgf)	1	愛知県海部郡	K8	8	6.0	3.0	930	2	兵庫県尼崎市沖	K64	64	42.0	8.0	7020		
	シリーズ	暴露場所	棒 材	繊維量 (デニール) ×6000	断面積 (mm ²)	公称径 (mm)	引張耐力 (kgf)																		
1	愛知県海部郡	K8	8	6.0	3.0	930																			
2	兵庫県尼崎市沖	K64	64	42.0	8.0	7020																			
表－3 試験結果(シリーズ1)																									
<table><tr><th rowspan="2">暴露時間 (Hr)</th><th colspan="2">平 均</th></tr><tr><th>引張耐力 (kgf)</th><th>耐力保持率 (%)</th></tr><tr><td>0</td><td>7.020</td><td>100.0</td></tr><tr><td>2,160</td><td>6.872</td><td>97.9</td></tr><tr><td>5,120</td><td>6.933</td><td>98.8</td></tr></table>		暴露時間 (Hr)	平 均		引張耐力 (kgf)	耐力保持率 (%)	0	7.020	100.0	2,160	6.872	97.9	5,120	6.933	98.8										
暴露時間 (Hr)	平 均																								
	引張耐力 (kgf)	耐力保持率 (%)																							
0	7.020	100.0																							
2,160	6.872	97.9																							
5,120	6.933	98.8																							
結 果	表－4 試験結果(シリーズ2)																								
	<table><tr><th rowspan="2">暴露時間 (Hr)</th><th colspan="2">平 均</th></tr><tr><th>引張耐力 (kgf)</th><th>耐力保持率 (%)</th></tr><tr><td>0</td><td>930</td><td>100.0</td></tr><tr><td>720</td><td>909</td><td>97.7</td></tr><tr><td>2,160</td><td>877</td><td>94.3</td></tr><tr><td>4,320</td><td>881</td><td>94.7</td></tr><tr><td>8,760</td><td>838</td><td>90.1</td></tr><tr><td>13,080</td><td>834</td><td>89.7</td></tr></table>		暴露時間 (Hr)	平 均		引張耐力 (kgf)	耐力保持率 (%)	0	930	100.0	720	909	97.7	2,160	877	94.3	4,320	881	94.7	8,760	838	90.1	13,080	834	89.7
	暴露時間 (Hr)	平 均																							
		引張耐力 (kgf)	耐力保持率 (%)																						
0	930	100.0																							
720	909	97.7																							
2,160	877	94.3																							
4,320	881	94.7																							
8,760	838	90.1																							
13,080	834	89.7																							
備 考	図－2 暴露時間と引張耐力保持率の関係																								
	図－3 ロープ径と引張耐力保持率の関係 (カタログ値)																								

分 類	C1-4																																																										
材 料	部材種類 (単体)		素材・形状 (CS,AD , GD)																																																								
論 文 名	長繊維補強材の熱間引張による耐熱性の評価について																																																										
著 者	熊原 進((財)建材試験センター), 梶田 佳寛(建設省 建築研究所)																																																										
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(東北) 1991年9月																																																										
キーワード	”熱間試験”																																																										
概 要	炭素、アラミド、ガラス繊維を用いたロッドの250 までの熱間状態での引張試験及び加熱冷却後の引張試験の実施。ロッドの樹脂をかえ、樹脂の及ぼす影響も調査。																																																										
結 果	エポキシ系などの有機系樹脂の加熱冷却後の試験では各温度条件とも初期値に回復したものが多く、無機系マトリックスは加熱冷却後より熱間引張のほうが強度の低下が少ない。ガラス系ロッドは、樹脂により多少の差が認められるものの200 まではほぼ所期の値を保っている。 <table border="1"><caption>表-1. 試験体</caption><thead><tr><th>記号</th><th>繊維の種類</th><th>形 状</th><th>マトリックス材</th><th>直径 mm</th><th>初 期 引 張 強度kgf/mm²</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>炭 素</td><td>粗粒状</td><td>エポキシ</td><td>8</td><td>124</td></tr><tr><td>B</td><td>炭 素</td><td>粗粒状</td><td>エポキシ</td><td>8</td><td>102</td></tr><tr><td>C</td><td>炭 素</td><td>螺旋状</td><td>エポキシ</td><td>8</td><td>172</td></tr><tr><td>D</td><td>炭 素</td><td>直線状</td><td>無機系</td><td>5</td><td>56</td></tr><tr><td>E</td><td>炭 素</td><td>直線状</td><td>樹脂エポキシ</td><td>8</td><td>210</td></tr><tr><td>F</td><td>アラミド</td><td>粗粒状</td><td>エポキシ</td><td>8</td><td>128</td></tr><tr><td>G</td><td>ガラス</td><td>直線状</td><td>PPS</td><td>8</td><td>92</td></tr><tr><td>H</td><td>ガラス</td><td>螺旋状</td><td>ビニルエステル</td><td>10</td><td>94</td></tr></tbody></table>					記号	繊維の種類	形 状	マトリックス材	直径 mm	初 期 引 張 強度kgf/mm ²	A	炭 素	粗粒状	エポキシ	8	124	B	炭 素	粗粒状	エポキシ	8	102	C	炭 素	螺旋状	エポキシ	8	172	D	炭 素	直線状	無機系	5	56	E	炭 素	直線状	樹脂エポキシ	8	210	F	アラミド	粗粒状	エポキシ	8	128	G	ガラス	直線状	PPS	8	92	H	ガラス	螺旋状	ビニルエステル	10	94
記号	繊維の種類	形 状	マトリックス材	直径 mm	初 期 引 張 強度kgf/mm ²																																																						
A	炭 素	粗粒状	エポキシ	8	124																																																						
B	炭 素	粗粒状	エポキシ	8	102																																																						
C	炭 素	螺旋状	エポキシ	8	172																																																						
D	炭 素	直線状	無機系	5	56																																																						
E	炭 素	直線状	樹脂エポキシ	8	210																																																						
F	アラミド	粗粒状	エポキシ	8	128																																																						
G	ガラス	直線状	PPS	8	92																																																						
H	ガラス	螺旋状	ビニルエステル	10	94																																																						
備 考																																																											

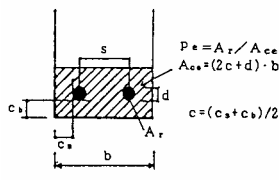
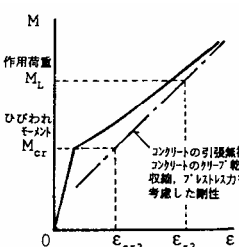
分類	B1-10					
材料	部材種類 (PC)		素材・形状 (AD)			
論文名	アラミド繊維棒材を緊張材としたPC梁の曲げ疲労性状					
著者	岩本 勲(近畿コンクリート工業)					
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、No.2、1992					
キーワード	棒状破壊、せん断圧壊、圧縮破壊					
概要	(1)繰り返し載荷により棒材とコンクリートとの付着が劣化し、ひびわれの分散が悪くなるが、その程度はPC鋼線を用いたものと大差無い。(2)ひびわれ発生荷重を少し上回る繰り返し載荷を受けても疲労特性は健全であり、200万回繰り返し載荷後の残存静的強度は0.9～1.1であった。(3)棒材の初期緊張力を棒材引張強度の70%とすると、上限荷重によっては疲労寿命が極端に短くなり、また、付着のあるPCはり中の繊維棒材疲労度は、繊維棒材単独の疲労強度よりも低下するが、これは下限荷重の大きさの影響の可能性がある。					
結果	表-2 供試体の一覧					
	Pu: 棒材引張耐力					
	区分	供試体名	緊張材の種類	下側棒材の初期緊張力	下縁プレストレス量	静的強度(破壊型式)又は 上限荷重比
	静的載荷	KB 6-7-S	アラミドφ6	0.7 Pu	56.5kgf/cm ²	4.1 tf (棒材破断)
		KB 8-4-S	アラミドφ8	0.41 Pu	— " —	6.4 tf (せん断圧壊)
		PC 7-4-S	PC鋼線φ7	0.44 Pu	— " —	5.8 tf (圧縮破壊)
	繰返し載荷	KB 6-6-1, 2	アラミドφ6	0.6 Pu	46.5kgf/cm ²	0.6, 0.7
		KB 6-7-1, 2, 3	— " —	0.7 Pu	56.5kgf/cm ²	0.7, 0.8, 0.75
		KB 8-4-1, 2	アラミドφ8	0.41 Pu	— " —	0.45, 0.55
		PC 7-4-1, 2	PC鋼線φ7	0.44 Pu	— " —	0.5, 0.6
PC 7-6-1, 2		— " —	0.6 Pu	74.6kgf/cm ²	0.6, 0.7	
表-3 疲労実験結果						
供試体名	上限荷重(比)	0.05tf荷重	破壊回数	破壊荷重(比)	破壊形式	
KB 6-6-1	2.44tf (0.6)	2.42 tf	200万回以上	3.7 tf(0.90)	棒材破断	
KB 6-6-2	2.84tf (0.7)	2.46 tf	155万3,440回	—	棒材疲労破断	
KB 6-7-1	2.84tf (0.7)	2.84 tf	200万回以上	4.0 tf(0.98)	棒材破断	
KB 6-7-2	3.25tf (0.8)	2.76 tf	6,950回	—	棒材疲労破断	
KB 6-7-3	3.05tf(0.75)	2.82 tf	59万6,300回	—	棒材疲労破断	
KB 8-4-1	2.88tf(0.45)	2.70 tf	200万回以上	6.9 tf(1.08)	棒材破断、付着破壊	
KB 8-4-2	3.52tf(0.55)	2.90 tf	200万回以上	6.8 tf(1.06)	棒材破断、付着破壊	
PC 7-4-1	3.00tf (0.5)	2.98 tf	200万回以上	6.2 tf(1.07)	PC鋼線破断、圧壊	
PC 7-4-2	3.48tf (0.6)	2.80 tf	9万7,260回	—	PC鋼線疲労破断	
PC 7-6-1	3.48tf (0.6)	3.22 tf	154万7,300回	—	PC鋼線疲労破断	
PC 7-6-2	4.07tf (0.7)	3.24 tf	22万5,460回	—	PC鋼線疲労破断	
備考						

分 類	C4-10
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CD , AB)
論 文 名	連続繊維補強筋を用いたコンクリート梁の耐火試験 (その2:考察)
著 者	蓮尾 孝一 (三井建設)、 梶田 佳寛 (東京理科大学)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1992年8月 No.3084 P1389-1390
キーワード	加熱引張試験, FEM解析
概 要	連続繊維補強筋により補強されたコンクリート梁の実大載荷加熱試験を行い、その結果をFEM解析による内部温度状態、および加熱引張試験結果と比較検討を実施。
結 果	1、コンクリート表面に近い部位の温度推移は、FEM解析でほぼ追跡することができた。しかし、より内部の温度状態を把握するためには、水分の移動を考慮する必要がある。 2、主筋のようにかぶりが少ない部位の繊維筋の劣化は、その加熱引張試験結果より推定できるが、より内部の繊維筋の劣化に関しては水蒸気の影響を考慮する必要がある。 図-1 解析モデル 図-3 加熱時間と温度の関係
備 考	

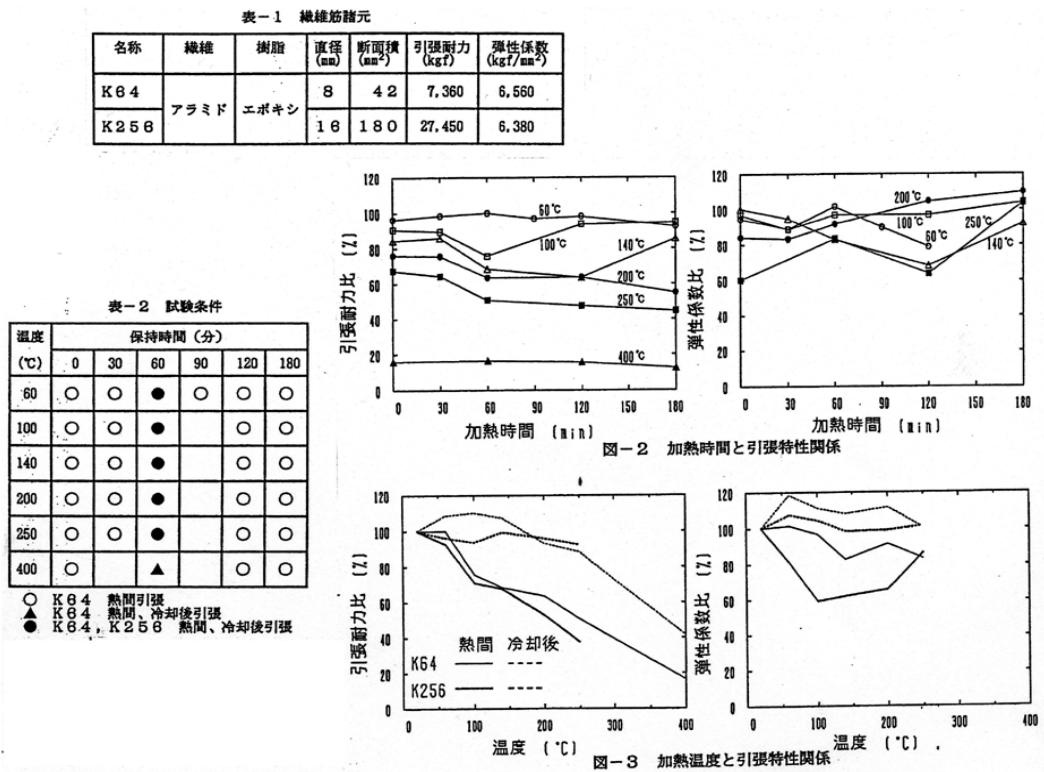
分 類	B3-7
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (AB)
論 文 名	組紐状アラミド連続繊維筋を用いたPPC梁の長期載荷実験 (その1. 実験概要およびたわみ性状)
著 者	岡本直(三井建設(株)技術開発本部), 遠藤克彦(三井建設(株)技術開発本部)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), pp155-156, 1992年8月
キ-ワード	"組紐状アラミド連続繊維筋", "長期載荷実験", "たわみ性状"
概 要	組紐状アラミド連続繊維筋で補強したPPC梁で長期載荷実験を実施し、長期的なたわみの性状を考察し、計算値との比較を行ったもの。
結 果	・図-3における計算値は、コンクリートの引張協力効果を無視しているため、緊張材および主筋のひずみを大きく評価しているが、時間の経過とともに実験値と計算値の差は小さくなっていることから、時間の経過とともにコンクリートの引張協力効果が低下する減少が得られた。 ・図-4より、No.1と2およびNo.5と6を比較すると、プレストレスによるたわみの抑制効果が顕著である。計算値は、No.1,3の初期段階ならびにNo.5,6でたわみを過大評価している。これは、コンクリートの引張協力効果を無視しているためである。 以上のことより、この計算方法を用いて長期たわみを安全側に推定できる。 図-3 断面ひずみ分布の時間変化

結 果	 図-4 梁中央たわみの時間変化
備 考	

分 類	A1-19																																																											
材 料	部材種類 (P C)		素材・形状 (A B)																																																									
論 文 名	アラミド繊維による組紐状棒材の研究																																																											
著 者	三上 浩(三井建設株), 松原 澄行(三井建設株)																																																											
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(北陸) 1992年8月																																																											
キ-ワード	"アルカリ劣化", "耐久性"																																																											
概 要	組紐状アラミド繊維を用いた繊維筋に引張応力を与えた状態でコンクリ-ト中に埋め込み、繊維筋の引張強度の経時変化の測定によりコンクリ-ト中のアルカリが引張応力状態にある繊維筋の強度劣化に及ぼす影響についての検討。 結果は、アルカリや長期応力による劣化は、温度により促進される。																																																											
結 果	20 に於いては、アルカリによる繊維筋の劣化は顕著で無かった。 60 ,12ヶ月の試験体は、20 12ヶ月に比べて約10%の引張耐力の低下。 負荷した引張力の違いによる劣化の差は明らかでなかった。 表-1 繊維筋の物性 <table><tr><th rowspan="2">名 称</th><th rowspan="2">断面積 (mm²)</th><th colspan="2">引 張 耐 力 (kgf)</th><th rowspan="2">弾性係数 (kgf/mm²)</th></tr><tr><th>平 均</th><th>標準偏差</th></tr><tr><td>K64</td><td>42.0</td><td>7.280</td><td>150 [2.1%]*</td><td>7.000</td></tr></table> * []内は標準偏差の平均に対する比率 表-2 試験体一覧 <table><tr><th rowspan="2">恒温液槽 温 度</th><th colspan="2">負 荷 引 張 力</th><th colspan="3">浸漬時間(月)</th></tr><tr><th>荷 重 (kgf)</th><th>初期引張耐力 (Pu)に対する比</th><th>1</th><th>3</th><th>12</th></tr><tr><td rowspan="3">20℃</td><td>5,120</td><td>0.70</td><td></td><td>●</td><td></td></tr><tr><td>3,840</td><td>0.53</td><td></td><td></td><td>●</td></tr><tr><td>3,200</td><td>0.44</td><td></td><td></td><td>●</td></tr><tr><td rowspan="3">60℃</td><td>5,120</td><td>0.70</td><td>●</td><td>●</td><td></td></tr><tr><td>3,840</td><td>0.53</td><td>●</td><td>●</td><td>●</td></tr><tr><td>3,200</td><td>0.44</td><td></td><td>●</td><td>●</td></tr></table> 20℃ 60℃ 図-4 引張耐力保持率と浸漬時間					名 称	断面積 (mm ²)	引 張 耐 力 (kgf)		弾性係数 (kgf/mm ²)	平 均	標準偏差	K64	42.0	7.280	150 [2.1%]*	7.000	恒温液槽 温 度	負 荷 引 張 力		浸漬時間(月)			荷 重 (kgf)	初期引張耐力 (Pu)に対する比	1	3	12	20℃	5,120	0.70		●		3,840	0.53			●	3,200	0.44			●	60℃	5,120	0.70	●	●		3,840	0.53	●	●	●	3,200	0.44		●	●
名 称	断面積 (mm ²)	引 張 耐 力 (kgf)		弾性係数 (kgf/mm ²)																																																								
		平 均	標準偏差																																																									
K64	42.0	7.280	150 [2.1%]*	7.000																																																								
恒温液槽 温 度	負 荷 引 張 力		浸漬時間(月)																																																									
	荷 重 (kgf)	初期引張耐力 (Pu)に対する比	1	3	12																																																							
20℃	5,120	0.70		●																																																								
	3,840	0.53			●																																																							
	3,200	0.44			●																																																							
60℃	5,120	0.70	●	●																																																								
	3,840	0.53	●	●	●																																																							
	3,200	0.44		●	●																																																							
備 考																																																												

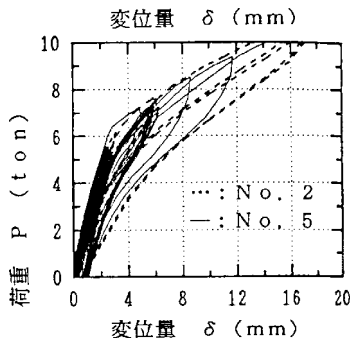
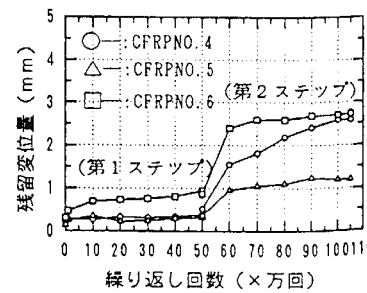
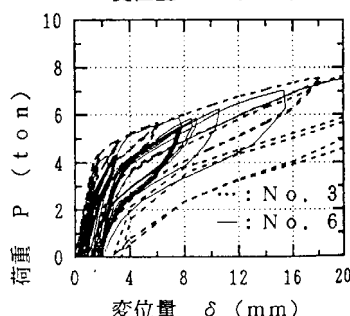
分 類	B3-3
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (AD筋)
論 文 名	組紐状アラミド連続繊維筋を用いた P P C 梁の長期荷重実験 (その2. 曲げひびわれ性状)
著 者	遠藤克彦(三井建設株式会社)、岡本 直(三井建設 株式会社)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演便概集 (北陸) pp157～1581. 1992年 8月
キーワード	組紐アラミド連続繊維筋, 付着応力, 曲げ, ひびわれ性状
概 要	本報は、曲げひびわれ性状について実験を行い、得られた実験結果に基づいて曲げひびわれ幅の算定方法について検討した。
結 果	本報では、表面に珪砂を接着させた組紐状アラミド連続繊維筋を主筋に用いたPPC梁の長期荷重状態での曲げひびわれ性状を把握し、ひびわれ幅算定手法について検討し、以下の通りの結果を得た。 (1) 初ひびわれ荷重以上の長期荷重を受ける場合、平均ひびわれ間隔 l_{av} は、(1)式で推定できる。 $l_{av} = 2(c+0.1s) + 0.05d/P_e \quad \dots (1)$ なお、(1)式中の記号は図1を参照のこと (2) 異形鉄筋を用いた場合と同様、平均ひびわれ幅 w_{av} は(2), (3)式で、最大ひびわれ幅 w_{max} は(4)式で推定される。 $w_{av} = l_{av} \cdot \varepsilon_{rav} \quad \dots (2)$ $\varepsilon_{rav} = \varepsilon_{s2} - 0.38 \varepsilon_{sr2} + \varepsilon_{cs} \quad \dots (3)$ ε_{s2}, ε_{sr2} : 図2を参照のこと $\varepsilon_{s2} < \varepsilon_{sr2}$ のとき $\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{sr2}$ ε_{cs} : 乾燥収縮ひずみ ($= -2.0 \times 10^{-4}$) $0.38 \varepsilon_{sr2}$: 長期荷重状態におけるコンクリートの引張協力効果による補強筋ひずみの減少量 $w_{max} = 1.5 \cdot w_{av} \quad \dots (4)$
備 考	 図-7 (3), (4)式の記号の説明  図-8 曲げモーメントと主筋ひずみの関係

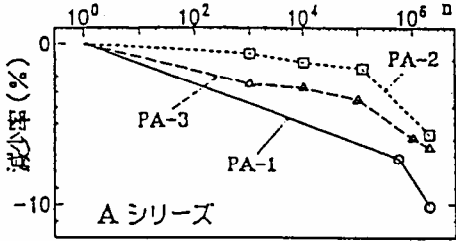
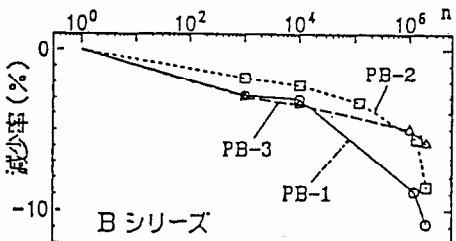
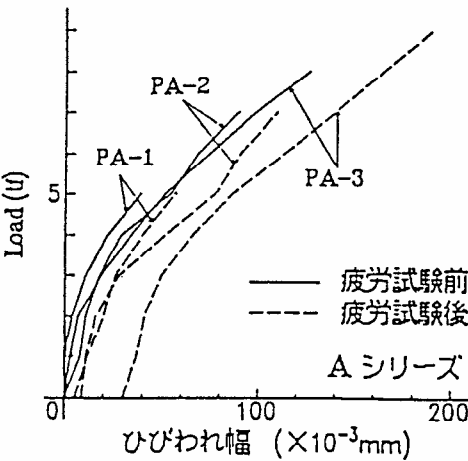
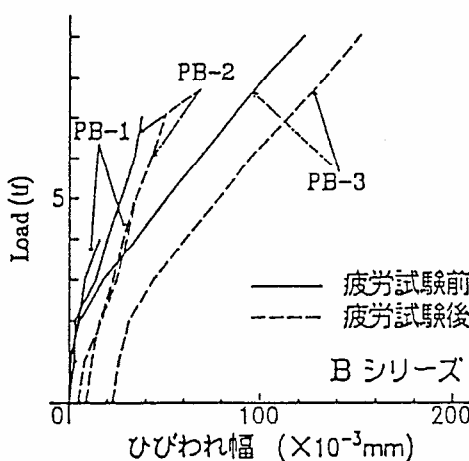
分 類	C1-6
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (A B)
論 文 名	アラミド繊維による組紐状棒材の研究
著 者	松原 澄行(三井建設), 蓮尾 孝一(三井建設)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(北陸) 1992年8月
キーワード	"熱間引張試験", "引張特性の温度依存性"
概 要	熱間引張試験により、温度と引っ張り特性の関係を調査。それぞれの温度に於ける経過時間が引っ張り特性に与える影響についても検討。また室温に冷却した後の引っ張り試験を実施し、高温中との引張性能と比較。
結 果	引張耐力は、加熱時間180分に於いて、200℃で初期値の約55%、400℃で約15%まで低下。200℃以上では、加熱時間と共に性能低下が促進。約250℃までの温度履歴では、加熱後室温まで戻した場合、耐力、弾性係数とも初期値を保持。
備 考	



分 類	C2-12									
材 料	部材種類 (R C)					素材・形状 (CFRC/CFメッシュ)				
論 文 名	炭素繊維強化セメント(CFRC)の耐久性に関する研究									
著 者	山田 寛次(新日鐵), 櫻野 紀元(建設省 建築研究所)									
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(北陸) 1992年8月									
キーワード	"炭素繊維メッシュ", "屋外暴露", "促進試験"									
概 要	Iホキシ樹脂を含浸した炭素繊維メッシュ単体と左記炭素繊維メッシュを上面、下面に配した炭素繊維強化セメントの耐久性を促進試験、及び屋外暴露試験(筑波・沖縄)による評価・検討。									
結 果	Iホキシ樹脂で含浸した炭素繊維メッシュやその複合材料であるCFRCの機械的強度の経時変化は、今回の環境条件下においては小さいことが分かった。									
	表 1 炭素繊維メッシュの促進試験、 屋外暴露試験の結果									
	サンプ ル	引張強度 (kgf/mm2)			引張弾性率 (tf/mm2)		重量減少率 (%)			n 数
	初期	2 8 7			1 9 . 4		—			3
	test①	2 8 1			1 8 . 7		—			2
	test②	2 8 0			1 8 . 5		2 . 7 7			3
	test③	2 7 8			1 8 . 7		0 . 4 2	8		3
	筑波	2 9 0			1 8 . 5		1 . 3 1			4
	沖縄	2 8 4			1 9 . 0		—			3
	コントロール	2 9 7			1 7 . 9		0 . 0 1			4
結 果	表 2 C F R C の促進試験、及び屋外暴露試験の結果									
	サンプ ル	曲げ強度 (kgf/cm2)			初期クラック幅(mm)					n 数
					圧縮側	引張側	側面			
	初期-2	9 5 . 4			0	0	0			4
	初期-5	9 4 . 5			0	0	0			4
	促進-2	9 6 . 0			0	0	0			4
	促進-5	9 5 . 8			0	0	0			4
	沖縄-2	9 5 . 5			0.011	0.007	0.017			4
	沖縄-5	9 0 . 7			0.021	0.010	0.019			4
	コントロール-2	9 5 . 1			0	0	0			4
コントロール-5	9 5 . 5			0	0	0			4	
結 果	注) -2はかぶり 2 mm、-5はかぶり 5 mmを示す。									
備 考										

分 類	C4-9																																								
材 料	部材種類 (P C)	素材・形状 (CD , AB)																																							
論 文 名	連続繊維筋を用いたコンクリート梁の耐火試験																																								
著 者	小坂田 諭(アイシ-エス), 梶田 佳寛(建設省 建築研究所)																																								
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(北陸) 1992年8月																																								
キ-ワード	"载荷加熱試験", "耐火性能"																																								
概 要	組紐状アラミド繊維や炭素繊維による繊維筋を、主筋、せん断補強筋及び緊張材に用いたプレストレスコンクリート梁の载荷加熱試験を行い、耐火性能を確認した。																																								
結 果	加熱後90分迄安定したたわみ性状を示し、約2時間後に緊張材に用いたアラミド繊維筋が破断(主筋温度400℃, 緊張材温度約100℃)。火災後の再使用を考えなければ、1時間半程度の耐火性能を有している。再使用の場合は、加熱後の耐力の確認が必要。 表-1 繊維筋の諸元 <table><tr><th>繊維筋</th><th>使用繊維</th><th>断面積 (cm²)</th><th>引張耐力 (kgf)</th><th>弾性係数 (kgf/cm²)</th></tr><tr><td>K64</td><td>アラミド繊維</td><td>0.420</td><td>7,010</td><td rowspan="3">0.6×10⁶</td></tr><tr><td>K128S*1</td><td>アラミド繊維</td><td>0.905</td><td>13,360</td></tr><tr><td>K192</td><td>アラミド繊維</td><td>1.350</td><td>19,550</td></tr><tr><td>C64</td><td>炭素繊維</td><td>0.420</td><td>6,120</td><td rowspan="2">1.1×10⁶</td></tr><tr><td>C128S*1</td><td>炭素繊維</td><td>0.905</td><td>10,700</td></tr></table> *1 末尾がSの繊維筋は、表面に砂を付けてコンクリートとの付着を向上させたもの 表-2 試験体の構成 <table><tr><th>試験体名</th><th>緊張材</th><th>主筋</th><th>せん断補強筋</th></tr><tr><td>FA</td><td>K192</td><td>K128S</td><td>K64</td></tr><tr><td>FC</td><td>K192</td><td>C128S</td><td>C64</td></tr></table> 図-1 試験体断面 図-5 試験体の温度 (FA) 図-6 試験体の温度 (FC)		繊維筋	使用繊維	断面積 (cm ²)	引張耐力 (kgf)	弾性係数 (kgf/cm ²)	K64	アラミド繊維	0.420	7,010	0.6×10 ⁶	K128S*1	アラミド繊維	0.905	13,360	K192	アラミド繊維	1.350	19,550	C64	炭素繊維	0.420	6,120	1.1×10 ⁶	C128S*1	炭素繊維	0.905	10,700	試験体名	緊張材	主筋	せん断補強筋	FA	K192	K128S	K64	FC	K192	C128S	C64
繊維筋	使用繊維	断面積 (cm ²)	引張耐力 (kgf)	弾性係数 (kgf/cm ²)																																					
K64	アラミド繊維	0.420	7,010	0.6×10 ⁶																																					
K128S*1	アラミド繊維	0.905	13,360																																						
K192	アラミド繊維	1.350	19,550																																						
C64	炭素繊維	0.420	6,120	1.1×10 ⁶																																					
C128S*1	炭素繊維	0.905	10,700																																						
試験体名	緊張材	主筋	せん断補強筋																																						
FA	K192	K128S	K64																																						
FC	K192	C128S	C64																																						
備 考																																									

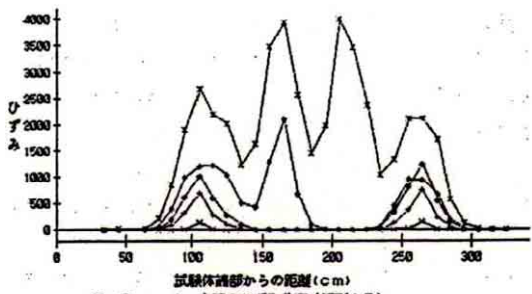
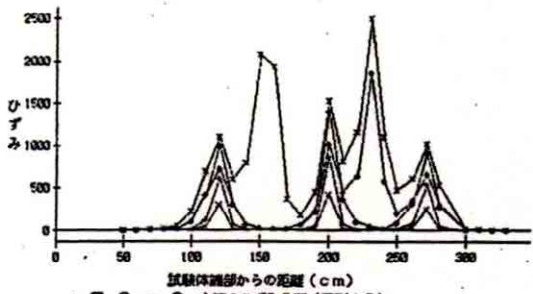
分 類	B1-51
材 料	部材種類 (PC 梁) 素材・形状 (CFRP スtrand / 棒)
論 文 名	21474 CFRP 緊張材を用いたPC梁の曲げ特性に関する研究 -繰返し载荷における曲げ疲労特性-
著 者	林田 則光 (㈱熊谷組)、加藤 武彦 (㈱熊谷組)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.1121-1122、1992年8月
キ-ワード	CFRP、Strand、棒、緊張材、PC梁、曲げ疲労特性
概 要	CFRP7本よりStrandタイプφ12.5mmおよびCFRP棒タイプφ12mmを緊張材としてポストテンション方式で製作したPC梁を対象とした、ひび割れ発生荷重を上限荷重とする50万回、および、静的破壊荷重の50～70%を上限荷重とする55万回の、それぞれ繰返し载荷を行い、その後、破壊まで一方向静的载荷を行って、繰返し载荷を行わない試験体と対比して、曲げ疲労特性を調査している。
結 果	試験体は、断面が200mm×250mm、長さが2500mm、緊張材を2ケーブル配置し、载荷試験は、スパン2200mm、純曲げモーメント区間400mmの単純梁方式2点载荷で実施している。試験結果は以下の通り。 (1)ひび割れ発生荷重は、計算値に比べ、0.72～0.94であった。 (2)静的曲げ破壊耐力は、計算値に比べ、0.71～1.02であった。 (3)繰返し载荷後の静的曲げ破壊耐力は、繰返し载荷のない試験体の静的曲げ破壊耐力に比べ、0.67～0.99であった。 (4)ひび割れ状況は、繰返し载荷の有無に関わらず、ほぼ同じであった。ただし、緊張材に沿って発生したひび割れは、曲げ破壊時緊張材の破断によって生じたものである。 (5)荷重-変位の関係は、50万回および105万回繰返し载荷後のいずれにおいても、曲げ剛性に殆ど変化がなく、残留変位が若干生ずるのみであった。  
備 考	

分 類	B1-4
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状(アラミドロープ)
論 文 名	アラミドロープを外ケーブルに用いたPRC桁の疲労挙動
著 者	池田哲郎(北海道大学)
出 典 名	土木学会第47回年次学術講演会(平成4年9月)、pp.262-263
キ-ワード	耐久性、曲げ、疲労、外ケーブル、アラミド、ロープ
概 要	アラミド繊維引揃えロープを外ケーブルに用いた梁の曲げ疲労試験。 ロープ: $\phi 13.5\text{mm}$、耐力190kgf/mm^2、ポリエチ被覆 力$5 \sim 7\text{tonf}$ [結果] 200万回疲労で応力低下約10%であった。 幅は若干増加するも0.026mmと小さい。 アラミド 疲労試験: 上限応 ひび割れ
結 果	 図-2 アラミドロープの緊張力減少率  図-3 アラミドロープの緊張力減少率  図-4 最大ひびわれ幅の変化  図-5 最大ひびわれ幅の変化
備 考	

分類	B1-23																																																																																
材料	部材種類 (PC)	素材・形状(AD)																																																																															
論文名	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの曲げ疲労特性																																																																																
著者	崎山義之他(立命館大学大学院)																																																																																
出典名	土木学会第47回年次学術講演会、1992.9																																																																																
キーワード	曲げ疲労, はり																																																																																
概要	背に棒材の諸特性とコンクリート部材の静的耐力に関する研究は多いが、疲労に関する研究は少ない。本研究はアラミド繊維棒材を緊張材としたプレテンション部材の疲労寿命及び変形状に及ぼす棒材径、初期緊張力、上限荷重の影響について検討し、PC鋼線を用いたはりと比較検討を行った。																																																																																
結果	表-1 供試体の名称・要因 <table><tr><th>区分</th><th>供試体名</th><th>緊張材の種類</th><th>下側棒材初期緊張力</th><th>下側プレストレス量</th><th>上限荷重比</th></tr><tr><td rowspan="6">縦向き</td><td>KB6-6-1</td><td rowspan="3">アラミドφ6</td><td rowspan="3">0.6 Pu</td><td rowspan="3">46.5kgf/cm²</td><td>0.6</td></tr><tr><td>KB6-6-2</td><td>0.7</td></tr><tr><td>KB6-7-1</td><td>0.7</td></tr><tr><td>KB6-7-2</td><td rowspan="3">アラミドφ8</td><td rowspan="3">0.7 Pu</td><td rowspan="3">56.5kgf/cm²</td><td>0.8</td></tr><tr><td>KB6-7-3</td><td>0.75</td></tr><tr><td>KB8-4-1</td><td>0.45</td></tr><tr><td rowspan="6">横向き</td><td>KB8-4-2</td><td rowspan="3">アラミドφ8</td><td rowspan="3">0.41Pu</td><td rowspan="3">56.5kgf/cm²</td><td>0.55</td></tr><tr><td>PC7-4-1</td><td>0.52</td></tr><tr><td>PC7-4-2</td><td>0.6</td></tr><tr><td>PC7-6-1</td><td rowspan="3">PC鋼線φ7</td><td rowspan="3">0.6 Pu</td><td rowspan="3">74.5kgf/cm²</td><td>0.6</td></tr><tr><td>PC7-6-2</td><td>0.7</td></tr><tr><td>PC7-6-2</td><td>0.7</td></tr></table> 静的耐力試験結果 <table><tr><th>供試体名</th><th>緊張材の種類</th><th>静的耐力</th><th>破壊形式</th></tr><tr><td>KB6-7-5</td><td>アラミドφ6</td><td>4.06Lf</td><td>棒材破断</td></tr><tr><td>KB8-4-5</td><td>アラミドφ8</td><td>6.43Lf</td><td>せん断圧縮</td></tr><tr><td>PC7-4-5</td><td>PC鋼線φ7</td><td>5.82Lf</td><td>圧縮</td></tr></table> 表-2 棒材の物性値 <table><tr><th>項目</th><th>アラミド</th><th>PC鋼線</th></tr><tr><td>呼び径 (mm)</td><td>6, 8</td><td>7</td></tr><tr><td>引張耐力 (Lf)</td><td>3.8, 6.4</td><td>6.1</td></tr><tr><td>引張強度 (kgf/cm²)</td><td>15200, 12800</td><td>15850</td></tr><tr><td>弾性係数 (kgf/cm²)</td><td>6.4×10⁵, 6.6×10⁵</td><td>20.0×10⁵</td></tr><tr><td>伸び (%)</td><td>2.4, 1.9</td><td>8.0</td></tr></table> PC鋼線の降伏点は13900kgf/cm² 図-1 供試体の形状寸法および荷重条件			区分	供試体名	緊張材の種類	下側棒材初期緊張力	下側プレストレス量	上限荷重比	縦向き	KB6-6-1	アラミドφ6	0.6 Pu	46.5kgf/cm ²	0.6	KB6-6-2	0.7	KB6-7-1	0.7	KB6-7-2	アラミドφ8	0.7 Pu	56.5kgf/cm ²	0.8	KB6-7-3	0.75	KB8-4-1	0.45	横向き	KB8-4-2	アラミドφ8	0.41Pu	56.5kgf/cm ²	0.55	PC7-4-1	0.52	PC7-4-2	0.6	PC7-6-1	PC鋼線φ7	0.6 Pu	74.5kgf/cm ²	0.6	PC7-6-2	0.7	PC7-6-2	0.7	供試体名	緊張材の種類	静的耐力	破壊形式	KB6-7-5	アラミドφ6	4.06Lf	棒材破断	KB8-4-5	アラミドφ8	6.43Lf	せん断圧縮	PC7-4-5	PC鋼線φ7	5.82Lf	圧縮	項目	アラミド	PC鋼線	呼び径 (mm)	6, 8	7	引張耐力 (Lf)	3.8, 6.4	6.1	引張強度 (kgf/cm ²)	15200, 12800	15850	弾性係数 (kgf/cm ²)	6.4×10 ⁵ , 6.6×10 ⁵	20.0×10 ⁵	伸び (%)	2.4, 1.9	8.0
区分	供試体名	緊張材の種類	下側棒材初期緊張力	下側プレストレス量	上限荷重比																																																																												
縦向き	KB6-6-1	アラミドφ6	0.6 Pu	46.5kgf/cm ²	0.6																																																																												
	KB6-6-2				0.7																																																																												
	KB6-7-1				0.7																																																																												
	KB6-7-2	アラミドφ8	0.7 Pu	56.5kgf/cm ²	0.8																																																																												
	KB6-7-3				0.75																																																																												
	KB8-4-1				0.45																																																																												
横向き	KB8-4-2	アラミドφ8	0.41Pu	56.5kgf/cm ²	0.55																																																																												
	PC7-4-1				0.52																																																																												
	PC7-4-2				0.6																																																																												
	PC7-6-1	PC鋼線φ7	0.6 Pu	74.5kgf/cm ²	0.6																																																																												
	PC7-6-2				0.7																																																																												
	PC7-6-2				0.7																																																																												
供試体名	緊張材の種類	静的耐力	破壊形式																																																																														
KB6-7-5	アラミドφ6	4.06Lf	棒材破断																																																																														
KB8-4-5	アラミドφ8	6.43Lf	せん断圧縮																																																																														
PC7-4-5	PC鋼線φ7	5.82Lf	圧縮																																																																														
項目	アラミド	PC鋼線																																																																															
呼び径 (mm)	6, 8	7																																																																															
引張耐力 (Lf)	3.8, 6.4	6.1																																																																															
引張強度 (kgf/cm ²)	15200, 12800	15850																																																																															
弾性係数 (kgf/cm ²)	6.4×10 ⁵ , 6.6×10 ⁵	20.0×10 ⁵																																																																															
伸び (%)	2.4, 1.9	8.0																																																																															

表-3 疲労試験結果

図-2 ひびわれ状況図

分 類	B4-2
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CS)
論 文 名	炭素繊維強化樹脂補強コンクリートのひびわれ特性
著 者	井上哲(日本セメント株式会社)，満木泰郎(法政大学工学部)
出 典 名	土木学会第47回年次学術講演会， -92，pp214-215，平成4年9月
キーワード	炭素繊維強化樹脂，ひびわれ特性
概 要	炭素繊維強化樹脂をプレストレストコンクリート用、鉄筋コンクリート用の補強材として使用する際に重要な、補強材とコンクリートとの付着特性を明らかにすることを目的とし、3種類の断面の異なる単鉄筋長方形断面の、梁部材の曲げ部分に生じるひび割れ間隔および幅と補強材であるFRPのひずみ分布を測定し、かぶりと最大ひび割れ間隔およびひびわれ幅との関係を評価したもの。
結 果	(1) 図2-1～図2-3は3断面の梁の長さ方向におけるFRP補強材のひずみ分布を荷重の大きさをパラメータとして示している。これらより、いずれの断面の梁においても、補強材のひずみはひび割れ発生部が最高で、ひび割れから離れるにつれて小さくなる。また、荷重を増加させるとひび割れ間に新たにひび割れが生じる。これは、有効断面積が小さいほど生じやすい傾向にあり、異形鉄筋を用いた場合とほぼ同様の傾向である。 (2) 図-3は有効断面積とひび割れ間隔の関係を示したものである。これより、ひび割れ間隔と有効断面積とは、ほぼ直線関係にあり、異形鉄筋を用いた場合とほぼ同様の傾向を示した。しかし、最大ひび割れ間隔と最小ひび割れ間隔との関係は、必ずしも異形鉄筋の場合と同様ではなかった。 (4) 図-4は補強材の応力度とひびわれ幅との関係を示したものである。ひびわれ幅は、補強材位置のコンクリート表面で測定したものであるが、補強材の応力度にほぼ比例するという結果を得、これも異形鉄筋の場合と同様であった。  図 2 - 1 主筋のひずみ分布(矩形15)  図 2 - 2 主筋のひずみ分布(T形10)

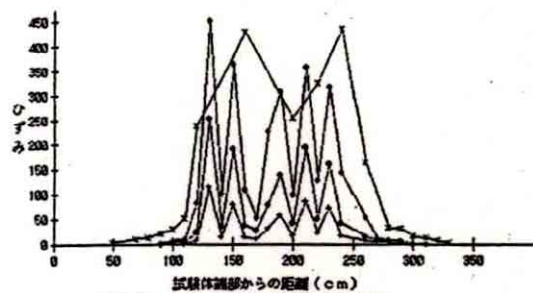


図 2 - 3 主筋のひずみ分布 (T形5)

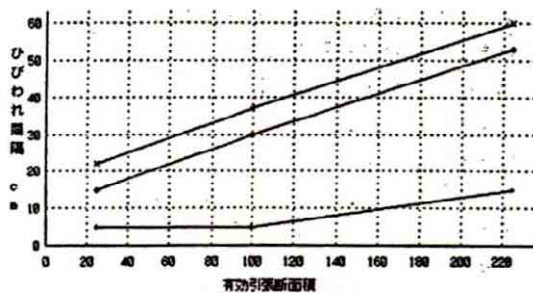


図 - 3 ひび割れ幅-有効引張断面積

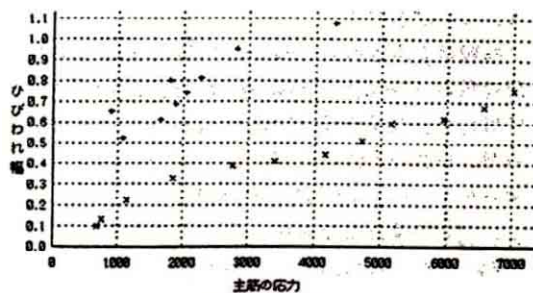


図 - 4 主筋の応力-ひび割れ幅

備 考

分類	B1-8												
材料	部材種類 (单体) 素材・形状 (AD)												
論文名	アラミド製FRP緊張材の疲労特性												
著者	中井裕司(住友建設)、浅井 洋(住友建設)												
出典名	土木学会第47回年次学術講演会、pp.248 - 249、1992												
キーワード	動的疲労												
概要	AFRPロッド(Φ6mm、付着定着)の引張疲労試験である。上限荷重は、(1)最大荷重73% (141kgf/mm ²)、(2)55% (106kgf/mm ²)である。実験の結果、次のことがわかった。(1)200万回疲労強度は50~60kgf/mm ² である。(2)上限応力が同じPC鋼線対比AFRPの疲労強度は高い。(3)200万回疲労後の残留強度は上限応力55%では低下は少ない。												
結果	図-2 S-N曲線図 図-3 変換完全片振データの単回帰残差 <table border="1"> <tr> <td>変数名</td> <td>残差</td> </tr> <tr> <td>データ数</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>最小値</td> <td>-0.091</td> </tr> <tr> <td>最大値</td> <td>0.069</td> </tr> <tr> <td>平均値</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>標準偏差</td> <td>0.059</td> </tr> </table> 図-4 引張強度と応力振幅の関係	変数名	残差	データ数	20	最小値	-0.091	最大値	0.069	平均値	0.000	標準偏差	0.059
変数名	残差												
データ数	20												
最小値	-0.091												
最大値	0.069												
平均値	0.000												
標準偏差	0.059												
備考													

分類	B1-9																																
材料	部材種類 (RC)	素材・形状 (FRP)																															
論文名	FRPを用いて下面増厚補強したRC梁の疲労性状に関する研究																																
著者	永井 健(武蔵工業大学)																																
出典名	土木学会第47回年次学術講演会、1992																																
キーワード	繰返し荷重下における補強梁の曲げ性状試験																																
概要	(1)曲げ部材の引張側を補強筋とモルタルを用いて補強する場合、繰返し荷重下において弾性係数の高いモルタルを用いると、一断面に応力集中し主鉄筋応力、ひびわれ幅、梁中央のたわみ量の低減効果が少なく、繰返し回数初期より補強部分の剥離が生じる。(2)補強部分の断面厚の増加によっても、一断面に応力集中し、早期に破壊に至る。(3)以上のことから、弾性係数の低いフレキシブルなモルタルを用い、補強部分の断面厚は薄い形状のものが良好であると言える。																																
結果	図表 Reinforced Concrete Beam 500 Repaired Reinforced Concrete Beam 500 FRP:弾性係数3.5×10^4 引張強度27000kgf/cm^2 繊維総断面積0.4cm^2(8本) D10:弾性係数1.92×10^4 引張強度3600kgf/cm^2 総断面積1.4cm^2(2本) 図-1 補強供試体形状図 表-1 実験結果 <table><tr><th>補強方法</th><th>上限荷重 (kgf)</th><th>繰返し回数</th><th>破壊荷重 (kgf)</th><th>破壊性状</th></tr><tr><td>無補強</td><td>2100</td><td>291627</td><td>213210</td><td>曲げ破壊 曲げ破壊</td></tr><tr><td>PP1補強 (補強厚1cm)</td><td>2500</td><td>2000000*</td><td>6300</td><td>せん断 曲げ剥離破壊</td></tr><tr><td>PP2補強 (補強厚3cm)</td><td>2500</td><td>2000000*</td><td>5900</td><td>せん断 せん断</td></tr><tr><td>SF補強 (補強厚3cm)</td><td>2500</td><td>2000000*</td><td>4900</td><td>曲げ剥離破壊</td></tr><tr><td>PL補強 (補強厚3cm)</td><td>2500</td><td>2000000*</td><td>4400</td><td>曲げ剥離破壊 曲げ剥離破壊</td></tr></table> 2000000*: 2000000回で繰返し回数を止めその後静的曲げ試験を行った。 図-2 主鉄筋応力と繰返し回数との関係 (2.5tf) 図-3 主鉄筋応力と繰返し回数との関係 (3.7tf) 図-4 補強梁のたわみ量と繰返し回数との関係 (2.5tf)			補強方法	上限荷重 (kgf)	繰返し回数	破壊荷重 (kgf)	破壊性状	無補強	2100	291627	213210	曲げ破壊 曲げ破壊	PP1補強 (補強厚1cm)	2500	2000000*	6300	せん断 曲げ剥離破壊	PP2補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	5900	せん断 せん断	SF補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	4900	曲げ剥離破壊	PL補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	4400	曲げ剥離破壊 曲げ剥離破壊
補強方法	上限荷重 (kgf)	繰返し回数	破壊荷重 (kgf)	破壊性状																													
無補強	2100	291627	213210	曲げ破壊 曲げ破壊																													
PP1補強 (補強厚1cm)	2500	2000000*	6300	せん断 曲げ剥離破壊																													
PP2補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	5900	せん断 せん断																													
SF補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	4900	曲げ剥離破壊																													
PL補強 (補強厚3cm)	2500	2000000*	4400	曲げ剥離破壊 曲げ剥離破壊																													
備考																																	

結 果

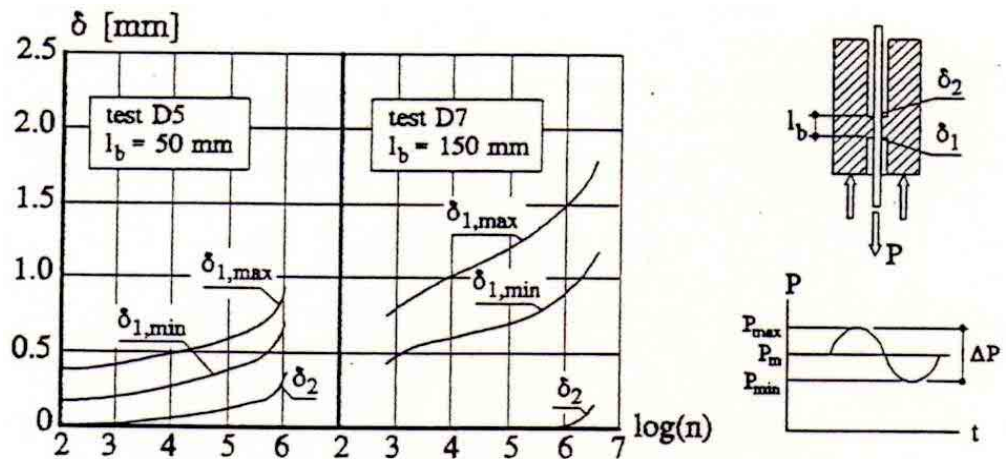


Fig. 3 Slip at both ends versus number of cycles

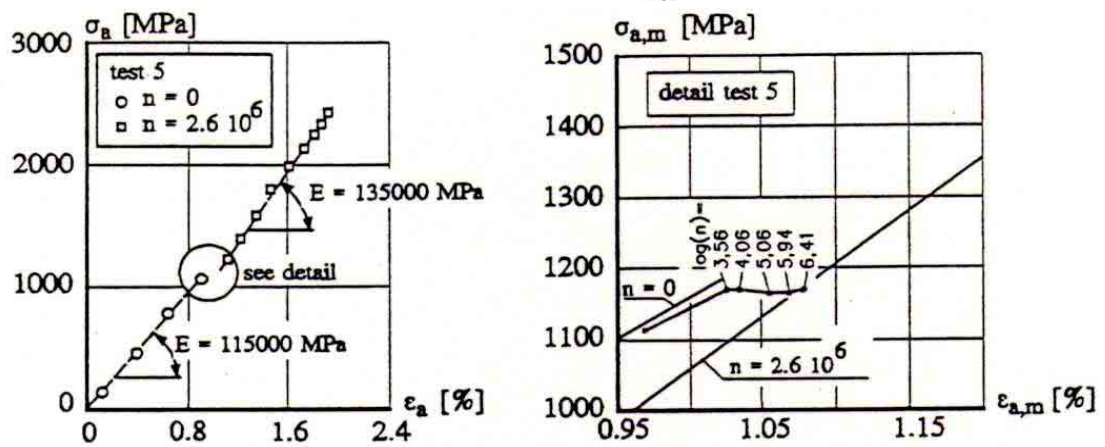


Fig. 5 Stress-strain relation before and after repeated loading (left) and strain increase during repeated loading (right)

備 考

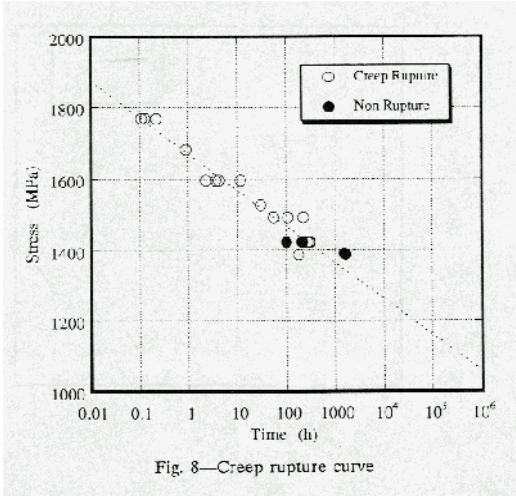
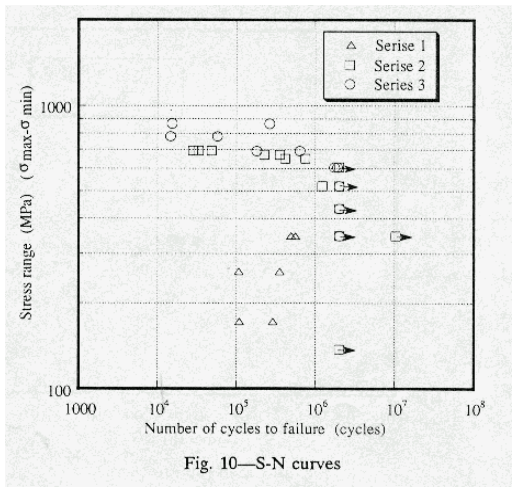
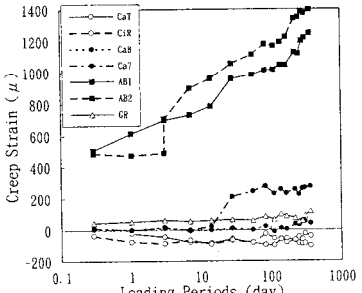
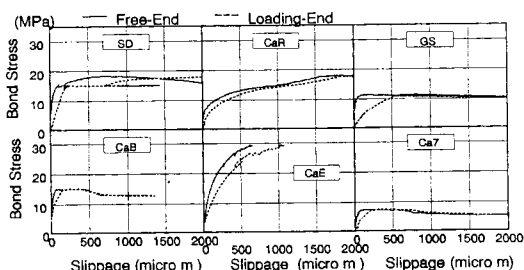
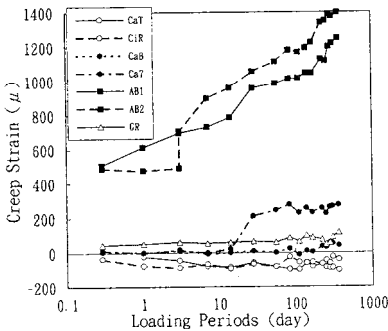
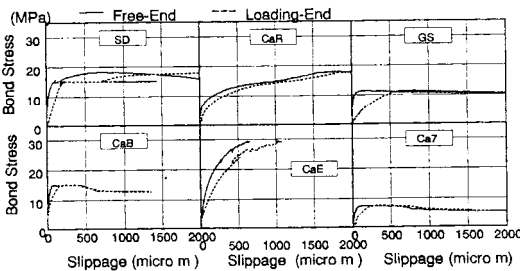
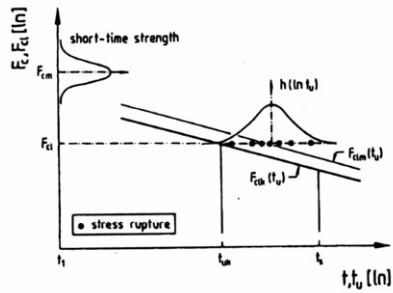
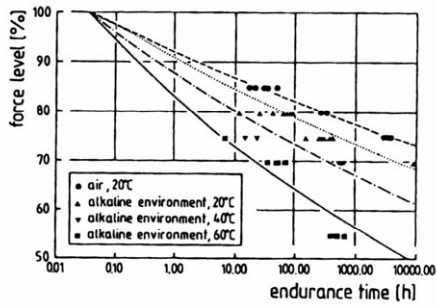
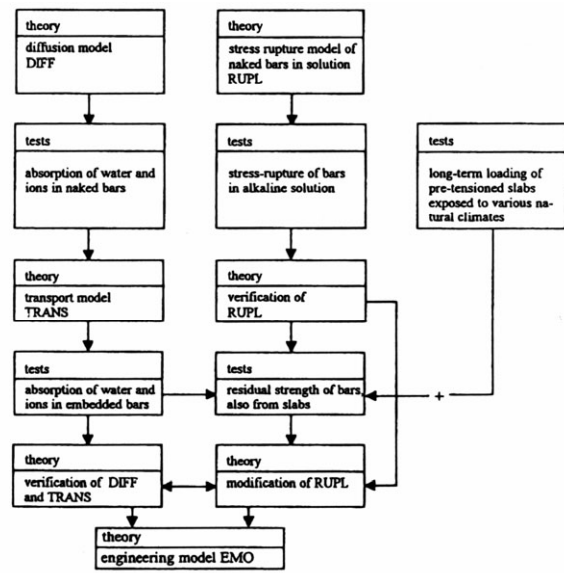
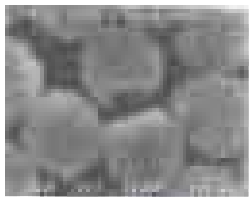
分 類	B2-36
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (A D)
論 文 名	Characteristic of Aramid FRP Rods
著 者	K.Mukae(Sumitomo Construction),S.Kumagai(Sumitomo Construction)
出 典 名	Fiber-Reinforced-Plastic Reinforcement for Concrete Structures ,international Symposium,aci,sp-138,1993
キ-ワード	付着定着体 , クリープ , 疲労 , 強度特性 , AFRP
概 要	異形テクノロジーロッドを付着定着体を用いた緊張材に対して, 引張試験, クリープ試験および疲労試験を行った. 以下の結論が得られた. 1. 平均引張強度は, 1870MPaであった. 2. クリープ破壊予測式を得た. それは, 時間に関する対数軸上でクリープ破壊強度を線形に表現できる. 3. 片振疲労試験において, 両振幅が500~600MPaで200万回の疲労耐力があった. また, 上限応力が1387MPaにおいて残存耐力が初期耐力を下回らない両振幅は, 380MPaであった. 4. これらの試験結果より, テクノロジーロッドの保証耐力は1750MPaで, 初期緊張力はその80%として良い.
結 果	クリープ試験は全長0.9mで試験長0.3mで行われた. 結果, 図-8に示すようなクリープ破壊曲線が得られた. 実験結果を回帰すると次式になる. $\sigma = 1670 - 102 \log(t)$ where σ = load stress (MPa) t = creep failure time (hour) 疲労試験は6Hzで行われ, 最大応力は引張強度の94%, 73%および55%が選択された. 結果, 図-10に示すようなS-N関係が得られた. 最大応力73%のシリーズは200万回の疲労耐力が600MPa程度であり, 55%が608MPa程度であった. 最大応力が94%のシリーズは, 他と異なる性状を示した. この原意は, 図-12に示すように疲労試験の平均応力においてクリープ破壊したものと考えられる.  

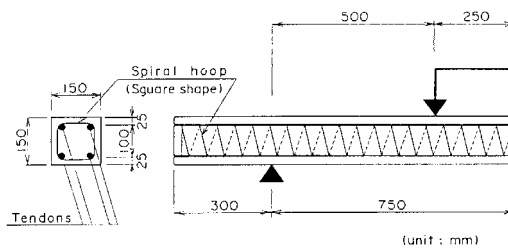
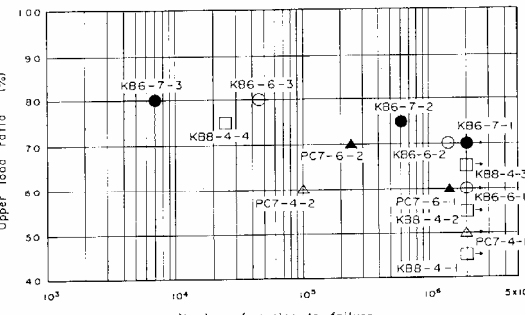
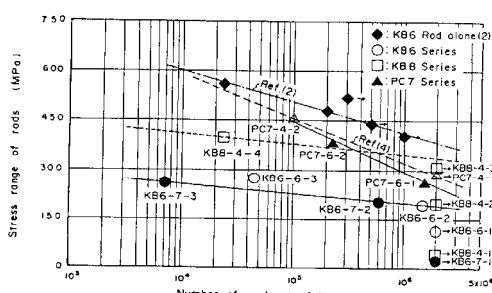
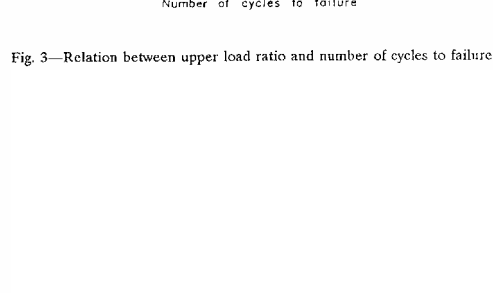
	Figure 12 is a semi-log plot showing the relationship between average stress and time to rupture. The y-axis represents the average stress $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ in MPa, ranging from 400 to 2000. The x-axis represents time in hours (h) on a logarithmic scale from 0.01 to 10^6. Three data series are plotted: Series 1 (triangles), Series 2 (squares), and Series 3 (circles). A dashed line labeled 'Creep Rupture Curve' is shown, indicating the trend of the data points. <table><caption>Approximate data points from Figure 12</caption><tr><th>Time (h)</th><th>Series 1 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)</th><th>Series 2 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)</th><th>Series 3 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)</th></tr><tr><td>0.5</td><td>1700</td><td></td><td>650</td></tr><tr><td>1</td><td>1650</td><td>1050</td><td>680</td></tr><tr><td>2</td><td>1600</td><td>1050</td><td>700</td></tr><tr><td>5</td><td>1550</td><td>1050</td><td>720</td></tr><tr><td>10</td><td>1500</td><td>1050</td><td>750</td></tr><tr><td>20</td><td>1450</td><td>1050</td><td>780</td></tr><tr><td>50</td><td></td><td>1150</td><td>800</td></tr><tr><td>100</td><td></td><td>1200</td><td>850</td></tr><tr><td>200</td><td></td><td>1250</td><td>900</td></tr><tr><td>500</td><td></td><td>1300</td><td></td></tr></table> Fig. 12—Average stress versus rupture curve	Time (h)	Series 1 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)	Series 2 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)	Series 3 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)	0.5	1700		650	1	1650	1050	680	2	1600	1050	700	5	1550	1050	720	10	1500	1050	750	20	1450	1050	780	50		1150	800	100		1200	850	200		1250	900	500		1300	
Time (h)	Series 1 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)	Series 2 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)	Series 3 $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$ (MPa)																																										
0.5	1700		650																																										
1	1650	1050	680																																										
2	1600	1050	700																																										
5	1550	1050	720																																										
10	1500	1050	750																																										
20	1450	1050	780																																										
50		1150	800																																										
100		1200	850																																										
200		1250	900																																										
500		1300																																											
備考																																													

分 類	B2-42
材 料	部材種類 (FRP 単体) 素材・形状 (螺旋状・組紐状・直線状・7本より線状 CFRP、螺旋状・組紐状 AFRP)
論 文 名	Fundermental Properties of Continuous Fiber Bars
著 者	Y.YAMASAKI (Technical Research Institute, Zenitaka Corporation) Y.MASUDA (Building Research Institute, Ministry of Const., Japan)
出 典 名	[SP 138-43]
キーワード	引張強度、弾性係数、引張クリープ、引抜き付着強度
概 要	直径がほぼ8mmで、表面形状の異なるCFRP、AFRP、GFRP3種FRPの基本的な機械的性状を調査する目的で、引張強度、弾性係数、引張クリープ、引抜き付着強度に関する試験を実施。
結 果	(1) 引張クリープ試験 よる1000日間の引張クリープ試験を実施。 ひずみが1年後に300μへ達し、クリープ係数$\phi = 1.5\%$が得られた。 AFRP材は、クリープひずみが、35μ/日で増加して1年後に1200$\sim$1400μへ達し、クリープ係数$\phi = 17 \sim 19\%$が得られた。 (2) 単純引抜き付着試験 螺旋および異形FRP材は、自由端滑りが0.1mmを超えたのち、最大付着応力度を示す。 砂付き紐状、砂付き直線状および7本より線のFRP材は、自由端滑りが0.1mm付近で、最大付着応力度を示す。 表面が無処理の直線状FRP材は、自由端滑り開始時に最大付着応力度を示す。 引抜き付着性状は、FRP材のプルトレーション成形時の造型によって最も効果的に得られ、破壊挙動もこれに左右される。 荷重端と自由端との滑りの差は、FRP材の弾性係数に比例する。 引張強度の1/3の荷重下に CFRP材とGFRP材は、クリープ  Fig. 4—Relationships between loading periods and creep strains  Fig. 7—Bond stress intensity-slippage relationships
備 考	

分 類	B3-11
材 料	部材種類(FRP 単体) 素材・形状(螺旋状・組紐状・直線状・7本より線状CFRP、螺旋状・組紐状AFRP)
論 文 名	Fundermental Properties of Continuous Fiber Bars
著 者	Y.YAMASAKI(Technical Research Institute, Zenitaka Corporation) Y.MASUDA (Building Research Institute, Ministry of Const., Japan)
出 典 名	[SP 138-43]
キーワード	引張強度、弾性係数、引張クリープ、引抜き付着強度
概 要	直径がほぼ8mmで、表面形状の異なるCFRP、AFRP、GFRP3種FRPの基本的な機械的性状を調査する目的で、引張強度、弾性係数、引張クリープ、引抜き付着強度に関する試験を実施。
結 果	(1)引張クリープ試験 引張強度の1/3の荷重下による1000日間の引張クリープ試験を実施。 CFRP材とGFRP材は、クリープひずみが1年後に300μへ達し、クリープ係数$\phi = 1.5\%$が得られた。 AFRP材は、クリープひずみが、35μ/日で増加して1年後に1200～1400μへ達し、クリープ係数$\phi = 17 \sim 19\%$が得られた。 (2)単純引抜き付着試験 螺旋および異形FRP材は、自由端滑りが0.1mmを超えたのち、最大付着応力度を示す。 砂付き組紐状、砂付き直線状および7本より線のFRP材は、自由端滑りが0.1mm付近で、最大付着応力度を示す。 表面が無処理の直線状FRP材は、自由端滑り開始時に最大付着応力度を示す。 引抜き付着性状は、FRP材のプルトレーション成形時の造型によって最も効果的に得られ、破壊挙動もこれに左右される。 荷重端と自由端との滑りの差は、FRP材の弾性係数に比例する。   Fig. 4—Relationships between loading periods and creep strains Fig. 7—Bond stress intensity-slippage relationships
備 考	

分 類	B4-14
材 料	部材種類 (P C) 素材・形状 (A R)
論 文 名	ENGINEERING MODEL OF STRESS-RUPTURE OF AFRP IN CONCRETE(コンクリートにおけるAFRPの応力破壊の工学モデル)
著 者	M.SCHEIBE(Braunschweig大学) , F.S.ROSTASY(Braunschweig大学)
出 典 名	FRPRCS-2, pp.74-81, 1995
キ-ワード	AFRP, 応力破壊, コンクリート, スラブ
概 要	プレテンション構造のコンクリートスラブにおけるAFRPの応力破壊挙動を明らかにするため、自然環境を考慮し、分散試験、応力破壊試験、長期曲げ試験を実施。
結 果	実際の自然環境の条件におけるAFRPの工学的モデルを提案。  Fig. 1: Stress-rupture behaviour of FRP schematically in a specific environment  Fig. 2: Test results of stress-rupture testing on AFRP  Fig. 3: Flow chart of activities for model development
備 考	

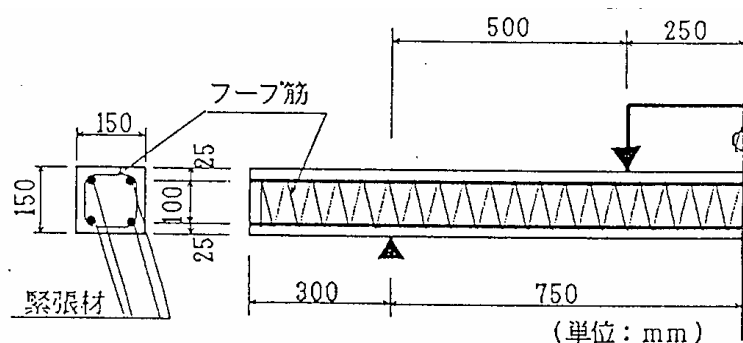
分類	C1-9																																						
材料	部材種類 (GD)	素材・形状 (PC)																																					
論文名	Investigation of S-2 Glass / Epoxy Strands in Concrete																																						
著者	R. Sen , D. Mariscal , and M. Shahawy																																						
出典名																																							
キーワード	拡散、劣化、エポキシ樹脂、繊維強化プラスチック、ガラス繊維、破壊、塩水、走査顕微鏡																																						
概要	本調査では、以下の3点を研究目的に実施された。 (1)ガラス繊維ストランドの劣化主原因の照査 (2)走査電子顕微鏡によるガラス繊維試料の終局荷重試験結果の照査 (3)コンクリート中の環境下のガラス繊維複合材の耐久性向上対策の照査																																						
結果	本論文における知見は、以下のとおりである。 (1)ガラス繊維ストランド(S - 2 glass / epoxy ストランド)の劣化は、エポキシ樹脂(Shell Epon 9310 resin:表3参照)のアルカリ性溶液への溶込み拡散が主原因である。 (2)ガラス繊維ストランドは低応力レベル状態や3～9ヶ月の比較的短時間の劣化期間では、応力腐食を起こさない。 (3)走査電子顕微鏡による調査結果から耐久性試験より得られた知見として、以下のことが明らかとなった。 ・乾燥部材中のガラス繊維に対する損傷は小さく(図5参照)、湿潤あるいは湿潤・乾燥を交互に受ける部材では、より大きな損傷を受ける(図6、7参照)。 ・ガラス繊維の損傷は、コンクリート表面のより近い位置で内部以上に大きくなっている。 (4)本研究で使用したエポキシ樹脂(Shell Epon 9310 resin)は、絶対湿度では樹脂の溶出し拡散はほとんどない。 (5)安価なポリエステルおよびビニールエステル樹脂では、樹脂の溶け出し拡散特性が顕著であると予想される。したがって、コンクリート中の全てのガラス繊維複合材の耐久性について注意深く調査研究と湿潤コンクリートに用いるガラス繊維複合材については、湿潤コンクリートとの直接接触は避けるべきであるとしている。 図 - 5  Unexposed control specimen  Always dry specimen 図 - 6  Splash zone specimen away from concrete interface  Splash zone specimen near concrete interface 図 - 7  Submerged specimen away from concrete interface  Submerged specimen near concrete interface 表 - 3 Properties of Shell Epon[®] Resin 9310 System(11) <table><tr><th>Property</th><th>System A¹</th><th>System B²</th></tr><tr><td>Density, gr/cc</td><td>1.18</td><td>1.20</td></tr><tr><td>Moisture Absorption², % wt, 14 days</td><td>1.5</td><td>--</td></tr><tr><td>Tensile strength, ksi at</td><td></td><td></td></tr><tr><td>73° F</td><td>11</td><td>11</td></tr><tr><td>300° F</td><td>--</td><td>3.8</td></tr><tr><td>Tensile Modulus, ksi at</td><td></td><td></td></tr><tr><td>73° F</td><td>450</td><td>453</td></tr><tr><td>300° F</td><td>--</td><td>205</td></tr><tr><td>Failure Strain, % at</td><td></td><td></td></tr><tr><td>73° F</td><td>4</td><td>4.0</td></tr><tr><td>300° F</td><td>--</td><td>5.2</td></tr></table> 1 psi = 6.895 kPa 1 ksi = 6.895 MPa 1 Curing schedule(System A similar to that used for fiberglass rods) 2 Sample immersed in 200° F water			Property	System A ¹	System B ²	Density, gr/cc	1.18	1.20	Moisture Absorption ² , % wt, 14 days	1.5	--	Tensile strength, ksi at			73° F	11	11	300° F	--	3.8	Tensile Modulus, ksi at			73° F	450	453	300° F	--	205	Failure Strain, % at			73° F	4	4.0	300° F	--	5.2
Property	System A ¹	System B ²																																					
Density, gr/cc	1.18	1.20																																					
Moisture Absorption ² , % wt, 14 days	1.5	--																																					
Tensile strength, ksi at																																							
73° F	11	11																																					
300° F	--	3.8																																					
Tensile Modulus, ksi at																																							
73° F	450	453																																					
300° F	--	205																																					
Failure Strain, % at																																							
73° F	4	4.0																																					
300° F	--	5.2																																					

分 類	B2-20
材 料	部材種類(PC) 素材・形状(AD)
論 文 名	Flexural Fatigue Behavior of Prestressed Concrete Beams Using Aramid-Fiber Tendons
著 者	K.Iwamoto (Kinki Concrete Industries Co.,Ltd.) , Y.Uchita (Technical Research Center of Kansai Electric Power Co.,Inc.)
出 典 名	ACI Symposium, SP138-31, pp.509-523, 1993.3
キーワード	梁, 疲労, 疲労試験, 繊維, 曲げ強度, プレストレストコンクリート, 緊張, PC鋼線, プレテンション, 強度, ワイヤー
概 要	梁の疲労強度および変形に対する最大荷重比および初期張力の影響を調べるために, 緊張材にアラミド繊維ロッドを用いたプレテンションPC桁の疲労試験を行ったものである。梁は15×15×210cmのサイズである。梁の下面に配置した緊張材の初期張力は, ロッドの引張強度の約40%, 60%, 70%の3段階である。対象に2点載荷を行った。繰返し荷重において, 最大荷重は静的終局荷重の45~80%の範囲とし, 最小荷重は一定(4.9kN)とした。周波数は4Hzとした。
結 果	(1)最大荷重が梁のひび割れ荷重と同じかあるいはそれよりわずかに高い場合には, 200万回では破壊しない。疲労試験後の残留終局強度比は, 静的強度の0.9~1.1であった。(2)アラミド繊維緊張材を用いた梁は, PC鋼線を用いた場合に比べて良い疲労特性を示した。200万回の繰返し載荷における疲労強度は静的終局強度の65%以上であった。(3)梁の疲労寿命に対する初期張力の影響は認められなかった。疲労強度は最大荷重によって決定される。(4)繰返し載荷によるアラミドロッドとコンクリート間の付着には大きな劣化は見られなかった。(5)アラミド繊維緊張材を用いた梁の疲労強度は, アラミド繊維ロッド単体の疲労強度だけから推定することはできない。    
備 考	

分類	C3-2
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CS AD GD VD)
論文名	Bond characteristics of FRP Rod and Concrete after Freezing and Thawing Deterioration
著者	M.Mashima(大阪市大), K.Iwamoto(近畿コンクリート)
出典名	
キーワード	"凍結融解", "耐久性"
概要	炭素繊維・アラミド繊維・ガラス繊維・ビロン繊維強化のロッド・ストランドをコンクリートに埋め込み、凍結・融解サイクルを200回以上繰り返し、コンクリートとの付着力の劣化をサイクル数をパラメータにして評価。
結果	ロッド表面の異形加工及びロッドの製造方が、付着力に影響を及ぼす。ロッド表面の異形加工で100kg/cm²の付着は得られる。ガラス・ビロン・炭素繊維製ロッドは、凍結・融解サイクルでの付着力の顕著な劣化は見られなかったが、アラミド製は、表面がラセン巻き・フレター・タイプとも、劣化。
備考	

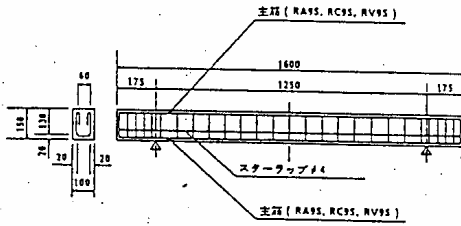
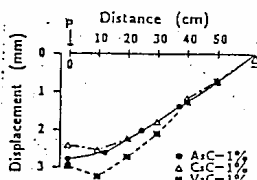
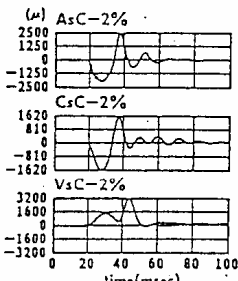
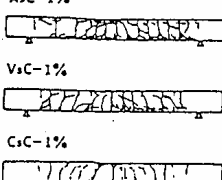
分類	C1-7																																															
材料	部材種類（単体）	素材・形状（CS）																																														
論文名	Tensile Strength of Continuous Fibar Bar Under High Temperature																																															
著者	S.Kumahira (Japan Testing Center for Construction Materials) Y.Masuda (Building Research Institute, Ministry of Construction)																																															
出典名	ACI International Symposium, SP-138, SP, 138-44, pp.731-742, 1993.3																																															
キーワード	炭素、繊維、炉、ガラス繊維、鉄筋、比熱、温度、引張強度、試験																																															
概要	各種の連続繊維補強材(棒材)の耐熱性を調査する為に、熱間および加熱後、常温に戻して行われた引張特性の調査結果。用いられた材料は、より線状の炭素、組紐状の炭素、アラミド、スパイラル状の炭素、アラミド、ガラス、直線状の炭素、ガラス繊維。適用された温度範囲は60～400。																																															
結果	試験方法は、熱間引張試験では所定の温度レベルまで5～10分間で昇温し、その温度で1時間保持した後、載荷した。加熱冷却引張試験では、所定の温度レベルまで5～10分間で昇温し、試験体の温度が室温レベルまで戻った後、載荷した。試験結果を以下に記す。 加熱温度が250 以下のケースでは、アラミド繊維およびビニルエステルをマトリクスとしたガラス繊維を除いて、加熱前に対して熱間で約80%の強度を持つ。また、ヤング係数の低下は非常に小さい。 加熱温度が150 以下のケースでは、加熱後に室温まで冷却した場合、ほぼ完全に加熱前の引張強度レベルまで回復した。加熱温度が250 以上のケースでは、全ての連続繊維補強材(棒材)の引張強度は急激に低下した。 400 まで加熱した連続繊維補強材(棒材)の引張強度保持率は、マトリクスが有機材料の場合、加熱前のレベルの40～60%、無機材料の場合、80%以上であった。																																															
	<table><tr><th colspan="5">TYPES OF SPECIMENS</th></tr><tr><th>Surface Configuration</th><th>Symbol</th><th>Row Material Fiber</th><th>Binder</th><th>Normal Diameter (mm)</th></tr><tr><td>Twisted String</td><td>Ca7</td><td>PAN-Carbon</td><td rowspan="3">Epoxy</td><td rowspan="3">7.5</td></tr><tr><td>Braided</td><td>CaB</td><td>Pitch-Carbon</td></tr><tr><td>Spiral</td><td>CaR</td><td>PAN-Carbon</td></tr><tr><td>Straight</td><td>CITC</td><td>Pitch-Carbon</td><td>Cement Paste</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>CITE</td><td></td><td>Epoxy</td><td rowspan="4">8</td></tr><tr><td>Braided</td><td>AB</td><td>Aramid</td><td></td></tr><tr><td>Spiral</td><td>AR</td><td></td><td>Vinyl Ester</td></tr><tr><td>Straight</td><td>GT</td><td>Glass</td><td>PPS</td></tr><tr><td>Spiral</td><td>GR</td><td></td><td>Vinyl Ester</td><td>10</td></tr></table> Relationship between the rate of change in tensile strength at high temperature and heating temperature Relationship between the retention ratio of tensile strength after heating and heating temperature	TYPES OF SPECIMENS					Surface Configuration	Symbol	Row Material Fiber	Binder	Normal Diameter (mm)	Twisted String	Ca7	PAN-Carbon	Epoxy	7.5	Braided	CaB	Pitch-Carbon	Spiral	CaR	PAN-Carbon	Straight	CITC	Pitch-Carbon	Cement Paste	5		CITE		Epoxy	8	Braided	AB	Aramid		Spiral	AR		Vinyl Ester	Straight	GT	Glass	PPS	Spiral	GR		Vinyl Ester
TYPES OF SPECIMENS																																																
Surface Configuration	Symbol	Row Material Fiber	Binder	Normal Diameter (mm)																																												
Twisted String	Ca7	PAN-Carbon	Epoxy	7.5																																												
Braided	CaB	Pitch-Carbon																																														
Spiral	CaR	PAN-Carbon																																														
Straight	CITC	Pitch-Carbon	Cement Paste	5																																												
	CITE		Epoxy	8																																												
Braided	AB	Aramid																																														
Spiral	AR		Vinyl Ester																																													
Straight	GT	Glass	PPS																																													
Spiral	GR		Vinyl Ester	10																																												
備考	今後は、コンクリート中に埋め込まれたFRPの耐火性の検討が望まれる。																																															

分類	C1-8
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CL)
論文名	Evaluation of FRP as Reinforcement for Concrete Bridge
著者	A.H.Rahman (Institute for Research In Construction, National Reserch Council Canada) D.A.Taylor (Institute for Research In Construction, National Reserch Council Canada)
出典名	ACI International Symposium, SP-138, SP, 138-5, pp.71-86, 1993.3
キーワード	橋床版、橋梁(構造)、クリープ特性、耐久性、疲労(材料)、繊維補強プラスチック、RCコンクリート、引張強度
概要	北アメリカ北部の、非常に厳しい環境下にある道路橋の床版および障壁にFRPを適用する事の妥当性を評価する為に行われた試験結果。用いられた材料はNEFMAC(Cタイプ:炭素およびCGタイプ:炭素とガラスの混合)。試験内容は、温度変化を伴う短期・長期の引張特性。
結果	試験方法は、短期引張試験(10～30 の引張強度、ヤング係数、伸び)では、載荷は2～3分で破壊に達するまで、一定のひずみ速度で行われた。ひずみはひずみゲージおよびLVDTによって測定された。室温と異なる温度条件下での試験の為に、恒温室が使用された。 長期引張試験(異なる荷重レベル下でのクリープ特性。持続荷重が引張強度に与える影響。持続荷重下での挙動の、温度(50)が与える影響)では、10 000時間(417日)にわたって、短期引張強度の10, 25, 40, 60, 70%で載荷さる。載荷終了後、破断せずに残っている試験体が、その残存強度を調査する為に使用された。また、温度が持続荷重下での挙動に影響するかどうかを調査する為に、50 で保持されている。 引張疲労試験(S-N曲線、繰返し回数が引張強度に与える影響、低温(-30)が疲労挙動に与える影響)では、荷重幅を引張強度の10～30, 10～40, 10～50, 30～50, 30～60, 30～70%とした。載荷速度は4Hz。1組の試験体が低温の影響を調査する為に-30 の温度で保持されている。 耐久性試験(塩、アルカリ、塩 - アルカリ環境、凍結 - 融解作用、紫外線暴露)では、各溶液に浸漬された状態で、引張強度の60%で緊張されている。また、凍結 - 融解のサイクルは、約5サイクル/日である。また、紫外線暴露試験には、キセノンアーク耐候性試験機が使用されている。これらの条件の影響は、120, 240, 360日後の引張試験結果によって評価される。 試験結果を以下に記す。 50 の場合、CGタイプは、20 の時と比べて約9.5%の強度の低下と2.5%の剛性の低下を示した。一方、-30 の場合、約11%の強度の増加と2.5%の剛性の増加を示した。 NEFMACのクリープひずみは非常に小さく、175日間、引張強度の40%に相当する荷重条件下では、CGタイプとCタイプでそれぞれ初期ひずみの2.7%と1.8%のクリープひずみを示した。 引張強度の10%から20%の荷重幅、5Hzの繰返し速度で行った引張疲労試験では、C, CG両タイプのNEFMACは、400万回をクリアした。400万回後の引張試験では、CGタイプで92%、Cタイプで93%の残存強度を持っていた。 CGタイプの熱膨張係数は、-30 ～ 50 の範囲内で概ね一定であり、その値は約8.39×10^{-6}
備考	3段階(第1段階:実験室での基礎的な特性調査。第2段階:有限要素解析を用いたモデル解析。橋床版と障壁のモデル実験。第3段階:NEFMACで補強した橋床版と障壁の機能の、少なくとも5年間のモニタリング。設計基準とガイドラインの作成)で計画された試験の第1段階の途中までの試験結果。

分類	B1-11																																																																			
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AD)																																																																		
論文名	アラミド繊維緊張材を用いたPCはりの疲労特性																																																																			
著者	岩本 勲(近畿コンクリート工業)																																																																			
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、Vol.15、No.2、1993																																																																			
キーワード	繰返し載荷における応力																																																																			
概要	アラミド繊維棒材を緊張材としたプレテンション方式PCはりの曲げ疲労特性に関して本研究で得られた結果を要約すると次のとおりである。(1)はりの疲労寿命は繰返し載荷における上限荷重比が大きくなるに従って小さくなり、200万回疲労強度は上限荷重比で約70%となった。(2)棒材の初期緊張力がはりの疲労寿命におよぼす影響は小さいが、疲労性状(たわみ、ひびわれ幅)に影響をおよぼし、付着のあるPCはり中の繊維棒材の疲労強度は繊維棒材単独の疲労強度よりも低下する傾向が見られる。																																																																			
結果	 (単位：mm) 図-1 供試体の形状寸法 表-3 疲労試験結果 <table><thead><tr><th>供試体名</th><th>上限荷重(比)</th><th>UVbh荷重</th><th>破壊回数</th><th>破壊荷重(比)</th><th>破壊形式</th></tr></thead><tbody><tr><td>KB6-6-1</td><td>2.44tf (0.6)</td><td>2.42 tf</td><td>2,000,000*</td><td>3.7 tf(0.90)</td><td>棒材破断</td></tr><tr><td>-2</td><td>2.84tf (0.7)</td><td>2.46 tf</td><td>1,553,440</td><td>—</td><td>棒材疲労破断</td></tr><tr><td>-3</td><td>3.25tf (0.8)</td><td>2.54 tf</td><td>46,000</td><td>—</td><td>棒材疲労破断</td></tr><tr><td>KB6-7-1</td><td>2.84tf (0.7)</td><td>2.84 tf</td><td>2,000,000*</td><td>4.0 tf(0.98)</td><td>棒材破断</td></tr><tr><td>-2</td><td>3.05tf(0.75)</td><td>2.82 tf</td><td>596,300</td><td>—</td><td>棒材疲労破断</td></tr><tr><td>-3</td><td>3.25tf (0.8)</td><td>2.76 tf</td><td>6,950</td><td>—</td><td>棒材疲労破断</td></tr><tr><td>KB8-4-1</td><td>2.88tf(0.45)</td><td>2.70 tf</td><td>2,000,000*</td><td>6.9 tf(1.08)</td><td>棒材破断、付着破壊</td></tr><tr><td>-2</td><td>3.52tf(0.55)</td><td>2.90 tf</td><td>2,000,000*</td><td>6.8 tf(1.06)</td><td>棒材破断、付着破壊</td></tr><tr><td>-3</td><td>4.16tf(0.65)</td><td>2.75 tf</td><td>2,000,000*</td><td>6.3 tf(0.98)</td><td>棒材破断</td></tr><tr><td>-4</td><td>4.80tf(0.75)</td><td>2.74 tf</td><td>23,630</td><td>—</td><td>棒材疲労破断</td></tr></tbody></table> *：200万回で破壊しなかったはり		供試体名	上限荷重(比)	UVbh荷重	破壊回数	破壊荷重(比)	破壊形式	KB6-6-1	2.44tf (0.6)	2.42 tf	2,000,000*	3.7 tf(0.90)	棒材破断	-2	2.84tf (0.7)	2.46 tf	1,553,440	—	棒材疲労破断	-3	3.25tf (0.8)	2.54 tf	46,000	—	棒材疲労破断	KB6-7-1	2.84tf (0.7)	2.84 tf	2,000,000*	4.0 tf(0.98)	棒材破断	-2	3.05tf(0.75)	2.82 tf	596,300	—	棒材疲労破断	-3	3.25tf (0.8)	2.76 tf	6,950	—	棒材疲労破断	KB8-4-1	2.88tf(0.45)	2.70 tf	2,000,000*	6.9 tf(1.08)	棒材破断、付着破壊	-2	3.52tf(0.55)	2.90 tf	2,000,000*	6.8 tf(1.06)	棒材破断、付着破壊	-3	4.16tf(0.65)	2.75 tf	2,000,000*	6.3 tf(0.98)	棒材破断	-4	4.80tf(0.75)	2.74 tf	23,630	—	棒材疲労破断
供試体名	上限荷重(比)	UVbh荷重	破壊回数	破壊荷重(比)	破壊形式																																																															
KB6-6-1	2.44tf (0.6)	2.42 tf	2,000,000*	3.7 tf(0.90)	棒材破断																																																															
-2	2.84tf (0.7)	2.46 tf	1,553,440	—	棒材疲労破断																																																															
-3	3.25tf (0.8)	2.54 tf	46,000	—	棒材疲労破断																																																															
KB6-7-1	2.84tf (0.7)	2.84 tf	2,000,000*	4.0 tf(0.98)	棒材破断																																																															
-2	3.05tf(0.75)	2.82 tf	596,300	—	棒材疲労破断																																																															
-3	3.25tf (0.8)	2.76 tf	6,950	—	棒材疲労破断																																																															
KB8-4-1	2.88tf(0.45)	2.70 tf	2,000,000*	6.9 tf(1.08)	棒材破断、付着破壊																																																															
-2	3.52tf(0.55)	2.90 tf	2,000,000*	6.8 tf(1.06)	棒材破断、付着破壊																																																															
-3	4.16tf(0.65)	2.75 tf	2,000,000*	6.3 tf(0.98)	棒材破断																																																															
-4	4.80tf(0.75)	2.74 tf	23,630	—	棒材疲労破断																																																															
備考																																																																				

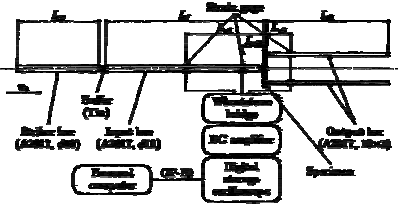
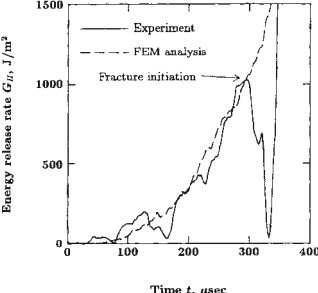
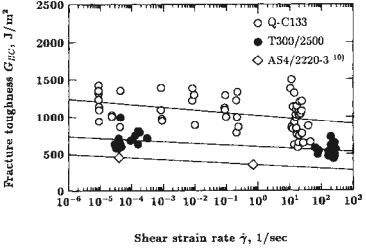
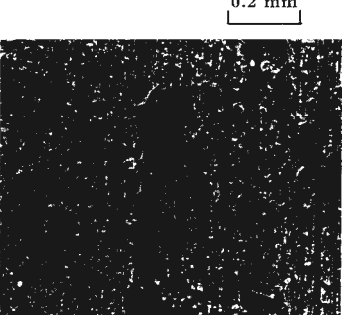
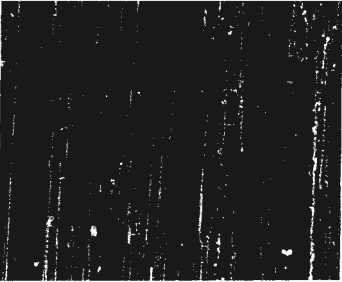
分類	B1-7																																																																								
材料	部材種類（ 単体 ）	素材・形状（ AD，CD，GD ）																																																																							
論文名	FRPロッドの動的疲労特性																																																																								
著者	魚本 健人(東京大学生産技術研究所)																																																																								
出典名	土木学会第48回年次学術講演会(平成5年9月)、pp 358-359																																																																								
キーワード	AFRPロッド、CFRPロッド、GFRPロッド、200万回繰返し疲労試験、引張強度																																																																								
概要	1.振幅応力50kgf/mm2の場合、同じ上限応力でもAFRPロッドとCFRPロッドはGFRPロッドに比べ非常に高い疲労強度をもっていることが明らかになった。 2.上限応力と繰返し数との関係から200万回の疲労強度を推察するとGFRPロッドは約40kgf/mm2～50kgf/mm2、AFRPとCFRPロッドは約90kgf/mm2～100kgf/mm2と考えられ、GFRPロッドよりも疲労強度に優れていることが明らかになった。 3.200万回疲労後の残留強度は、平均引張強度に比べAFRPロッドは約83%、GFRPロッドでは約69%の残留強度が得られ、CFRPロッドは平均強度とほぼ同程度となった。																																																																								
結果	表－1 動的疲労試験の载荷条件 <table><thead><tr><th></th><th>応力比 (X)</th><th>上限応力 (kgf/mm²)</th><th>下限応力 (kgf/mm²)</th><th>応力振幅 (kgf/mm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>AFRPロッド</td><td>90</td><td>152</td><td>102</td><td></td></tr><tr><td>平均引張強度 (169kgf/mm²)</td><td>80</td><td>135</td><td>85</td><td>50</td></tr><tr><td></td><td>70</td><td>118</td><td>68</td><td></td></tr><tr><td>GFRPロッド</td><td>80</td><td>135</td><td>115</td><td></td></tr><tr><td></td><td>70</td><td>118</td><td>98</td><td></td></tr><tr><td>平均引張強度 (169kgf/mm²)</td><td>60</td><td>101</td><td>81</td><td>20</td></tr><tr><td></td><td>50</td><td>85</td><td>65</td><td></td></tr><tr><td></td><td>40</td><td>68</td><td>48</td><td></td></tr><tr><td></td><td>60</td><td>101</td><td>51</td><td></td></tr><tr><td></td><td>50</td><td>85</td><td>35</td><td>50</td></tr><tr><td></td><td>40</td><td>68</td><td>18</td><td></td></tr><tr><td>CFRPロッド</td><td>85</td><td>114</td><td>64</td><td></td></tr><tr><td>平均引張強度 (134kgf/mm²)</td><td>80</td><td>107</td><td>57</td><td>50</td></tr></tbody></table> ※ 繊維混入率 Vf=55% 図－1 FRPロッドの上限応力と繰返し数 図－2 FRPロッドの応力とひずみとの関係 図－3 FRPロッドの弾性係数と応力との関係				応力比 (X)	上限応力 (kgf/mm ²)	下限応力 (kgf/mm ²)	応力振幅 (kgf/mm ²)	AFRPロッド	90	152	102		平均引張強度 (169kgf/mm ²)	80	135	85	50		70	118	68		GFRPロッド	80	135	115			70	118	98		平均引張強度 (169kgf/mm ²)	60	101	81	20		50	85	65			40	68	48			60	101	51			50	85	35	50		40	68	18		CFRPロッド	85	114	64		平均引張強度 (134kgf/mm ²)	80	107	57	50
	応力比 (X)	上限応力 (kgf/mm ²)	下限応力 (kgf/mm ²)	応力振幅 (kgf/mm ²)																																																																					
AFRPロッド	90	152	102																																																																						
平均引張強度 (169kgf/mm ²)	80	135	85	50																																																																					
	70	118	68																																																																						
GFRPロッド	80	135	115																																																																						
	70	118	98																																																																						
平均引張強度 (169kgf/mm ²)	60	101	81	20																																																																					
	50	85	65																																																																						
	40	68	48																																																																						
	60	101	51																																																																						
	50	85	35	50																																																																					
	40	68	18																																																																						
CFRPロッド	85	114	64																																																																						
平均引張強度 (134kgf/mm ²)	80	107	57	50																																																																					
備考																																																																									

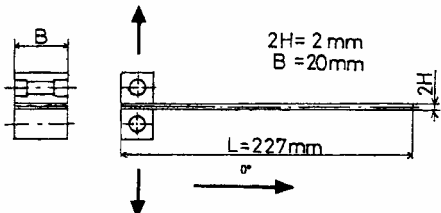
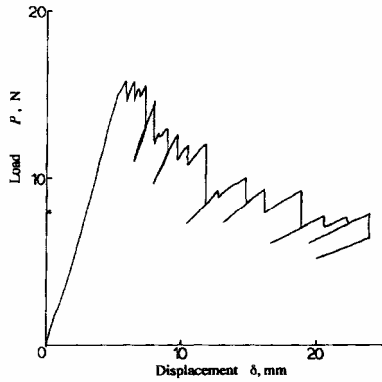
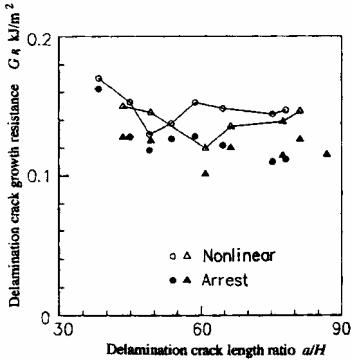
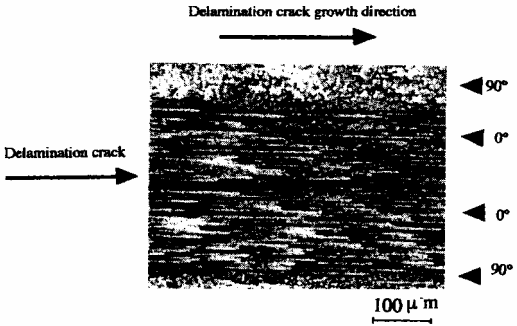
分類	B1-14																														
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD)																													
論文名	アラミド繊維棒材の引張疲労特性																														
著者	岩本 勲(近畿コンクリート工業)																														
出典名	土木学会第48回年次学術講演会, 1993																														
キーワード	引張、疲労、強度式																														
概要	アラミド繊維棒材の引張疲労強度は、下限荷重(初期緊張力)の影響を受ける。従って疲労強度式としては、下限荷重の影響を考慮する必要がある。しかし繊維棒材の疲労特性は繊維の種類や成形方法によって異なることが考えられ、繊維棒材ごとの疲労強度式が必要となるかもしれない。																														
結果	表-1 繊維棒材の物性値 <table><tr><td>公称直径</td><td>6 mm</td></tr><tr><td>公称断面積</td><td>0.25 cm²</td></tr><tr><td>引張強度</td><td>14,800 kgf/cm²</td></tr><tr><td>弾性係数</td><td>6.4×10⁵ kgf/cm²</td></tr></table> 表-2 a、kの値 <table><tr><th>下限荷重</th><th>a</th><th>k</th><th>相関係数</th></tr><tr><td>30%</td><td>1.915</td><td>0.017</td><td>0.894</td></tr><tr><td>50%</td><td>2.120</td><td>0.082</td><td>0.881</td></tr><tr><td>70%</td><td>1.912</td><td>0.077</td><td>0.839</td></tr><tr><td>完全片振り</td><td>1.984</td><td>0.0029</td><td>0.991</td></tr></table> 図-1 上限荷重比と破壊回数との関係 図-2 応力振幅と破壊回数との関係			公称直径	6 mm	公称断面積	0.25 cm ²	引張強度	14,800 kgf/cm ²	弾性係数	6.4×10 ⁵ kgf/cm ²	下限荷重	a	k	相関係数	30%	1.915	0.017	0.894	50%	2.120	0.082	0.881	70%	1.912	0.077	0.839	完全片振り	1.984	0.0029	0.991
公称直径	6 mm																														
公称断面積	0.25 cm ²																														
引張強度	14,800 kgf/cm ²																														
弾性係数	6.4×10 ⁵ kgf/cm ²																														
下限荷重	a	k	相関係数																												
30%	1.915	0.017	0.894																												
50%	2.120	0.082	0.881																												
70%	1.912	0.077	0.839																												
完全片振り	1.984	0.0029	0.991																												
備考																															

分類	B4-3																																																											
材料	部材種類 (RC)	素材・形状(AD, CD, VD)																																																										
論文名	各種FRPロッドで補強したRC梁の繰り返し衝撃载荷実験																																																											
著者	松岡 篤(ドーピー建設工業)	三上 浩(三井建設)																																																										
出典名	土木学会第48回年次学術講演会 , -146 , pp.318-319 , 1993																																																											
キーワード	繰り返し衝撃																																																											
概要	FRP筋で補強されたRC梁の繰り返し衝撃载荷試験である。使用材料はAFRP、CFRP、VFRPで、補強筋比は1%および2%である。衝撃力は70kgfを(1)0.5m/秒、(2)1m/秒増加の2種類である。実験の結果、(1)AFRP筋は健全、(2)CFRP筋は上端筋が破断、(3)VFRP筋は上下端筋が破断、(4)ひび割れ間隔、分散も上記結果を裏付けている。																																																											
結果	 図-1 試験体の形状寸法および補強筋配置の例 表-1 試験体の一覧 <table><tr><th>試験体名</th><th>補強筋の種類</th><th>補強筋比 (%)</th></tr><tr><td>A1C-1%</td><td>AFRPロッド RA95</td><td>1</td></tr><tr><td>A1C-2%</td><td>AFRPロッド RA135</td><td>2</td></tr><tr><td>C1C-1%</td><td>CFRPロッド RC95</td><td>1</td></tr><tr><td>C1C-2%</td><td>CFRPロッド RC95</td><td>2</td></tr><tr><td>V1C-1%</td><td>VFRPロッド RV95</td><td>1</td></tr><tr><td>V1C-2%</td><td>VFRPロッド RV95</td><td>2</td></tr></table> 表-2 補強筋の材料特性 <table><tr><th>補強筋名</th><th>RA95</th><th>RC95</th><th>RV95</th></tr><tr><td>引張耐力 (tonf)</td><td>9.8</td><td>10.3</td><td>2.2</td></tr><tr><td>弾性係数 $\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$</td><td>0.70</td><td>1.20</td><td>0.12</td></tr><tr><td>弾性伸び率 (%)</td><td>2.0</td><td>1.2</td><td>2.0</td></tr></table> 表-3 破壊時の衝突速度と破壊形式 <table><tr><th>試験体名</th><th>破壊時の衝突速度 (m/sec)</th><th>破壊形式</th></tr><tr><td>A1C-1%</td><td>8</td><td>圧壊</td></tr><tr><td>A1C-2%</td><td>8</td><td>圧壊</td></tr><tr><td>C1C-1%</td><td>8</td><td>圧壊</td></tr><tr><td>C1C-2%</td><td>7</td><td>圧壊(上端筋が部分的に破断)</td></tr><tr><td>V1C-1%</td><td>8</td><td>上下端筋の破断</td></tr><tr><td>V1C-2%</td><td>7</td><td>圧壊</td></tr></table>  図-2 最大変位分布 (V=1m/sec)  図-3 上端筋の応答波形 (V=4m/sec)  AsC-1% VsC-1% CsC-1%		試験体名	補強筋の種類	補強筋比 (%)	A1C-1%	AFRPロッド RA95	1	A1C-2%	AFRPロッド RA135	2	C1C-1%	CFRPロッド RC95	1	C1C-2%	CFRPロッド RC95	2	V1C-1%	VFRPロッド RV95	1	V1C-2%	VFRPロッド RV95	2	補強筋名	RA95	RC95	RV95	引張耐力 (tonf)	9.8	10.3	2.2	弾性係数 $\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$	0.70	1.20	0.12	弾性伸び率 (%)	2.0	1.2	2.0	試験体名	破壊時の衝突速度 (m/sec)	破壊形式	A1C-1%	8	圧壊	A1C-2%	8	圧壊	C1C-1%	8	圧壊	C1C-2%	7	圧壊(上端筋が部分的に破断)	V1C-1%	8	上下端筋の破断	V1C-2%	7	圧壊
試験体名	補強筋の種類	補強筋比 (%)																																																										
A1C-1%	AFRPロッド RA95	1																																																										
A1C-2%	AFRPロッド RA135	2																																																										
C1C-1%	CFRPロッド RC95	1																																																										
C1C-2%	CFRPロッド RC95	2																																																										
V1C-1%	VFRPロッド RV95	1																																																										
V1C-2%	VFRPロッド RV95	2																																																										
補強筋名	RA95	RC95	RV95																																																									
引張耐力 (tonf)	9.8	10.3	2.2																																																									
弾性係数 $\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$	0.70	1.20	0.12																																																									
弾性伸び率 (%)	2.0	1.2	2.0																																																									
試験体名	破壊時の衝突速度 (m/sec)	破壊形式																																																										
A1C-1%	8	圧壊																																																										
A1C-2%	8	圧壊																																																										
C1C-1%	8	圧壊																																																										
C1C-2%	7	圧壊(上端筋が部分的に破断)																																																										
V1C-1%	8	上下端筋の破断																																																										
V1C-2%	7	圧壊																																																										
備考																																																												

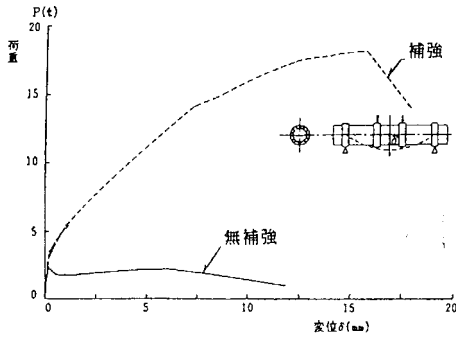
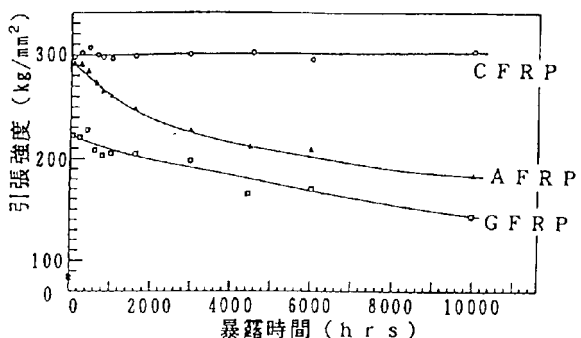
分類	C1-23, C4-11																																																																																																																																																																																																																																											
材料	部材種類 (RC)	素材・形状 (CS , CD , AB , GD)																																																																																																																																																																																																																																										
論文名	長繊維補強コンクリートばりの載荷加熱試験																																																																																																																																																																																																																																											
著者	西田 一郎 (建材試験センター) 、 中村 賢一 (建設省建築研究所)																																																																																																																																																																																																																																											
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年9月 No.3058 P1357-1358																																																																																																																																																																																																																																											
キーワード	たわみ変形 , 加熱載荷試験																																																																																																																																																																																																																																											
概要	長繊維補強材 (アラミド、炭素、ガラス繊維等) を主筋に使用した長繊維補強コンクリートばりの載荷加熱試験を実施し、合理的な耐火性能評価法を作成するために必要な基礎資料を収集する。																																																																																																																																																																																																																																											
結果	1、長繊維補強コンクリート梁載荷加熱試験結果 ・全材料で開始から40分まではコンクリートの熱膨張の影響で湾曲し、たわむ。 (1)炭素繊維 ・その後、組紐状ではたわみが急増し破断。残炎は径によって発生。 (2)アラミド繊維 ・その後、たわみが急増し破断、目視で残炎が認められ、材が炭化。 (3)ガラス繊維 ・鉄筋と同様なたわみ。残炎や焼け細り現象は見られなかった。 ●発炎現象は繊維結合材のエポキシ樹脂による。 ●亀裂やたわみの防止には過配筋にして剛性を高める方法が有効。 表-1 載荷加熱試験結果の一覧表 <table><tr><th>試験体記号</th><th>主筋の種類</th><th>結合材</th><th>引張主筋</th><th>A t (cm²)</th><th>P t (%)</th><th>載荷荷重 (tf)</th><th>Q (tf)</th><th>$\sigma f / \sigma$ (kgf/cm²)</th><th>$\sigma f / \sigma$ (tf/cm²)</th><th>E f (tf/cm²)</th><th>変形比</th><th>加熱時間 (分)</th><th>加熱温度 (°C)</th><th>破壊時間 (分)</th><th>中央たわみ (mm)</th><th>平均温度 (°C)</th><th>破壊状況</th></tr><tr><td>AF-12φ</td><td>アラミド</td><td>エポキシ</td><td>8-12φ</td><td>8.00</td><td>1.64</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>1070</td><td>0.54</td><td>620</td><td>1.81</td><td>100</td><td>350</td><td>100</td><td>81.4</td><td>521</td><td>A, B, G, F</td></tr><tr><td>AF-8φ</td><td>組紐状</td><td>エポキシ</td><td>8-8φ</td><td>4.00</td><td>0.82</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>2140</td><td>1.07</td><td>650</td><td>3.46</td><td>74</td><td>250</td><td>74</td><td>107.2</td><td>388</td><td>A, B, F</td></tr><tr><td>CFM-12φ</td><td>炭素</td><td>エポキシ</td><td>8-12φ</td><td>8.00</td><td>1.64</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>1070</td><td>0.54</td><td>1170</td><td>0.96</td><td>194</td><td>350</td><td>194</td><td>95.2</td><td>720</td><td>A, B, F</td></tr><tr><td>CFM-8φ</td><td>組紐状</td><td>エポキシ</td><td>8-8φ</td><td>4.00</td><td>0.82</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>2140</td><td>1.07</td><td>1170</td><td>1.92</td><td>84</td><td>250</td><td>84</td><td>112.2</td><td>413</td><td>A, C, F</td></tr><tr><td>CFM-8φ</td><td>組紐状</td><td>エポキシ</td><td>8-8φ</td><td></td><td></td><td>3.60</td><td>1.80</td><td>3210</td><td>1.61</td><td></td><td></td><td>44</td><td>250</td><td>44</td><td>81.6</td><td>294</td><td>A, C, F</td></tr><tr><td>CFK-12φ</td><td>炭素</td><td>エポキシ</td><td>8-12φ</td><td>9.04</td><td>1.85</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>947</td><td>0.47</td><td>1239</td><td>0.80</td><td>180</td><td>なし</td><td>—</td><td>14.7</td><td>719</td><td>E, C</td></tr><tr><td>CFK-8φ</td><td>螺旋状</td><td>エポキシ</td><td>8-8φ</td><td>4.02</td><td>0.82</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>2130</td><td>1.07</td><td>1247</td><td>1.79</td><td>180</td><td>なし</td><td>—</td><td>30.2</td><td>673</td><td>E, C</td></tr><tr><td>GF-12φ</td><td>ガラス</td><td>エポキシ</td><td>8-12φ</td><td>9.04</td><td>1.85</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>947</td><td>0.47</td><td>415</td><td>2.40</td><td>161</td><td>なし</td><td>161</td><td>146.1</td><td>680</td><td>A, C</td></tr><tr><td>GF-8φ</td><td>螺旋状</td><td>エポキシ</td><td>8-8φ</td><td>4.02</td><td>0.82</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>2130</td><td>1.07</td><td>472</td><td>4.74</td><td>166</td><td>なし</td><td>166</td><td>171.8</td><td>682</td><td>A, C</td></tr><tr><td>CFT-□15</td><td>炭素</td><td>無模</td><td>8-□15</td><td>18.00</td><td>3.69</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>476</td><td>0.24</td><td>400</td><td>1.25</td><td>180</td><td>なし</td><td>—</td><td>27.7</td><td>746</td><td>E, C</td></tr><tr><td>CFT-□12</td><td>直線状</td><td>系</td><td>8-□12</td><td>11.52</td><td>2.35</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>744</td><td>0.37</td><td>400</td><td>1.95</td><td>180</td><td>なし</td><td>—</td><td>33.9</td><td>658</td><td>E, C</td></tr><tr><td>SD-D10</td><td>鉄筋</td><td>—</td><td>6-D10</td><td>4.28</td><td>0.85</td><td>2.40</td><td>1.20</td><td>2000</td><td>1.00</td><td>2100</td><td>1.00</td><td>180</td><td>なし</td><td>—</td><td>98.7</td><td>682</td><td>D</td></tr></table> 注1) 平均温度は下端筋の平均を示す。 注2) 破壊状況欄の記号は下記の内容を示す。 A: 下端筋破断の曲げ破壊 B: 繊維筋からの残炎あり C: 繊維筋からの残炎なし D: 下端筋の伸びによる曲げ損傷 E: 破壊に至らず F: 繊維筋の切れる音があり G: 爆発あり		試験体記号	主筋の種類	結合材	引張主筋	A t (cm ²)	P t (%)	載荷荷重 (tf)	Q (tf)	$\sigma f / \sigma$ (kgf/cm ²)	$\sigma f / \sigma$ (tf/cm ²)	E f (tf/cm ²)	変形比	加熱時間 (分)	加熱温度 (°C)	破壊時間 (分)	中央たわみ (mm)	平均温度 (°C)	破壊状況	AF-12φ	アラミド	エポキシ	8-12φ	8.00	1.64	2.40	1.20	1070	0.54	620	1.81	100	350	100	81.4	521	A, B, G, F	AF-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ	4.00	0.82	2.40	1.20	2140	1.07	650	3.46	74	250	74	107.2	388	A, B, F	CFM-12φ	炭素	エポキシ	8-12φ	8.00	1.64	2.40	1.20	1070	0.54	1170	0.96	194	350	194	95.2	720	A, B, F	CFM-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ	4.00	0.82	2.40	1.20	2140	1.07	1170	1.92	84	250	84	112.2	413	A, C, F	CFM-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ			3.60	1.80	3210	1.61			44	250	44	81.6	294	A, C, F	CFK-12φ	炭素	エポキシ	8-12φ	9.04	1.85	2.40	1.20	947	0.47	1239	0.80	180	なし	—	14.7	719	E, C	CFK-8φ	螺旋状	エポキシ	8-8φ	4.02	0.82	2.40	1.20	2130	1.07	1247	1.79	180	なし	—	30.2	673	E, C	GF-12φ	ガラス	エポキシ	8-12φ	9.04	1.85	2.40	1.20	947	0.47	415	2.40	161	なし	161	146.1	680	A, C	GF-8φ	螺旋状	エポキシ	8-8φ	4.02	0.82	2.40	1.20	2130	1.07	472	4.74	166	なし	166	171.8	682	A, C	CFT-□15	炭素	無模	8-□15	18.00	3.69	2.40	1.20	476	0.24	400	1.25	180	なし	—	27.7	746	E, C	CFT-□12	直線状	系	8-□12	11.52	2.35	2.40	1.20	744	0.37	400	1.95	180	なし	—	33.9	658	E, C	SD-D10	鉄筋	—	6-D10	4.28	0.85	2.40	1.20	2000	1.00	2100	1.00	180	なし	—	98.7	682	D
試験体記号	主筋の種類	結合材	引張主筋	A t (cm ²)	P t (%)	載荷荷重 (tf)	Q (tf)	$\sigma f / \sigma$ (kgf/cm ²)	$\sigma f / \sigma$ (tf/cm ²)	E f (tf/cm ²)	変形比	加熱時間 (分)	加熱温度 (°C)	破壊時間 (分)	中央たわみ (mm)	平均温度 (°C)	破壊状況																																																																																																																																																																																																																											
AF-12φ	アラミド	エポキシ	8-12φ	8.00	1.64	2.40	1.20	1070	0.54	620	1.81	100	350	100	81.4	521	A, B, G, F																																																																																																																																																																																																																											
AF-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ	4.00	0.82	2.40	1.20	2140	1.07	650	3.46	74	250	74	107.2	388	A, B, F																																																																																																																																																																																																																											
CFM-12φ	炭素	エポキシ	8-12φ	8.00	1.64	2.40	1.20	1070	0.54	1170	0.96	194	350	194	95.2	720	A, B, F																																																																																																																																																																																																																											
CFM-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ	4.00	0.82	2.40	1.20	2140	1.07	1170	1.92	84	250	84	112.2	413	A, C, F																																																																																																																																																																																																																											
CFM-8φ	組紐状	エポキシ	8-8φ			3.60	1.80	3210	1.61			44	250	44	81.6	294	A, C, F																																																																																																																																																																																																																											
CFK-12φ	炭素	エポキシ	8-12φ	9.04	1.85	2.40	1.20	947	0.47	1239	0.80	180	なし	—	14.7	719	E, C																																																																																																																																																																																																																											
CFK-8φ	螺旋状	エポキシ	8-8φ	4.02	0.82	2.40	1.20	2130	1.07	1247	1.79	180	なし	—	30.2	673	E, C																																																																																																																																																																																																																											
GF-12φ	ガラス	エポキシ	8-12φ	9.04	1.85	2.40	1.20	947	0.47	415	2.40	161	なし	161	146.1	680	A, C																																																																																																																																																																																																																											
GF-8φ	螺旋状	エポキシ	8-8φ	4.02	0.82	2.40	1.20	2130	1.07	472	4.74	166	なし	166	171.8	682	A, C																																																																																																																																																																																																																											
CFT-□15	炭素	無模	8-□15	18.00	3.69	2.40	1.20	476	0.24	400	1.25	180	なし	—	27.7	746	E, C																																																																																																																																																																																																																											
CFT-□12	直線状	系	8-□12	11.52	2.35	2.40	1.20	744	0.37	400	1.95	180	なし	—	33.9	658	E, C																																																																																																																																																																																																																											
SD-D10	鉄筋	—	6-D10	4.28	0.85	2.40	1.20	2000	1.00	2100	1.00	180	なし	—	98.7	682	D																																																																																																																																																																																																																											
備考																																																																																																																																																																																																																																												

分類	A3-1
材料	部材種類（ 単体 ） 素材・形状（ GP ）
論文名	GFRPの環境劣化に及ぼす初期損傷の影響
著者	藤井善通(セイコー化工機株式会社), 久保田智子(京都工芸繊維大学)
出典名	「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan),Vol.43,No.486,pp.271-277,Mar.1994
キーワード	GFRP、Initial damage、Acidic environment、Acoustic emission、Stress corrosion
概要	複合材料は、その耐食性を生かして金属では腐食の生じる酸環境でパイプやタンクなどが多用されるようになってきた。従って、酸環境下におけるGFRPの破壊挙動を把握する事は重要であり、酸環境下での疲労、クリープ、破壊力学的等研究結果が報告されている。また、これらの検出へのAE計測の有効性が示されているが、これらは、いずれも処女材によるもので、損傷後の環境の影響を調べたものではない事からも、新しい概念の評価方法を開拓する必要がある。よって、ここでは、応力により生じた初期損傷の確認と酸環境下における初期損傷レベルのFR
結果	[材料] マトリックス樹脂として、耐食性不飽和ポリエステル、すなわちビスフェノール系とビニルエステル系を用いた。また、強化材として、208g/m ² の平織Eガラスクロスを用いた。上記ガラスクロス12プライを3mm厚さになる様にHLUにて成形した。 [試験方法]
内容	

分 類	B4-5
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論 文 名	CFRPのモードⅡ層間破壊じん性のひずみ速度依存性
著 者	日下貴之(兵庫県立工業技術センター), 黒川知明(京都大学工学部航空工学科)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.43, No.487, pp445-450, Apr. 1994
キーワード	CFRP, Fracture toughness, ENF test, Impact strength, Mode Ⅱ, Split Hopkinson pressure bar method
概 要	CFRPは面内の強度に比べ層間の強度が著しく低いことから、層間破壊が積層材の破壊の主な原因の一つとなっている。また実機においては初期欠陥によって生じた層間にはく離損傷が稼働中の動的負荷により拡大することが考えられる。著者らはSplit Hopkinson pressure Bar法(SHPB法)を動的ENF試験(モードⅡ)に適用した。FEM解析の結果から示唆されたように、入力波として立ち上がりの緩やかなランプ波を用いることにより、試験片の高周波振動を抑制することができ、静的ENF試験の場合と同様な評価式で G_{11c} (モードⅡエネルギー解放率の限界値)の評価を行うことができることを示した。また、試験した2種類のCFRP材では、両者ともひずみ速度の増加に伴わない G_{11c} の値は低下する傾向にある。SEM観察の結果から、この傾向は微視的な破壊形態の差異に起因するものと推察でき、ひずみ速度が小さい場合にはマトリックス樹脂自身の破壊が多く見られ、ひずみ速度が大きい場合にはマトリックス樹脂自身の破壊は少なく繊維とマトリックス樹脂の界面での破壊が支配的である。
結 果	 Fig. 2. Schematic diagram of dynamic ENF test apparatus using SHPB at HIR.  Fig. 7. Comparison between histories of G_{II} obtained from experiment and from FEM analysis. (Q-C133, $v_0=6.7$ m/sec)  Fig. 8. Strain rate effect on fracture toughness G_{IIc}.
備 考	 (a) Quasi-static ($\dot{\gamma}_c=9.2 \times 10^{-4}$ sec⁻¹, $G_{IIc}=1100$ J/m²)  (b) Dynamic ($\dot{\gamma}_c=3.8 \times 10^{-2}$ sec⁻¹, $G_{IIc}=870$ J/m²) Fig. 9. Fracture surfaces of the Q-C133 ENF specimens.

分 類	B4-4
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論 文 名	CF/エポキシ複合材0°層はく離に及ぼす負荷保持および積層構成の影響
著 者	轟 章(東京工業大学工学部機械宇宙学科)、小林英男(日本航空株式会社)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.43, No.487, pp434-440, Apr. 1994
キ ー ワ ー ド	CFRP, Delamination, Mode II, Delamination resistance, Load holding, Stacking sequence, Stick slip
概 要	CFRP積層板は容易に層間はく離が発生、進展するので構造材に適用するには層間はく離のマイクロメカニズムに基づく層間はく離じん性向上の材料設計が不可欠である。著者らは以前にT400/Epoxyを用いてモードII層間はく離抵抗に関して低負荷速度および負荷保持により安定と不安定のはく離亀裂進展を繰り返すstick-slip現象が生じることを示した。本研究ではAS4/Epoxy積層板を用い、負荷保持の影響をさらに詳細に検討し、stick-slip現象が発生メカニズムと発生時の層間はく離抵抗評価手法について考察した。0°積層板の場合、負荷保持によりstick-slip現象が生じ、はく離き裂は再負荷時のP- δ 関係の非線形変形開始点で、局所的に進展開始する。多方向積層板の場合、曲げ剛性の低下のため0°積層板と比較してstick-slip現象の程度が激しくなる。多方向積層板の場合、成形残留応力が層間はく離抵抗に影響を及ぼす。多方向積層板においても、0°層間をはく離き裂が進展する場合には、0°積層板と層間はく離のマイクロメカニズムに差異はない。
結 果	 Fig. 1. Specimen configurations.  Fig. 8. Typical P-δ curve of type A specimen.  Fig. 10. Delamination resistance curve of type A specimen.  Fig. 19. Side surface of type A specimen (SAM 800 MHz).
備 考	

分類	B1-43
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C_pipe)
論文名	CFRP薄肉円管の繰返し引張 - 圧縮による疲労損傷過程
著者	金川靖(名古屋大学), 村上澄男(名古屋大学)
出典名	材料, Vol.43, No.487, Apr 1994
キーワード	引張圧縮疲労, 薄肉円管, CFRP, マトリックスクラック, 剛性低下
概要	薄肉円管に対して圧縮引張引張疲労試験を行い, 最大応力, 応力振幅, および応力比をパラメーターとしてマトリックスき裂, 界面剥離, 層間剥離, 繊維破断等の微視的損傷機構の発達過程を観察するとともに, 非弾性ひずみの増加, 応力-ひずみヒステリシスループの拡大等を測定し, これらの巨視的非弾性挙動と内部損傷の関係を検討している.
結果	引張-圧縮繰返し負荷による非弾性挙動は主応力比に依存し, 材料内部に発生するマトリックスき裂は剛性の低下とともに増大する. さらに弾性係数が加速度的に低下する段階から層間剥離が発生し, 破断寸前では層間剥離が各層に分布するまでに発展する. 図-2に主応力比を変化させた場合のヤング係数と全ひずみの推移を示す. これより両振り疲労では, 損傷の進行が寿命回数で無次元化することにより同一に評価できることが判る. 一方完全片振り疲労では, 損傷の進行状況が異なり, 目立った全長のないまま最終破断に至ることが判る.
備考	Figure 2 consists of two scatter plots. Plot (a) shows the ratio of Young's modulus E/E_0 on the y-axis (ranging from 0 to 1.2) versus the normalized number of cycles N/N_f on the x-axis (ranging from 0 to 1.0). Data points are shown for $\sigma_{max} = 120\text{MPa}$ (open circles, $R = -0.250$ to -0.750) and $\sigma_{max} = 150\text{MPa}$ (open circles, $R = 0$ to -0.750). Plot (b) shows the normalized total strain range $\Delta\epsilon/\Delta\epsilon_i$ on the y-axis (ranging from 0 to 12) versus N/N_f on the x-axis (ranging from 0 to 1.0). Data points are shown for $\sigma_{max} = 120\text{MPa}$ (open circles, $R = -0.250$ to -0.750) and $\sigma_{max} = 150\text{MPa}$ (open circles, $R = 0$ to -0.750). Both plots show a significant decrease in E/E_0 and an increase in $\Delta\epsilon/\Delta\epsilon_i$ as N/N_f approaches 1.0. Fig. 2. Changes of Young's modulus and total strain

分 類	B4-28
材 料	部材種類 (単体, RC) 素材・形状 (CS, CP)
論 文 名	炭素繊維による鉄筋コンクリート構造物の補強工法
著 者	田中 常雄(三菱化成(株)), 木村 耕三(株)大林組)
出 典 名	日本複合材料学会誌, Vol.20, 4(1994), pp.168-169, 1994
キ-ワード	炭素繊維ストランド, 炭素繊維プリプレグシート, 促進暴露試験, 引張試験, RC曲げ試験, RCせん断試験
概 要	1.炭素繊維ストランド、炭素繊維プリプレグシートの10,000時間促進暴露試験後に引張試験を実施し、耐久性を確認 2.これらの材料で補強した円形断面RC柱のせん断試験を実施し、せん断耐力向上を確認 3.これらの材料で補強した中空円筒形断面RC試験体の曲げ試験を実施し、曲げ耐力向上を確認
結 果	1.炭素繊維ストランド、炭素繊維プリプレグシートの10,000時間促進暴露試験後に引張試験を実施した結果、引張強度の低下はみられず、耐久性は十分であることを確認した。 2.既存RC構造物の補強工法としてこれらの材料を用いるとき、以下の補強効果を実験的に確認している。 炭素繊維巻き付け工法により、コンクリート柱のせん断耐力の向上が可能となり、耐震補強に有効である。 炭素繊維貼付け工法により、RC構造物の曲げ耐力の向上が可能となり、耐震補強に有効である。 炭素繊維による耐震補強を、既存RC煙突に応用展開し、実施工をおこなった。  図 3 荷重～変位関係  図 4 ストランド引張強度～暴露時間
備 考	

分類	B1-28																																																																																																																						
材料	部材種類 (PC)		素材・形状(AD)																																																																																																																				
論文名	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労性状に及ぼす水の影響																																																																																																																						
著者	崎山義之(ピー・エス) , 児島孝之(立命館大学)																																																																																																																						
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16、No.2、1994																																																																																																																						
キーワード	"FRP" , "PCはり" , "耐水疲労"																																																																																																																						
概要	(1)アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはり、気中では棒材破断で破壊し、水中では、棒材破断とコンクリートの剥離による破壊に分かれた。 (2)水中疲労試験では、はりの変形が大きいほど、コンクリートの剥離で破壊しやすくなる。 (3)水中疲労寿命は破壊様式に依存し、コンクリートの剥離で破壊する場合、疲労寿命は著しく低下する。 (4)水中においても、棒材破断で破壊するはり、気中とほぼ同等の疲労性状を有し、200万回水中疲労強度は、気中と同様に、アラミド繊維棒材を用いたはりの方がPC鋼線を用いたはりより大きくなる。																																																																																																																						
結果	表-1 実験計画 <table><tr><th>環境</th><th>供試体名</th><th>配合</th><th>緊張材種類</th><th>下側棒材の初期緊張力</th><th>下線プレストレス量</th><th>上限荷重比</th></tr><tr><td rowspan="10">気中</td><td>KB6-6-60A</td><td>I</td><td rowspan="3">アラミド6mm</td><td rowspan="3">0.60Pu</td><td rowspan="3">46kgf/cm²</td><td>60%</td></tr><tr><td>-70A</td><td>I</td><td>70%</td></tr><tr><td>-80A</td><td>I</td><td>80%</td></tr><tr><td>KB8-4-45A</td><td>I</td><td rowspan="4">アラミド8mm</td><td rowspan="4">0.41Pu</td><td rowspan="4">56kgf/cm²</td><td>45%</td></tr><tr><td>-55A</td><td>I</td><td>55%</td></tr><tr><td>-65A</td><td>I</td><td>65%</td></tr><tr><td>-75A</td><td>I</td><td>75%</td></tr><tr><td>-60A</td><td>II</td><td></td><td>0.4Pu</td><td>59kgf/cm²</td><td>60%</td></tr><tr><td>PC7-4-52A</td><td>I</td><td rowspan="2">PC鋼線7mm</td><td rowspan="2">0.44Pu</td><td rowspan="2">56kgf/cm²</td><td>52%</td></tr><tr><td>-60A</td><td>I</td><td>60%</td></tr><tr><td rowspan="8">水中</td><td>KB6-6-70W</td><td>II</td><td rowspan="2">アラミド6mm</td><td rowspan="2">0.6Pu</td><td rowspan="2">45kgf/cm²</td><td>70%</td></tr><tr><td>-92W</td><td>II</td><td>92%</td></tr><tr><td>KB8-4-40W</td><td>II</td><td rowspan="4">アラミド8mm</td><td rowspan="4">0.4Pu</td><td rowspan="4">59kgf/cm²</td><td>40%</td></tr><tr><td>-52W</td><td>II</td><td>52%</td></tr><tr><td>-60W</td><td>II</td><td>60%</td></tr><tr><td>-70W</td><td>II</td><td>70%</td></tr><tr><td>PC7-4-50W</td><td>II</td><td rowspan="2">PC鋼線7mm</td><td rowspan="2">0.43Pu</td><td rowspan="2">57kgf/cm²</td><td>50%</td></tr><tr><td>-60W</td><td>II</td><td>60%</td></tr></table> Pu: 引張耐力 上限荷重比: 静耐力に対する比 表-2 棒材の機械的性質 <table><tr><th>種類</th><th colspan="2">アラミド (配合Ⅰ)</th><th colspan="2">アラミド (配合Ⅱ)</th><th>PC鋼線</th></tr><tr><td>呼び径 (mm)</td><td>6</td><td>8</td><td>6</td><td>8</td><td>7</td></tr><tr><td>弾性係数 (kgf/cm²)</td><td>6.4×10⁵</td><td>6.6×10⁵</td><td>7.4×10⁵</td><td>7.4×10⁵</td><td>20.0×10⁵</td></tr><tr><td>引張耐力 (tf)</td><td>3.80</td><td>6.40</td><td>3.62</td><td>7.06</td><td>6.10</td></tr><tr><td>伸び率 (%)</td><td>2.40</td><td>1.90</td><td>2.24</td><td>2.33</td><td>8.0</td></tr></table>					環境	供試体名	配合	緊張材種類	下側棒材の初期緊張力	下線プレストレス量	上限荷重比	気中	KB6-6-60A	I	アラミド6mm	0.60Pu	46kgf/cm ²	60%	-70A	I	70%	-80A	I	80%	KB8-4-45A	I	アラミド8mm	0.41Pu	56kgf/cm ²	45%	-55A	I	55%	-65A	I	65%	-75A	I	75%	-60A	II		0.4Pu	59kgf/cm ²	60%	PC7-4-52A	I	PC鋼線7mm	0.44Pu	56kgf/cm ²	52%	-60A	I	60%	水中	KB6-6-70W	II	アラミド6mm	0.6Pu	45kgf/cm ²	70%	-92W	II	92%	KB8-4-40W	II	アラミド8mm	0.4Pu	59kgf/cm ²	40%	-52W	II	52%	-60W	II	60%	-70W	II	70%	PC7-4-50W	II	PC鋼線7mm	0.43Pu	57kgf/cm ²	50%	-60W	II	60%	種類	アラミド (配合Ⅰ)		アラミド (配合Ⅱ)		PC鋼線	呼び径 (mm)	6	8	6	8	7	弾性係数 (kgf/cm ²)	6.4×10 ⁵	6.6×10 ⁵	7.4×10 ⁵	7.4×10 ⁵	20.0×10 ⁵	引張耐力 (tf)	3.80	6.40	3.62	7.06	6.10	伸び率 (%)	2.40	1.90	2.24	2.33	8.0
環境	供試体名	配合	緊張材種類	下側棒材の初期緊張力	下線プレストレス量	上限荷重比																																																																																																																	
気中	KB6-6-60A	I	アラミド6mm	0.60Pu	46kgf/cm ²	60%																																																																																																																	
	-70A	I				70%																																																																																																																	
	-80A	I				80%																																																																																																																	
	KB8-4-45A	I	アラミド8mm	0.41Pu	56kgf/cm ²	45%																																																																																																																	
	-55A	I				55%																																																																																																																	
	-65A	I				65%																																																																																																																	
	-75A	I				75%																																																																																																																	
	-60A	II		0.4Pu	59kgf/cm ²	60%																																																																																																																	
	PC7-4-52A	I	PC鋼線7mm	0.44Pu	56kgf/cm ²	52%																																																																																																																	
	-60A	I				60%																																																																																																																	
水中	KB6-6-70W	II	アラミド6mm	0.6Pu	45kgf/cm ²	70%																																																																																																																	
	-92W	II				92%																																																																																																																	
	KB8-4-40W	II	アラミド8mm	0.4Pu	59kgf/cm ²	40%																																																																																																																	
	-52W	II				52%																																																																																																																	
	-60W	II				60%																																																																																																																	
	-70W	II				70%																																																																																																																	
	PC7-4-50W	II	PC鋼線7mm	0.43Pu	57kgf/cm ²	50%																																																																																																																	
	-60W	II				60%																																																																																																																	
種類	アラミド (配合Ⅰ)		アラミド (配合Ⅱ)		PC鋼線																																																																																																																		
呼び径 (mm)	6	8	6	8	7																																																																																																																		
弾性係数 (kgf/cm ²)	6.4×10 ⁵	6.6×10 ⁵	7.4×10 ⁵	7.4×10 ⁵	20.0×10 ⁵																																																																																																																		
引張耐力 (tf)	3.80	6.40	3.62	7.06	6.10																																																																																																																		
伸び率 (%)	2.40	1.90	2.24	2.33	8.0																																																																																																																		

表-3 コンクリートの示方配合

配合 の種類	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量				混和剤
			W	C	S	G	
配合Ⅰ	44	49	176	400	856	925	C×1.2%
配合Ⅱ	40	46	176	440	788	954	C×2.0%

混和剤：高性能減水剤

表-5 疲労試験結果

環境	供試体名	上限荷重	Pcr	破壊回数	Pu(比)	破壊形式
気中	KB6-6-60A	2.44tf	2.43tf	2,000,000	3.7tf(0.91)	S(B)
	KB6-6-70A	2.84tf	2.41tf	1,553,440		F(B)
	KB6-6-80A	3.25tf	2.54tf	46,000		F(B)
水中	KB6-6-70W	2.52tf	3.42tf	569,230		F(B)
	KB6-6-92W	3.40tf	3.40tf	1,080		F(B)
気中	KB8-4-45A	2.89tf	2.70tf	2,000,000	6.9tf(1.08)	S(B)
	KB8-4-55A	3.54tf	2.75tf	2,000,000	6.9tf(1.08)	S(B)
	KB8-4-65A	4.18tf	2.75tf	2,000,000	6.3tf(0.98)	S(B)
	KB8-4-75A	4.82tf	2.75tf	23,630		F(B)
	KB8-4-60A	4.37tf	3.45tf	2,000,000		F(B)
水中	KB8-4-40W	2.92tf	3.60tf	2,000,000	6.7tf(0.92)	S(B)
	KB8-4-52W	3.80tf	3.78tf	261,770		F(C)
	KB8-4-60W	4.37tf	3.65tf	12,800		F(C)
	KB8-4-70W	5.10tf	3.65tf	1,670		F(B)
気中	PC7-4-52A	3.00tf	3.00tf	2,000,000	6.2tf(1.07)	S(B)
	PC7-4-60A	3.50tf	3.00tf	434,250		F(B)
水中	PC7-4-50W	2.91tf	3.78tf	2,000,000	3.8tf(0.64)	F(B)
	PC7-4-60W	3.50tf	3.88tf	337,400		F(B)

Pcr：ひびわれ発生荷重

Pu：残存静荷強度

()：静荷耐力に対する比

F：疲労破壊

S：200万回後の静荷破壊

B：準材破断

C：コンクリートの剥離による破壊

結 果

備 考

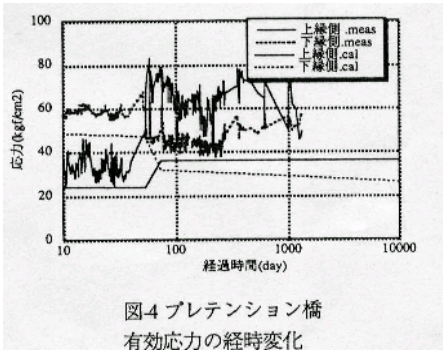
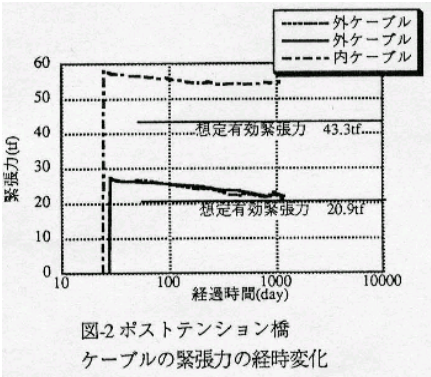
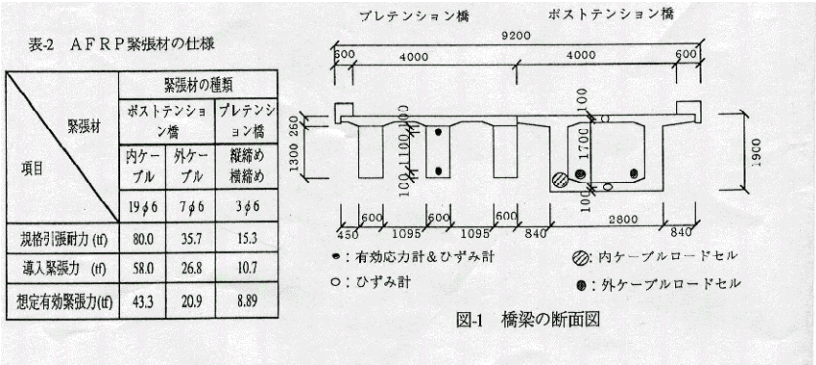
分 類	B4-6
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP, GP)
論 文 名	MDIを第3成分とするCF/GF複合材料とその機械的特性
著 者	好満 芳邦(広島県立西部工業技術センター), 杉山 一男(近畿大学)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.43, No.492, pp.1087-1093, Sep.1994
キ-ワード	第3成分, MDI, イソシアネート, CF/GFハイブリッド
概 要	表面処理および特性の異なる異種繊維を組み合わせるハイブリッド複合材料の層間特性の改善に有効である層間第3成分をイソシアネート(MDI)とする、CF/GFハイブリッド複合材料の特徴的機械的特性とその有効性について考察している。
結 果	CF/GFハイブリッドに用いたガラス繊維は、公称見掛け厚さ0.25mmの平織で、ビニルシラン、エポキシシランあるいはアミノシランカップリング剤で、それぞれ、0.1wt%の表面処理を施したもの、また、炭素繊維はエポキシコーティングされたT300相当品である。そして、第3成分として、変性ジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)を、マトリックス樹脂であるエポキシアクリレートプレポリマーのスチレン溶解樹脂(EPA樹脂)に混合して用いており、以下の結果を得ている。 (1)層内・層間せん断力、引張・曲げ特性、衝撃特性について、第3成分の効果がみとめられた。 (2)ただし、MDIは、適性領域での添加量では、界面結合力および層間接着性を改善し、複合材料としての脆性化を進めるが、系の組成物間の反応に偏りを生じる添加領域では、マトリックスの不均一性あるいは脆弱化を招く。
備 考	Fig. 12. ILSS of CF, GF and CF/GF hybrid laminates versus adding amount of MDI. Fig. 13. Flexural bending strength of CF, GF and CF/GF hybrid laminates versus adding amount of MDI. Fig. 14. Impact strength of CF, GF and CF/GF hybrid laminates versus adding amount of MDI.

分 類	A4-1
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GP)
論 文 名	ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の応力腐食に及ぼすマトリックス樹脂の影響
著 者	藤井善通(セイコー化工株式会社) 村上惇(姫路工業大学)ほか5名
出 典 名	材料,Vol.No.492,PP.1100 - 1105,Sep.1994
キ ー ワ ー ド	"GFRP", "Stress corrosion", "Fracture toughness", "Pre-damage", "Fatigue"
概 要	GFRPの応力腐食に及ぼすマトリックス樹脂の影響に関する内容。転移点の異なるマトリックスGFの種類を変えて、応力腐食の検討を行なっている。マトリックスに疲労を与えてクラックを導入することで、応力腐食とクラックの関係も検討している。
結 果	以下の結論を得ている。 (1)複合材料の応力腐食割れ抵抗には、マトリックスの最適じん性値が存在する。 (2)疲労により生じる損傷は、その空気中の残留強度には影響を与えないが、酸中での環境強度低下に大きな作用を与える。 (3)応力腐食割れはマトリックスの損傷の発生に支配され、損傷の発生とそのレベルは樹脂じん性に大きく影響される
備 考	

分類	B1-42
材料	部材種類 (单体) 素材・形状 (*)
論文名	FRPの疲労 水環境効果について
著者	簗島弘二
出典名	材料, Vol.43, No.492, Sep.1994
キーワード	疲労, FRP, 環境効果, 水環境, 破壊メカニズム, カーボン, アラミド
概要	繊維強化複合材料をはじめとする樹脂系複合材料が注目を集めているが、これらの強度特性は水分、電子線の影響を強く受けることが知られている。とくに、樹脂系複合材料では製作、保管、使用時に吸水することにより、樹脂が膨潤し、複合材料中の残留応力が変化し、また微視き裂や層間剥離が生じる。また、繊維/樹脂界面が劣化して複合材の強度、じん性も大きく影響を受けるので注意を要する。
結果	図-7,8に示すようにマトリックス材である樹脂の種類を変えることにより、水中環境下における疲労特性は変化する。疲労強度が低下する場合も増加する場合もある。その要因は、吸水量、樹脂強度、界面強度、疲労時の温度、応力域などがある。 図-13に示すように、一方向強化材の繊維方向疲労では、吸水により樹脂の降伏応力が低下、延性化して、樹脂の塑性流動による繊維の局部的な再配列が可能になるとともに、応力の再配分が可能となって、疲労強度が上昇する場合もある。とくにアラミド繊維強化エポキシ樹脂において顕著である。 図7 中温硬化型CFRP斜交積層材(T-1/347)の疲労強度に及ぼす水環境効果 図8 高温硬化型CFRP斜交積層材(MM-1/982X)の疲労強度に及ぼす水環境効果 図13 中温硬化型CFRP一方向強化材(空中放置材, T-1/347)の疲労強度に及ぼす水環境効果
備考	

分類	A1-13
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GD)
論文名	GFRPロッドの耐アルカリ性評価に関する基礎研究
著者	勝木 太(東急建設株式会社), 魚本 健人(東京大学生産技術研究所)
出典名	土木学会第49回年次学術講演会(平成6年9月)、pp 904-905
キーワード	GFRPロッド, 耐アルカリ性, 劣化促進試験, EMPA, 強度特性の変化
概要	GFRPロッドはガラス繊維自身の耐アルカリ性に問題があるが、樹脂が繊維の保護材となることからアルカリによって劣化する可能性が非常に低いと考えられる。しかし、繊維を取巻く樹脂は数μと非常に薄いためにロッド中のガラス繊維がアルカリの影響を全く受けないとは言い難い。本研究ではGFRPロッドのアルカリによる劣化促進試験を実施し、アルカリ溶液に浸漬したロッド断面のアルカリの分布状態を電子線マクロアナライザー(EMPA)を用いて測定し、ロッドへのアルカリの進行を明らかにした。また、ロッドの強度特性の変化について明らかにするとともに、EMPAの測定結果を基にアルカリによる劣化の進行を定量化するための一手法を提案した。
結果	EMPAの結果からマトリックスにビニルエステル樹脂を使用しているGFRPロッドも、ガラス繊維と同様アルカリが浸透する。これは保護膜となる樹脂が数μと薄いため、耐アルカリ性を増すためには保護膜の層を厚くする必要がある。 アルカリ溶液に浸漬したロッドの破断は、劣化した部分の破断が先行し、その後劣化していない部分の破断が生じる。 GFRPロッドへのアルカリの進行速度を拡散律速理論によって評価することで、ロッドの強度低下を定量化できる。これは、マクロ的に見ればガラス繊維1本とほぼ同様な考え方で評価できる。
備考	

分 類	B2-34
材 料	部材種類 (P C) 素材・形状 (A D)
論 文 名	アラミド実証橋の長期計測結果
著 者	中井裕司(住友建設), 浅井洋(住友建設)
出 典 名	土木学会第49回年次講演会, 平成6年9月
キ-ワード	実証橋梁, 長期計測, 有効プレストレス, 有効係数, リラクセーション
概 要	アラミド繊維製FRPロッドを用い, 平成2年12月に竣工したポストテンション方式とプレテンション方式の実証橋梁の長期計測結果を報告している. 計測の結果次の結論を得ている. 1. ポストテンション橋の外ケーブルの有効係数は3年余で0.8である. 2. プレテンション橋の有効応力の減少は観察されていない. 3. AFRPを緊張材に用いた橋梁が長期的に安定していることが確認されつつある.
結 果	ポストテンション橋は, 支間24.1m, 桁高1.9mの箱桁で, 内ケーブル(19ϕ6.0)10本と外ケーブル(7ϕ6.0)6本のすべてにポストテンション方式のアラミド緊張材が用いられている. プレテンション橋は, 支間11.79mの3主桁合成床版橋で, 主桁はプレテンション方式で作成した桁高1.3mの中空断面箱桁であり, 緊張材(3ϕ6.0)を下縁に12本, 上縁に4本配置している. 長期計測は竣工後1170日後まで行われている. ポストテンション橋に配置させた内ケーブルと外ケーブルの緊張力の推移がロードセルで計測されている. グラウトされていない外ケーブルの有効係数は, 1170日で0.79で, 60年後の有効係数を0.75と推定している. プレテンション橋に埋め込まれた有効応力計の計測値より, 有効応力の減少は観察されていないと報告している.



備考

分類	B1-27																																																				
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AD)																																																			
論文名	アラミド繊維棒材を緊張材としたプレテンションPCはりの水中疲労																																																				
著者	崎山義之(ピー・エス), 高木宣章(立命館大学)																																																				
出典名	土木学会第49回年次学術講演会、1994.9																																																				
キーワード	"AFRP", "水中疲労"																																																				
概要	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはり、気中では棒材破断で破壊し、水中では、棒材破断とコンクリートの剥離による破壊に分かれた。 コンクリートの剥離で破壊するはり、疲労寿命が気中よりも著しく低下した。 水中では、はりのたわみが破壊形式に影響を及ぼす。 水中疲労で棒材破断で破壊するはり、気中とほぼ同等の疲労性状を有し、200万回水中疲労強度は、気中と同様に、アラミド繊維棒材を使用したはりの方がPC鋼線をもちいたはりより大きくなる。																																																				
結果	表-1 実験計画 <table><tr><th>供試体名</th><th>緊張材種類</th><th>下側棒材の初期緊張力</th><th>下縁プレストレス量</th><th>上限荷重比</th></tr><tr><td>KB6-6-70W</td><td rowspan="2">アラミド6mm</td><td rowspan="2">0.60Pu</td><td rowspan="2">45kgf/cm²</td><td>70 %</td></tr><tr><td>-92W</td><td>92 %</td></tr><tr><td>KB8-4-40W</td><td rowspan="4">アラミド8mm</td><td rowspan="4">0.40Pu</td><td rowspan="4">59kgf/cm²</td><td>40 %</td></tr><tr><td>-52W</td><td>52 %</td></tr><tr><td>-60W</td><td>60 %</td></tr><tr><td>-70W</td><td>70 %</td></tr><tr><td>PC7-4-50W</td><td rowspan="2">PC鋼線7mm</td><td rowspan="2">0.43Pu</td><td rowspan="2">57kgf/cm²</td><td>50 %</td></tr><tr><td>-60W</td><td>60 %</td></tr></table> 上限荷重比: 静的耐力に対する比 Pu : 緊張材の引張耐力 表-2 緊張材の機械的性質 <table><tr><th>種類</th><th colspan="2">アラミド</th><th>PC鋼線</th></tr><tr><td>呼び径 (mm)</td><td>6</td><td>8</td><td>7</td></tr><tr><td>弾性係数(kgf/cm²)</td><td>7.4×10⁵</td><td>7.4×10⁵</td><td>20.0×10⁵</td></tr><tr><td>引張耐力(tf)</td><td>3.62</td><td>7.06</td><td>6.10</td></tr><tr><td>伸び率 (%)</td><td>2.24</td><td>2.33</td><td>8.00</td></tr></table>			供試体名	緊張材種類	下側棒材の初期緊張力	下縁プレストレス量	上限荷重比	KB6-6-70W	アラミド6mm	0.60Pu	45kgf/cm ²	70 %	-92W	92 %	KB8-4-40W	アラミド8mm	0.40Pu	59kgf/cm ²	40 %	-52W	52 %	-60W	60 %	-70W	70 %	PC7-4-50W	PC鋼線7mm	0.43Pu	57kgf/cm ²	50 %	-60W	60 %	種類	アラミド		PC鋼線	呼び径 (mm)	6	8	7	弾性係数(kgf/cm ²)	7.4×10 ⁵	7.4×10 ⁵	20.0×10 ⁵	引張耐力(tf)	3.62	7.06	6.10	伸び率 (%)	2.24	2.33	8.00
供試体名	緊張材種類	下側棒材の初期緊張力	下縁プレストレス量	上限荷重比																																																	
KB6-6-70W	アラミド6mm	0.60Pu	45kgf/cm ²	70 %																																																	
-92W				92 %																																																	
KB8-4-40W	アラミド8mm	0.40Pu	59kgf/cm ²	40 %																																																	
-52W				52 %																																																	
-60W				60 %																																																	
-70W				70 %																																																	
PC7-4-50W	PC鋼線7mm	0.43Pu	57kgf/cm ²	50 %																																																	
-60W				60 %																																																	
種類	アラミド		PC鋼線																																																		
呼び径 (mm)	6	8	7																																																		
弾性係数(kgf/cm ²)	7.4×10 ⁵	7.4×10 ⁵	20.0×10 ⁵																																																		
引張耐力(tf)	3.62	7.06	6.10																																																		
伸び率 (%)	2.24	2.33	8.00																																																		

表-3 疲労試験結果

供試体名	上限荷重	Pcr	破壊回数	Pu(比)	破壊形式
KB6-6-70W	2.52tf	3.42tf	569,230		F(B)
KB6-6-92W	3.40tf	3.40tf	1,080		F(B)
KB8-4-40W	2.92tf	3.60tf	2,000,000	6.7tf(0.92)	S(B)
KB8-4-52W	3.80tf	3.78tf	261,770		F(C)
KB8-4-60W	4.37tf	3.65tf	12,800		F(C)
KB8-4-70W	5.10tf	3.65tf	1,670		F(B)
PC7-4-50W	2.91tf	3.78tf	2,000,000	3.8tf(0.64)	F(B)
PC7-4-60W	3.50tf	3.88tf	337,400		F(B)

Pcr : ひびわれ発生荷重

F: 疲労破壊

Pu : 残存静的強度

S: 200万回後の静的破壊

() : 静的耐力に対する比

B: 棒材破断

C: コンクリートの剥離による破壊

図-2 たわみと繰返し回数

*: コンクリートの剥離による破壊

上限荷重比 (%)

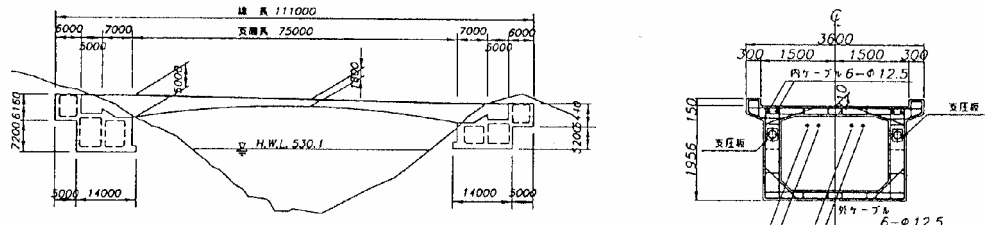
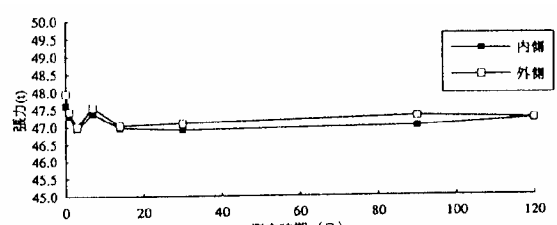
繰返し回数 (回)

KB8-4水中
KB6-6水中
PC7-4水中
KB8-4気中
KB6-6気中
PC7-4気中

図-3 S-N図

結 果

備 考

分 類	B2-16
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (CS)
論 文 名	CFRPを外ケーブルに適用したPC橋の載荷試験及びケーブル張力の長期測定
著 者	細谷 学(大成建設), 石川 育(大成建設)
出 典 名	土木学会第49回年次学術講演会, pp.952-953, 1994.8.
キーワード	CFRP, 外ケーブル, 載荷試験, 張力の長期測定
概 要	全緊張材にCFRPケーブルを使用したPC橋梁の静的および動的載荷試験を実施して, 橋梁の挙動や外ケーブルの振動特性および張力変動を把握し, CFRP外ケーブルの有用性について検討する. さらに, 6カ月にわたる外ケーブル張力の長期測定を行い, 長期的な材料特性を把握する.
結 果	緊張後6カ月経過した段階での張力の現象は, 1.0~1.5%程度であり, 張力はほとんど減少していない. また, 張力の変動も小さく安定している. FRPの中にはリラクセーションの大きいことが問題になるものがあるが, 少なくとも今回のCFRPに関しては, 実験結果から, そのような問題はないと考えられる.  図-1 つくでカントリークラブNo.8ホール橋梁一般図  図-4 張力の長期測定結果
備 考	

分類	B1-37														
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD, GD, CD)													
論文名	FRPロッドの疲労強度に及ぼす応力振幅と平均応力の影響														
著者	西村 次男(東京大学)、大賀 宏行(東京大学)														
出典名	土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第5部 PP.882-883, 1994														
キーワード	FRPロッド、疲労、平均応力、応力振幅														
概要	アラミド繊維(AFRP)、ガラス繊維(GFRP)、カーボン繊維(CFRP)の疲労強度に及ぼす平均応力と応力振幅の影響について、実験的に検討を加えた。														
結果	(1) AFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドの疲労破壊の繰返し回数は、疲労試験における平均応力及び応力振幅に影響を受け、平均応力及び応力振幅の増大とともに疲労繰返し回数は低下する。 (2) GFRPロッドの疲労繰返し数は、上限応力33.8kgf/mm²、応力振幅20kgf/mm²以下において400万回以上に到達した。 (3) AFRPロッドの疲労繰返し数は、GFRPロッドよりも高い上限応力118.3kgf/mm²で、応力振幅20kgf/mm²以下において400万回以上に到達した。 (4) CFRPロッドは、応力振幅50kgf/mm²を境に応力振幅を増大させると繰返し数は急激に減少する。しかし上限応力113.9kgf/mm²、応力振幅50kgf/mm²以下においてAFRPロッドと同様に400万回以上となった。 表-1 動的疲労試験の載荷条件 <table><tr><th>種 類</th><th>上限応力比(N)</th><th>応力振幅(kg/mm²)</th></tr><tr><td>AFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm²)</td><td>70, 80</td><td>10, 20, 50, 100</td></tr><tr><td>GFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm²)</td><td>20, 30, 40 50, 60, 70 80</td><td>10, 20, 50, 100</td></tr><tr><td>CFRPロッド 平均引張強度 (134kg/mm²)</td><td>85</td><td>10, 20, 50, 100</td></tr></table> 図-1 GFRPロッドの疲労強度に及ぼす 応力振幅の影響 図-2 AFRPロッド、CFRPロッドの疲労強度 に及ぼす応力振幅の影響(200万回以上打ち切り) 図-3 GFRPロッドの疲労強度に及ぼす 平均応力の影響			種 類	上限応力比(N)	応力振幅(kg/mm ²)	AFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	70, 80	10, 20, 50, 100	GFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	20, 30, 40 50, 60, 70 80	10, 20, 50, 100	CFRPロッド 平均引張強度 (134kg/mm ²)	85	10, 20, 50, 100
種 類	上限応力比(N)	応力振幅(kg/mm ²)													
AFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	70, 80	10, 20, 50, 100													
GFRPロッド 平均引張強度 (169kg/mm ²)	20, 30, 40 50, 60, 70 80	10, 20, 50, 100													
CFRPロッド 平均引張強度 (134kg/mm ²)	85	10, 20, 50, 100													
備考															

分 類	C5-1
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CD)
論 文 名	非磁性ルーム開発のための立体補強材の磁気特性評価
著 者	柿沢 忠弘 (竹中工務店)、大野 定俊 (竹中工務店)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1994年9月 No.1238 P475-476
キーワード	非磁性材料, 磁気, アクティブシールド, 微小磁場測定
概 要	外部からの低周波磁気ノイズを防ぐアクティブシールド技術について、外部磁場打消法はコイル磁場を乱す恐れのある鋼材は使用できない。この観点から炭素繊維ロッドによる3次元織物補強コンクリートを用いて非磁性ルームモデルを建造し、その磁気特性について検討した。
結 果	1、非磁性ルームモデルに用いるFRP補強材の力学特性 炭素繊維ロッド立体補強材は、2本の主方向材に連続繊維束をトラス上に巻き付けたモジュールを複数個組み合わせる。このモジュールを使用した立体補強コンクリート部材を使用してモデルルームを設置。強度的には十分な性能を有する。 2、非磁性ルームの磁気特性(鉄筋、ワイヤーメッシュ、炭素繊維立体補強材の比較) ・鉄筋;印加磁場増大に伴い応答磁場やや減少。低周波領域では高い応答。 ・ワイヤーメッシュ;周波数の増加と共に応答が急激に増大。 ・炭素繊維;周波数増加と共に若干増大するが、他材料比較すると極めて小さい。 ・壁面からの距離の影響は、低周波領域では小さく、高周波領域では壁面に近づくにつれて応答が急激に大きくなる。 ●炭素繊維材を用いた場合、壁より100cm程度離れた点で生体磁気測定に適した空間が得られることがわかった。
備 考	図-3 補強材の種類による応答磁場の周波数特性 図-4 補強材からの距離による応答磁場の特性 図-1 立体補強材の基本パターン

分類	C1-10																																																																																																																																														
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CD)																																																																																																																																														
論文名	長繊維補強コンクリート梁の載荷加熱試験 (第2報;実大断面と1/2縮小断面の載荷加熱試験の比較)																																																																																																																																														
著者	西田 一郎 (建材試験センター)、 中村 賢一 (建設省建築研究所)																																																																																																																																														
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1994年9月 No.3042 P1441-1442																																																																																																																																														
キーワード	耐火, たわみ変形, 加熱載荷試験																																																																																																																																														
概要	鉄筋及び長繊維補強材(炭素繊維)それぞれを主筋に使用したコンクリート梁の実大断面載荷加熱試験を実施し、試験済みの1/2スケール断面での実験結果との比較検討を行う。																																																																																																																																														
結果	・鉄筋、炭素繊維共、熱容量が大きい実大断面試験体の方が1/2試験よりもたわみ小。 ・炭素繊維材比較では、熱容量が大きい実大断面の方が伸縮変位が小さい。 表-1 試験結果の一覧 <table><tr><th rowspan="2">試験体 記号</th><th rowspan="2">主筋の 種類</th><th rowspan="2">結合 材</th><th rowspan="2">引張 主筋</th><th rowspan="2">A_t (cm²)</th><th rowspan="2">P_t (%)</th><th rowspan="2">試験体 寸法 (mm)</th><th colspan="3">載荷条件</th><th rowspan="2">加熱 条件</th><th rowspan="2">σ_f/ σ_{eei} (tf/ cm²)</th><th rowspan="2">E_f (tf/ cm²)</th><th rowspan="2">変形 比</th><th rowspan="2">加熱 時間 (分)</th><th colspan="2">破壊時及び試験終了時</th><th rowspan="2">中央 温度 (℃)</th><th rowspan="2">平均 温度 (℃)</th><th rowspan="2">破壊 状況</th></tr><tr><th>載荷 荷重 (tf)</th><th>Q (tf)</th><th>σ_f (kgf/ cm²)</th><th>標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線</th><th>破壊時間 (分)</th><th>中央たわみ (mm)</th></tr><tr><td>CFK-8φ</td><td>炭素 (螺旋状)</td><td>エポ キシ</td><td>8-12φ</td><td>9.04</td><td>1.85</td><td>梁成:300 梁幅:200 長さ: 4860</td><td>2.4</td><td>1.2</td><td>947</td><td>標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線</td><td>0.47</td><td>1239</td><td>0.80</td><td>180</td><td>—</td><td>—</td><td>14.7</td><td>719</td><td>B, C</td></tr><tr><td>CFK-12φ</td><td>炭素 (螺旋状)</td><td>エポ キシ</td><td>8-8φ</td><td>4.02</td><td>0.82</td><td>・実大断 面の1/2 形状</td><td>2.4</td><td>1.2</td><td>2130</td><td>標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線</td><td>1.07</td><td>1247</td><td>1.79</td><td>180</td><td>—</td><td>—</td><td>30.2</td><td>673</td><td>B, C</td></tr><tr><td>SD-D10</td><td>鉄筋 (SD295B)</td><td>—</td><td>6-D10</td><td>4.28</td><td>0.85</td><td>・実大断 面の1/2 形状</td><td>2.4</td><td>1.2</td><td>2000</td><td>標準加 熱曲線</td><td>1.00</td><td>2100</td><td>1.00</td><td>180</td><td>—</td><td>—</td><td>98.7</td><td>682</td><td>B, C</td></tr><tr><td>CFK-19φ</td><td>炭素 (螺旋状)</td><td>エポ キシ</td><td>6-19φ</td><td>17.00</td><td>0.73</td><td>梁成:600 梁幅:400 長さ: 4860</td><td>21.2</td><td>10.6</td><td>2000</td><td>標準加 熱曲線</td><td>1.00</td><td>1240</td><td>1.72</td><td>180</td><td>—</td><td>—</td><td>20.5</td><td>569</td><td>B, C</td></tr><tr><td>SD-D19</td><td>鉄筋 (SD295A)</td><td>—</td><td>6-D19</td><td>17.22</td><td>0.74</td><td>・実大断 面</td><td>21.4</td><td>10.7</td><td>2000</td><td>標準加 熱曲線</td><td>1.00</td><td>2100</td><td>1.00</td><td>161</td><td>600</td><td>153</td><td>83.8</td><td>615</td><td>A, C</td></tr></table> 注) 破壊状況欄の記号は下記の内容を示す。 A; 下端筋の伸びによる曲げ破壊 B; 破壊に至らず C; 繊維筋からの残炎無し																	試験体 記号	主筋の 種類	結合 材	引張 主筋	A _t (cm ²)	P _t (%)	試験体 寸法 (mm)	載荷条件			加熱 条件	σ _f / σ _{eei} (tf/ cm ²)	E _f (tf/ cm ²)	変形 比	加熱 時間 (分)	破壊時及び試験終了時		中央 温度 (℃)	平均 温度 (℃)	破壊 状況	載荷 荷重 (tf)	Q (tf)	σ _f (kgf/ cm ²)	標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	破壊時間 (分)	中央たわみ (mm)	CFK-8φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	8-12φ	9.04	1.85	梁成:300 梁幅:200 長さ: 4860	2.4	1.2	947	標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	0.47	1239	0.80	180	—	—	14.7	719	B, C	CFK-12φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	8-8φ	4.02	0.82	・実大断 面の1/2 形状	2.4	1.2	2130	標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	1.07	1247	1.79	180	—	—	30.2	673	B, C	SD-D10	鉄筋 (SD295B)	—	6-D10	4.28	0.85	・実大断 面の1/2 形状	2.4	1.2	2000	標準加 熱曲線	1.00	2100	1.00	180	—	—	98.7	682	B, C	CFK-19φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	6-19φ	17.00	0.73	梁成:600 梁幅:400 長さ: 4860	21.2	10.6	2000	標準加 熱曲線	1.00	1240	1.72	180	—	—	20.5	569	B, C	SD-D19	鉄筋 (SD295A)	—	6-D19	17.22	0.74	・実大断 面	21.4	10.7	2000	標準加 熱曲線	1.00	2100	1.00	161	600	153	83.8	615	A, C
試験体 記号	主筋の 種類	結合 材	引張 主筋	A _t (cm ²)	P _t (%)	試験体 寸法 (mm)	載荷条件			加熱 条件	σ _f / σ _{eei} (tf/ cm ²)	E _f (tf/ cm ²)	変形 比	加熱 時間 (分)	破壊時及び試験終了時		中央 温度 (℃)								平均 温度 (℃)	破壊 状況																																																																																																																					
							載荷 荷重 (tf)	Q (tf)	σ _f (kgf/ cm ²)						標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	破壊時間 (分)		中央たわみ (mm)																																																																																																																													
CFK-8φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	8-12φ	9.04	1.85	梁成:300 梁幅:200 長さ: 4860	2.4	1.2	947	標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	0.47	1239	0.80	180	—	—	14.7	719	B, C																																																																																																																												
CFK-12φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	8-8φ	4.02	0.82	・実大断 面の1/2 形状	2.4	1.2	2130	標準加 熱曲線 の時間 軸を3 倍に延 ばした 加熱曲 線	1.07	1247	1.79	180	—	—	30.2	673	B, C																																																																																																																												
SD-D10	鉄筋 (SD295B)	—	6-D10	4.28	0.85	・実大断 面の1/2 形状	2.4	1.2	2000	標準加 熱曲線	1.00	2100	1.00	180	—	—	98.7	682	B, C																																																																																																																												
CFK-19φ	炭素 (螺旋状)	エポ キシ	6-19φ	17.00	0.73	梁成:600 梁幅:400 長さ: 4860	21.2	10.6	2000	標準加 熱曲線	1.00	1240	1.72	180	—	—	20.5	569	B, C																																																																																																																												
SD-D19	鉄筋 (SD295A)	—	6-D19	17.22	0.74	・実大断 面	21.4	10.7	2000	標準加 熱曲線	1.00	2100	1.00	161	600	153	83.8	615	A, C																																																																																																																												
備考																																																																																																																																															

分類	B3-12														
材料	部材種類 (RC)	素材・形状 (C(シート))													
論文名	炭素繊維による補強部材の長期たわみ性状														
著者	木村 耕三(大林組技術研究所)、小畠 克朗(大林組技術研究所)														
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集、Vol.C、No.21340、pp.613-614、1994														
キーワード	炭素繊維シート、補強、長期たわみ、下面接着														
概要	炭素繊維シートにより補強されたRCはり(桁)あるいは床版の長期たわみ性状を把握するため、10cm×10cm×100cmのRCはり供試体を用いて1年間の長期載荷試験を行った。試験パラメータは載荷荷重の大きさに、A試験体のそれは無補強試験体の曲げひび割れ荷重相当、B試験体は無補強試験体の降伏荷重相当、C試験体は補強した試験体の最大耐力の2/3相当である。														
結果	(1)炭素繊維補強により、無補強部材の降伏荷重相当の載荷荷重を保持することができる。 (2)長期載荷による補強部材の初期たわみに対するたわみ倍率は1.13倍である。 (3)炭素繊維補強により、降伏応力下にある鉄筋の塑性ひずみとこれに伴うたわみの増大を抑制することができる。 表-1 使用材料の特性 <table><tr><th>材 料</th><th>降伏強度 (kgf/cm²)</th><th>引張強度 (kgf/cm²)</th><th>弾性係数 (tf/cm²)</th></tr><tr><td>鉄筋(D6)</td><td>3,840</td><td>5,600</td><td>2,040</td></tr><tr><td>炭素繊維 (シート状CFRP) (厚さ$t_f = 0.115$ mm)</td><td></td><td>26,700</td><td>2,300</td></tr></table> 図-1 試験体の形状寸法 図-3 載荷時間～たわみ関係 図-4 載荷時間～ひずみ関係 (B試験体)			材 料	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (tf/cm ²)	鉄筋(D6)	3,840	5,600	2,040	炭素繊維 (シート状CFRP) (厚さ $t_f = 0.115$ mm)		26,700	2,300
材 料	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (tf/cm ²)												
鉄筋(D6)	3,840	5,600	2,040												
炭素繊維 (シート状CFRP) (厚さ $t_f = 0.115$ mm)		26,700	2,300												
備考															

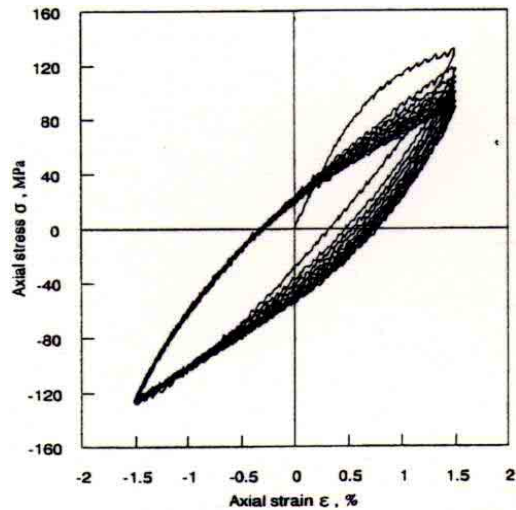


Fig. 4. Cyclic tension-compression test starting from tension ($\Delta\epsilon=1.5\%$, $\dot{\epsilon}=0.01\%$ /s).

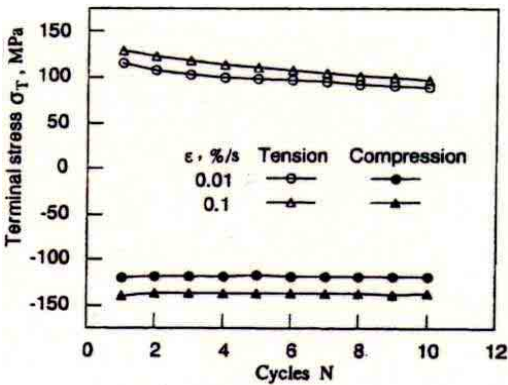
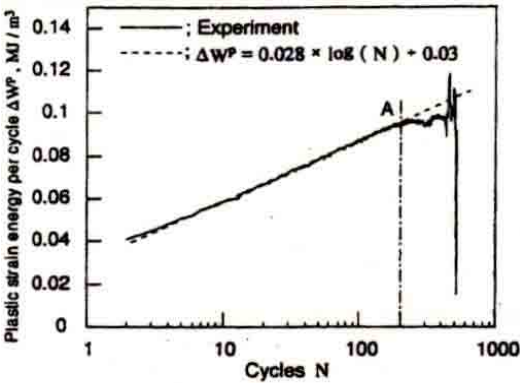
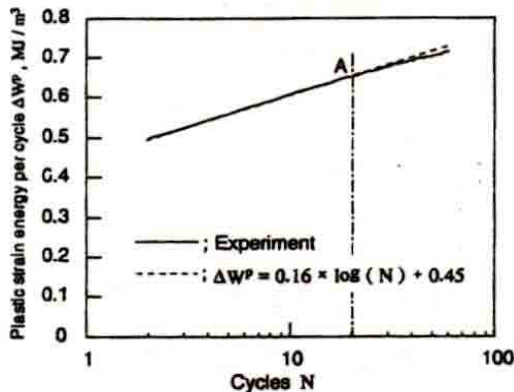


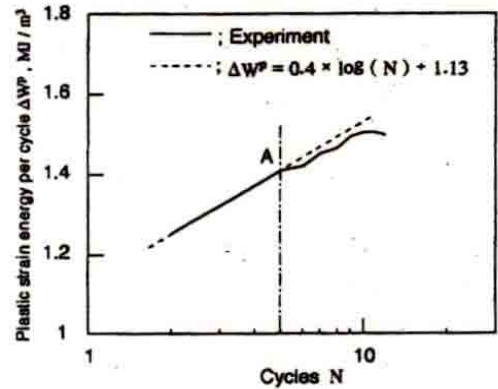
Fig. 7. Effect of strain rate.



(a) $\Delta\epsilon=0.5\%$, $\dot{\epsilon}=0.01\%$ /s.



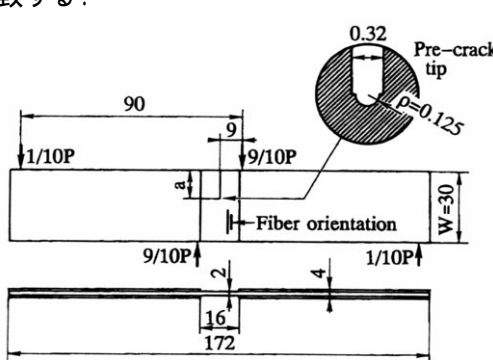
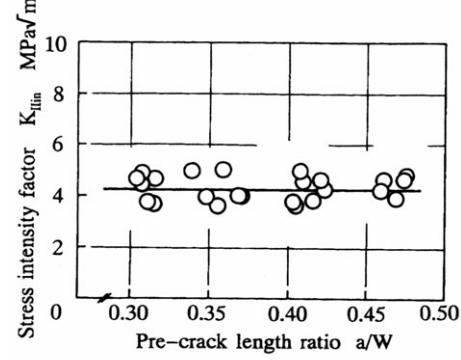
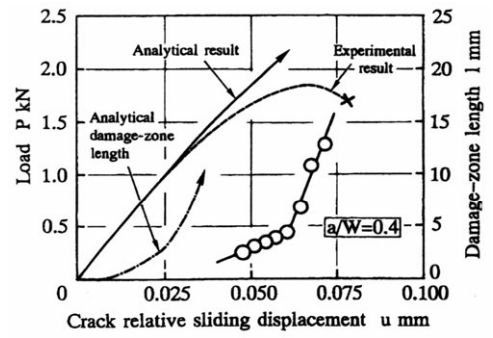
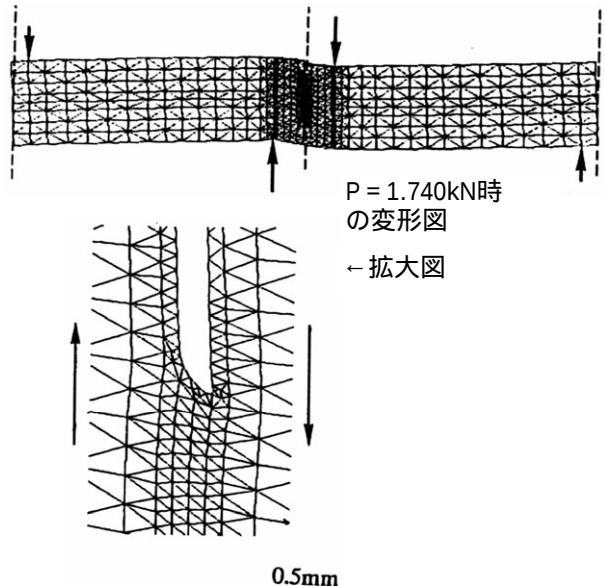
(b) $\Delta\epsilon=1.0\%$, $\dot{\epsilon}=0.01\%$ /s.



(c) $\Delta\epsilon=1.5\%$, $\dot{\epsilon}=0.01\%$ /s.

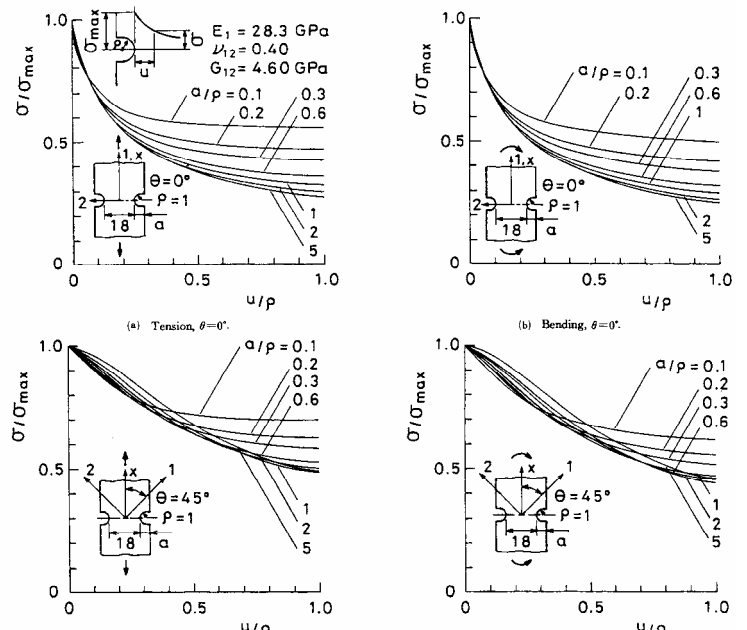
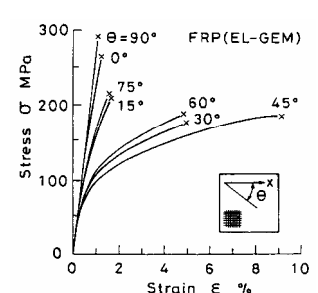
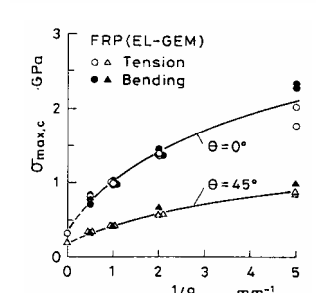
Fig. 10. Plastic strain energy per cycle versus cycles.

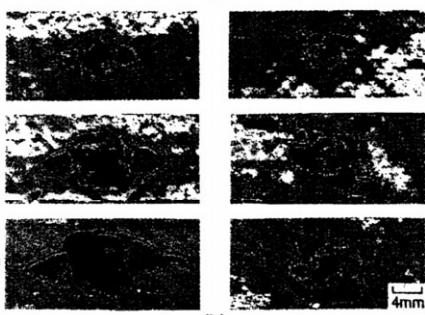
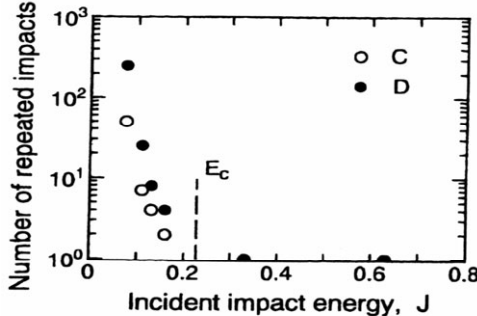
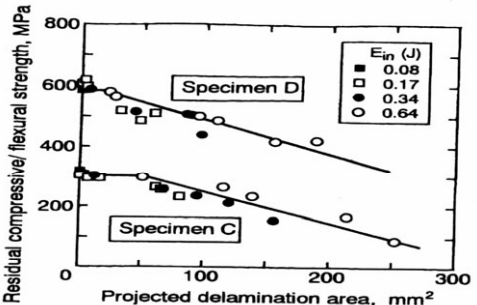
備考	
----	--

分 類	B4-9
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GP)
論 文 名	一方向GFRPの面内モード 破壊じん性評価 - FEMによる破壊シミュレーション -
著 者	川田広之(早稲田大学), 杉野正明(早稲田大学大学院)
出 典 名	材料(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.44, No.499, pp.470-476, 1985
キーワード	破壊モード, じん性, せん断, FEM
概 要	一方向GFRP平板供試初期破損過程および破壊じん性値のプレクラック長さ依存性を調査. 同時にFEMによるシミュレーションを実施.
結 果	(1) プレクラック長さ依存性はない. (2) FEM解析結果は載荷初期付近でのみ実験値と一致する.  Fig. 1. Shape and dimension of specimen.  Fig. 5. Variation of stress intensity factor with pre-crack length.  Fig. 13. Numerical load-crack relative sliding displacement curve.  P = 1.740kN時の変形図 ← 拡大図 0.5mm
備 考	

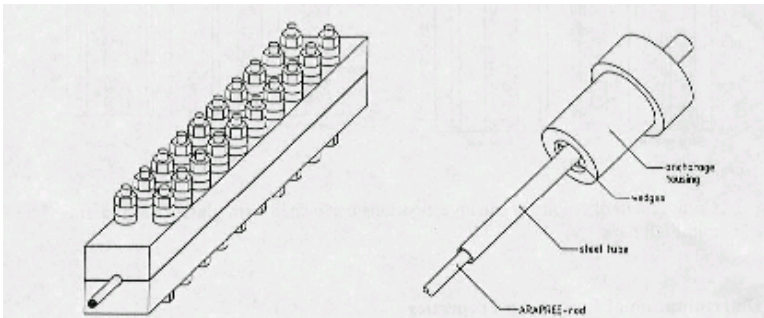
分類	C5-2
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論文名	CFRPの熱分解法によるリサイクル
著者	牛越憲治(株式会社神戸製鋼所), 小松信行(株式会社神戸製鋼所)
出典名	「材料」(J.Soc.Mat.Japan), Vol.44, No.499, pp.428-431, Apr.1995
キーワード	"CFRP", "Recycle", "Pyrolysis", "TG", "DTA"
概要	FRPのリサイクル技術についてはGFRPは歴史が古く、また、船舶、浴槽など大型製品が多い事などにより既にいくつかの研究例があり、実証段階に至ったものもある。一方、CFRPのリサイクル研究は、未硬化プリプレグからの炭素繊維の回収や粉砕法によるリサイクルが検討されているが、GFRPに比べ非常に少ない。CFRPを熱分解する事を想定した場合、炭素繊維がもともと高温で熱処理されて製造されているため、マトリックス樹脂の分解温度では、ガラス繊維のような加熱による強度低下が生じない事が予想される。また、ガラス繊維に比べ、
結果	〔供試材料〕 実験には、PAN系炭素繊維T300、M40とエポキシ樹脂、フェノール樹脂を使用した一方向強化複合材を用いた。 〔測定方法〕 熱分解特性は、熱重量分析
内容	

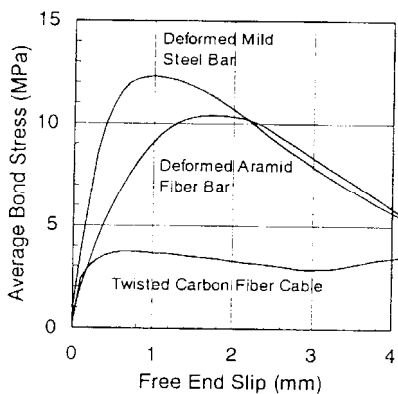
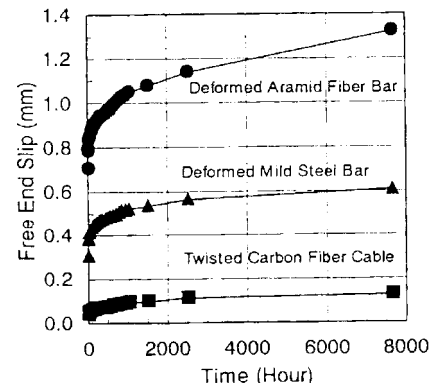
分類	A3-2
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (G、一方向布積層板)
論文名	酸性水と塩水中でのCFRP接着継ぎ手の強度低下
著者	中西洋一郎(大阪工業技術研究所)
出典名	材料(Vol44,No499)、pp407～411、Apr、1995
キーワード	CFRP、接着継ぎ手、引張旋断強度、酸性水、塩水、耐久性、寿命
概要	CFRPを大型構造物に適用する場合、CFRP間の接合法(接着)が課題となる。CFRPが実用された場合、曝される環境を考えると、酸性水、塩水環境下での試験例は少ない。そこで、2種類のエポキシ樹脂接着剤を用いてCFRPのシングルラップ継ぎ手を作製し、各種の水に浸漬し、引張せん断強度に及ぼす影響を検討した。
結果	・トレカT-300よりなる布にエポキシ樹脂を含浸したプリプレグを積層したCFRPを使用し、シングルラップ継ぎ手を製作した。 ・浸漬時間、温度が高くなるほど、せん断接着強度が低下した。しかし、酸性水でもあまり低下の度合いは大きくなり、塩水では蒸留水より小さかった。水の種類の影響は小さく、水分自体の影響と考えられる。 ・各浸漬温度において、せん断接着強度に時間依存性が認められ、活性化エネルギーを算出できた。CFRPのILSS(層間せん断強度)が吸水により劣化する際の活性化エネルギーとほぼ等しくなった。
備考	・せん断接着強度が1/2になる時間は30 で1.6×10^4hrs(1.8年)とあまり長くない。耐水性の高い接着剤を使用したらどうか？ ・FRPの耐久性ではなく、接着継ぎ手、接着剤の耐久性についてであり、全く関係の無い内容である。

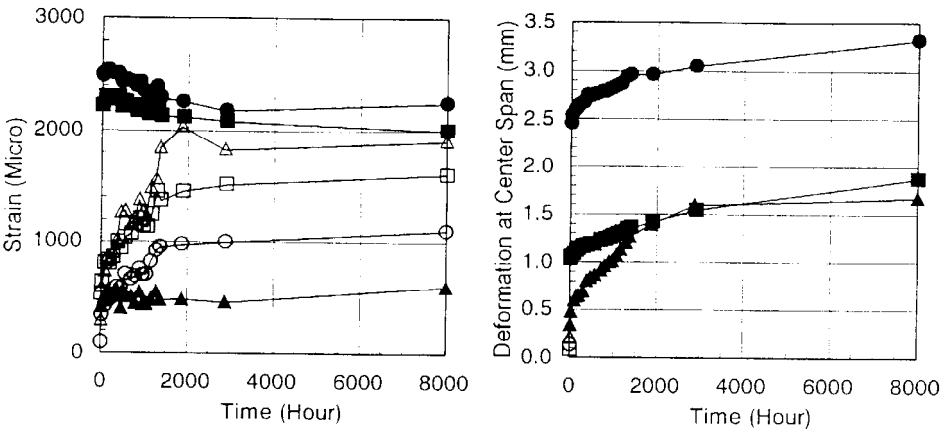
分類	B4-8
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論文名	切欠きをもつFRP板の静的破壊特性に及ぼす切欠形状の影響
著者	百武 秀(福岡大学工学部機械工学科), 山本俊浩(福岡大学工学部機械工学科)
出典名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol44, No.499, pp,401-406, Apr.1995
キーワード	強化プラスチック, 切欠き, 応力集中, 破壊基準, 引張り, 曲げ, 線形切欠力学
概要	市販されているFRP板(JIS:EL-GEM)を直交異方性板とみなし、これを用いて切欠平板の応力解析を行い、破壊基準の適用性を検討した。さらに、この切欠平板について引張りと曲げの静的荷重試験を行い、破壊基準の妥当性を実証した。試験および解析は、試験片の長軸が直交異方性板の主軸と一致する場合と異なる場合について行った。結果、(1) $\theta=0^\circ$ および 45° のそれぞれで切欠底付近の相対応力分布は、切欠深さが切欠半径以上であれば、引張りと曲げで類似していることが示された。破壊時における切欠底の最大弾性応力 $\sigma_{\max,c}$ は、切欠半径 ρ が同じであれば引張りと曲げでともに同じ値をとると考えられる。$\theta=0^\circ$ および 45° の試験片それぞれで引張りおよび曲げの実験値は一本の $\sigma_{\max,c}-\rho$ 曲線で表された。
結果	 Fig. 4. Elastic relative stress distributions near the notch root for an orthotropic lamina.  Fig. 2. Angular variation of tensile properties of FRP plate.  Fig. 8. Maximum elastic stress at fracture, $\sigma_{\max,c}$, versus notch-root radius ρ for notched FRP plates in tension and bending.
備考	

分 類	B4-10
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論 文 名	低エネルギーの繰返し衝撃によるCFRP積層材の損傷
著 者	申亭燮(岩手大学), 前川一郎(神奈川工科大学)
出 典 名	材料(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.44, No.500, pp.625-630, May.1995
キ-ワード	CFRP積層材, 低エネルギー, 繰返し衝撃, 損傷, 残留強度
概 要	低エネルギーの衝撃によるCFRP積層材の損傷挙動を解明するため、一定エネルギーの繰返し衝撃が可能な衝撃実験装置を試作し、小形の試験片を用いて小球の繰返し衝撃によって生じる損傷と強度低下について検討した。 (1)単発衝撃により、層間はく離面積は衝撃エネルギーに対して直線的に増加したが、積層順序の影響が見られた。(2)繰返し衝撃の場合、損傷挙動は衝撃エネルギーレベルに大きく依存。(3)繰返し衝撃後の残留強度評価は、積層順序によって異なる。(4)残留強度と投影層間はく離面積との間には比例関係が見られた。(5)小球の繰返し衝撃試験は、小形の試験片に対しても積層材の損傷挙動や残留強度の評価を可能にした。
結 果	Specimen C Specimen D N=1  (a)  (b) Fig. 2. C-scan images of internal damage after (a) single impact and (b) repeated impact (at $E_{in}=0.34$ J).  Fig. 5. The numbers of impact to delamination initiation for repeated impact under sub-critical energy level.  Fig. 10. Relation between residual strength and projected delamination area.

分 類	C4-1
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GD、CD)
論 文 名	FIRE RESISTANANCE OF CONTINUOUS FIBER REINFORCED CONCRETE
著 者	H.TANANO(Building Research Institute,Ministry of Construction) 、 Y.MASUDA(Building Research Institute,Ministry of Construction)
出 典 名	Non-metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995 P368-375
キーワード	炭素繊維, アラミド繊維, ガラス繊維, 耐火, 加熱載荷試験
概 要	連続繊維補強RC梁の加熱試験と、加熱後の曲げ試験を行った。温度の上昇に従い、残留する連続繊維補強材の引張強度が低下し、梁の破壊モードがコンクリートの圧壊から引張破壊に変化した。
結 果	梁の曲げ耐力および曲げ剛性は、温度の上昇に従い低下する。その低下割合は、補強材料のタイプによって異なる。耐力および剛性の低下割合は、エポキシを含浸材料に使用している補強材がReBarを用いている材料より大きい。ガラス繊維補強材を用いた梁の耐力と剛性は、高温域で、他に比較して低い。また、無機のマトリックス材を用いた炭素繊維補強梁の剛性低下は少なく、体力低下は非常に小さかった。 450℃で加熱した鉄筋補強梁の残留耐力は87%であった。 Fig. 6 Relationship between the Rate of Decrease in Stiffness and Heating Temperature Fig. 7 Relationship between the Rate of Decrease in Strength and Heating Temperature
備 考	

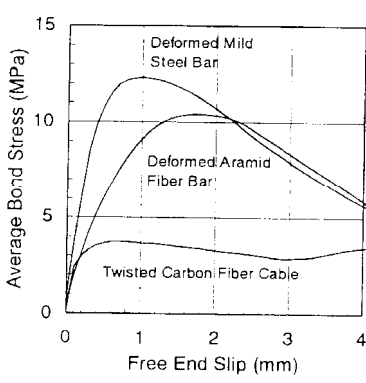
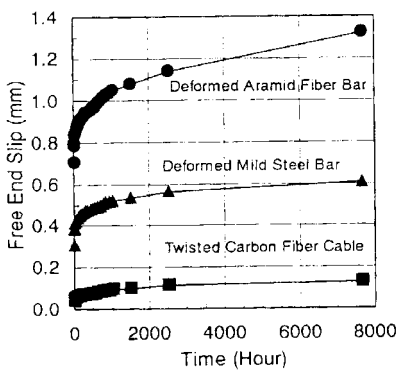
分類	B2-37
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (A D)
論文名	ASPECT OF LABORATORY TESTING TO DETERMINE MECHANICAL PROPERTIES OF FRP
著者	M.SCHEIBE,F.S.ROSTASY(Ibmb,Technical University of Braunschweig,Braunschweig,Germany)
出典名	Non-metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995
キーワード	試験方法,引張強度,クリープ,疲労
概要	FRP棒材の試験方法の提案を行っている。試験方法は、定着部を含めた引張試験方法、クリープ試験方法、疲労試験方法である。提案試験方法を用いてArapree200.000を評価している。その評価結果については述べられていない。
結果	引張試験方法 引張試験に用いるアンカーシステムを提案している。(fig.2) クリープ試験方法 クリープ試験器は、アキュムレーターを備えた油圧システムを採用している。環境条件は、気中とコンクリート細孔液をもしたCa(OH)₂+0.4nKOHを用いている。 試験結果は、具体的には述べられていない、環境条件に関わらず同じ性状を示したとしている。 疲労試験 疲労試験に次の特長がある。試料を疲労試験の前に、200時間アルカリ溶液中で0.7Puの荷重で緊張し試料にアルカリ溶液を浸透させ、疲労試験を行っている。 疲労試験の結果は、平均応力1000・750N/mm²、両振幅200・300N/mm²で200万回の疲労耐力を有した。また、アルカリ溶液を含浸させた試料も同様であったが、残留強度が気中のものと比べて4%低下した。  Fig.2: Laboratory anchorages (on the left side: clamp anchorage [IWB,TU Stuttgart] on the right side: wedge bond anchorage [4])
備考	

分 類	B2-41
材 料	部材種類 (コンクリートブロック、コンクリート梁) 素材・形状 (より線状炭素繊維ケーブル・、異形アラミド繊維棒材)
論 文 名	A STUDY ON BOND CREEP BEHAVIOR OF FRP REBARS EMBEDDED IN CONCRETE
著 者	A. H A T T O R I (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan) S. I N O U E (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan)
出 典 名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures、RILEM. pp.172-179、1995
キーワード	F R P 補強筋、引抜き試験、付着クリープ、曲げクリープ、長期たわみ
概 要	コンクリート立方体試験体を用いた8000時間までの引抜きクリープ試験で2種類のF R P 補強筋自由端の滑り増加を調査して付着クリープ挙動を調査し、また、F R P 補強筋を用いたコンクリート梁の付着クリープの影響を鉄筋を補強筋とするコンクリート梁のそれと比較している。
結 果	(1) 連続繊維補強材料。使用した連続繊維補強材料は繊維巻き付けのある素線を用いた7本より炭素繊維より線φ7.5mmと繊維巻き付けによって異形鉄筋と類似の表面形状としたアラミド繊維異形棒φ6mm、および、異形鉄筋D10mmである。 (2) 引抜き試験。アラミド繊維異形棒は、鉄筋とほぼ等しい平均付着応力度と自由端すべりを示した。炭素繊維より線は、鉄筋の1/3程度の最大平均付着応力度を示し、滑りが大きくなってこの付着応力度を確保した。 (3) 引抜きクリープ試験。アラミド繊維異形棒は、平均付着応力度を鉄筋の場合と同じとしたとき、鉄筋より大きい自由端すべりの増加を示した。一方、炭素繊維より線は、付着応力度比を鉄筋の場合と同じとしたとき、鉄筋より小さい自由端滑りの増加を示した。 (4) 曲げクリープ試験。連続繊維補強材を主引張補強筋とした100mm×200mm×1500mmのコンクリート梁の曲げクリープ試験の結果、長期たわみは梁の圧縮域にあるコンクリートの圧縮クリープに支配されており、主引張補強筋として用いた連続繊維補強材の付着クリープの影響が、従来の異形鉄筋を用いる場合と同様に、さほど重要ではないことが得られた。   Fig. 6. Changes in the free end slip

	
備考	

分 類	C1-11
材 料	部材種類 (PC、RC) 素材・形状 (AD)
論 文 名	UNI-DIRECTIONAL FIBER PRESTRSSED CONCRETE ELEMENTS
著 者	W.R.DE SITTER(Hollandsche Beton Groep)、 F.TOLEMAN(Netherlands Pavement Consultants bv.)
出 典 名	Non-metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1995
キーワード	割裂ひび割れ, 温度, プレストレス, 表面コート,
概 要	FRPの種類とコンクリートをパラメーターとした試験を実施し、FRPの定着部に生じるひび割れや定着性能について検討している。試験項目は、PCとRCの短期間試験で下記の内容である。(45mm×45mm部材) 1. PC部材長をパラメーターとしてひび割れ発生を観察 2. 単調増加および繰り返しの温度負荷試験 3. 単調引き抜き試験 4. 3点曲げ試験
結 果	試験は、ポリマーセメント(?)を用いた珪砂の小型断面(45×45mm)でPC、PR部材を作成している。PC部材は18.5kNの有効プレストレスが導入された。 温度負荷試験は、長さを10mm～150mmとした試験体に温度負荷をかけ、ひび割れの発生状況を目視調査している。結果、RC部材では単調増加で110℃までひび割れが生じなかった。一方、PC部材は初期から多くの部材でひび割れが生じた。20℃～100℃の繰り返し載荷も同様の結果であった。 引き抜き試験は、試験体の長さを10mm～150mmとした試験体を用いて行っている。相対的な評価は出来たが定着長を決定することは出来なかった。 3点曲げは、スパン450mm、梁高45mmで雰囲気温度20℃と60℃で行っている。結果、20℃に比し60℃の試験体は、PC部材が特に曲げ耐力が低下している。(fig.9) Fig.9: Results of three point bending tests
備 考	

分類	C1-21, C2-15
材料	部材種類 (P C) 素材・形状 (CD)
論文名	Durability Studies on Prestressed Concrete Beams With CFRP Tendons
著者	M.Arockiasamy, M.Zhuang and K.Sandepudi
出典名	
キーワード	アルカリ溶液、CFRP、変性、劣化、暴露、プレストレス、海水
概要	本論文は、海水およびアルカリ環境下に暴露されたCFRPロッドを用いたPCコンクリートはりの耐久性と破壊挙動に関する実験的研究報告である。CFRPロッドを用いた9本のはり供試体が3グループに分け制作された。そのうち1本は基準供試体として試験を行い、その他のはり供試体は、予めクラックを発生させ、海水またはアルカリ性溶液環境中で、乾湿繰り返しを与えた。暴露されたはり供試体は3ヶ月、6ヶ月および9ヶ月浸水後、試験を実施している。
結果	CFRPロッドを用いたPCコンクリートはりの破壊強度とCFRPロッドの劣化は、海水あるいはアルカリ性溶液の環境下での耐久性として評価されている。実験より、以下の結果が得られた。 (1) CFRPロッドを用いたPCコンクリートはりの破壊強度は、一般的な力学理論を用い予測できる。 (2) CFRPロッドを用いた予めひびわれを発生させたPCコンクリートはり、海水またはアルカリ溶液の環境に暴露後の破壊強度の低下は認められなかった。 (3) 海水暴露後の破壊モードは、いっそうの脆性挙動をしめした。しかし、本件についてはさらなる継続研究が必要であるとしている。 Fig. 1 Reinforcement details of specimens Fig. 2 Test setup and instrumentation

分 類	B3-10
材 料	部材種類 (コンクリートブロック、コンクリート梁) 素材・形状 (より線状炭素繊維ケーブル・、異形アラミド繊維棒材)
論 文 名	A STUDY ON BOND CREEP BEHAVIOR OF FRP REBARS EMBEDDED IN CONCRETE
著 者	A. H A T T O R I (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan) S. I N O U E (Department of Civil Engineering, Kyoto University, Japan)
出 典 名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures、RILEM. pp.172-179、1995
キーワード	F R P 補強筋、引抜き試験、付着クリープ、曲げクリープ、長期たわみ
概 要	コンクリート立方体試験体を用いた8000時間までの引抜きクリープ試験で2種類のF R P 補強筋自由端の滑り増加を調査して付着クリープ挙動を調査し、また、F R P 補強筋を用いたコンクリート梁の付着クリープの影響を鉄筋を補強筋とするコンクリート梁のそれと比較している。
結 果	(1) 連続繊維補強材料。使用した連続繊維補強材料は繊維巻き付けのある素線を用いた7本より炭素繊維より線φ7.5mmと繊維巻き付けによって異形鉄筋と類似の表面形状としたアラミド繊維異形棒φ6mm、および、異形鉄筋D10mmである。 (2) 引抜き試験。アラミド繊維異形棒は、鉄筋とほぼ等しい平均付着応力度と自由端すべりを示した。炭素繊維より線は、鉄筋の1/3程度の最大平均付着応力度を示し、滑りが大きくなってこの付着応力度を確保した。 (3) 引抜きクリープ試験。アラミド繊維異形棒は、平均付着応力度を鉄筋の場合と同じとしたとき、鉄筋より大きい自由端すべりの増加を示した。一方、炭素繊維より線は、付着応力度比を鉄筋の場合と同じとしたとき、鉄筋より小さい自由端滑りの増加を示した。 (4) 曲げクリープ試験。連続繊維補強材を主引張補強筋とした100mm×200mm×1500mmのコンクリート梁の曲げクリープ試験の結果、長期たわみは梁の圧縮域にあるコンクリートの圧縮クリープに支配されており、主引張補強筋として用いた連続繊維補強材の付着クリープの影響が、従来の異形鉄筋を用いる場合と同様に、さほど重要ではないことが得られた。   Fig. 6. Changes in the free end slip

	The figure consists of two side-by-side line graphs. The left graph plots 'Strain (Micro)' on the y-axis (0 to 3000) against 'Time (Hour)' on the x-axis (0 to 8000). It shows multiple data series with different markers (circles, squares, triangles, diamonds, etc.) that generally increase in strain over time, with some series starting at higher initial values. The right graph plots 'Deformation at Center Span (mm)' on the y-axis (0.0 to 3.5) against 'Time (Hour)' on the x-axis (0 to 8000). It shows three distinct data series, each with a different marker, all showing an upward trend in deformation over time.
備考	

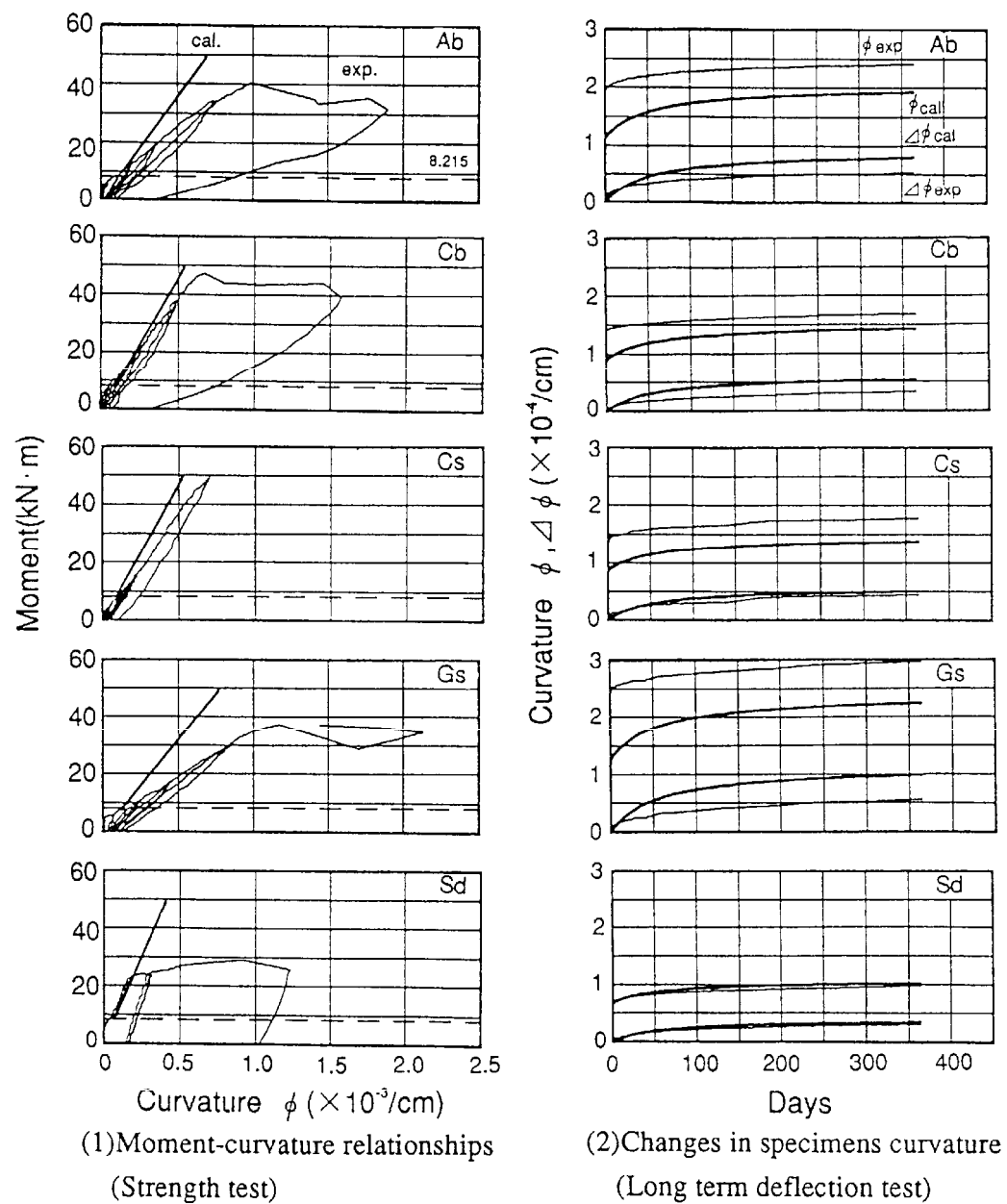


Fig. 2. Results of strength test and long term deflection test

備考

分 類	C1-12
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD,AD,GD)
論 文 名	Prediction of Detarioration of FRP Rods due to Alkali Attack
著 者	F.Katuki,T.Uomoto
出 典 名	
キーワード	FRPロッド、アルカリ浸透、予測、拡散、引張強度
概 要	本研究は、AFRP、CFRPおよびGFRPロッドの促進試験は、FRPロッド中へのアルカリの浸透を明らかにする目的で実施されている。また、各FRPロッド断面は、走査電子顕微鏡(EPMA)を用いて観察を行っている。これらの試験と調査により、各FRPロッドのアルカリ浸透状況および引張強度変化について検討を加えている。
結 果	促進試験およびEPMAによる観察調査より、以下の結果が得られている。 (1) ビニール樹脂を母材に使用したGFRPロッドではアルカリの浸透が認められる。なお、アルカリの浸透は繊維防護樹脂の極めて薄い厚さの位置とガラス繊維のアルカリ抵抗性に乏しい理由により生じるものである。 よって、ガラス繊維をアルカリ接触から防ぐには、樹脂のコーティング層厚を調整する必要があるとしている。 (2) GFRPロッドのアルカリ浸透過程は、Fickの第一法則に基づき提案されたモデルにより定量的に再現できる。(図-7参照) また、アルカリの影響を受けたGFRPの引張強度低下は、提案モデルにより評価できるとしている。 (3) アラミドや炭素繊維のような高耐アルカリ性材によるAFRPおよびGFRPロッドでは、アルカリの浸透はないとしている。 図 - 7 Converting to a simple model for predicting alkali penetration
内 容	

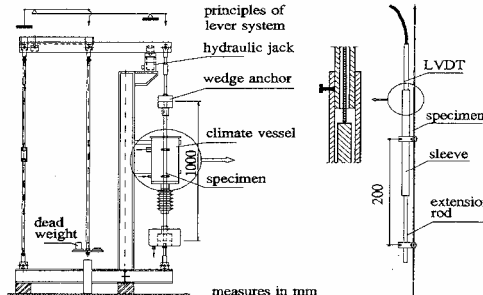
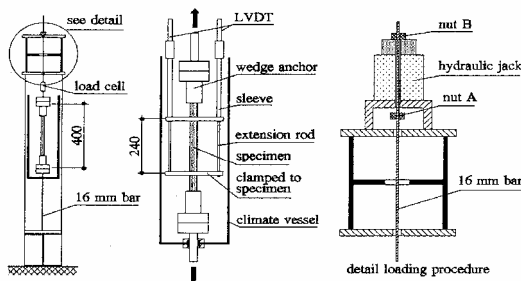
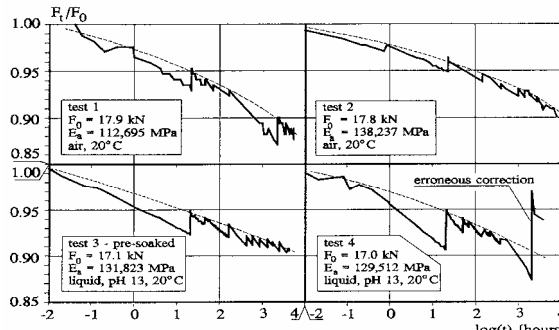
分類	B3-6																																																																																																																																																																										
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD)																																																																																																																																																																									
論文名	Long - Term Behaviour of Arapree																																																																																																																																																																										
著者	A. Gerritse(Consultant, Rotterdam), J.A. Den Uijl(Delft University of Technology)																																																																																																																																																																										
出典名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures. PP57-66, 1995																																																																																																																																																																										
キーワード	alkaline environment, aramid, creep, long-term loading, prestressing tendon, relaxation, stress-rupture																																																																																																																																																																										
概要	AFRP試験体のアルカリ溶液中(PH13、摂氏20度、60度)における長期試験を実施し、クリープ破壊、クリープ・リラクセーション特性に関して検討した。																																																																																																																																																																										
結果	(1) クリープ破壊時間は温度の影響を受ける(摂氏60度のアルカリ溶液中の試験体のクリープ破壊時間は、摂氏20度の場合の1/10～1/15程度)。 (2) リラクセーションおよびクリープは、水の影響を受ける(アルカリ溶液中の試験体のリラクセーション率は、大気中の場合よりも40%大きい)。 (3) リラクセーションおよびクリープは応力レベルとは関係が無く、初期導入力に対する損失率は、経過時間および環境条件から決まる。 (4) リラクセーションおよびクリープは、試験が行われた摂氏60度程度までは、温度にあまり影響されない。   Fig. 1. Load system for creep tests and mounting of LVDT Table 1. Load and duration of tests at 60°C and pH 13 <table> <tr> <th>test nr.</th><th>load [kN]</th><th>time [h]</th><th>observations</th><th>test nr.</th><th>load [kN]</th><th>time [h]</th><th>observations</th></tr> <tr><td>1</td><td>18.57</td><td>8640</td><td>no failure</td><td>21</td><td>22.52</td><td>0</td><td>splitting at loading¹⁾</td></tr> <tr><td>2</td><td>18.35</td><td>8544</td><td>no failure</td><td>22</td><td>22.52</td><td>69</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>3</td><td>18.50</td><td>3039</td><td>fracture</td><td>23</td><td>21.75</td><td>310</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>4</td><td>18.75</td><td>5202</td><td>splitting/fracture</td><td>24</td><td>21.38</td><td>600</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>5</td><td>18.50</td><td>335</td><td>slip, unrel. measur.¹⁾</td><td>25</td><td>21.24</td><td>21</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>6</td><td>20.25</td><td>1161</td><td>fracture</td><td>26</td><td>21.53</td><td>470</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>7</td><td>20.30</td><td>614</td><td>fracture</td><td>27</td><td>22.52</td><td>103</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>8</td><td>21.90</td><td>731</td><td>fracture</td><td>28</td><td>20.35</td><td>353</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>9</td><td>23.40</td><td>46</td><td>fracture</td><td>29</td><td>20.50</td><td>2847</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>10</td><td>24.30</td><td>7</td><td>splitting/fracture</td><td>30</td><td>23.57</td><td>63</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>11</td><td>23.30</td><td>35</td><td>splitting/fracture</td><td>31</td><td>23.27</td><td>21</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>12</td><td>23.38</td><td>44</td><td>splitting/fracture</td><td>32</td><td>23.55</td><td>21</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>13</td><td>21.53</td><td>269</td><td>fracture</td><td>33</td><td>23.55</td><td>11</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>14</td><td>21.55</td><td>69</td><td>splitting/fracture</td><td>34</td><td>20.55</td><td>3001</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>15</td><td>21.53</td><td>105</td><td>splitting/fracture</td><td>35</td><td>20.55</td><td>1019</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>16</td><td>21.55</td><td>1311</td><td>splitting/fracture</td><td>36</td><td>20.30</td><td>445</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>17</td><td>21.24</td><td>361</td><td>splitting/fracture</td><td>37</td><td>20.40</td><td>150</td><td>splitting/fracture</td></tr> <tr><td>18</td><td>21.38</td><td>344</td><td>splitting/fracture</td><td>38</td><td>23.55</td><td>170</td><td>fracture</td></tr> <tr><td>19</td><td>21.53</td><td>476</td><td>fracture</td><td>39</td><td>20.33</td><td>2686</td><td>splitting, test ended</td></tr> <tr><td>20</td><td>21.22</td><td>660</td><td>fracture</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> 1) rejected for stress-rupture analysis  Fig. 5. Relative force versus time observed in relaxation tests			test nr.	load [kN]	time [h]	observations	test nr.	load [kN]	time [h]	observations	1	18.57	8640	no failure	21	22.52	0	splitting at loading ¹⁾	2	18.35	8544	no failure	22	22.52	69	splitting/fracture	3	18.50	3039	fracture	23	21.75	310	splitting/fracture	4	18.75	5202	splitting/fracture	24	21.38	600	fracture	5	18.50	335	slip, unrel. measur. ¹⁾	25	21.24	21	splitting/fracture	6	20.25	1161	fracture	26	21.53	470	fracture	7	20.30	614	fracture	27	22.52	103	fracture	8	21.90	731	fracture	28	20.35	353	fracture	9	23.40	46	fracture	29	20.50	2847	fracture	10	24.30	7	splitting/fracture	30	23.57	63	fracture	11	23.30	35	splitting/fracture	31	23.27	21	fracture	12	23.38	44	splitting/fracture	32	23.55	21	fracture	13	21.53	269	fracture	33	23.55	11	fracture	14	21.55	69	splitting/fracture	34	20.55	3001	splitting/fracture	15	21.53	105	splitting/fracture	35	20.55	1019	splitting/fracture	16	21.55	1311	splitting/fracture	36	20.30	445	splitting/fracture	17	21.24	361	splitting/fracture	37	20.40	150	splitting/fracture	18	21.38	344	splitting/fracture	38	23.55	170	fracture	19	21.53	476	fracture	39	20.33	2686	splitting, test ended	20	21.22	660	fracture				
test nr.	load [kN]	time [h]	observations	test nr.	load [kN]	time [h]	observations																																																																																																																																																																				
1	18.57	8640	no failure	21	22.52	0	splitting at loading ¹⁾																																																																																																																																																																				
2	18.35	8544	no failure	22	22.52	69	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
3	18.50	3039	fracture	23	21.75	310	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
4	18.75	5202	splitting/fracture	24	21.38	600	fracture																																																																																																																																																																				
5	18.50	335	slip, unrel. measur. ¹⁾	25	21.24	21	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
6	20.25	1161	fracture	26	21.53	470	fracture																																																																																																																																																																				
7	20.30	614	fracture	27	22.52	103	fracture																																																																																																																																																																				
8	21.90	731	fracture	28	20.35	353	fracture																																																																																																																																																																				
9	23.40	46	fracture	29	20.50	2847	fracture																																																																																																																																																																				
10	24.30	7	splitting/fracture	30	23.57	63	fracture																																																																																																																																																																				
11	23.30	35	splitting/fracture	31	23.27	21	fracture																																																																																																																																																																				
12	23.38	44	splitting/fracture	32	23.55	21	fracture																																																																																																																																																																				
13	21.53	269	fracture	33	23.55	11	fracture																																																																																																																																																																				
14	21.55	69	splitting/fracture	34	20.55	3001	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
15	21.53	105	splitting/fracture	35	20.55	1019	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
16	21.55	1311	splitting/fracture	36	20.30	445	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
17	21.24	361	splitting/fracture	37	20.40	150	splitting/fracture																																																																																																																																																																				
18	21.38	344	splitting/fracture	38	23.55	170	fracture																																																																																																																																																																				
19	21.53	476	fracture	39	20.33	2686	splitting, test ended																																																																																																																																																																				
20	21.22	660	fracture																																																																																																																																																																								

Table 2. Load and duration of tests at 20°C and pH 13

test nr.	load [kN]	time [h]	observations	test nr.	load [kN]	time [h]	observations
101	24.15	150	splitting/fracture	121	22.35	40	fracture
102	24.30	2	fracture at anchor ¹⁾	122	22.30	5215	splitting/fracture
103	24.10	132	splitting/fracture	123		123±124	
104	23.95	542	fracture	124	22.00	134	split./fract. at anchor
105	24.03	1082	fracture	125	22.00	11819	no failure ²⁾
106	23.85	193	fracture	126	22.35	819	splitting/fracture
107	22.35	468	fracture	127	21.35	1488	splitting/fracture
108	22.35	2235	fracture	128	20.90	40	ended: measur. err. ¹⁾
109	23.85	108	fracture	129	21.10	10787	splitting/no failure ²⁾
110	24.10	135	fracture	130	22.00	10187	splitting/no failure ²⁾
111	24.10	1018	splitting/fracture	131	22.40	3828	splitting/fracture
112	23.85	2	anchorage failure ¹⁾	132	21.10	9615	no failure ²⁾
113	24.30	17	anchorage failure ¹⁾	133		133±128	
114	23.85	1375	fracture	134	21.10	405	splitting/fracture
115	24.15	63	fracture	135	21.20	1363	splitting/fracture
116	22.35	3283	splitting/fracture	136	21.15	8448	no failure ²⁾
117	21.60	13019	no failure ²⁾	137	21.15	6040	splitting/fracture
118	21.60	7243	fracture	138	21.25	1999	splitting/fracture
119	22.40	2576	splitting/fracture				
120	22.00	2991	splitting/fracture				

1) rejected for stress-rupture analysis 2) afterwards tested to failure by AKZO

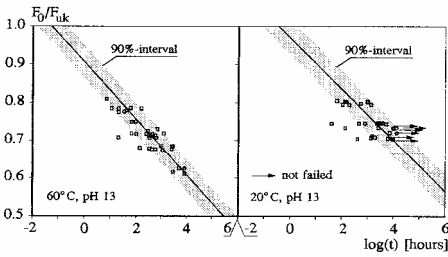


Fig. 2. Results of stress-rupture tests at 60°C (left) and 20°C (right), pH 13

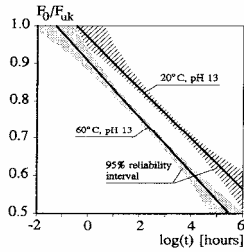


Fig. 3. Stress-rupture of Arapree

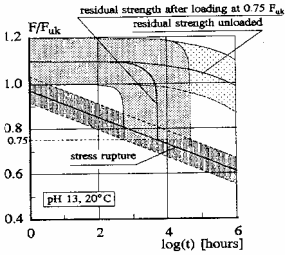


Fig. 6. Stress-rupture and residual strength of Arapree in alkaline liquid: average and scatter (shaded area)

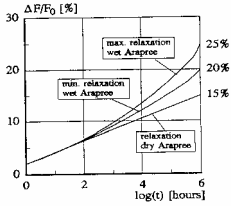
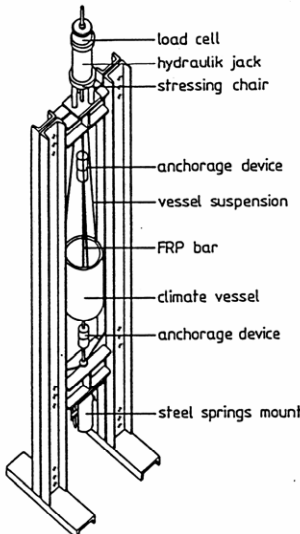
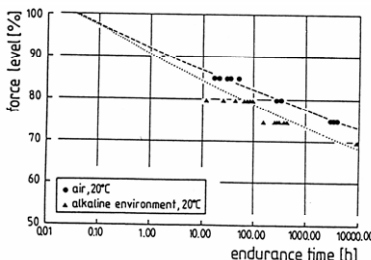


Fig. 7. Prediction of relaxation of Arapree in various environments based on extrapolation of short-term results

備考

分 類	A1-1, B3-7																																																		
材 料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD)																																																	
論 文 名	Stress - Rupture of AFRP Subjected to Alkaline Solutions and Elevated Temperature - Experiments																																																		
著 者	A.Gerritse (Consultant, Rotterdam) , J.A.Den Uijil (Delft University of technology)																																																		
出 典 名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures.PP67-73,1995																																																		
キ-ワード	AFRP, hostile environment, stress-rupture, temperature																																																		
概 要	AFRP供試体のクリープ破壊試験（大気中で摂氏20度、アルカリ溶液中で摂氏20度～60度、荷重レベルは引張試験の0.55、0.70、0.75、0.80、0.85倍）を実施し、クリープ破壊に影響を与える要因について検討した。																																																		
結 果	(1)同一温度で荷重レベルが大きいほど、クリープ破壊時間が短く、バラツキも大きい。 (2)アルカリ性で高温の環境が最もAFRPに損傷を与える。 (3)同一の荷重レベルでアルカリ性と高温の影響を比較すると、高温の方がAFRPの損傷に与える影響が大きい。 (4)高温ではなく、荷重レベルも小さい場合は、アルカリ環境の影響が支配的となる。 Table 1: Short-term material properties (mean values) of Arapree 200.000 <table> <tr> <th>Material</th><th>Elastic modulus (MPa)</th><th>Tensile strength (MPa)</th><th>Failure strain (%)</th></tr> <tr> <td>Arapree 200.000</td><td>63.000</td><td>1.450</td><td>2.4</td></tr> </table>  Table 1: Results of testing at 20°C, air <table> <tr> <th>Force level [%]</th><th>Force [kN]</th><th>Number of specimen</th><th>Mean value of lifetime [h]</th><th>Coefficient of Variation [%]</th></tr> <tr> <td>0.75</td><td>48</td><td>3</td><td>3.081</td><td>11</td></tr> <tr> <td>0.80</td><td>51</td><td>5</td><td>259</td><td>10</td></tr> <tr> <td>0.85</td><td>54</td><td>5</td><td>26</td><td>40</td></tr> </table> Table 2: Results of testing at 20°C and alkaline environment <table> <tr> <th>Force level [%]</th><th>Force [kN]</th><th>Number of specimen</th><th>Mean value of lifetime [h]</th><th>Coefficient of Variation [%]</th></tr> <tr> <td>0.70</td><td>45</td><td>5</td><td>8.702</td><td>5</td></tr> <tr> <td>0.75</td><td>48</td><td>7</td><td>253</td><td>32</td></tr> <tr> <td>0.80</td><td>51</td><td>10</td><td>50</td><td>42</td></tr> </table> 			Material	Elastic modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Failure strain (%)	Arapree 200.000	63.000	1.450	2.4	Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]	0.75	48	3	3.081	11	0.80	51	5	259	10	0.85	54	5	26	40	Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]	0.70	45	5	8.702	5	0.75	48	7	253	32	0.80	51	10	50	42
Material	Elastic modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Failure strain (%)																																																
Arapree 200.000	63.000	1.450	2.4																																																
Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]																																															
0.75	48	3	3.081	11																																															
0.80	51	5	259	10																																															
0.85	54	5	26	40																																															
Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]																																															
0.70	45	5	8.702	5																																															
0.75	48	7	253	32																																															
0.80	51	10	50	42																																															

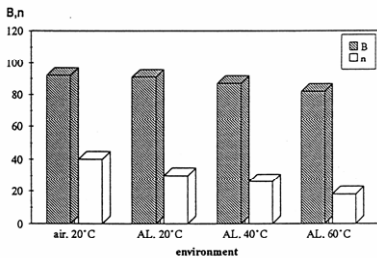
結 果

Table 3: Test results for alkaline environment at 60°C

Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]
0.55	35	4	1.116	7
0.70	45	5	54	5
0.75	48	4	8	14

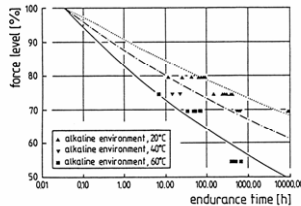
Table 4: Test results for alkaline environment at 40°C

Force level [%]	Force [kN]	Number of specimen	Mean value of lifetime [h]	Coefficient of Variation [%]
0.70	45	4	524	8



environment	B	n
air, 20°C	95	45
AL, 20°C	90	30
AL, 40°C	85	25
AL, 60°C	80	20

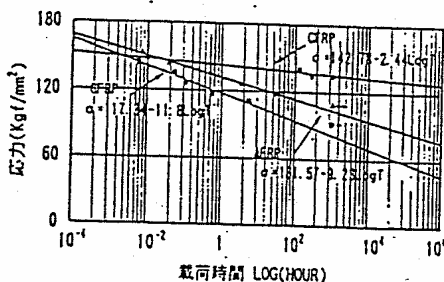
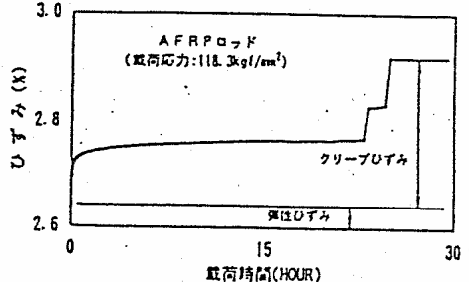
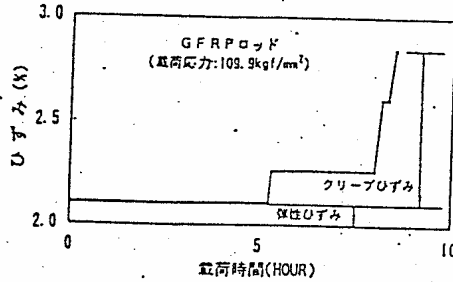
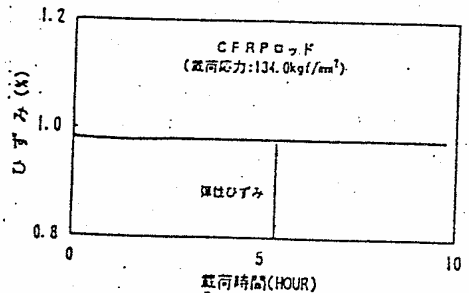
Fig. 4: Comparison of parameter B and n

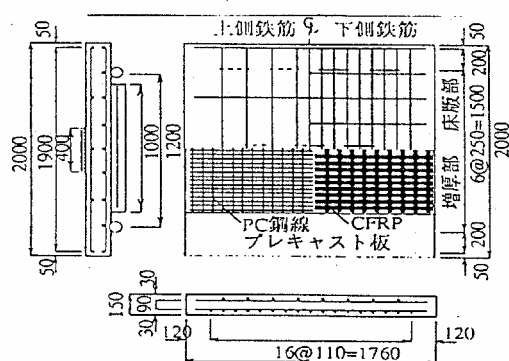
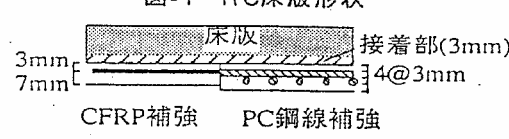
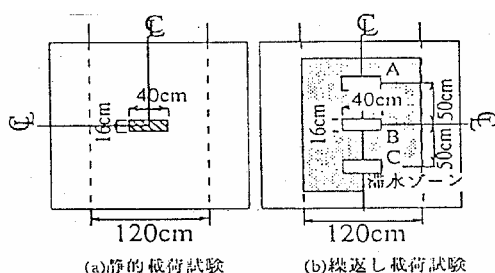


endurance time [h]	force level [%] (20°C)	force level [%] (40°C)	force level [%] (60°C)
0.01	100	100	100
0.1	95	90	85
1	90	80	75
10	85	70	65
100	80	60	55
1000	75	55	50
10000	70	50	45

Fig. 3: Results of stress-rupture testing at elevated temperatures in alkaline environment

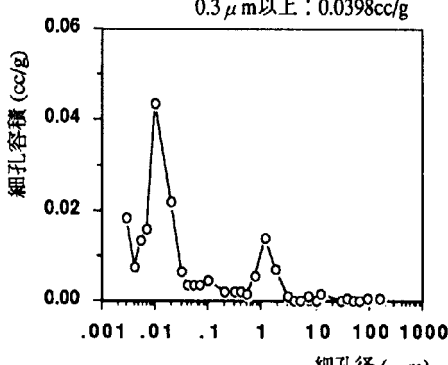
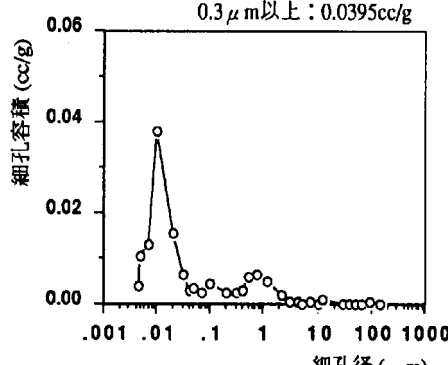
備 考

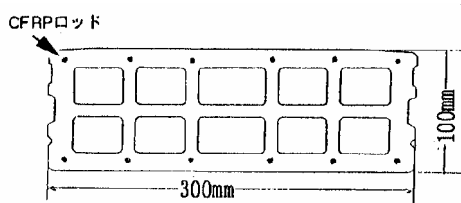
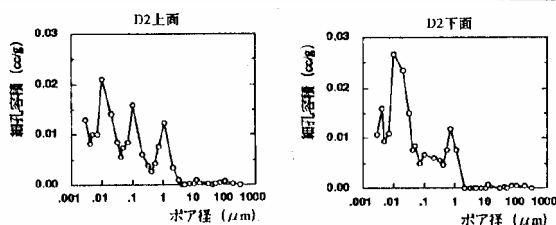
分類	B2-9																																																							
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD, GD, CD)																																																						
論文名	FRPロッドのクリープ破壊に関する基礎的研究																																																							
著者	西村 次男 (東京大学)、魚本 健人 (東京大学)																																																							
出典名	コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 19, No. 17 PP547-550, 1995																																																							
キーワード	耐久性、疲労、静的疲労、クリープ疲労、AFRP、CFRP、GFRP																																																							
概要	各種FRPロッドの静的疲労(クリープ疲労)試験。 FRPロッド: φ6mm, AFRP、CFRP、GFRP、 クリープ試験: 1000時間																																																							
結果	(1) 100万時間 (114年) 相当クリープ疲労限界はAFRP76kgf/mm2 (耐力比45%)、CFRP130 (93%)、GFRP46 (30%) と推定される。 (2) クリープ破壊は静的引張破壊と同じで定着具の影響が大きい。																																																							
	 図-1 載荷応力とクリープ破断時間との関係  図-2 AFRPロッドのクリープひずみと載荷時間との関係  図-3 GFRPロッドのクリープひずみと載荷時間との関係  図-4 CFRPロッドのクリープひずみと載荷時間との関係																																																							
	表-1 載荷条件																																																							
	<table><tr><th colspan="2">AFRP(Vf=55%)</th><th colspan="2">GFRP(Vf=55%)</th><th colspan="2">CFRP(Vf=55%)</th></tr><tr><th colspan="2">σ=169kgf/mm²</th><th colspan="2">σ=152kgf/mm²</th><th colspan="2">σ=139kgf/mm²</th></tr><tr><th>応力比 (%)</th><th>応力 (kgf/mm²)</th><th>応力比 (%)</th><th>応力 (kgf/mm²)</th><th>応力比 (%)</th><th>応力 (kgf/mm²)</th></tr><tr><td>90.0</td><td>152.1</td><td>94.5</td><td>143.7</td><td>106.0</td><td>147.4</td></tr><tr><td>85.0</td><td>143.7</td><td>88.9</td><td>135.2</td><td>101.2</td><td>140.7</td></tr><tr><td>80.0</td><td>135.2</td><td>83.4</td><td>126.8</td><td>96.4</td><td>134.0</td></tr><tr><td>75.0</td><td>126.8</td><td>77.8</td><td>118.3</td><td></td><td></td></tr><tr><td>70.0</td><td>118.3</td><td>72.3</td><td>109.9</td><td></td><td></td></tr><tr><td>65.0</td><td>109.9</td><td>66.7</td><td>101.4</td><td></td><td></td></tr></table>			AFRP(Vf=55%)		GFRP(Vf=55%)		CFRP(Vf=55%)		σ=169kgf/mm²		σ=152kgf/mm²		σ=139kgf/mm²		応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)	応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)	応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)	90.0	152.1	94.5	143.7	106.0	147.4	85.0	143.7	88.9	135.2	101.2	140.7	80.0	135.2	83.4	126.8	96.4	134.0	75.0	126.8	77.8	118.3			70.0	118.3	72.3	109.9			65.0	109.9	66.7	101.4	
AFRP(Vf=55%)		GFRP(Vf=55%)		CFRP(Vf=55%)																																																				
σ=169kgf/mm²		σ=152kgf/mm²		σ=139kgf/mm²																																																				
応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)	応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)	応力比 (%)	応力 (kgf/mm²)																																																			
90.0	152.1	94.5	143.7	106.0	147.4																																																			
85.0	143.7	88.9	135.2	101.2	140.7																																																			
80.0	135.2	83.4	126.8	96.4	134.0																																																			
75.0	126.8	77.8	118.3																																																					
70.0	118.3	72.3	109.9																																																					
65.0	109.9	66.7	101.4																																																					
備考																																																								

分類	B1-15																																	
材料	部材種類 (RC)		素材・形状 (CD)																															
論文名	下面増厚したRC床版の疲労に関する研究																																	
著者	佐藤 貢一 (奈良建設)																																	
出典名	コンクリート工学年次論文報告集 vol. 17, no.2, 1995																																	
キーワード	床版、損傷度																																	
概要	1. 下面増厚補強によって疲労寿命が向上し、また床版上の滞水による疲労強度の低下を抑制できる。 2. 繰返し荷重作用下の床版の破壊に至る経緯は床版主鉄筋の残留応力が増加し、弾性応力との和の全応力が降伏応力に達したときに押抜きせん断破壊するものと考えられ、実橋の計測結果より下面増厚補強することにより主鉄筋の応力振幅頻度が低減することが確認できた。車両の繰返し荷重による年間損傷度が低減し、疲労寿命が向上するものと推定される。																																	
結果	 図-1 RC床版形状  図-2 増厚部断面図  図-3 載荷試験状況 表-3 静的載荷試験結果 <table><tr><th rowspan="3">供試体</th><th colspan="4">押抜きせん断耐力(N)</th></tr><tr><th colspan="2" rowspan="2">実験値(P_n)</th><th colspan="2">計算値(P_c)</th></tr><tr><th>角山式</th><th>松止式</th></tr><tr><td>N-1</td><td>37.0</td><td>38.5[1.00]</td><td>40.1(0.92)</td><td>42.8(0.86)</td></tr><tr><td>N-2</td><td>40.0</td><td></td><td>40.1(0.92)</td><td>42.8(0.86)</td></tr><tr><td>CFRP</td><td>50.0[1.30]</td><td></td><td>41.3(1.21)</td><td>50.9(0.98)</td></tr><tr><td>PC</td><td>49.5[1.29]</td><td></td><td>41.7(1.19)</td><td>52.8(0.94)</td></tr></table> []内は補強供試体の破壊荷重の無補強供試体の破壊荷重に対する割合 ()内は計算値の実験値に対する割合			供試体	押抜きせん断耐力(N)				実験値(P _n)		計算値(P _c)		角山式	松止式	N-1	37.0	38.5[1.00]	40.1(0.92)	42.8(0.86)	N-2	40.0		40.1(0.92)	42.8(0.86)	CFRP	50.0[1.30]		41.3(1.21)	50.9(0.98)	PC	49.5[1.29]		41.7(1.19)	52.8(0.94)
供試体	押抜きせん断耐力(N)																																	
	実験値(P _n)		計算値(P _c)																															
			角山式	松止式																														
N-1	37.0	38.5[1.00]	40.1(0.92)	42.8(0.86)																														
N-2	40.0		40.1(0.92)	42.8(0.86)																														
CFRP	50.0[1.30]		41.3(1.21)	50.9(0.98)																														
PC	49.5[1.29]		41.7(1.19)	52.8(0.94)																														
備考	表-4 増厚前後における床版劣化度 <table><tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">補 強 前</th><th colspan="2">補 強 後</th></tr><tr><th>測点A</th><th>測点B</th><th>測点A</th><th>測点B</th></tr><tr><td>損傷度 (1年)</td><td>0.0108</td><td>0.0149</td><td>0.0063 (0.58)</td><td>0.0031 (0.21)</td></tr><tr><td>劣化度 (30年)</td><td>0.3240</td><td>0.4474</td><td>0.1890</td><td>0.0930</td></tr><tr><td>疲労寿命</td><td>62.6</td><td>37.0</td><td>107.3 (1.7)</td><td>178.2 (4.8)</td></tr></table>				補 強 前		補 強 後		測点A	測点B	測点A	測点B	損傷度 (1年)	0.0108	0.0149	0.0063 (0.58)	0.0031 (0.21)	劣化度 (30年)	0.3240	0.4474	0.1890	0.0930	疲労寿命	62.6	37.0	107.3 (1.7)	178.2 (4.8)							
	補 強 前		補 強 後																															
	測点A	測点B	測点A	測点B																														
損傷度 (1年)	0.0108	0.0149	0.0063 (0.58)	0.0031 (0.21)																														
劣化度 (30年)	0.3240	0.4474	0.1890	0.0930																														
疲労寿命	62.6	37.0	107.3 (1.7)	178.2 (4.8)																														

分類	B1-5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (CD)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
論文名	アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの水中疲労性状																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
著者	崎山義之(株式会社 ピー・エス)、児島孝之(立命館大学)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
出典名	コンクリート工学年次論文報告集Vol17, No.2, 1995																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
キーワード	FRP、PCはり、水中疲労																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
概要	(1)連続繊維棒材を緊張したプレテンションPCはりの静的荷重下の変形性状および終局耐力は、従来の曲げ理論を用いて算出することが可能である。 (2)CFRPを緊張材として用いたはりの疲労寿命は、気中、水中とも、AFRPを緊張材として用いたはりより大きくなった。 (3)気中では、すべて棒材破断により破壊したが、水中では多くのはりがコンクリート剥離によって破壊に至った。コンクリート剥離によって破壊するはりは、疲労寿命が著しく低下した。 (4)T形はりで、剥離破壊するはりは水の作用で曲げひび割れが急激に進展し、コンクリートの圧縮に対する抵抗力が低下する。そのため、中立軸が上昇し、たわみが急激に増加する。																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
結果	表-1 実験計画 <table><tr><th>断面形状</th><th>緊張材の種類</th><th>下側棒材の初期緊張力</th><th>プレストレス量 (kgf/cm²)</th><th>試験環境</th></tr><tr><td rowspan="6">矩形</td><td rowspan="3">AFRP φ6</td><td>0.6Pu</td><td>46.5(45.0)</td><td>○ ○</td></tr><tr><td>0.7Pu</td><td>56.5</td><td>○ ○</td></tr><tr><td>0.4Pu</td><td>56.5(59.5)</td><td>○ ○</td></tr><tr><td rowspan="3">CFRP φ8*</td><td>0.6Pu</td><td>84.6</td><td>○ ○</td></tr><tr><td>0.4Pu</td><td>56.5(56.5)</td><td>○ ○</td></tr><tr><td>0.6Pu</td><td>74.6</td><td>○ ○</td></tr><tr><td rowspan="2">T形</td><td>AFRP φ8</td><td>0.5Pu</td><td>53.0</td><td>○ ○</td></tr><tr><td>CFRP φ8</td><td>0.5Pu</td><td>51.1</td><td>○ ○</td></tr></table> Pu : 棒材引張耐力 上限荷重比 : 静的耐力に対する比 プレストレス量 : 初期緊張力より算出した、コンクリート下縁の値 () は水中疲労を行った供試体の値 * : 今回既荷試験を行ったシリーズ 表-3 棒材の機械的性質 <table><tr><th>種類</th><th>AFRP (a,c,d)</th><th>AFRP (タイ* b)</th><th>CFRP (タイ* a)</th><th>CFRP (タイ* b)</th></tr><tr><td>呼び径(mm)</td><td>3</td><td>8</td><td>7.5</td><td>5</td><td>7.5</td></tr><tr><td>破断荷重(kgf)</td><td>940</td><td>7060</td><td>6800</td><td>2020</td><td>7130</td></tr><tr><td>引張強度(kgf/cm²)</td><td>16850</td><td>17300</td><td>22400</td><td>20000</td><td>23500</td></tr><tr><td>弾性係数(kgf/cm²)</td><td>750000</td><td>740000</td><td>1410000</td><td>1380000</td><td>1420000</td></tr><tr><td>伸び(%)</td><td>2.25</td><td>2.3</td><td>1.7</td><td>1.6</td><td>1.7</td></tr></table> 表-5 静的試験結果 <table><tr><th>供試体名</th><th>終局耐力(tf)</th><th>供試体名</th><th>終局耐力(tf)</th></tr><tr><td>実験値</td><td>理論値</td><td>実験値</td><td>理論値</td></tr><tr><td>A 6-7-S</td><td>4.06</td><td>3.68</td><td>AT8-5-S</td><td>7.60</td><td>7.61</td></tr><tr><td>A 8-4-S</td><td>6.43</td><td>6.04</td><td>C 8-6-S</td><td>6.70</td><td>6.86</td></tr><tr><td>A 6-6-SW</td><td>3.60</td><td>3.62</td><td>CT8-5-S</td><td>7.44</td><td>7.97</td></tr><tr><td>A 8-4-SW</td><td>7.29</td><td>6.67</td><td>PC7-4-S</td><td>5.82</td><td>5.85</td></tr></table> 表-6 疲労試験結果 <table><tr><th>断面形状</th><th>供試体名</th><th>上限荷重(比)</th><th>Pcr (tf)</th><th>破壊回数(回)</th><th>破壊形式</th><th>Pu (tf)</th></tr><tr><td rowspan="12">矩形断面</td><td rowspan="6">気中疲労</td><td>A 6-6-60</td><td>2.44tf(60%)</td><td>2.43</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>3.70</td></tr><tr><td>70</td><td>2.84tf(70%)</td><td>2.41</td><td>1,553,440</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>80</td><td>3.25tf(80%)</td><td>2.54</td><td>46,000</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>A 6-7-70</td><td>2.84tf(70%)</td><td>2.84</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>4.00</td></tr><tr><td>75</td><td>3.05tf(75%)</td><td>2.85</td><td>596,330</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>80</td><td>3.25tf(80%)</td><td>2.75</td><td>6,950</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td rowspan="6">水中疲労</td><td>A 8-4-45</td><td>2.89tf(45%)</td><td>2.70</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.90</td></tr><tr><td>55</td><td>3.54tf(55%)</td><td>2.75</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.90</td></tr><tr><td>65</td><td>4.18tf(65%)</td><td>2.75</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.30</td></tr><tr><td>75</td><td>4.82tf(75%)</td><td>2.75</td><td>23,630</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>C 8-6-70*</td><td>4.76tf(70%)</td><td>3.25</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.80</td></tr><tr><td>80*</td><td>5.44tf(80%)</td><td>3.54</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.80</td></tr><tr><td rowspan="12">T形断面</td><td rowspan="6">気中疲労</td><td>90*</td><td>6.12tf(90%)</td><td>3.72</td><td>1,497,860</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>P 7-4-52</td><td>3.00tf(52%)</td><td>3.00</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.20</td></tr><tr><td>60</td><td>3.50tf(60%)</td><td>3.00</td><td>434,250</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>P 7-6-60</td><td>3.50tf(60%)</td><td>3.25</td><td>1,547,300</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>70</td><td>4.07tf(70%)</td><td>3.24</td><td>225,460</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>A 6-6-70W</td><td>2.52tf(70%)</td><td>3.42</td><td>569,230</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td rowspan="6">水中疲労</td><td>94W</td><td>3.40tf(94%)</td><td>3.40</td><td>1,080</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>A 8-4-40W</td><td>2.92tf(40%)</td><td>3.60</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>6.70</td></tr><tr><td>52W</td><td>3.80tf(52%)</td><td>3.78</td><td>261,770</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>60W</td><td>4.37tf(60%)</td><td>3.65</td><td>12,800</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>70W</td><td>5.10tf(70%)</td><td>3.65</td><td>1,670</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>P 7-4-50W</td><td>2.91tf(50%)</td><td>3.78</td><td>2,000,000</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td rowspan="12">T形断面</td><td rowspan="6">気中疲労</td><td>60W</td><td>3.50tf(60%)</td><td>3.88</td><td>337,400</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>AT8-5-70</td><td>5.32tf(70%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>---</td></tr><tr><td>75</td><td>5.70tf(75%)</td><td>3.75</td><td>443,300</td><td>F(B)</td><td>7.10</td></tr><tr><td>CT8-5-80</td><td>5.95tf(80%)</td><td>4.25</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>7.50</td></tr><tr><td>85</td><td>6.32tf(85%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>8.00</td></tr><tr><td>90</td><td>6.70tf(90%)</td><td>4.25</td><td>1,400,000</td><td>F(B)</td><td>---</td></tr><tr><td rowspan="6">水中疲労</td><td>AT8-5-50W</td><td>3.80tf(50%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>8.70</td></tr><tr><td>55W</td><td>4.18tf(55%)</td><td>4.50</td><td>1,249,700</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>60W</td><td>4.56tf(60%)</td><td>4.56</td><td>461,200</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>CT8-5-60W</td><td>4.46tf(60%)</td><td>4.50</td><td>1,920,000</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>65W</td><td>4.84tf(65%)</td><td>4.75</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>9.00</td></tr><tr><td>70W</td><td>5.20tf(70%)</td><td>4.25</td><td>399,180</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>80W</td><td>5.95tf(80%)</td><td>4.50</td><td>45,420</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr><tr><td>85W</td><td>6.32tf(85%)</td><td>4.50</td><td>40,000</td><td>F(C)</td><td>---</td></tr></table> Pcr : ひびわれ発生荷重 F : 疲労破壊 Pu : 静的耐力 S : 200万回後の静的破壊 () : 静的耐力に対する比 B : 棒材破断 C : 剥離破壊 * : 今回既荷試験を行った供試体			断面形状	緊張材の種類	下側棒材の初期緊張力	プレストレス量 (kgf/cm ²)	試験環境	矩形	AFRP φ6	0.6Pu	46.5(45.0)	○ ○	0.7Pu	56.5	○ ○	0.4Pu	56.5(59.5)	○ ○	CFRP φ8*	0.6Pu	84.6	○ ○	0.4Pu	56.5(56.5)	○ ○	0.6Pu	74.6	○ ○	T形	AFRP φ8	0.5Pu	53.0	○ ○	CFRP φ8	0.5Pu	51.1	○ ○	種類	AFRP (a,c,d)	AFRP (タイ* b)	CFRP (タイ* a)	CFRP (タイ* b)	呼び径(mm)	3	8	7.5	5	7.5	破断荷重(kgf)	940	7060	6800	2020	7130	引張強度(kgf/cm ²)	16850	17300	22400	20000	23500	弾性係数(kgf/cm ²)	750000	740000	1410000	1380000	1420000	伸び(%)	2.25	2.3	1.7	1.6	1.7	供試体名	終局耐力(tf)	供試体名	終局耐力(tf)	実験値	理論値	実験値	理論値	A 6-7-S	4.06	3.68	AT8-5-S	7.60	7.61	A 8-4-S	6.43	6.04	C 8-6-S	6.70	6.86	A 6-6-SW	3.60	3.62	CT8-5-S	7.44	7.97	A 8-4-SW	7.29	6.67	PC7-4-S	5.82	5.85	断面形状	供試体名	上限荷重(比)	Pcr (tf)	破壊回数(回)	破壊形式	Pu (tf)	矩形断面	気中疲労	A 6-6-60	2.44tf(60%)	2.43	2,000,000	S(B)	3.70	70	2.84tf(70%)	2.41	1,553,440	F(B)	---	80	3.25tf(80%)	2.54	46,000	F(B)	---	A 6-7-70	2.84tf(70%)	2.84	2,000,000	S(B)	4.00	75	3.05tf(75%)	2.85	596,330	F(B)	---	80	3.25tf(80%)	2.75	6,950	F(B)	---	水中疲労	A 8-4-45	2.89tf(45%)	2.70	2,000,000	S(B)	6.90	55	3.54tf(55%)	2.75	2,000,000	S(B)	6.90	65	4.18tf(65%)	2.75	2,000,000	S(B)	6.30	75	4.82tf(75%)	2.75	23,630	F(B)	---	C 8-6-70*	4.76tf(70%)	3.25	2,000,000	S(B)	6.80	80*	5.44tf(80%)	3.54	2,000,000	S(B)	6.80	T形断面	気中疲労	90*	6.12tf(90%)	3.72	1,497,860	F(B)	---	P 7-4-52	3.00tf(52%)	3.00	2,000,000	S(B)	6.20	60	3.50tf(60%)	3.00	434,250	F(B)	---	P 7-6-60	3.50tf(60%)	3.25	1,547,300	F(B)	---	70	4.07tf(70%)	3.24	225,460	F(B)	---	A 6-6-70W	2.52tf(70%)	3.42	569,230	F(B)	---	水中疲労	94W	3.40tf(94%)	3.40	1,080	F(B)	---	A 8-4-40W	2.92tf(40%)	3.60	2,000,000	S(B)	6.70	52W	3.80tf(52%)	3.78	261,770	F(C)	---	60W	4.37tf(60%)	3.65	12,800	F(C)	---	70W	5.10tf(70%)	3.65	1,670	F(B)	---	P 7-4-50W	2.91tf(50%)	3.78	2,000,000	F(B)	---	T形断面	気中疲労	60W	3.50tf(60%)	3.88	337,400	F(B)	---	AT8-5-70	5.32tf(70%)	4.50	2,000,000	S(B)	---	75	5.70tf(75%)	3.75	443,300	F(B)	7.10	CT8-5-80	5.95tf(80%)	4.25	2,000,000	S(B)	7.50	85	6.32tf(85%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.00	90	6.70tf(90%)	4.25	1,400,000	F(B)	---	水中疲労	AT8-5-50W	3.80tf(50%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.70	55W	4.18tf(55%)	4.50	1,249,700	F(C)	---	60W	4.56tf(60%)	4.56	461,200	F(C)	---	CT8-5-60W	4.46tf(60%)	4.50	1,920,000	F(C)	---	65W	4.84tf(65%)	4.75	2,000,000	S(B)	9.00	70W	5.20tf(70%)	4.25	399,180	F(C)	---	80W	5.95tf(80%)	4.50	45,420	F(C)	---	85W	6.32tf(85%)	4.50	40,000	F(C)	---
断面形状	緊張材の種類	下側棒材の初期緊張力	プレストレス量 (kgf/cm ²)	試験環境																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
矩形	AFRP φ6	0.6Pu	46.5(45.0)	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0.7Pu	56.5	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0.4Pu	56.5(59.5)	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	CFRP φ8*	0.6Pu	84.6	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0.4Pu	56.5(56.5)	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0.6Pu	74.6	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
T形	AFRP φ8	0.5Pu	53.0	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	CFRP φ8	0.5Pu	51.1	○ ○																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
種類	AFRP (a,c,d)	AFRP (タイ* b)	CFRP (タイ* a)	CFRP (タイ* b)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
呼び径(mm)	3	8	7.5	5	7.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
破断荷重(kgf)	940	7060	6800	2020	7130																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
引張強度(kgf/cm ²)	16850	17300	22400	20000	23500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
弾性係数(kgf/cm ²)	750000	740000	1410000	1380000	1420000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
伸び(%)	2.25	2.3	1.7	1.6	1.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
供試体名	終局耐力(tf)	供試体名	終局耐力(tf)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
実験値	理論値	実験値	理論値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
A 6-7-S	4.06	3.68	AT8-5-S	7.60	7.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
A 8-4-S	6.43	6.04	C 8-6-S	6.70	6.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
A 6-6-SW	3.60	3.62	CT8-5-S	7.44	7.97																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
A 8-4-SW	7.29	6.67	PC7-4-S	5.82	5.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
断面形状	供試体名	上限荷重(比)	Pcr (tf)	破壊回数(回)	破壊形式	Pu (tf)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
矩形断面	気中疲労	A 6-6-60	2.44tf(60%)	2.43	2,000,000	S(B)	3.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		70	2.84tf(70%)	2.41	1,553,440	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		80	3.25tf(80%)	2.54	46,000	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		A 6-7-70	2.84tf(70%)	2.84	2,000,000	S(B)	4.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		75	3.05tf(75%)	2.85	596,330	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		80	3.25tf(80%)	2.75	6,950	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	水中疲労	A 8-4-45	2.89tf(45%)	2.70	2,000,000	S(B)	6.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		55	3.54tf(55%)	2.75	2,000,000	S(B)	6.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		65	4.18tf(65%)	2.75	2,000,000	S(B)	6.30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		75	4.82tf(75%)	2.75	23,630	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		C 8-6-70*	4.76tf(70%)	3.25	2,000,000	S(B)	6.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		80*	5.44tf(80%)	3.54	2,000,000	S(B)	6.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
T形断面	気中疲労	90*	6.12tf(90%)	3.72	1,497,860	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		P 7-4-52	3.00tf(52%)	3.00	2,000,000	S(B)	6.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		60	3.50tf(60%)	3.00	434,250	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		P 7-6-60	3.50tf(60%)	3.25	1,547,300	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		70	4.07tf(70%)	3.24	225,460	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		A 6-6-70W	2.52tf(70%)	3.42	569,230	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	水中疲労	94W	3.40tf(94%)	3.40	1,080	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		A 8-4-40W	2.92tf(40%)	3.60	2,000,000	S(B)	6.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		52W	3.80tf(52%)	3.78	261,770	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		60W	4.37tf(60%)	3.65	12,800	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		70W	5.10tf(70%)	3.65	1,670	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		P 7-4-50W	2.91tf(50%)	3.78	2,000,000	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
T形断面	気中疲労	60W	3.50tf(60%)	3.88	337,400	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		AT8-5-70	5.32tf(70%)	4.50	2,000,000	S(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		75	5.70tf(75%)	3.75	443,300	F(B)	7.10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		CT8-5-80	5.95tf(80%)	4.25	2,000,000	S(B)	7.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		85	6.32tf(85%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		90	6.70tf(90%)	4.25	1,400,000	F(B)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	水中疲労	AT8-5-50W	3.80tf(50%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		55W	4.18tf(55%)	4.50	1,249,700	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		60W	4.56tf(60%)	4.56	461,200	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		CT8-5-60W	4.46tf(60%)	4.50	1,920,000	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		65W	4.84tf(65%)	4.75	2,000,000	S(B)	9.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		70W	5.20tf(70%)	4.25	399,180	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
80W	5.95tf(80%)	4.50	45,420	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
85W	6.32tf(85%)	4.50	40,000	F(C)	---																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

分類	B2-19
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (円筒状CFRP,GFRP)
論文名	AI - FRP円筒接着継手のねじり強度
著者	逢坂勝彦 (大阪市立大学工学部) , 福田武人 (大阪市立大学工学部)
出典名	「材料」(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.44, No.496, pp.116-121, Jan.1995
キーワード	AI - FRP円筒接着継手, ねじり強度, 接着面積, 弾塑性有限要素法, 相当塑性ひずみ
概要	アルミニウム (AI) 円筒とFRP円筒の接着継手についてねじり荷重下の強度特性を調べるため, ねじり試験および弾塑性有限要素法による弾塑性応力解析を行った. 実験では, AI円筒とGFRP円筒およびCFRP円筒の接着継手試験片を用意し, ねじり強度を測定した. また, AI - CFRP円筒接着継手については, 接着部長さを変化させた接着面積の異なる3種類の試験片についてもねじり強度を測定し, 接着面積のねじり強度への影響を調べた. そして, 弾塑性有限要素法により応力解析を行い, 応力分布を調べた. また, 実験より得られたねじり強度と有限要素解析結果より, 接着面積が異なった円筒接着継手の強度予測についても調べた.
結果	(1)FRP円筒がGFRPの場合と, CFRPの場合で円筒接着継手としてのねじり強度に違いはなかった. (2)接着層長さが異なる場合, 接着層長さが大きくなり, 接着面積が増加するほど円筒接着継手としての破壊ねじりモーメントは大きくなるが, 接着層における平均せん断強度は低下する. (3)弾塑性有限要素法により接着層の応力分布を求めた結果, 試験片の破壊時においては, 一方の接着層端部の狭い部分で主に接着剤が降伏しており, 応力分布に偏りが見られる. また, 接着層長さの異なる場合, 接着層長さが大きくなるほど応力の低い部分が広がっている. (4)接着層長さが異なる試験片の破壊時の接着層端部における最大の相当塑性ひずみ, および塑性変形している接着層の領域は, 接着層長さに対して線形に増加する. Fig. 8. Strength of adhesively bonded cylindrical joints (fracture moment). Fig. 10. Stress distribution in the adhesive layer at breaking load (GL15 and CL15 specimen). Fig. 15. Normalized equivalent plastic strain and length of the yielded part in the adhesive layer at breaking load. Fig. 9. Strength of adhesively bonded cylindrical joints (shear strength). Fig. 11. Stress distribution in the adhesive layer at breaking load (CL5, CL15 and CL30 specimen).
備考	円筒状FRPの論文である.

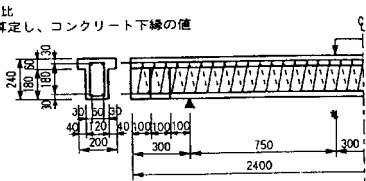
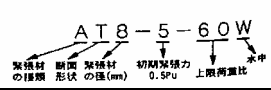
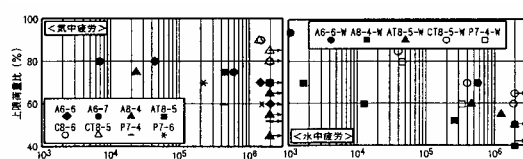
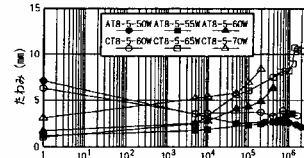
分類	C3-3																		
材料	部材種類 (RC)		素材・形状 (CD)																
論文名	CFRPロッド補強押出セメント板の特性 その1 マトリックスの凍結融解性能																		
著者	平戸 靖浩 (新日本製鉄) 、 山田 寛次 (新日本製鉄)																		
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1995年8月 No.1505 P1009-1010																		
キーワード	凍結融解性能, 押出成形マトリックス																		
概要	一般に、軽量打ち込み成形マトリックスでは0.3μm以上の細孔量が増加して、凍結融解性能が低下するとされているが、押出成形マトリックスの場合は知られていない。そのため、通常押出成形マトリックス(比重1.9)と軽量押出マトリックス(比重1.65)の性能比較を実施。																		
結果	・水中浸漬凍結融解法で評価 ・8時間を1サイクルとし、-18 で凍結させ+5 で融解させてMAX300サイクルとする。 ・軽量押出マトリックスをDマトリックス、通常押出マトリックスをFマトリックスとする。 ・耐久性指数(判定基準60以上)はD; 85、F; 91。性能は良好。 ●本実験に用いたDマトリックスは軽量ではあるが直径0.1μm以上の空隙が少ないため、凍結性能において通常押出マトリックス(比重1.90)とほぼ同等の優れた性能を示すことが明確となった。 全空隙量 : 0.1841cc/g 0.3μm以上 : 0.0398cc/g  図-3 Dマトリックス細孔径分布 全空隙量 : 0.1309cc/g 0.3μm以上 : 0.0395cc/g  図-4 Fマトリックス細孔径分布 表-1 配合表 <table><tr><td>マトリックス</td><td>セメント</td><td>珪石</td><td>有機短繊維</td><td>押出助材</td></tr><tr><td>D</td><td>48.5%</td><td>45.5%</td><td>2.0%</td><td>1.2%</td></tr><tr><td>F</td><td>53.0%</td><td>44.0%</td><td>2.0%</td><td>1.0%</td></tr></table> 単位: 重量%				マトリックス	セメント	珪石	有機短繊維	押出助材	D	48.5%	45.5%	2.0%	1.2%	F	53.0%	44.0%	2.0%	1.0%
マトリックス	セメント	珪石	有機短繊維	押出助材															
D	48.5%	45.5%	2.0%	1.2%															
F	53.0%	44.0%	2.0%	1.0%															
備考																			

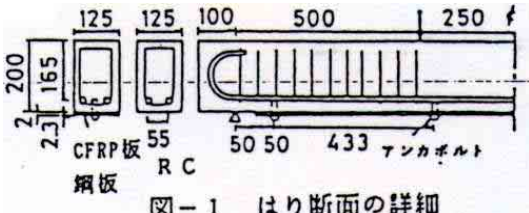
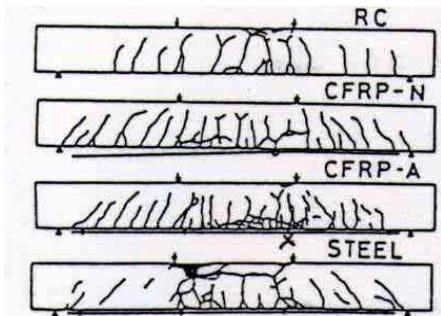
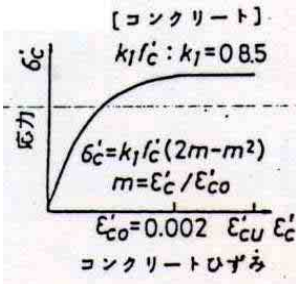
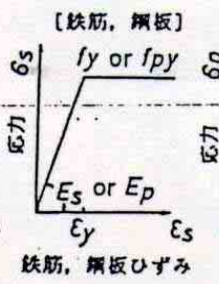
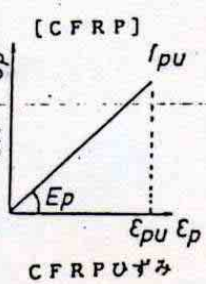
分類	B2-18																																				
材料	部材種類 (RC)	素材・形状 (CD)																																			
論文名	CFRPロッドで補強した押出成形セメント板の特性 その3. 耐久性評価																																				
著者	山田 隆(新日本製鐵), 平戸靖浩(新日本製鐵)																																				
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1013-1014, 1995.8.																																				
キーワード	炭素繊維, 押出成形, セメント, 耐久性																																				
概要	CFRPロッドで補強した炭素繊維強化セメント複合材料(CFRC)は, 必要補強筋量が少なく, 防食のためのかぶりを必要としないため, 断面形状の自由度が大きく, 外壁部材などへの適用が期待される高性能な建設材料である. 連続生産が可能な押出成形はCFRPロッドの特等を生かした断面形状にCFRCを一体成形することが可能である. 今後, 実構造物へ適用していくには, 各種環境でのCFRCの経時変化を把握しておくことが重要である. 本研究では, 押出成形したCFRCの長期的な耐久性を2年間の屋外暴露試験により評価する.																																				
結果	北海道, 川崎, 沖縄で中空形状をしたCFRC板を2年間屋外暴露試験した結果, モルタルの曲げ強度特性には, 経時変化は特に見られない. CFRC板は水セメント比が小さく密実であるが, 成形時の表面からの水分蒸発を防ぐ必要がある. 押し出し成形においては, モルタル温度, 相対湿度等の管理が重要である.  図1 試験体の形状 表2 暴露試験体の曲げ強度 <table><thead><tr><th rowspan="2">期間 (年)</th><th colspan="2">押出方向 (kgf/cm²)</th><th colspan="2">横方向 (kgf/cm²)</th><th rowspan="2">n数</th></tr><tr><th>上面</th><th>下面</th><th>上面</th><th>下面</th></tr></thead><tbody><tr><td>初期</td><td>162</td><td>163</td><td>85</td><td>88</td><td>3</td></tr><tr><td>北海道</td><td>144</td><td>142</td><td>59</td><td>70</td><td>3</td></tr><tr><td>川崎</td><td>187</td><td>150</td><td>100</td><td>84</td><td>3</td></tr><tr><td>沖縄</td><td>151</td><td>123</td><td>80</td><td>75</td><td>4</td></tr></tbody></table>  図2 2年間川崎で暴露した試験体の細孔径分布			期間 (年)	押出方向 (kgf/cm ²)		横方向 (kgf/cm ²)		n数	上面	下面	上面	下面	初期	162	163	85	88	3	北海道	144	142	59	70	3	川崎	187	150	100	84	3	沖縄	151	123	80	75	4
期間 (年)	押出方向 (kgf/cm ²)		横方向 (kgf/cm ²)		n数																																
	上面	下面	上面	下面																																	
初期	162	163	85	88	3																																
北海道	144	142	59	70	3																																
川崎	187	150	100	84	3																																
沖縄	151	123	80	75	4																																
備考																																					

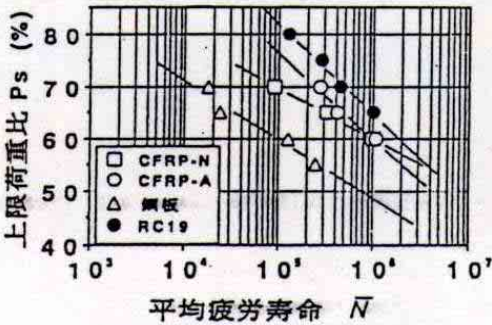
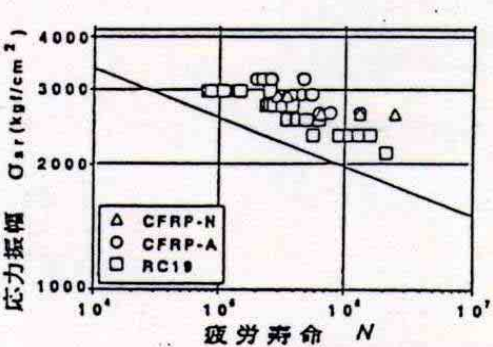
分 類	C2-1																		
材 料	部材種類 (単体)	素材・形状(AD・CD・GD)																	
論 文 名	内陸および海洋下に暴露した各種FRPロッドの引張り特性																		
著 者	西村 次男(東京大学生産技術研究所) , 魚本 健人(東京大学生産技術研究所)																		
出 典 名	土木学会第50回年次学術講演会(平成7年9月)、pp372-373																		
キ ー ワ ー ド	FRPロッド、内陸部暴露、海洋暴露、引張強度																		
概 要	本研究では、アラミド繊維、ガラス繊維、炭素繊維で一方向強化された繊維強化プラスチックロッドを取り上げ、環境条件が各種FRPロッドの引張り強度に及ぼす影響について明らかにすることを目的として、伊豆海洋暴露試験場(JSI-SC7の区分A)「飛沫帯、あるいはこれに準ずる環境条件」と内陸暴露試験場(JSI-SC7の区分D)「内陸部、あるいはこれに準ずる環境条件」で暴露試験を実施した。																		
結 果	1. 実験概要 実験に使用したFRPロッドの補強繊維は、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維の3種類。全て繊維混入率は66%、マトリックスはビニルエステル樹脂、一方向強化された直径6mmの丸棒状である。暴露期間は6ヶ月、1年、3年とし、各材齢ごとに引張強度試験を行なった。																		
	2. まとめ ・いずれのFRPロッドも、海洋環境下より、内陸部で暴露した方が強度低下が著しかった。 ・AFRPロッドはいずれも約20～32%の強度低下が見られ、劣化原因は紫外線と考えられる。 ・GFRPロッドは内陸部暴露試験では材齢3年で強度低下するが海洋環境下では劣化しない。 ・CFRPロッドは定着部の応力集中等によって強度のバラつきはあるが内陸部暴露のほうが海洋環境下で暴露したよりも強度低下することが明らかになった。 ・海洋環境下での暴露実験により、ロッド内部の塩分浸透を分析したが、GFRPロッド、CFRPロッドのいずれもロッド内部への塩分浸透は見られなかった。																		
	□ 0ヶ月 ■ 6ヶ月 ▨ 12ヶ月 ▩ 36ヶ月 250 200 150 100 50 0 応力(Kgf/mm²) 内陸暴露 AFRP GFRP CFRP □ 0ヶ月 ■ 12ヶ月 ▩ 36ヶ月 250 200 150 100 50 0 応力(Kgf/mm²) 海洋暴露 AFRP GFRP CFRP																		
	図-1 内陸部暴露各材齢ごとの引張強度 図-2 海洋暴露した各材齢ごとの引張強度																		
	表-1 内陸及び海洋下の年間気象条件																		
備 考	<table><tr><td></td><td>平均温度 (℃)</td><td>平均湿度 (%)</td><td>年間降水量 (mm)</td><td>年間日射量 (時間)</td></tr><tr><td>千葉実験所 (A)</td><td>15.4</td><td>69.1</td><td>1600</td><td>1800</td></tr><tr><td>伊豆海洋公園 (B)</td><td>16.3</td><td>71.7</td><td>2300</td><td>1700</td></tr></table>					平均温度 (℃)	平均湿度 (%)	年間降水量 (mm)	年間日射量 (時間)	千葉実験所 (A)	15.4	69.1	1600	1800	伊豆海洋公園 (B)	16.3	71.7	2300	1700
		平均温度 (℃)	平均湿度 (%)	年間降水量 (mm)	年間日射量 (時間)														
	千葉実験所 (A)	15.4	69.1	1600	1800														
伊豆海洋公園 (B)	16.3	71.7	2300	1700															

分類	A1-14																													
材料	部材種類（ 単体 ）		素材・形状（ GD ）																											
論文名	環境温度がGFRPロッドの耐アルカリ性に与える影響																													
著者	勝木 太(東急建設) , 魚本 健人(東京大学生産技術研究所)																													
出典名	土木学会第50回年次学術講演会(平成7年9月)、pp 384-385																													
キーワード	GFRP、耐アルカリ、引張強度、浸透速度、拡散係数、強度低下予測																													
概要	すでに著者らはGFRPロッドへのアルカリの浸透をマクロ的に明らかにし、劣化促進されたGFRPロッドの強度低下を拡散律速理論を用いて定量的に評価している。本研究では劣化速度に与える温度の影響について検討するとともに、GFRPロッドへのアルカリの浸透をミクロ的に観察し、ロッド中の繊維がどのような劣化を生じているのか電子線マイクロアナライザーを用いて明らかにした。																													
結果	1. 試験概要 表 - 1にGFRPロッドの物性と養生条件を示す。浸漬日数経過後乾燥させ、引張り試験を実施。 2. 結果 アルカリは繊維と樹脂の界面を侵食しながらロッド内に浸透するために、繊維と樹脂の付着効果はほとんど期待できず、強度は低下する。 GFRPロッドへのNa浸透速度は温度の影響を受ける。 アルカリの浸透を拡散問題に置き換えることで、アルカリによるGFRPロッドの強度低下を推定できる。 表-1 GFRPロッドの物性と養生条件 <table><tr><td>繊維の種類</td><td>Tガラス</td><td>溶液の種類</td><td>NaOH</td></tr><tr><td>マトリックス</td><td>ビニールエステル</td><td>濃度(N)</td><td>1.0</td></tr><tr><td>直径(mm)</td><td>6.0</td><td>温度(℃)</td><td>40, 60</td></tr><tr><td>強度(kgf/mm²)</td><td>164</td><td>浸漬期間(日)</td><td>7, 30, 60, 90, 120</td></tr></table> 図-4 引張試験結果 表-2 実環境における強度低下予測（温度20℃, pH=12.7） <table><tr><td>期間（年）</td><td>3年</td><td>6年</td><td>9年</td><td>15年</td></tr><tr><td>強度低下率（％）</td><td>30.0</td><td>40.8</td><td>48.6</td><td>59.7</td></tr></table>				繊維の種類	Tガラス	溶液の種類	NaOH	マトリックス	ビニールエステル	濃度(N)	1.0	直径(mm)	6.0	温度(℃)	40, 60	強度(kgf/mm ²)	164	浸漬期間(日)	7, 30, 60, 90, 120	期間（年）	3年	6年	9年	15年	強度低下率（％）	30.0	40.8	48.6	59.7
繊維の種類	Tガラス	溶液の種類	NaOH																											
マトリックス	ビニールエステル	濃度(N)	1.0																											
直径(mm)	6.0	温度(℃)	40, 60																											
強度(kgf/mm ²)	164	浸漬期間(日)	7, 30, 60, 90, 120																											
期間（年）	3年	6年	9年	15年																										
強度低下率（％）	30.0	40.8	48.6	59.7																										
備考																														

分 類	B2-6, B4-11
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (CS, アラミド 異形棒)
論 文 名	連続繊維棒材のコンクリートとの付着機構とその長期性状について
著 者	服部篤史(京都大学)、井上 晋(大阪工業大学)
出 典 名	土木学会第50回年次学術講演会(平成7年 9月), V-188, pp. 376-377
キーワード	連続繊維棒材, 炭素より線, アラミド異形棒, 付着応力分布, 片引試験, クリープ試験
概 要	本研究では、連続繊維棒材を対象として、種々の付着条件下での片引試験により、コンクリートとの付着応力分布の定量的評価を試みるとともに、種々の付着長条件下で持続引拔荷重を与える付着クリープ試験を実施し、経時的な付着すべりの進行程度について、特に荷重端変位に着目して検討した。なお、試験では炭素より線とアラミド異形棒の2種類の連続繊維棒材を断面100×100mmのコンクリートブロックに埋め込んだ供試体を使用した。
結 果	(1) 片引試験 図1に引拔荷重と荷重端変位の関係を示す。図より炭素より線はある荷重に達すると荷重端および自由端の変位量が急増するとともに引拔荷重が大きく減少したり、引拔荷重載荷中、回転しながら引抜け、より線と異形丸棒という棒材の表面加工の違いのため引抜性状が他の棒材と大きく異なった。しかし、同一の棒材では、付着長が異なっても、荷重端変位が生じる初期段階あるいは自由端変位が生じるまでの引拔荷重 - 荷重端変位の関係はほぼ等しかった。 図2に自由端変位発生時の引拔荷重と付着長との関係を示す。これから、両棒材とも付着長が64mmの場合を除き、ほぼ付着長に比例した。 (2) 付着クリープ試験 測定期間中はどの供試体も自由端のすべりは生じなかった。しかし、荷重端においては載荷後わずか24時間で大きくすべりが生じ、その後は、いずれの供試体もわずかずつすべりが増加し続け、持続引拔荷重が大きい場合で若干増加率が大きくなった。 アラミド異形棒では持続引拔荷重にほぼ比例した荷重端すべりの増加が現れたが、炭素より線ではその傾向は明確でなかった。 図2 引拔荷重－荷重端変位関係 ただし、炭素より線① 300mm、 アラミド異形棒② 200mm ③ 300mm ④ 400mm、異形鉄筋⑤ 300mm 図3 自由端変位発生時の 引拔荷重－付着長関係
備 考	

分類	B1-38																																																																																																																															
材料	部材種類 (P C)		素材・形状 (AD, CD)																																																																																																																													
論文名	連続繊維棒材を緊張材としたT形PCはりの疲労性状に及ぼす水の影響																																																																																																																															
著者	松尾 真紀 (立命館大学)、児島 孝之 (立命館大学)																																																																																																																															
出典名	土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第5部 PP.378-379, 1995																																																																																																																															
キーワード	PCはり、プレテンション、疲労、水																																																																																																																															
概要	連続繊維棒材 (AFRP, CFRP) を緊張材としたT形PCはりの疲労性状に及ぼす水の影響について実験的に検討を行った。																																																																																																																															
結果	(1) 連続繊維棒材を緊張材に用いたはり、PC鋼線を用いたはりと同等以上の疲労性状を有すると考えられる。 (2) 気中では棒材破断によって破壊するが、水中ではコンクリートの剥離によって破壊するはり、水中疲労寿命が気中に比べて著しく低下する。 (3) PCはりでは、一時的に大きな損傷を受けても、プレストレスがせん断ひびわれの進展防止に有効に作用するものと考えられる。 表-1 実験計画 <table><tr><th>断面形状</th><th>緊張材</th><th>径</th><th>下側棒材の初期緊張力</th><th>プレストレスト</th><th>試験環境</th></tr><tr><td rowspan="2">T形</td><td>AFRP</td><td>8mm</td><td>0.5Pu</td><td>53.0</td><td>気中</td></tr><tr><td>CFRP</td><td>8mm</td><td>0.5Pu</td><td>51.1</td><td>水中</td></tr></table> Pu: 棒材引張耐力 上限荷重比: 静的耐力に対する比 プレストレスト量: 初期緊張力により算定し、コンクリート下縁の値  図-1 供試体寸法および載荷方法 (単位: mm) 表-2 補強材の機械的性質 <table><tr><th>種類</th><th>AFRP</th><th>CFRP</th></tr><tr><td>伸び後 (mm)</td><td>8</td><td>5</td></tr><tr><td>破断荷重 (kgf)</td><td>7060</td><td>2020</td></tr><tr><td>引張強度 (kgf/cm²)</td><td>17300</td><td>20000</td></tr><tr><td>弾性係数 (kgf/cm²)</td><td>740000</td><td>1380000</td></tr><tr><td>伸び (%)</td><td>2.3</td><td>1.6</td></tr></table> 表-3 疲労試験結果 <table><tr><th>断面形状</th><th>環境</th><th>供試体名</th><th>上限荷重比</th><th>Pcr (tf)</th><th>破断回数</th><th>破断形式</th><th>Pu (tf)</th></tr><tr><td rowspan="10">T形断面</td><td rowspan="5">気中</td><td>ATB-5-70</td><td>5.32tf(70%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>7.1(0.95)</td></tr><tr><td>-75</td><td>5.70tf(75%)</td><td>3.75</td><td>443,300</td><td>F(B)</td><td></td></tr><tr><td>CTB-5-80</td><td>5.95tf(80%)</td><td>4.25</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>7.5(1.00)</td></tr><tr><td>-85</td><td>6.32tf(85%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>8.0(1.07)</td></tr><tr><td>-90</td><td>6.70tf(90%)</td><td>4.25</td><td>1,400,000</td><td>F(B)</td><td></td></tr><tr><td rowspan="5">水中</td><td>ATB-5-50W</td><td>3.80tf(50%)</td><td>4.50</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>8.7(1.15)</td></tr><tr><td>-55W</td><td>4.18tf(55%)</td><td>4.50</td><td>1,249,700</td><td>F(C)</td><td></td></tr><tr><td>-60W</td><td>4.56tf(60%)</td><td>4.56</td><td>481,200</td><td>F(C)</td><td></td></tr><tr><td>CTB-5-60W</td><td>4.46tf(60%)</td><td>4.50</td><td>1,920,000</td><td>F(C)</td><td></td></tr><tr><td>-65W</td><td>4.84tf(65%)</td><td>4.75</td><td>2,000,000</td><td>S(B)</td><td>9.0(1.20)</td></tr><tr><td rowspan="3"></td><td>-70W</td><td>5.20tf(70%)</td><td>4.25</td><td>399,180</td><td>F(C)</td><td></td></tr><tr><td>-80W</td><td>5.95tf(80%)</td><td>4.50</td><td>45,420</td><td>F(C)</td><td></td></tr><tr><td>-85W</td><td>6.32tf(85%)</td><td>4.50</td><td>40,000</td><td>F(C)</td><td></td></tr></table> Pcr: ひびわれ発生荷重 Pu: 残存静的強度 F: 疲労破断 B: 棒材破断 S: 200万回後の静的破断 C: 剥離破断  図-4 ひびわれ状況図 図-2 上限荷重比と破断までの繰返し回数の関係  図-3 たわみと繰返し回数の関係 (水中) 			断面形状	緊張材	径	下側棒材の初期緊張力	プレストレスト	試験環境	T形	AFRP	8mm	0.5Pu	53.0	気中	CFRP	8mm	0.5Pu	51.1	水中	種類	AFRP	CFRP	伸び後 (mm)	8	5	破断荷重 (kgf)	7060	2020	引張強度 (kgf/cm ²)	17300	20000	弾性係数 (kgf/cm ²)	740000	1380000	伸び (%)	2.3	1.6	断面形状	環境	供試体名	上限荷重比	Pcr (tf)	破断回数	破断形式	Pu (tf)	T形断面	気中	ATB-5-70	5.32tf(70%)	4.50	2,000,000	S(B)	7.1(0.95)	-75	5.70tf(75%)	3.75	443,300	F(B)		CTB-5-80	5.95tf(80%)	4.25	2,000,000	S(B)	7.5(1.00)	-85	6.32tf(85%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.0(1.07)	-90	6.70tf(90%)	4.25	1,400,000	F(B)		水中	ATB-5-50W	3.80tf(50%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.7(1.15)	-55W	4.18tf(55%)	4.50	1,249,700	F(C)		-60W	4.56tf(60%)	4.56	481,200	F(C)		CTB-5-60W	4.46tf(60%)	4.50	1,920,000	F(C)		-65W	4.84tf(65%)	4.75	2,000,000	S(B)	9.0(1.20)		-70W	5.20tf(70%)	4.25	399,180	F(C)		-80W	5.95tf(80%)	4.50	45,420	F(C)		-85W	6.32tf(85%)	4.50	40,000	F(C)	
断面形状	緊張材	径	下側棒材の初期緊張力	プレストレスト	試験環境																																																																																																																											
T形	AFRP	8mm	0.5Pu	53.0	気中																																																																																																																											
	CFRP	8mm	0.5Pu	51.1	水中																																																																																																																											
種類	AFRP	CFRP																																																																																																																														
伸び後 (mm)	8	5																																																																																																																														
破断荷重 (kgf)	7060	2020																																																																																																																														
引張強度 (kgf/cm ²)	17300	20000																																																																																																																														
弾性係数 (kgf/cm ²)	740000	1380000																																																																																																																														
伸び (%)	2.3	1.6																																																																																																																														
断面形状	環境	供試体名	上限荷重比	Pcr (tf)	破断回数	破断形式	Pu (tf)																																																																																																																									
T形断面	気中	ATB-5-70	5.32tf(70%)	4.50	2,000,000	S(B)	7.1(0.95)																																																																																																																									
		-75	5.70tf(75%)	3.75	443,300	F(B)																																																																																																																										
		CTB-5-80	5.95tf(80%)	4.25	2,000,000	S(B)	7.5(1.00)																																																																																																																									
		-85	6.32tf(85%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.0(1.07)																																																																																																																									
		-90	6.70tf(90%)	4.25	1,400,000	F(B)																																																																																																																										
	水中	ATB-5-50W	3.80tf(50%)	4.50	2,000,000	S(B)	8.7(1.15)																																																																																																																									
		-55W	4.18tf(55%)	4.50	1,249,700	F(C)																																																																																																																										
		-60W	4.56tf(60%)	4.56	481,200	F(C)																																																																																																																										
		CTB-5-60W	4.46tf(60%)	4.50	1,920,000	F(C)																																																																																																																										
		-65W	4.84tf(65%)	4.75	2,000,000	S(B)	9.0(1.20)																																																																																																																									
	-70W	5.20tf(70%)	4.25	399,180	F(C)																																																																																																																											
	-80W	5.95tf(80%)	4.50	45,420	F(C)																																																																																																																											
	-85W	6.32tf(85%)	4.50	40,000	F(C)																																																																																																																											
備考																																																																																																																																

分類	B1-25																																	
材料	部材種類 (R C)	素材・形状 (C D)																																
論文名	CFRP板を接着・補強したRCはりの破壊様式と静的及び疲労強度																																	
著者	井上正一他 (鳥取大学)																																	
出典名	土木学会第50回年次学術講演会、1995.9																																	
キーワード	はり，接着，破壊形式，曲げ疲労																																	
概要	コンクリート構造物の補強法としてRCはりの下面に鋼板ないしはCFRP板をエポキシ樹脂で接着・一体化したはりの静的及び疲労試験を行い、補強板の種類や板接着時のアンカボルト使用の有無が破壊様式と疲労強度に及ぼす影響を述べる。																																	
結果	 図-1 はり断面の詳細 表-2 静的試験結果 <table><tr><th rowspan="2">はりの種類</th><th colspan="2">終局耐力 (tf)</th><th rowspan="2">耐力比 $\frac{P_u}{P_{ucal}}$</th><th rowspan="2">破壊様式 CF-RE</th><th rowspan="2">破壊位置 PF</th></tr><tr><th>実験値 P_u</th><th>計算値 P_{ucal}</th></tr><tr><td>R C</td><td>9.87</td><td>8.84</td><td>1.12</td><td>-Yi</td><td>BS</td></tr><tr><td>CFRP-N</td><td>16.60</td><td>18.86</td><td>0.88</td><td>De-Yi</td><td>SS</td></tr><tr><td>CFRP-A</td><td>16.08</td><td>18.00</td><td>0.89</td><td>Fr-Yi</td><td>BS</td></tr><tr><td>鋼板</td><td>15.41</td><td>15.06</td><td>1.02</td><td>Yi-Yi</td><td>BS</td></tr></table>  図-2 破壊様式 (X: 破断位置) [コンクリート]  コンクリートひずみ [鉄筋, 鋼板]  鉄筋, 鋼板ひずみ [CFRP]  CFRPひずみ 図-4 材料の応力-ひずみ関係 (数値は表-1 参照)		はりの種類	終局耐力 (tf)		耐力比 $\frac{P_u}{P_{ucal}}$	破壊様式 CF-RE	破壊位置 PF	実験値 P_u	計算値 P_{ucal}	R C	9.87	8.84	1.12	-Yi	BS	CFRP-N	16.60	18.86	0.88	De-Yi	SS	CFRP-A	16.08	18.00	0.89	Fr-Yi	BS	鋼板	15.41	15.06	1.02	Yi-Yi	BS
はりの種類	終局耐力 (tf)			耐力比 $\frac{P_u}{P_{ucal}}$	破壊様式 CF-RE				破壊位置 PF																									
	実験値 P_u	計算値 P_{ucal}																																
R C	9.87	8.84	1.12	-Yi	BS																													
CFRP-N	16.60	18.86	0.88	De-Yi	SS																													
CFRP-A	16.08	18.00	0.89	Fr-Yi	BS																													
鋼板	15.41	15.06	1.02	Yi-Yi	BS																													

結 果	 図-5 $P_s - \bar{N}$ 関係  図-6 鉄筋応力とはりの疲労寿命
備 考	

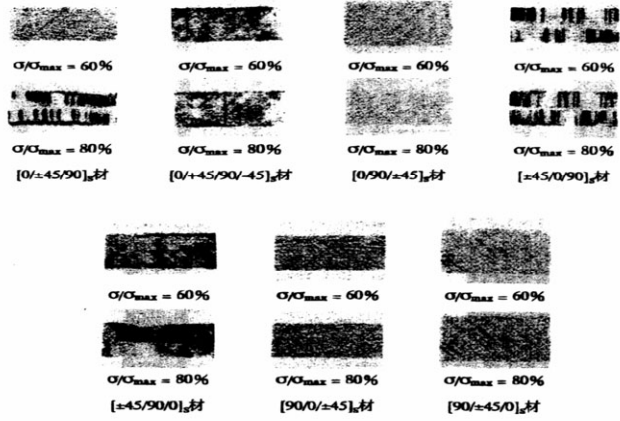
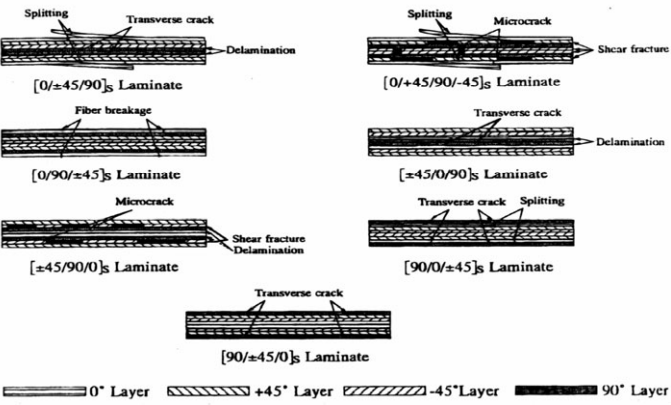
分類	A4-3
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (G)
論文名	カーテンウォールで多種多様な用途展開
著者	呉羽化学工業(株),(株)エフ・アール・シー
出典名	工業材料, Vol.43, No.12, pp53-57, 1995.11
キーワード	CFRC(炭素繊維補強コンクリート), カーテンウォール
概要	CFRC(炭素繊維補強コンクリート)パネルは, 高層ビルの外壁, 屋根などの外装材として使われているが, その主用途はカーテンウォール材としての活用である. CFRCは, セメントモルタル中にピッチ系炭素繊維を分散・混入する事により, 重い・もろい・亀裂が入る, といったコンクリートの弱点をカバーした建築・土木用材料である.
結果	耐久性としては, 凍結・融解試験, 促進劣化試験などの厳しい試験と過酷な条件下での施工実績により, CFRCの優れた耐久性が実証されている. また, CFRCカーテンウォールは, 厚さ30mmで30分, 同50mmで1時間の非耐力外壁耐火性を持ち, それぞれ建設大臣の指定を受けている. 凍結融解試験結果 相対強度係数(%) 凍結融解回数(回) 促進劣化試験 (75℃熱水浸漬) 曲げ強度 (kgf/cm²) 材齢 CFRC長さの変化 長さ変化率(%) 乾燥材齢
備考	CFRCカーテンウォール(炭素短繊維使用)に関する文献・メーカーによるPR色が強い.

分類	A1-11, C2-14																																									
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (V)																																								
論文名	石綿代替とコンクリート補強用途の拡大																																									
著者	佐々木 譲 (株)クラレ, 産業資材事業本部)																																									
出典名	工業材料, Vol.43, No.12, pp48-52, 1995.11																																									
キーワード	セメント補強用繊維, 繊維強化セメント, ビニロン, 耐アルカリ性, 耐紫外線性																																									
概要	ビニロン, エステル, 耐アルカリガラス, Eガラスなど各種繊維をセメント溶液に浸漬し, 繊維の強力保持率, モジュラス保持率の推移を測定, 各種繊維の劣化促進テストを行った結果報告																																									
結果	ビニロンは強力保持率, モジュラス保持率とも安定しており, セメントのアルカリ性による劣化の影響は最も小さかった. また, ビニロンとポリエチレンに120分サイクルで18分間, 紫外線を照射した場合, ポリエチレンが照射800時間で80%も強力保持率が低下したのに対して, ビニロンは照射800時間でも約10%しか低減せず, 優れた耐候性を実証した. 各種繊維の耐アルカリ性 (劣化促進テスト) <table><caption>各種繊維の耐アルカリ性 (強力保持率 %)</caption><thead><tr><th>繊維種</th><th>未処理</th><th>7日</th><th>14日</th></tr></thead><tbody><tr><td>ビニロン</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>エステル</td><td>100</td><td>~90</td><td>~70</td></tr><tr><td>耐アルカリガラス</td><td>100</td><td>~40</td><td>~20</td></tr><tr><td>Eガラス</td><td>100</td><td>~20</td><td>測定不能</td></tr></tbody></table> <table><caption>各種繊維の耐アルカリ性 (モジュラス保持率 %)</caption><thead><tr><th>繊維種</th><th>未処理</th><th>7日</th><th>14日</th></tr></thead><tbody><tr><td>ビニロン</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>エステル</td><td>100</td><td>~80</td><td>~60</td></tr><tr><td>耐アルカリガラス</td><td>100</td><td>~70</td><td>~40</td></tr><tr><td>Eガラス</td><td>100</td><td>~20</td><td>測定不能</td></tr></tbody></table>		繊維種	未処理	7日	14日	ビニロン	100	100	100	エステル	100	~90	~70	耐アルカリガラス	100	~40	~20	Eガラス	100	~20	測定不能	繊維種	未処理	7日	14日	ビニロン	100	100	100	エステル	100	~80	~60	耐アルカリガラス	100	~70	~40	Eガラス	100	~20	測定不能
繊維種	未処理	7日	14日																																							
ビニロン	100	100	100																																							
エステル	100	~90	~70																																							
耐アルカリガラス	100	~40	~20																																							
Eガラス	100	~20	測定不能																																							
繊維種	未処理	7日	14日																																							
ビニロン	100	100	100																																							
エステル	100	~80	~60																																							
耐アルカリガラス	100	~70	~40																																							
Eガラス	100	~20	測定不能																																							
備考	セメント補強用のビニロン繊維 (短繊維) に関する文献. メーカーによるPR色が強い.																																									

分類	C3-5, C4-5																																																																								
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (G)																																																																							
論文名	カーテンウォールで多種多様な用途展開																																																																								
著者	呉羽化学工業(株), (株)エフ・アール・シー																																																																								
出典名	工業材料, Vol.43, No.12, pp53-57, 1995.11																																																																								
キーワード	CFRC(炭素繊維補強コンクリート), カーテンウォール																																																																								
概要	CFRC(炭素繊維補強コンクリート)パネルは, 高層ビルの外壁, 屋根などの外装材として使われているが, その主用途はカーテンウォール材としての活用である. CFRCは, セメントモルタル中にピッチ系炭素繊維を分散・混入する事により, 重い・もろい・亀裂が入る, といったコンクリートの弱点をカバーした建築・土木用材料である.																																																																								
結果	耐久性としては, 凍結・融解試験, 促進劣化試験などの厳しい試験と過酷な条件下での施工実績により, CFRCの優れた耐久性が実証されている. また, CFRCカーテンウォールは, 厚さ30mmで30分, 同50mmで1時間の非耐力外壁耐火性を持ち, それぞれ建設大臣の指定を受けている. 凍結融解試験結果 <table><caption>凍結融解試験結果 (相対強度係数 %)</caption><thead><tr><th>凍結融解回数 (回)</th><th>相対強度係数 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>100</td></tr><tr><td>25</td><td>98</td></tr><tr><td>50</td><td>100</td></tr><tr><td>75</td><td>98</td></tr><tr><td>100</td><td>100</td></tr><tr><td>125</td><td>100</td></tr><tr><td>150</td><td>98</td></tr><tr><td>175</td><td>100</td></tr><tr><td>200</td><td>100</td></tr><tr><td>225</td><td>100</td></tr><tr><td>250</td><td>100</td></tr><tr><td>275</td><td>100</td></tr><tr><td>300</td><td>98</td></tr></tbody></table> 促進劣化試験 (75℃熱水浸漬) <table><caption>促進劣化試験 (75℃熱水浸漬) (曲げ強度 kgf/cm²)</caption><thead><tr><th>材齢</th><th>最大曲げ強度 (kgf/cm²)</th><th>初期裂曲げ強度 (kgf/cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1週</td><td>80</td><td>35</td></tr><tr><td>2週</td><td>75</td><td>40</td></tr><tr><td>3週</td><td>85</td><td>45</td></tr><tr><td>4週</td><td>100</td><td>45</td></tr><tr><td>3ヵ月</td><td>90</td><td>35</td></tr><tr><td>5ヵ月</td><td>95</td><td>45</td></tr></tbody></table> CFRC長さの変化 <table><caption>CFRC長さの変化 (長さ変化率 %)</caption><thead><tr><th>乾燥材齢</th><th>CFRC 長さ変化率 (%)</th><th>モルタル 長さ変化率 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1週</td><td>0.05</td><td>0.15</td></tr><tr><td>4週</td><td>0.08</td><td>0.18</td></tr><tr><td>8週</td><td>0.08</td><td>0.18</td></tr><tr><td>3ヵ月</td><td>0.08</td><td>0.18</td></tr><tr><td>6ヵ月</td><td>0.08</td><td>0.18</td></tr><tr><td>1年</td><td>0.08</td><td>0.18</td></tr></tbody></table>			凍結融解回数 (回)	相対強度係数 (%)	0	100	25	98	50	100	75	98	100	100	125	100	150	98	175	100	200	100	225	100	250	100	275	100	300	98	材齢	最大曲げ強度 (kgf/cm²)	初期裂曲げ強度 (kgf/cm²)	1週	80	35	2週	75	40	3週	85	45	4週	100	45	3ヵ月	90	35	5ヵ月	95	45	乾燥材齢	CFRC 長さ変化率 (%)	モルタル 長さ変化率 (%)	1週	0.05	0.15	4週	0.08	0.18	8週	0.08	0.18	3ヵ月	0.08	0.18	6ヵ月	0.08	0.18	1年	0.08	0.18
凍結融解回数 (回)	相対強度係数 (%)																																																																								
0	100																																																																								
25	98																																																																								
50	100																																																																								
75	98																																																																								
100	100																																																																								
125	100																																																																								
150	98																																																																								
175	100																																																																								
200	100																																																																								
225	100																																																																								
250	100																																																																								
275	100																																																																								
300	98																																																																								
材齢	最大曲げ強度 (kgf/cm²)	初期裂曲げ強度 (kgf/cm²)																																																																							
1週	80	35																																																																							
2週	75	40																																																																							
3週	85	45																																																																							
4週	100	45																																																																							
3ヵ月	90	35																																																																							
5ヵ月	95	45																																																																							
乾燥材齢	CFRC 長さ変化率 (%)	モルタル 長さ変化率 (%)																																																																							
1週	0.05	0.15																																																																							
4週	0.08	0.18																																																																							
8週	0.08	0.18																																																																							
3ヵ月	0.08	0.18																																																																							
6ヵ月	0.08	0.18																																																																							
1年	0.08	0.18																																																																							
備考	CFRCカーテンウォール(炭素短繊維使用)に関する文献・メーカーによるPR色が強い.																																																																								

分 類	B2-11
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (エポキシ樹脂単体)
論 文 名	エポキシ樹脂のクリープ変形に及ぼすフィジカルエージングの評価
著 者	宮野 靖(金沢工業大学材料システム研究所), 後藤康一(金沢工業大学大学院)
出 典 名	「材料」(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.44, No.506, pp.1367-1371, Nov.1995
キーワード	フィジカルエージング, クリープ変形, エポキシ樹脂
概 要	熱硬化性樹脂の粘弾性挙動に及ぼすフィジカルエージングの進行を詳細に検討するために, 負荷形態が最も単純なクリープ変形を取り上げ, 熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂のクリープ変形に及ぼすフィジカルエージングの進行を定量的に評価する. 具体的には, 種々の温度と時間でエージングを施すことによりフィジカルエージング状態を調整したエポキシ樹脂についてクリープ変形の時間および温度依存性を求め, クリープ変形に及ぼすフィジカルエージングの進行を定量的に評価する. さらに, 赤外線吸収スペクトル, 密度といった諸物性を評価し, フィジカルエージングの進行を多角的に解釈しようとしている.
結 果	(1)種々のエージング条件の下で調整されたエポキシ樹脂のクリープコンプライアンスDcは, ガラス転移温度Tg以下の温度領域においても著しい時間および温度依存性を示す. いずれのエージング条件に調整された試料も, 種々の一定温度でのDcからそのマスター曲線が求まり, 修正時間 - 温度換算則が成立する. また, フィジカルエージングの進行によりクリープ変形は抑制される. (2)エージング温度が高くなるにつれ, またエージング時間が長くなるにつれフィジカルエージングは進行し, エージング温度とエージング時間の間に時間 - 温度換算則が成立する. (3)エージング温度が高くなるにつれ, エージング時間が長くなるにつれ密度は大きくなる. すなわち, フィジカルエージングの進行に伴い密度は大きくなり, 自由体積の減少が裏づけられた. また, このフィジカルエージングの進行による密度の変化についてもエージング時間とエージング温度の間に時間 - 温度換算則が成立する. (4)フィジカルエージングの進行によるDcと密度の変化には同じ時間 - 温度換算則が成立し, そのときの活性化エネルギーΔHはエポキシ樹脂については72kJ/molとなりクリープ変形に対する$\Delta H=125\text{kJ/mol}$の半分強であった. また, シアネート樹脂についても全く同様の現象が観察され, そのΔHは45kJ/molであり, クリープ変形に対する$\Delta H=95\text{kJ/mol}$のやはり半分強であった. このようなフィジカルエージングの進行に関する活性化エネルギーは, 高分子材料が熱力学的に非平衡状態から平衡状態へと変化する過程での分子運動に対するものであり, 外力による分子運動すなわちクリープ変形に関する活性化エネルギーとは明らかに異なる. Fig. 9. Shift factors of progress of physical aging for epoxy resin. Fig. 10. Shift factors of progress of physical aging for cyanate resin.
備 考	エポキシ樹脂単体のクリープに関する論文である.

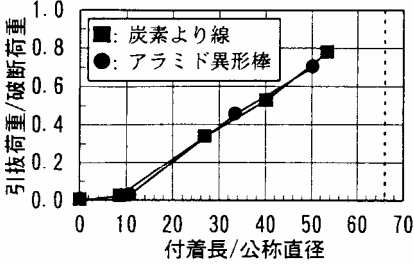
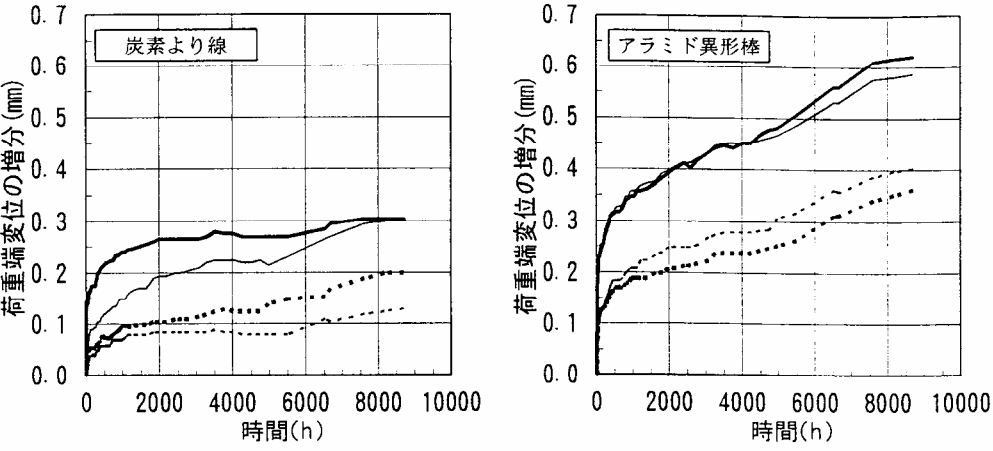
分 類	C1-13
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論 文 名	ピッチ系 / PAN系ハイブリッド方向CFRPの静的曲げ強度の温度依存性
著 者	宮野 靖(金沢工業大学材料システム研究所), 松井 洋(金沢工業高等専門学校)
出 典 名	「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan),Vol.44,No.507,pp.1428-1432,Dec.1995
キーワード	"Fiber reinforced plastics", "PAN based carbon fiber", "Pitch based carbon fiber", "Hybrid", "Flexural strength", "Temperature dependence"
概 要	2種類以上の強化繊維を組み合わせたハイブリッドFRPは、個々の繊維単独では、得られない優れた機械的性質が期待でき、構造材の多様化する要求特性に応じて、その材料設計が可能であるという特徴を有する。本報では、圧縮側にPAN系炭素繊維の層を配置したピッチ系/PAN系一方向CFRP積層板を取り上げ、種々の一定温度の下での三点曲げ試験を行い、曲げ特性の温度依存性を求める。同時に構成材料の特性から、理論的にこのハイブリッドCFRPの曲げ特性の温度依存性を求める事により、ハイブリッドCFRPのハイブリッド効果の機構を解
結 果	[供試材料] 炭素繊維は、ピッチ系の高強度、高弾性率炭素繊維XN40とPAN系の高強度炭素繊維T300であり、マトリックス樹脂はエポキシ樹脂25Cである。積層板の成形は上述の炭素繊維の一方向プリプレグシート(厚さ0.24mm)を12枚積み重ね、圧縮成型機を用いて行なった。 [実験方法]
内 容	

分 類	B4-12
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論 文 名	引張荷重下における疑似等方性カーボン / エポキシ積層材の破壊メカニズムに及ぼす積層順序の影響
著 者	谷本敏夫(湘南工科大学), 森井亨(湘南工科大学)
出 典 名	材料(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.44, No.507, pp.1433-1438, Dec.1995
キーワード	疑似等方性積層材, 引張荷重, 破壊メカニズム, 積層順序
概 要	積層順序の異なる疑似等方性カーボン / エポキシ積層材の引張試験および破壊進展の観察を行い、最終強度と破壊の関係について定性的な検討を行った。
結 果	・疑似等方性積層材では、荷重分担能力の高い0°層の破壊を抑制することが重要であり、また45°層の破壊の大きさも積層材の強度に大きく影響することがわかった。 ・インターリーブ材の挿入により積層材の強度を改善できた。  Fig. 3. Ultrasonic inspection results at stress level (σ / σ_{max}) of 60% and 80%.  Fig. 4. Schematic representation of fracture appearance of each laminate.
備 考	

分類	A4-5
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (G、クロス積層板)
論文名	GFRP用高分子型シランカップリング剤の合成と性能
著者	杉山 一男(近畿大学),植村 貴人(近畿大学)
出典名	材料(Vol45,No4)、pp449～454、Apr、1996
キーワード	GFRP、ガラス繊維、ガラスビーズ、マクロモノマー、高分子型シランカップリング剤、相溶化剤、機械的物性、グラフト効果、層間せん断強度、曲げ強度、引張り強度
概要	グラフト重合法、マクロモノマー法による無機物表面の処理が粒子充填複合材料の物性改良に有用である。FRP(ガラス繊維)では通常低分子型、共有結合型のシランカップリング剤が表面処理剤として使用されているが、ポリマーアロイにおける相溶化剤を意識し、マクロモノマー型シランカップリング剤を合成した。分子量を5段階に変え、グラフトの効果と、分子量の効果を、GFRP(クロス積層板)を作成して機械的特性を図ることにより求めた。
結果	・分子量を5段階に変化させたω-トリメキシシリルポリメタクリレート、および、ω-トリメキシシリルポリスチレンを作成し、ガラスビーズとガラス繊維布を表面処理した。ガラスビーズでは表面の電顕観察、グラフト率の測定を行った。ガラス繊維布はエポキシアクリレートマトリックスのGFRP(積層板)を作成し機械的特性を測定した。 ・ビーズ表面へのグラフト率は6.1～15.5%となり、グラフトできる事が分かった。GFRP積層板の機械的性質はマクロモノマーのグラフト、分子量に影響されることが分かった。最適化により更に向上できる可能性、熱可塑性樹脂マトリックスにも応用できる可能性がある。
備考	・ハンドレイアップにより積層している事、また、グラフトと反応のバラツキが大きいことから物性値のバラツキが大きい。傾向的には物性の向上が認められるが分子量の大小の影響は認められない。FRPへの応用よりも、FRTPへの応用を図った方が良いと思われる。 ・耐久性とは全く関係ない内容である。

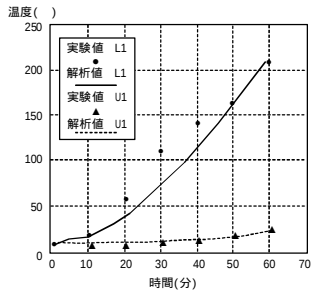
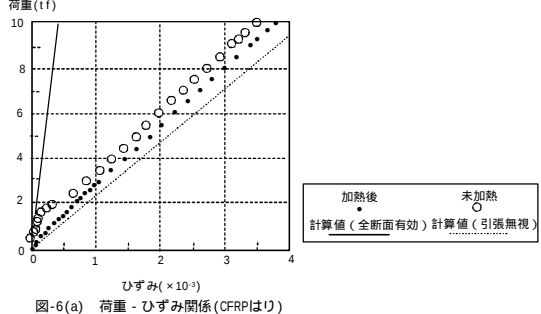
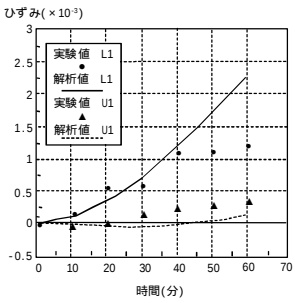
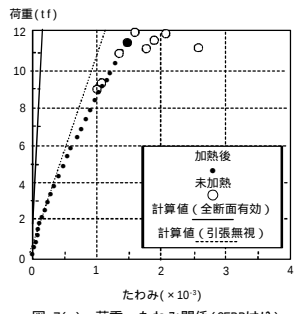
分 類	B2-14
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (筒状CFRP)
論 文 名	疲労過程におけるクリープ特性の変化を用いたCFRPの疲労寿命予測
著 者	金川 靖(名古屋大学工学部), 藤井敏彦(名古屋大学大学院)
出 典 名	「材料」(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.45, No.5, pp.502-506, May.1996
キーワード	CFRP複合材, 疲労寿命予測, クリープ試験, 一般化Voigtモデル, 損傷変数, Lemaitre-Chaboche's損傷発展式
概 要	疲労試験中の粘弾性特性の変化をモニタリングするために, 疲労試験中の特定サイクルごとにクリープ試験を行う. この試験における疲労損傷の進展に伴うクリープひずみの増加を記述するためにKachanov-Rabotnovの理論と同様な損傷変数を導入し, これを損傷の指標として用いる. さらに, この損傷変数の発展をLemaitre-Chabocheの損傷発展式を用いて定式化し, 寿命予測を行うとともにその妥当性を検討する.
結 果	(1)疲労損傷にともなって増大するクリープひずみを一般化Voigtモデルに損傷変数Dを導入することによって記述することができる. (2)粘弾性挙動より導入した損傷変数は, 通常の縦弾性係数から求められる値よりばらつきも少なく寿命予測に有効である. (3)寿命比に対する損傷の発展は, 最大応力に依存しない. またLemaitre-Chabocheの損傷発展式を用いることによって, 本研究の範囲では正確な寿命評価ができる Fig. 6. Damage variable D defined by viscoelastic property. Fig. 7. Damage variable D_{el} defined by elastic modulus. Fig. 8. Fatigue life
備 考	シート状炭素繊維を筒状CFRPに成形した論文である.

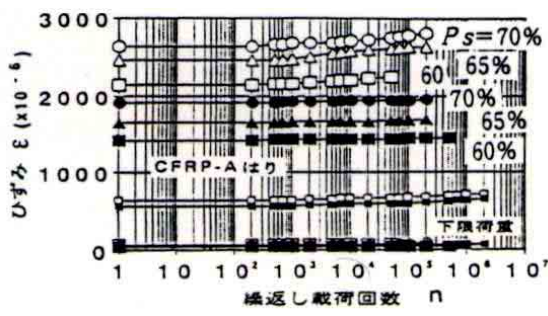
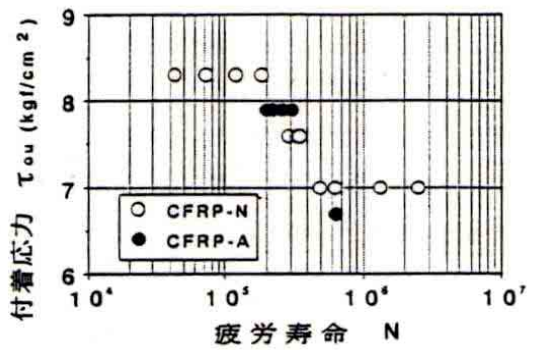
分類	B2-13
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (シート状CFRP)
論文名	炭素繊維強化ポリアミドのステップ昇温によるクリープ特性の評価
著者	古江治美 (機械技術研究所)
出典名	「材料」(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.45, No.5, pp.507-510, May.1996
キーワード	CFPA, 環境の影響, 曲げクリープ, クリープ特性の評価法
概要	CFRPはマスターカーブを得るために、かなり長時間あるいは小さい温度間隔でのデータを重ねる必要があり、またクリープ特性にばらつきが大きいため、時間 - 温度換算則の適用による長時間クリープ特性の予測が難しい。また、長時間クリープ特性を求める場合には種々の試験条件を長時間一定に保つ必要がある。したがって、試験時間短縮の目的だけではなく、正確なデータを得るためにも短時間で区切りあるデータを取得し、それらのデータをもとに長時間のクリープ特性あるいはクリープ特性の系統的な予測が可能である方法が望ましい。そこで、ここでは試験温度を一定時間毎にステップ状に昇温(ステップ昇温)しつつクリープ試験する方法によるクリープ特性予測の
結果	高強度、高弾性率繊維特性支配のCFPAを対象に、ステップ昇温によりクリープ特性を予測する方法について検討した。その結果、本研究で用いた(25時間毎30)および(開始温度では1000時間、その後300時間毎30)のステップ昇温条件では、開始温度および継続時間にかかわらず、同一応力レベルについては同一温度ステップでクリープ破断する傾向を得た。さらにこの方法により、概略ではあるが、クリープ破断特性に関する系統的結果を容易に得ることができる。 Fig. 6. Diagram of time, environment temperature and creep fracture for CFPA. Fig. 7. Diagram of time and creep deflection for $\sigma_{max} = 300$ MPa (a), $\sigma_{max} = 200$ MPa (b) and $\sigma_{max} = 100$ MPa (c) of CFPA. Fig. 8. Diagram of environment temperature and creep fracture for CFPA.
備考	シート状CFRPに関する論文である。

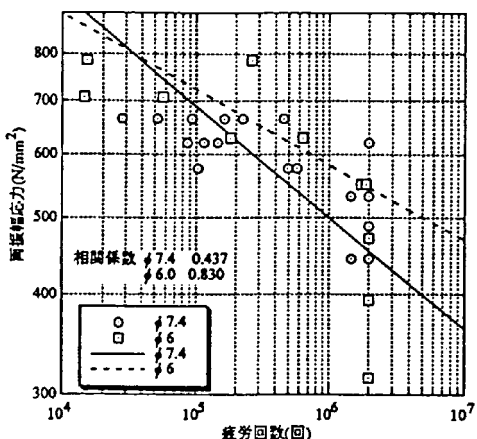
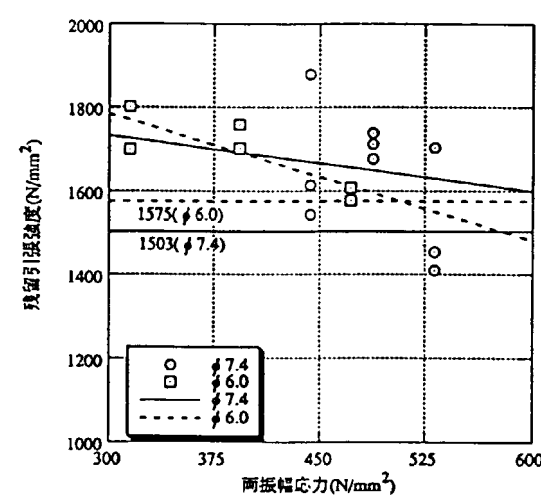
分 類	B3-4, B4-16
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (CS , アラミド 異形棒)
論 文 名	連続繊維棒材のコンクリートとの付着とその長期挙動
著 者	服部 篤史(京都大学 工学部土木学科)、宮川 豊章(京都大学 工学部土木学科)
出 典 名	コンクリート工学年次論文集、Vol.18、No.1、pp.1197 - 1202、1996
キーワード	連続繊維棒材, 炭素より線, アラミド異形棒, 付着, 付着クリープ
概 要	炭素より線およびアラミド異形棒を対象として、種々の付着長での片引張試験結果から付着応力分布のモデル化を試みるとともに、持続引拔荷重を片引きで与える付着クリープ試験を実施し、経時的な付着すべりの進行程度について、荷重端変位に着目して検討を行った結果を報告する。(1)炭素より線およびアラミド異形棒において、自由端にすべりが生じるときの引拔荷重は、付着長が200～400mmではほぼ付着長に比例した。また、付着長/公称直径が等しい場合、引拔荷重/破断荷重は両者でほぼ同じだった。(2)炭素より線およびアラミド異形棒の付着応力分布を、最大応力以降、付着応力分布が一定となる台形型と仮定したところ、両棒材の最大付着応力はほぼ等しい可能性が示唆された。(3)付着クリープ試験の結果、荷重端変位の増加は持続引拔荷重載荷後24時間で顕著に現れた。両棒材とも、破断荷重の20%の持続引拔荷重を与えた場合の荷重端変位は、10%のものの2倍以下であった。また、持続引拔荷重が大きい場合に、すべりの増加率が若干大きくなる傾向が見られる。
結 果	 図一4 自由端変位発生時の 引拔荷重—付着長関係  図一8 荷重端変位増分の経時変化 (---、—: 付着長 300mm 10%、20% ---、—: 付着長 200mm 10%、20%)
備 考	

分 類	C2-2
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD , AD , GD)
論 文 名	紫外線による各種繊維の劣化現象の評価方法に関する基礎研究
著 者	山口明伸 , 西村次男 , 魚本健人 (東京大学生産技術研究所)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集 , Vol . 18 , No . 1 , 1996
キ ー ワ ー ド	連続繊維補強材 , 紫外線劣化 , ワイブル分布
概 要	本研究報告は、繊維強化プラスチック(FRP)ロッドを構成するアラミド、ガラスおよびカーボン繊維の耐候性を把握する目的で、紫外線による劣化性状を促進試験により実験的に検討を加えたものである。なお、実験では紫外線照射時間を10、50、100、500、1000時間とし、1時間当たりの紫外線照射量を約0.2MJ/m²(銚子での6月の放射照度に対応)で照射促進を行っている。 各照射時間終了後、変位制御型オートグラフを用い室温(20±3)において引張試験を行っている。測定項目として破断荷重と伸び量の計測を行っている。
結 果	研究結果は以下のとおりである。 (1) アラミド繊維は紫外線照射により劣化し、強度低下を生じる。(図-1参照) アラミド繊維は、紫外線照射により繊維中に不規則な欠陥部分を生じ、強度低下の要因となつていと考えられる。 (2) アラミド繊維の紫外線照射による強度低下は、材料の破壊を鎖の破断と考えるワイブルのWeakest link理論で定量的に評価が可能。 (3) ガラス繊維およびカーボン繊維では、強度低下は認められず、紫外線劣化は生じない。(図-2、3参照) 図-1 アラミド繊維 図-2 カーボン繊維 図-3 ガラス繊維 紫外線照射後の引張強度
内 容	

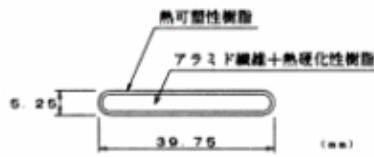
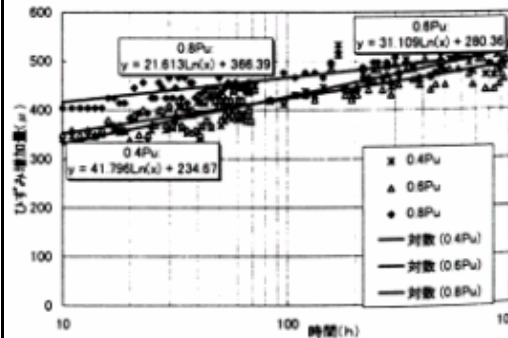
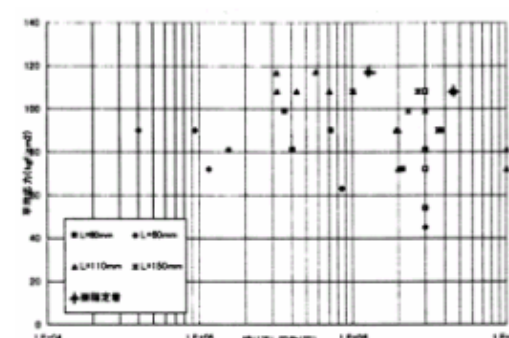
分類	C2-3
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD , AD , GD)
論文名	異なった環境条件で暴露した各種FRPロッドの引張強度特性
著者	西村次男, 魚本健人, 加藤佳孝(東京大学生産技術研究所), 勝木太(東急建設(株))
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996
キーワード	FRPロッド, 暴露試験, 凍結融解, 引張強度
概要	本研究は、AFRP、CFRPおよびGFRPロッドを異なった環境条件下(内陸部、海洋環境下、凍結融解環境下)で塩分、紫外線、乾湿の繰り返しおよび温度変化等が各種FRPロッドの引張強度に及ぼす影響について実験的検討を行っている。なお、実験に使用したFRPロッド補強繊維の繊維混入率は、各タイプとも66%で、マトリックスは全てビニルエステル樹脂が用いられている。また、いずれのFRPロッドとも直径6mmの丸棒状の形状が用いられている。なお、各暴露環境条件は、以下のとおりである。 海洋環境下(JCI-SC7区分A:飛沫帯、あるいはこれに準ずる)、内陸部環境下(JCI-SC7区
結果	(1)内陸部環境下に暴露したFRPロッドは、いずれのロッドとも海洋環境下暴露したものより強度低下が顕著である。 (2)AFRPロッドでは、3年間で内陸部および海洋暴露とも紫外線劣化が主因により約20～32%の強度低下が認められる。(図-3参照) (3)GFRPロッドは、内陸部暴露期間3年で強度低下することが確認されたが、海洋環境下では強度低下はなく、海洋環境下での劣化は認められない。(図-4参照) (4)海洋環境下暴露での各ロッドへの塩分浸透調査(電子線マイクロ分析(EPMA))の分析では、いずれのロッドとも塩分の浸透は認められなかった。 (5)凍結融解環境下(凍結融解作用サイクル:300サイクル)では、AFRPおよびCFRPロッドの引張強度の低下はほとんど認められなかったが、GFRPロッドで300サイクル後約8%程度の強度低下が認められた。 図-3 内陸部(西千葉実験所)の暴露期間と引張強度との関係 図-4 海洋環境下暴露の暴露期間と引張強度との関係

分 類	C4-15
材 料	部材種類 (単体, RC) 素材・形状 (CD)
論 文 名	高温加熱されたCFRP補強コンクリートはりの温度・力学特性
著 者	黒田一郎, 日野伸一, 太田俊昭, 升川裕士(九州大学)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, 1996
キーワード	CFRPロッド、高温加熱、熱伝導、温度応力、曲げ性状
概 要	CFRPロッドで補強したコンクリート部材の耐熱特性を把握する目的で、CFRPロッド使用のコンクリートはり部材を1000℃までの加熱実験を実施し、高温下での温度特性を把握するとともに、加熱後に静的曲げ試験を実施し、加熱後の力学特性を等価断面を有するRCはりと比較検討を行っている。
結 果	(1)CFRPロッドの到達温度(コンクリート部材の外的加熱温度で1000℃)220℃までの加熱上昇温度では、CFRPはりおよびRCはりとも熱伝導特性に差異は認められず、CFRPへの到達温度220℃程度までの加熱条件下では、熱伝導特性に及ぼす影響は極めて小さく、RCはりと同様の熱伝導解析法が適用できる。(図-3(a), 4(a)参照) (2)加熱後のCFRPロッド使用はりの曲げ剛性に及ぼす加熱の影響は小さい。なお、初期荷重時における挙動では、高温加熱の影響はみとめられるが、これはコンクリートの温度ひびわれによるものであり、CFRP補強材の性能劣化は特に認められていない。(図-6(a), 7(a)参照)  図-3(a) 温度履歴 (CFRPはり)  図-6(a) 荷重 - ひずみ関係 (CFRPはり)  図-4(a) ひずみ履歴 (CFRPはり)  図-7(a) 荷重 - たわみ関係 (CFRPはり)
内 容	

分類	B1-29
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (C板)
論文名	CFRP板で補強したRCはりの変形性状と静的および疲労強度
著者	井上正一（鳥取大学工学部土木工学科），西林新蔵（鳥取大学工学部土木工学科）
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.2、pp1481-1486、1996
キーワード	CFRP板接着補強工法，ひび割れ幅，たわみ，付着強度，疲労強度
概要	通常のRCはりの下面に鋼板ないしはCFRP板を樹脂のみで接着したはりと、樹脂接着とアンカボルトを併用して一体化した補強はりの静的および疲労試験を実施し、板の種類やアンカの有無がはりの破壊様式や強度変形特性に及ぼす影響を検討した結果について述べたもの。
結果	（１）補強はりの静的破壊は、CFRPはりでCFRP板を樹脂のみで接着した場合には、板の剥離によって、樹脂とアンカを併用した場合にはアンカ穴を貫通する板の破断によって、鋼板はりではアンカ穴近辺の鋼板の局部剥離によってもたらされる。一方、疲労破壊は、CFRPはりでアンカのない場合には主鉄筋の疲労破断とCFRP板の剥離によって、アンカ有りの場合には主鉄筋とCFRP板の同時疲労破断によって、鋼板はりでは鋼板の疲労破断によって、それぞれもたらされる可能性が高い。 （２）RCはりに鋼板ないしはCFRP板を接着することにより、ひび割れの抑制が可能で、特にCFRP板を接着することにより、ひび割れの分散性はよくなる。 （３）図-10に示したCFRP-Aはりの結果より、CFRP板の応力(ひずみ)は繰り返し载荷回数とともに増加するが、鉄筋応力はきわめて安定した状態で破断にいたる。 （４）疲労強度と静的強度との比で表すと、CFRP板を接着したはりの疲労強度は通常のRCはりのそれと同等であるが、鋼板接着はりの疲労強度はRCはりよりもかなり小さくなる。 （５）図-11に補強板とコンクリート間の付着応力とCFRP板剥離時までの载荷回数との関係を示す。CFRPはりの疲労寿命を支配するCFRP板剥離時の载荷回数は、付着応力の低下に伴って長くなる。
備考	 図-10 ひずみの経時変化 (白抜き：CFRP，黒塗り：鉄筋)  図-11 $\tau_{ou}-N$関係

分 類	B1-49
材 料	部材種類（単体） 素材・形状（AFRPロッド）
論 文 名	V-482 アラミド製連続繊維補強材の疲労特性
著 者	小田切 隆幸（住友建設(株)）、中井 裕司（住友建設(株)）
出 典 名	土木学会第51回年次学術講演会(平成8年9月)、pp.962-963、1996年9月
キ-ワード	アラミド製連続繊維補強材、疲労試験、疲労特性
概 要	アラミド製連続繊維補強材(AFRPロッド)φ6.0mm、φ7.4mmの疲労強度特性を明らかにすることを目的とする実験的研究
結 果	引張強度1800 N/mm^2のAFRPロッドφ7.4mmを対象に、上限応力を保証引張強度の64%である957 N/mm^2と一定値に、また、応力振幅を$664\sim 443\text{ N/mm}^2$にして、繰返し載荷回数200万回を限度として疲労試験を実施した。結果は、以下の通り。 (1)疲労破壊は総て定着体端部で発生した。 (2)上限応力を1020 N/mm^2程度にした場合、200万回疲労強度は500 N/mm^2程度である。 (3)上限応力を1020 N/mm^2程度にした場合、200万回疲労後の残留強度はロッドの径に関わりなく、定着体を含めた保証引っ張り強度を上回る。  図-2 S-N線図  図-3 残留引張強度-両振幅応力
備 考	

分類	A1-15																																																	
材料	部材種類（ 単体 ）	素材・形状（ AGD ）																																																
論文名	耐アルカリ性を改善したAGFRPロッドの開発																																																	
著者	西村 次男(東京大学生産技術研究所) , 魚本 健人(東京大学生産技術研究所)																																																	
出典名	土木学会第51回年次学術講演会(平成8年9月)、pp 964-965																																																	
キーワード	アルカリ環境下、AGFRPロッド、二層構造、																																																	
概要	アラミド繊維や炭素繊維は耐化学薬品性に優れているが、ガラス繊維はアルカリによって耐久性が著しく低下する。本研究では、高アルカリ環境下でも耐久性に優れるFRPロッドを開発し、アルカリ溶液に浸漬したロッドの引張試験を実施し、電子線マイクロ分析装置(EPMA)によってロッド内部にNaが浸透しているか否かについても検討した。																																																	
結果	1. 実験概要および結果 実験に用いたAGFRPロッドは新たに開発したものであり、ロッド鞘部にアラミド繊維と芯部にガラス繊維を配置し、繊維混入率が約66%となるように作成し、6mmの丸棒状で一方向に強化されたものである。表 - 1に各種ロッドの特性を示す。図 - 1は40 、1.0mol/lの水酸化ナトリウム溶液に60日間浸漬したAFRP・GFRP・AGFRPの静的引張強度を示したものである。ただしAFRPに関しては2倍のアルカリ濃度(2.0mol/l)で行なった。 2. まとめ 新たに開発した二層構造のAGFRPロッドは、高アルカリ環境下でもGFRPロッドに比べ強度低下が少ない。 EMPAによるNa分布測定結果より、ロッド鞘部にアラミド繊維を配置することでNaの浸透がほとんど認められない。 本実験で開発したAGFRPロッドは高アルカリ環境下でも耐久性に優れるロッドであることが分かった。今後は繊維直径や繊維混入比率を変えることによって、耐アルカリ性に対してより最適なFRPロッドの開発が可能であると考えられる。																																																	
備考	表ー1 各種ロッドの特性 <table><tr><th></th><th>AFRP</th><th>GFRP</th><th>AGFRP-6</th><th>AGFRP-7</th><th>AGFRP-8</th></tr><tr><td>アラミド繊維直径 (μm)</td><td>12.15</td><td>-</td><td>12.15</td><td>12.15</td><td>12.15</td></tr><tr><td>ガラス繊維直径 (μm)</td><td>-</td><td>12.77</td><td>23</td><td>23</td><td>23</td></tr><tr><td>アラミド繊維Vf (%)</td><td>55</td><td>-</td><td>30.5</td><td>23.4</td><td>19.1</td></tr><tr><td>E-ガラス繊維Vf (%)</td><td>-</td><td>55</td><td>36.3</td><td>42.4</td><td>48.4</td></tr><tr><td>繊維含有率 Vf (%)</td><td>55</td><td>55</td><td>66.9</td><td>65.8</td><td>67.5</td></tr><tr><td>外層アラミド部厚さ (mm)</td><td>-</td><td>-</td><td>0.79</td><td>0.59</td><td>0.46</td></tr><tr><td>引張強度 (kN/mm²)</td><td>1.66</td><td>1.66</td><td>1.48</td><td>1.33</td><td>1.53</td></tr></table> 図ー1 AGFRP、AFRPおよびGFRPロッドの引張強度			AFRP	GFRP	AGFRP-6	AGFRP-7	AGFRP-8	アラミド繊維直径 (μm)	12.15	-	12.15	12.15	12.15	ガラス繊維直径 (μm)	-	12.77	23	23	23	アラミド繊維Vf (%)	55	-	30.5	23.4	19.1	E-ガラス繊維Vf (%)	-	55	36.3	42.4	48.4	繊維含有率 Vf (%)	55	55	66.9	65.8	67.5	外層アラミド部厚さ (mm)	-	-	0.79	0.59	0.46	引張強度 (kN/mm ²)	1.66	1.66	1.48	1.33	1.53
	AFRP	GFRP	AGFRP-6	AGFRP-7	AGFRP-8																																													
アラミド繊維直径 (μm)	12.15	-	12.15	12.15	12.15																																													
ガラス繊維直径 (μm)	-	12.77	23	23	23																																													
アラミド繊維Vf (%)	55	-	30.5	23.4	19.1																																													
E-ガラス繊維Vf (%)	-	55	36.3	42.4	48.4																																													
繊維含有率 Vf (%)	55	55	66.9	65.8	67.5																																													
外層アラミド部厚さ (mm)	-	-	0.79	0.59	0.46																																													
引張強度 (kN/mm ²)	1.66	1.66	1.48	1.33	1.53																																													

分類	B1-47, B2-4																																																						
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD帯板)																																																					
論文名	繊維保護材で被覆したアラミド製緊張材のクリープおよび引張疲労特性に関する実験																																																						
著者	湊 康裕(西松建設)、 小野寺章夫(宇部日東化成)																																																						
出典名	土木学会第51回年次学術講演会論文集 - 478, pp.954-955, 1996																																																						
キーワード	被覆, 帯板状, クリープ, 疲労																																																						
概要	クリープ: 外径φ6mmのロッドに0.4Pu, 0.6Pu, 0.8Puの3荷重を載荷, ひずみの経時変化を測定. 疲労: (1) ロッドに応力振幅0.1Pu, 12Hzで載荷. (2) 幅40mmの帯板状供試体をくさび定着具で固定, 0.6±0.1Pu, 5Hzで載荷.																																																						
結果	 図-1 ロッド断面形状 (帯板状)  図-2 クリープ試験結果  図-3 引張疲労試験結果 (ロッド) 表-2 引張疲労試験結果 (帯板状) <table><tr><th rowspan="2"></th><th colspan="4">造形条件</th><th rowspan="2">定着具</th><th rowspan="2">備 考 (繰返し回数)</th></tr><tr><th>l 長さ (mm)</th><th>h 高さ (mm)</th><th>d 間隔 (mm)</th><th>α 傾斜 (°)</th></tr><tr><td>No.1</td><td>上 485 下 *</td><td>ワッシャー加工 *</td><td>-</td><td>5</td><td>側 面 *</td><td>樹脂ワッシャー加工 (200 万回)</td></tr><tr><td>No.2</td><td>上 135 下 135</td><td>h0.5e3.00 *</td><td>15</td><td>7</td><td>側 面</td><td>(~90733)</td></tr><tr><td>No.3</td><td>上 135 下 135</td><td>h1.2e3.50 *</td><td>15</td><td>7</td><td>機械加工 機械加工</td><td>(~60711) 4.3 万回で破断</td></tr><tr><td>No.4</td><td>上 135 下 485</td><td>h1.2e3.50 h0.3e1.75</td><td>0</td><td>7 15</td><td>機械加工 *</td><td>(~100000)</td></tr><tr><td>No.5</td><td>上 135 下 135</td><td>h0.3e1.75 *</td><td>15</td><td>7</td><td>機械加工</td><td>(~109281)</td></tr><tr><td>No.6</td><td>上 255 下 485</td><td>h0.3e1.75 *</td><td>15</td><td>5</td><td>機械加工 *</td><td>(~143465)</td></tr></table>			造形条件				定着具	備 考 (繰返し回数)	l 長さ (mm)	h 高さ (mm)	d 間隔 (mm)	α 傾斜 (°)	No.1	上 485 下 *	ワッシャー加工 *	-	5	側 面 *	樹脂ワッシャー加工 (200 万回)	No.2	上 135 下 135	h0.5e3.00 *	15	7	側 面	(~90733)	No.3	上 135 下 135	h1.2e3.50 *	15	7	機械加工 機械加工	(~60711) 4.3 万回で破断	No.4	上 135 下 485	h1.2e3.50 h0.3e1.75	0	7 15	機械加工 *	(~100000)	No.5	上 135 下 135	h0.3e1.75 *	15	7	機械加工	(~109281)	No.6	上 255 下 485	h0.3e1.75 *	15	5	機械加工 *	(~143465)
	造形条件				定着具	備 考 (繰返し回数)																																																	
	l 長さ (mm)	h 高さ (mm)	d 間隔 (mm)	α 傾斜 (°)																																																			
No.1	上 485 下 *	ワッシャー加工 *	-	5	側 面 *	樹脂ワッシャー加工 (200 万回)																																																	
No.2	上 135 下 135	h0.5e3.00 *	15	7	側 面	(~90733)																																																	
No.3	上 135 下 135	h1.2e3.50 *	15	7	機械加工 機械加工	(~60711) 4.3 万回で破断																																																	
No.4	上 135 下 485	h1.2e3.50 h0.3e1.75	0	7 15	機械加工 *	(~100000)																																																	
No.5	上 135 下 135	h0.3e1.75 *	15	7	機械加工	(~109281)																																																	
No.6	上 255 下 485	h0.3e1.75 *	15	5	機械加工 *	(~143465)																																																	
備考	グラウトタイプの定着具では問題ない.																																																						

分類	B2-31																																			
材料	部材種類（ 単体 ）	素材・形状（ AB ）																																		
論文名	アラミド系連続繊維緊張材のクリープ破壊に関する実験的検討																																			
著者	松川治雄（川田建設），安達幸郎（阪神高速道路公団）																																			
出典名	土木学会第51回年次学術講演会、pp956-957、平成8年9月																																			
キーワード	” アラミド系連続繊維緊張材 “，” 載荷応力比 “，” クリープ破壊時間 “																																			
概要	アラミド系の連続繊維緊張材（AFRP）を対象に、緊張材の径と保証荷重に対する載荷応力比を要因として、クリープ破壊時間を実験的に検討したもの。																																			
結果	・ AFRPの径および載荷応力比ごとの実験の打ち切りデータ数および破壊時間を各々表 - 2、表 - 3 に示す。保証荷重に対して約 9 0 %の載荷応力比ではクリープ破壊が生じ、また、その破壊時間はばらつくため確立統計的な取り扱いが今後有効な手法と考えられる。 ・ 順序統計量の正規確立分布を採用した場合の生存確率とクリープ破壊時間の関係を図 - 1 に示す。生存確率$P(N)$ - 破壊時間($\log T$)との関係式より $\phi 5$で載荷応力比を変えても生存確率の時間変化率がおおむね一定であること、すなわち、生存確率の時間変化率で定義される故障率は、本実験要因であるAFRPの載荷応力比によらずほぼ一定値となることが認められた。 ・ 実験打ち切りデータを信頼性工学文献より補正した後、実験結果とあわせて載荷応力比とクリープ破壊時間との関係を図 - 2 に示す。載荷応力比(s) - 破壊時間($\log T$)の関係は $\phi 15$、$\phi 5$ともほぼ直線をなし、AFRPの $\phi 15$と $\phi 5$の2種類の径の大きさによって、それぞれ異なった載荷応力比と破壊時間の関係が認められた。 表 - 1 連続繊維緊張材の諸元 <table><tr><th>緊張材</th><th>繊維材</th><th>繊維結合材</th><th>形状</th><th>呼び径(mm)</th><th>保証荷重(tf)</th></tr><tr><td rowspan="2">AFRP</td><td rowspan="2">パラ系</td><td rowspan="2">エポキシ樹脂</td><td rowspan="2">組紐状</td><td>$\phi 15$</td><td>24.0</td></tr><tr><td>$\phi 5$</td><td>3.2</td></tr></table> 表 - 2 載荷応力比、供試体数（打ち切りデータ数） <table><tr><th>緊張材径</th><th>載荷応力比</th><th>供試体数</th><th>緊張材径</th><th>載荷応力比</th><th>供試体数</th></tr><tr><td rowspan="3">$\phi 15$</td><td>0.93</td><td>9(0)</td><td rowspan="3">$\phi 5$</td><td>0.94</td><td>11(0)</td></tr><tr><td>0.91</td><td>10(2)</td><td>0.91</td><td>12(0)</td></tr><tr><td>0.89</td><td>9(3)</td><td>0.89</td><td>9(2)</td></tr></table>		緊張材	繊維材	繊維結合材	形状	呼び径(mm)	保証荷重(tf)	AFRP	パラ系	エポキシ樹脂	組紐状	$\phi 15$	24.0	$\phi 5$	3.2	緊張材径	載荷応力比	供試体数	緊張材径	載荷応力比	供試体数	$\phi 15$	0.93	9(0)	$\phi 5$	0.94	11(0)	0.91	10(2)	0.91	12(0)	0.89	9(3)	0.89	9(2)
緊張材	繊維材	繊維結合材	形状	呼び径(mm)	保証荷重(tf)																															
AFRP	パラ系	エポキシ樹脂	組紐状	$\phi 15$	24.0																															
				$\phi 5$	3.2																															
緊張材径	載荷応力比	供試体数	緊張材径	載荷応力比	供試体数																															
$\phi 15$	0.93	9(0)	$\phi 5$	0.94	11(0)																															
	0.91	10(2)		0.91	12(0)																															
	0.89	9(3)		0.89	9(2)																															

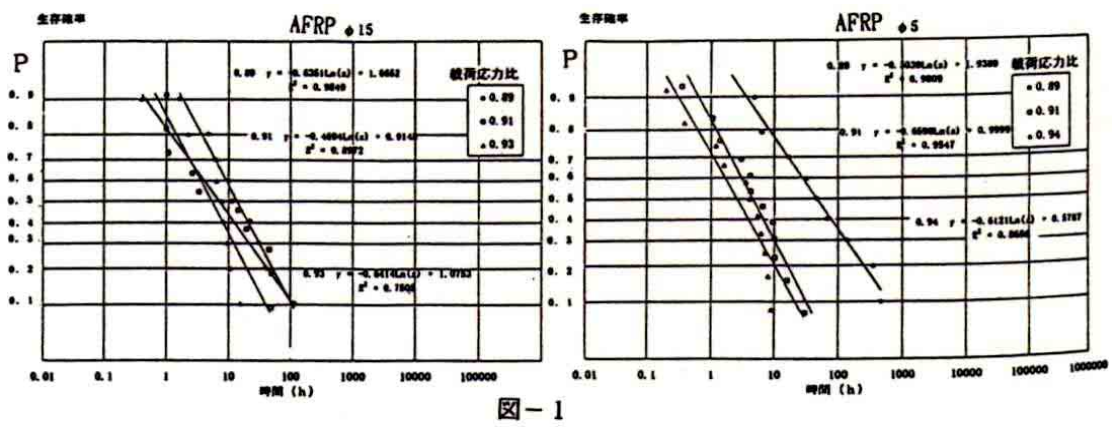


図 - 1

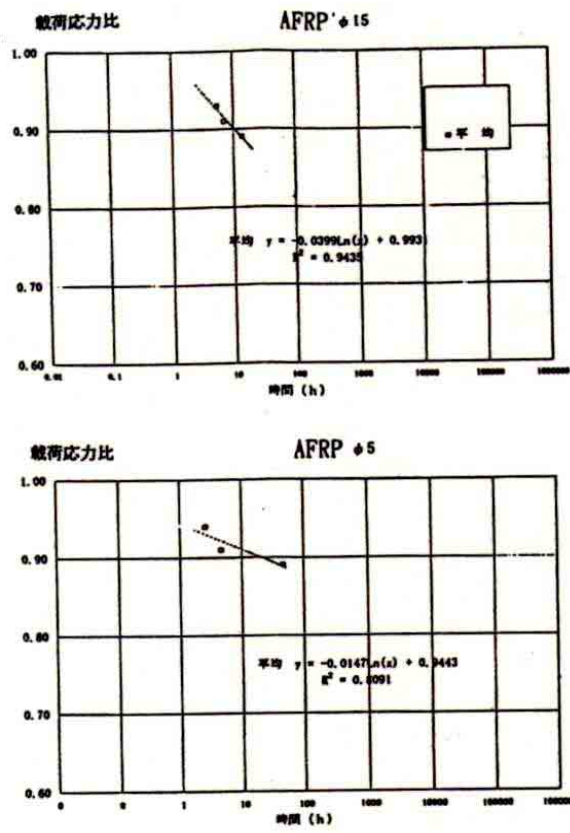


図 - 2

結 果

備 考

分 類	B2-28
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CS , AB)
論 文 名	連続繊維緊張材の長期純リラクセーションに関する実験的検討
著 者	安藤直文 (住友建設株) , 袴田文雄 (阪神高速道路公団)
出 典 名	土木学会第51回年次学術講演会、pp958-959、平成8年9月
キーワード	” 連続繊維緊張材 “ , ” 長期純リラクセーション “ , ” 純リラクセーション率 “
概 要	連続繊維緊張材の代表である炭素系(CFRP)とアラミド系(AFRP)を対象にし、既往の1,000時間までの測定値を上回る長期の純リラクセーション特性を把握し、純リラクセーション率の設計基準値を設定することを目的にして、ひずみ一定のもとでの、供試体引張応力の減少量と載荷時間の関係を実験的に検討したものの。
結 果	・縦軸にリラクセーション率、横軸に載荷時間の対数をとって試験結果をプロットしたものを図-2に示す。リラクセーション率は各々の連続繊維材固有の特性を示し、載荷時間の大小に関わらず時間の対数に比例する。 ・コンクリート標準示方書に準じ、0～1,000時間までの純リラクセーション試験による「時間 - 純リラクセーション値」の回帰直線と、本検討で得られた0～3,000 (4,000) 時間までの試験結果による回帰直線を比較すると、CFRP、AFRPともに2つの回帰直線はほぼ重なり、ここでも、純リラクセーションの進行は、時間の大小に関わらず時間の対数に比例することが分かる。また、回帰直線から長期の純リラクセーション率を推定したものと、試験より得られた3,000 (4,000) 時間での値はほぼ同じである。この結果より、コンクリート標準示方書に示されている手法が改めて確認され、1,000時間純リラクセーション値による「時間 - 純リラクセーション値」の近似曲線より、純リラクセーション率の設計基準値を推定できる。 図-2 純リラクセーション試験結果
備 考	

分類	C5-3																														
材料	部材種類（ 単体 ）		素材・形状（ AB ）																												
論文名	コンクリート補強用耐放射線性アラミド繊維強化樹脂の開発																														
著者	松原 澄行（鹿島技術研究所）、森谷 俊夫（鹿島技術研究所）																														
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1996年9月 No.23073 P145-146																														
キーワード	耐放射線性，原子炉施設，繊維強化樹脂																														
概要	原子力施設の鉄筋原因の障害（特に核融合炉のクライオスタット用コンクリート容器の鉄筋に発生する過電流による容器の腐蝕、誤信号の誘発）を防止するため、アラミド繊維強化樹脂が鉄筋代替候補になっている。本報告はこの目的で開発した樹脂の耐放射線性特性に関する。																														
結果	<仕様> ・アラミド繊維；ケブラー49（組紐状） ・マトリックス用樹脂；エポキシ樹脂（希釈剤：スチレンオキシド） ・硬化剤；芳香族アミン ・放射線照射；「ダイナミترون」により加速電圧2MV、線量率5kGy/s <まとめ> 硬化剤を含むエポキシ樹脂の粘度が室温付近で103cps以下の耐放射線用樹脂を見出す事により、100MGyの大線量に絶えるアラミド繊維FRP筋の仕様を確立した。具体的には、硬化剤に芳香族アミンの共融混合物を用い、さらにスチレンオキシドを希釈剤とすることでTGDDMをビスフェノールA系エポキシ樹脂に適切配合できたことによる。 表-1 実験に用いたエポキシ樹脂、硬化剤および希釈剤 <table><tr><th>化合物名</th><th>略号</th><th>商品名*</th></tr><tr><td>エポキシ樹脂</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ジグリシジルエーテルオブ ビスフェノールA</td><td>DGEBA</td><td>エポコート827</td></tr><tr><td>テトラグリシジルジアミノジフェニルメタン</td><td>TGDDM</td><td>エポコート604</td></tr><tr><td>硬化剤</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ジアミノジフェニルメタン</td><td>DDM(40~25%)</td><td rowspan="3">共融混合物 エビキュアZ アミキュア101</td></tr><tr><td>m-フェニレンジアミン</td><td>MPDA(60~75%)</td></tr><tr><td>p-アミノジシクロヘキシルメタン</td><td>PACM</td></tr><tr><td>希釈剤</td><td></td><td></td></tr><tr><td>スチレンオキシド</td><td>SiO</td><td></td></tr></table> *油化シェルエポキシ株式会社 図-4 耐放射線性を改善したArFRPロッドの引張り強度と線量の関係			化合物名	略号	商品名*	エポキシ樹脂			ジグリシジルエーテルオブ ビスフェノールA	DGEBA	エポコート827	テトラグリシジルジアミノジフェニルメタン	TGDDM	エポコート604	硬化剤			ジアミノジフェニルメタン	DDM(40~25%)	共融混合物 エビキュアZ アミキュア101	m-フェニレンジアミン	MPDA(60~75%)	p-アミノジシクロヘキシルメタン	PACM	希釈剤			スチレンオキシド	SiO	
化合物名	略号	商品名*																													
エポキシ樹脂																															
ジグリシジルエーテルオブ ビスフェノールA	DGEBA	エポコート827																													
テトラグリシジルジアミノジフェニルメタン	TGDDM	エポコート604																													
硬化剤																															
ジアミノジフェニルメタン	DDM(40~25%)	共融混合物 エビキュアZ アミキュア101																													
m-フェニレンジアミン	MPDA(60~75%)																														
p-アミノジシクロヘキシルメタン	PACM																														
希釈剤																															
スチレンオキシド	SiO																														
備考																															

分 類	A1-18																																														
材 料	部材種類 (PC , RC)		素材・形状 (CD)																																												
論 文 名	コンクリート中の炭素繊維強化プラスチックと鉄筋のガルバニック腐食特性																																														
著 者	相部 真一(三菱化学), 坂井 広道(三菱化学)																																														
出 典 名	日本建築学会大会学術講演概集(近畿) 1996年9月																																														
キーワード	"ガルバニック腐食", "腐食電流", "自然電位", "分極特性"																																														
概 要	電解液中に於いて、炭素繊維が鉄と接触すると鉄はガルバニック腐食を起こす。しかし実使用時はCFRP中の炭素繊維は樹脂で被覆され、鉄筋はコンクリート中で不動態化している為、ガルバニック腐食を起こす可能性は低いと考えられるが、実験で特性確認を行った。																																														
結 果	普通コンクリート中で鉄筋とCFRPを併用した場合、健全なコンクリートで有れば、CFRPの存在に係無く耐久性は高い。コンクリートが塩害環境下に置かれた場合、一般構造物のみで形成されたコンクリート構造物の劣化と大差が無い。																																														
	表-1 CFRPの物性 <table><tr><td>呼称径 (mm)</td><td>8</td></tr><tr><td>タイプ</td><td>異形タイプ</td></tr><tr><td>マトリックス</td><td>エポキシ樹脂</td></tr><tr><td>繊維含有率 (%)</td><td>65</td></tr><tr><td>密度 (g/cm)</td><td>1.6</td></tr></table> 表-2 供試体一覧 <table><tr><th>測定項目</th><th>対象</th><th>環境</th><th>個数</th></tr><tr><td rowspan="6">自然電位・分極特性</td><td rowspan="2">鉄筋</td><td>通常</td><td>1</td></tr><tr><td>塩添加</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="2">CFRP</td><td>通常</td><td>1</td></tr><tr><td>塩添加</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="2">CFRP (研磨)</td><td>通常</td><td>1</td></tr><tr><td>塩添加</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="2">腐食電流</td><td>直交</td><td>通常</td><td>2</td></tr><tr><td>平行</td><td>通常</td><td>2</td></tr></table>	呼称径 (mm)	8	タイプ	異形タイプ	マトリックス	エポキシ樹脂	繊維含有率 (%)	65	密度 (g/cm)	1.6	測定項目	対象	環境	個数	自然電位・分極特性	鉄筋	通常	1	塩添加	1	CFRP	通常	1	塩添加	1	CFRP (研磨)	通常	1	塩添加	1	腐食電流	直交	通常	2	平行	通常	2	表-3 分極特性より予想される腐食電流密度 <table><tr><th>環境</th><th>通常</th><th>塩分有り</th></tr><tr><td>ガルバニック腐食 (μA/cm)</td><td><0.01</td><td><0.3</td></tr><tr><td>自己腐食 (μA/cm)</td><td><0.1</td><td><2</td></tr></table> 図-4 腐食電流 (直交)	環境	通常	塩分有り	ガルバニック腐食 (μA/cm)	<0.01	<0.3	自己腐食 (μA/cm)	<0.1
呼称径 (mm)	8																																														
タイプ	異形タイプ																																														
マトリックス	エポキシ樹脂																																														
繊維含有率 (%)	65																																														
密度 (g/cm)	1.6																																														
測定項目	対象	環境	個数																																												
自然電位・分極特性	鉄筋	通常	1																																												
		塩添加	1																																												
	CFRP	通常	1																																												
		塩添加	1																																												
	CFRP (研磨)	通常	1																																												
		塩添加	1																																												
腐食電流	直交	通常	2																																												
	平行	通常	2																																												
環境	通常	塩分有り																																													
ガルバニック腐食 (μA/cm)	<0.01	<0.3																																													
自己腐食 (μA/cm)	<0.1	<2																																													
備 考																																															

分類	C4-12																																																										
材料	部材種類 (RC)		素材・形状 (炭素繊維シート)																																																								
論文名	炭素繊維シートによる既存RC柱の耐震補強に関する研究 (その6) 火災・仕上げに対する検討																																																										
著者	田中 義成 (大日本土木) 、 跡部 義久 (大日本土木)																																																										
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1996年9月 No.23082 P163-164																																																										
キーワード	炭素繊維シート, 耐震補強, 熱間引張試験, 冷間引張試験, 耐火仕上げ																																																										
概要	炭素繊維シート補強柱が火災による被害を受けた場合、シートを撤去後再貼付するのが原則だが、損傷が僅かな場合には継続使用が可能である。その判断資料を得るために、(1) 熱間引張試験、(2) 冷間引張試験、(3) 仕上げ工法の実大試験 を実施。																																																										
結果	1、熱間引張試験 (マントルヒータに投入後5分間保持) ・ 100 で90%程度、260 で70%程度の強度保持率。火災の場合でも炭素繊維シートを260 以上に上昇させない仕上げ材料であれば、強度はかなり保持できる。 2、冷間引張試験 (高温槽投入後120分保持し、室温で冷却) ・ 暴露時間120分において320 までは冷却後の強度がほとんど低下しない。 3、仕上げ工法の実大試験 (980×980 R30、一般的な防耐火被覆材10タイプ) ・ シート面と仕上げ材の間にエポキシ樹脂が介在する仕上げに関しては十分な強度が得られた (建研式試験)。 図-2 熱間引張試験結果 <table><caption>表-1 付着試験結果 (建研式引張試験)</caption><thead><tr><th rowspan="2">試片*</th><th colspan="5">接着強度[kgf/cm²]</th><th rowspan="2">破壊状況*</th></tr><tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>平均</th><th>規格</th></tr></thead><tbody><tr><td>①</td><td>7.0</td><td>4.0</td><td>8.0</td><td>6.3</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr><tr><td>②</td><td>5.0</td><td>5.0</td><td>5.0</td><td>5.0</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr><tr><td>⑤</td><td>7.0</td><td>8.0</td><td>5.0</td><td>6.7</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr><tr><td>⑥</td><td>5.0</td><td>4.0</td><td>6.0</td><td>5.0</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr><tr><td>⑦</td><td>4.0</td><td>6.0</td><td>6.0</td><td>5.3</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr><tr><td>⑧</td><td>4.0</td><td>9.0</td><td>5.0</td><td>6.0</td><td>5.0</td><td>全て材料層内破壊</td></tr></tbody></table> 図-3 冷間引張試験結果					試片*	接着強度[kgf/cm ²]					破壊状況*	1	2	3	平均	規格	①	7.0	4.0	8.0	6.3	5.0	全て材料層内破壊	②	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	全て材料層内破壊	⑤	7.0	8.0	5.0	6.7	5.0	全て材料層内破壊	⑥	5.0	4.0	6.0	5.0	5.0	全て材料層内破壊	⑦	4.0	6.0	6.0	5.3	5.0	全て材料層内破壊	⑧	4.0	9.0	5.0	6.0	5.0	全て材料層内破壊
試片*	接着強度[kgf/cm ²]						破壊状況*																																																				
	1	2	3	平均	規格																																																						
①	7.0	4.0	8.0	6.3	5.0	全て材料層内破壊																																																					
②	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	全て材料層内破壊																																																					
⑤	7.0	8.0	5.0	6.7	5.0	全て材料層内破壊																																																					
⑥	5.0	4.0	6.0	5.0	5.0	全て材料層内破壊																																																					
⑦	4.0	6.0	6.0	5.3	5.0	全て材料層内破壊																																																					
⑧	4.0	9.0	5.0	6.0	5.0	全て材料層内破壊																																																					
備考																																																											

分 類	
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GP)
論 文 名	GFRPのレーザー穴あけ加工における穴品質の改善に関する研究
著 者	青山栄一(同志社大学), 廣垣俊樹(滋賀県立大学)
出 典 名	「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.45, No.5, pp.577-581, May 1996
キーワード	"Drilling", "CO2 laser drilling", "YAG laser drilling", "GFRP", "PWB", "Hole quality", "Damage"
概 要	GFRPは比強度が大きいと、特に産業機器用のプリント基板として需要を増大している。一方、プリント基板は種々の二次加工が施される事により、製品としての付加価値が高められている。その中でも、回路を形成する重要な加工工程であるスルーホール加工は、従来ドリルが用いられてきたが、穴の小径化によりドリル破損による穴あけの失敗が危惧される。そこで本報では、プリント基板に用いられているGFRPのレーザー穴あけを取り上げ、加工穴の品質、特に熱影響層に及ぼす加工条件の影響を調べ、その結果、CO2レーザーにおいてトータル照射時間
結 果	〔加工試料〕 加工試料は、ガラス布基材エポキシ樹脂(ガラス含有率39mass%)の両面銅張積層板とした。厚さは、1.6mm、積層数は、8層、銅箔の厚さは、18μmである。 〔実験結果及び結論〕 CO2レーザー
内 容	

分 類	C1-15
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GP、CP)
論 文 名	FRPの空气中熱分解と燃焼に及ぼす繊維の種類とマトリックス樹脂、添加物の影響
著 者	中西洋一郎(大阪工業技術研究所), 木本正樹(大阪府立産業技術総合研究所)
出 典 名	「材料」(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol 45, No.10, pp.1125-1130, Oct.1996
キ-ワード	"GFRP", "CFRP", "TG", "DTA", "Thermal recycling", "Thermal degradation", "Combustibility"
概 要	樹脂をマトリックスとする繊維強化複合材料(FRP)は、プラスチックと同様に腐敗せず、使用後の処理が困難であるため、その処理についての調査や研究が行われている。しかし、繊維が入った事によりその燃焼性や実際の発熱量などがプラスチックだけの場合と比較して、どのように異なるのかデータは少ない。そこで、ここでは、ガラス及び炭素繊維で強化したプラスチックについて、空气中での熱分解過程や、熱重量分析(TG)と示差熱分析(DTA)により、燃焼性、発熱量などについて、また分解、酸化、燃焼過程に及ぼす繊維と樹脂の種類や添加物
結 果	〔測定法及び試料〕 熱分析は、セイコー電子工業製TG/DTA-300を用いて、10 /minで室温から800 まで昇温し、TGとDTA測定を同時に行った。測定は、250ml/minの強制供給した空気雰囲気下で行い、比較のため一部は、窒素中でも行った。この場合、樹脂板及びFRPは目立てヤスリにより、10～50 μmの粉末にして用いた。また、ブロック状の試料も一部用いた。炭素繊維については、2mm程度に切断
備 考	

分 類	A3-6
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (G、C)
論 文 名	FRPにおける界面相とその化学的制御(総説)
著 者	中西洋一郎(大阪工業技術研究所), 幾田 信生(湘南工科大学)
出 典 名	材料(Vol46, No12), pp1307 ~ 1315, Dec, 1996
キ-ワード	GFRP、CFRP、界面、ガラス繊維、カーボン繊維、表面処理、シランカップリング剤、サイジング剤、物性
概 要	FRPを高性能化、高機能化するためには、繊維(補強材)とマトリックス樹脂との界面における接着性、結合状態の解明とそれに基づく界面の最適化が重要である。GFRPではシランカップリング剤が使用され、CFRPでは陽極酸化により表面処理されている。マトリックスもGFRPでは不飽和ポリエステル樹脂、CFRPFRはエポキシ樹脂と異なる。因って、CFRP、GFRPそれぞれの界面現象・界面相の研究成果、課題について、それぞれ分けてまとめた。
結 果	・ガラス繊維はシランカップリング剤により表面処理されている。シランカップリング剤とガラス繊維の結合モデルが提案され、FT-IR等の分析手段により実験的にも確認されている。化学結合していないシラン(吸着分子)の影響がおおきく、界面相のモデルもこれの存在形態の異なる物となっている。シラン結合の網目モデル(吸着分子が網目の中に存在)により、実際の現象がよく説明できる。 ・カップリング剤処理濃度には最適値が存在し、吸着分子が存在する領域内(単分子膜領域ではなく、更に高い濃度)である。 ・カーボン繊維は電極酸化により表面処理されている。黒鉛結晶子の端面、非晶領域にCOOH、OH等の官能基が導入される。この表面処理の程度(酸化時間)にも最適値が存在し、多すぎると曲げ強度、引張強度が低下する。界面強度が高すぎると、繊維との結合が強すぎて、繊維伸度のバラツキ等を吸収できない。このため、界面強度が高すぎると靱性値が低下する。 ・サイジング剤は樹脂中に相互拡散し連続的に変化する界面相を形成する。このため、サイジング剤と樹脂とミスマッチであると物性が低下する。 ・使用目的に合致した性能を持つFRPを得るには、GF、CFの表面官能基に対して分子量を制御したカップリング剤、サイジング剤を反応させ界面相の物性をサブミクロンオーダーで制御することが重要となり、このような研究が期待される。
備 考	・FRPの製造に当たっての基本的な要件を解説しただけで、耐久性とはほとんど関係ない内容である。

結 果

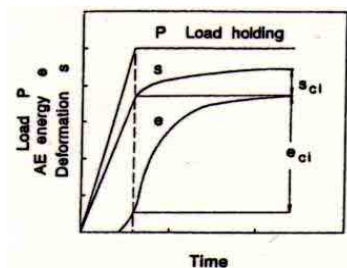


Fig. 3. Schematic diagram showing evolution of non-elastic deformation and AE energy during a cyclic creep test.

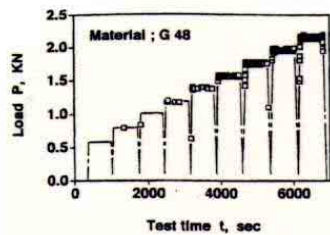


Fig. 4. Typical correlation between test time and AE hits indicated by plotting symbol □ during a cyclic creep test.

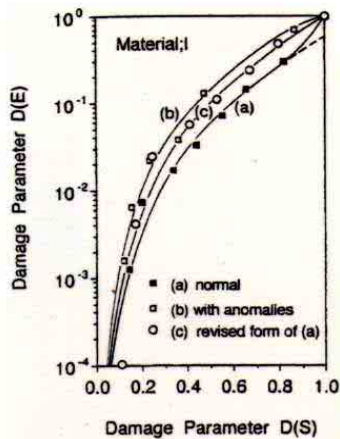


Fig. 5. Correlation of normalized AE energy with non-elastic deformation in early damage process.

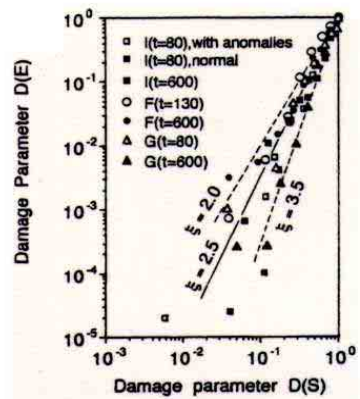


Fig. 8. Relations between damage parameters, $D(E)$ and $D(S)$, for various materials.

備 考

結 果

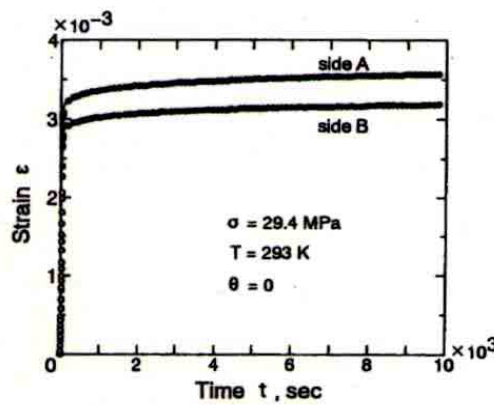


Fig. 7. Total strain-time curves.

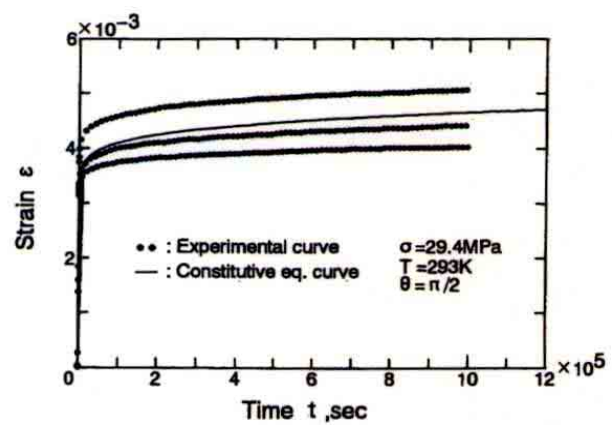


Fig. 14. Comparison of predicted and experimental tensile creep strain.

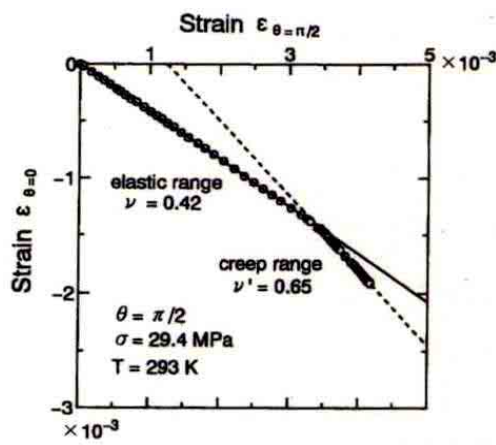


Fig. 15. Poisson's ratio under the tensile test.

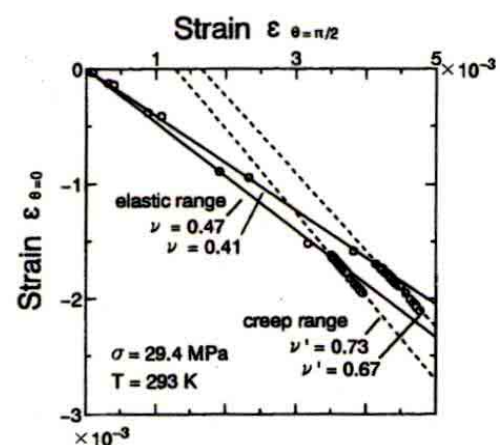


Fig. 16. Poisson's ratio under the internal hydraulic pressure test.

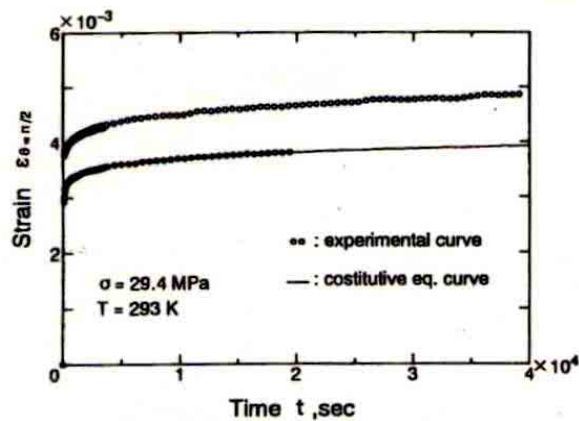
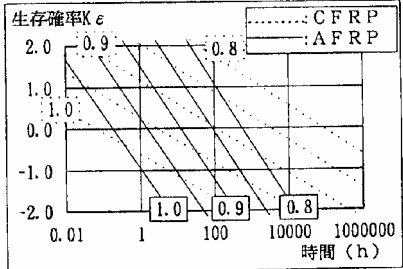
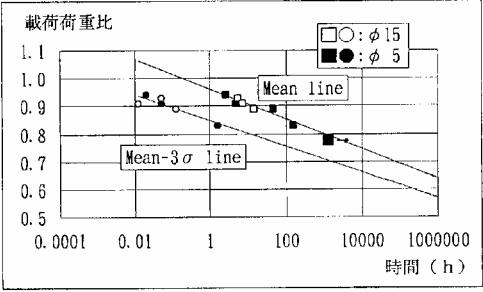
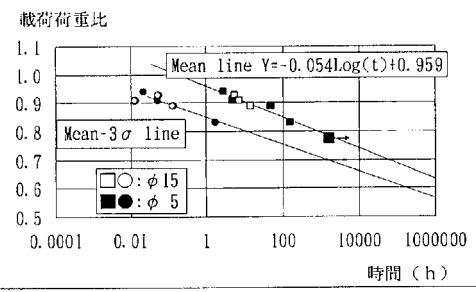
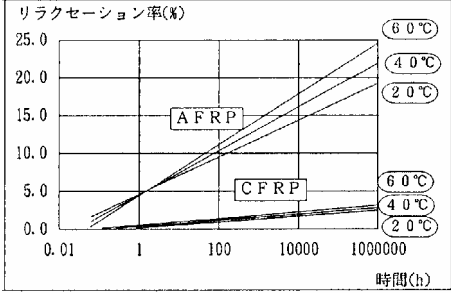


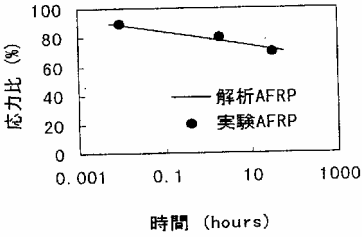
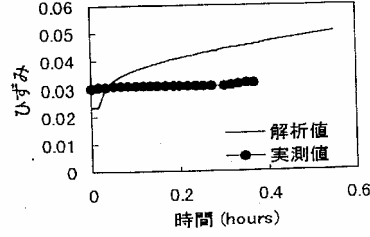
Fig. 17. Comparison of predicted and experimental internal hydraulic pressure strain.

備 考

分類	A3-3
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (G、平織布積層板)
論文名	酸応力環境下におけるGFRP織物積層板の応力腐食割れ
著者	川田宏之(早稲田大学),上野博則(早稲田大学)
出典名	材料(Vol46,No4)、pp374～379、Apr、1997
キーワード	応力腐食割れ、亀裂進展下限界応力拡大係数、GFRP、シミュレーション
概要	FRPは化学プラント等、特殊な環境下でも広く使用されているが、安全を確保する意味で、寿命の推定、破壊機構の解明は重要な課題である。酸応力腐食環境下でのGFRP織物積層板の亀裂進展挙動とその破壊機構を調査するため、加重漸減法による応力腐食割れ試験を行い、KISCC(亀裂進展下応力拡大係数)の定量化と破壊機構の解明を行った。また、破壊メカニズムを基礎とした数値計算モデルを考案し、亀裂進展速度を推定した。
結果	・ Eガラス平織り布とエポキシ樹脂による積層板(Vf32%)を使用し、荷重漸減法により試験した結果、Paris則に従う定常亀裂進展域とKISCCに移行する漸近領域があり、KISCCの存在を確認できた。定常亀裂進展域と低応力拡大係数域では、微視的破壊機構に差が見られ、酸の拡散状況が異なった。 ・ 定常亀裂進展域では、ガラス繊維の応力腐食割れが支配的であるが、ガラス繊維に初期欠陥を設け、これを起点にミラーゾーンが成長する数値解析モデルを採用し亀裂進展速度を計算した所、実験と良く一致した。また、縦繊維束の破壊過程のシミュレーションにおいても、実験と良く一致した。
備考	・ 応力下では腐食速度が速くなり、亀裂の進展する限界応力が低下する。温度303～323°K、HCL1～3mol/lで実験しているが、この範囲で温度、pHが代わった場合の仕様限界応力が算出できることになる。

分 類	B2-10
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CS, AB)
論 文 名	連続繊維緊張材の長期特性に関する実験的検討
著 者	安藤直文(住友建設), 松川治雄(川田建設)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19, No.1, pp.1243-1248, 1997
キーワード	連続繊維緊張材, クリープ破壊, リラクセーション, 荷重比
概 要	連続繊維をPC橋梁の緊張材として用いる場合に, 引張荷重の限界値を決定するために重要な要因となる長期的基礎性状を明らかにするために, 本研究では, 炭素系とアラミド系の連続繊維緊張材を対象としたクリープ破壊試験とリラクセーション試験を実施し, クリープ破壊時間と載荷荷重との関係, 温度の影響を考慮したリラクセーションと時間との関係を実験的に検討し, それらの設計基準値を設定するための一つの手がかりとした。
結 果	1. クリープ破壊: (1)生存確率の時間変化率(故障率)は, 径および荷重比にかかわらずほぼ同一の対数正規分布をなす。(2)容量の違いによるクリープ破壊時間の差はなくほぼ同一であり, 荷重比とクリープ破壊時間の対数はほぼ比例する。また, クリープ破壊の限界値は, 50年後の50%生存の値を考えると, AFRPで0.66Pu, CFRPで0.79Pu(Pu:静的平均強度)となる。 2. リラクセーション: (1)リラクセーション率は各々の連続繊維材固有の特性を示し, 載荷時間の大小にかかわらず時間の対数にほぼ比例する。(2)CFRPは温度の影響をほとんど受けない。AFRPはCFRPより影響が大きい。  図-5 生存確率まとめ  図-7 荷重比とクリープ破壊時間 (AFRP)  図-6 荷重比とクリープ破壊時間 (CFRP)  図-9 リラクセーションまとめ
備 考	

分類	B2-7																																																								
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (AD, GD)																																																								
論文名	繊維の損傷確率理論に基づくFRPロッドのクリープ変形のモデル化																																																								
著者	山口 明伸(東京大学)、加藤 佳孝(東京大学)																																																								
出典名	コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 19, No. 1 PP1231-1236, 1997																																																								
キーワード	FRPロッド、クリープ特性、ワイブル理論、繊維損傷度																																																								
概要	FRPロッドに使用されているアラミド繊維とガラス繊維の時間依存性破壊の特性を実験的に検討し、さらに、ワイブルの確率理論に基づくロッド内部の繊維の損傷度を考慮した時間依存型のクリープモデルの適用を試み、既往の実験結果と比較した。																																																								
結果	(1) アラミド繊維、ガラス繊維は時間依存性の破壊を生じる。 (2) アラミド繊維の時間依存性の破壊確率は、載荷応力によって変化する破壊可能結合部の数nを算出することによって推定可能である。 (3) ロッド全体の損傷を考えるCurtinの繊維損傷確率理論と繊維単体毎の時間依存性破壊確率に基づいて構築したFRPロッドのクリープモデルにより、AFRPロッドの変形性状およびクリープ寿命を推定することができた。 表-1 材料特性と実験条件 <table><tr><th></th><th>アラミド繊維</th><th>ガラス繊維</th></tr><tr><td>繊維直径 (μm)</td><td>12.15</td><td>12.77</td></tr><tr><td>平均強度 (MPa)</td><td>3577</td><td>3209</td></tr><tr><td>弾性係数 (GPa)</td><td>71</td><td>86</td></tr><tr><td>載荷応力比(%)</td><td>73,79,87,93</td><td>70,80</td></tr><tr><td>試験本数(本)</td><td>各30~40</td><td>各20</td></tr></table> 図-1 アラミド繊維の生存確率 図-2 ガラス繊維の生存確率 図-3 アラミド繊維のワイブル分布 図-4 ガラス繊維のワイブル分布 表-2 ワイブル定数と対象結合部数 <table><tr><th></th><th>m</th><th>α</th><th>n</th></tr><tr><td>AFRP</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>93%</td><td>0.38</td><td>0.03</td><td>3.89</td></tr><tr><td>87%</td><td>0.32</td><td>0.14</td><td>1.84</td></tr><tr><td>79%</td><td>0.15</td><td>0.20</td><td>1.28</td></tr><tr><td>73%</td><td>0.28</td><td>201.74</td><td>0.23</td></tr><tr><td>GFRP</td><td>m</td><td>α</td><td>n</td></tr><tr><td>80%</td><td>0.18</td><td>2.56</td><td>0.84</td></tr><tr><td>70%</td><td>0.14</td><td>3.40</td><td>0.84</td></tr></table> 図-5 載荷応力比と対象結合部数の関係 図-6 アラミド繊維の生存確率推定結果 図-7 ガラス繊維の生存確率推定結果				アラミド繊維	ガラス繊維	繊維直径 (μm)	12.15	12.77	平均強度 (MPa)	3577	3209	弾性係数 (GPa)	71	86	載荷応力比(%)	73,79,87,93	70,80	試験本数(本)	各30~40	各20		m	α	n	AFRP				93%	0.38	0.03	3.89	87%	0.32	0.14	1.84	79%	0.15	0.20	1.28	73%	0.28	201.74	0.23	GFRP	m	α	n	80%	0.18	2.56	0.84	70%	0.14	3.40	0.84
	アラミド繊維	ガラス繊維																																																							
繊維直径 (μm)	12.15	12.77																																																							
平均強度 (MPa)	3577	3209																																																							
弾性係数 (GPa)	71	86																																																							
載荷応力比(%)	73,79,87,93	70,80																																																							
試験本数(本)	各30~40	各20																																																							
	m	α	n																																																						
AFRP																																																									
93%	0.38	0.03	3.89																																																						
87%	0.32	0.14	1.84																																																						
79%	0.15	0.20	1.28																																																						
73%	0.28	201.74	0.23																																																						
GFRP	m	α	n																																																						
80%	0.18	2.56	0.84																																																						
70%	0.14	3.40	0.84																																																						

	 図-8 AFRP ロッドのクリープ寿命  図-9 AFRP ロッドのクリープ変形
備 考	

分類	B1-39, B2-35
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (A D)
論文名	アラミド繊維を用いた連続繊維強化プラスチックロッドのリラクセーション特性と疲労特性
著者	松元香保里 (住友建設) , 小田切隆幸 (住友建設)
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, 1997年
キーワード	アラミド繊維, FRP, ロッド, リラクセーション率, 疲労強度
概要	本稿では、φ6.0mmとφ7.4mmの異径AFRPロッドの疲労特性、およびリラクセーション特性を実験的に明らかにした。その結果、リラクセーション率に関しては、1本留め、多本数留め、ロッド径に関係なく経過時間の対数に比例すること、リラクセーション率は17000時間（約2年）において約15%であり、100万時間（約114年）におけるその期待値は約19%であることがわかった。疲労特性に関しては、疲労破壊は全て定着体端部にて発生しており、破壊形態は静的引張試験の形態に類似していること、200万回疲労強度は670N/mm²であることがわかった。
結果	10、120、1000、17000時間におけるリラクセーション率と、回帰式より推定した100万時間（約114年）の期待値を図-5に示す。これより、リラクセーション率は、定性的には1本留め、多本数留め、ロッド径、初期定着荷重に関係なく経過時間の対数に比例することがわかる。定量的には、1本留め緊張材も多本数留め緊張材もほぼ同じ値を示し、初期定着荷重が異なっても殆ど変わらない。ロッド径に関しては、7.4mmロッドの方が6.0mmロッドよりやや大きなリラクセーション率を示す傾向にある。従って、本試験より得られたリラクセーション率の推定式をロッド径別に示す。この推定式は、標準温度時の全試験結果について、ロッド径ごとに回帰したものである。 $\begin{aligned} Re_{6.0} &= 3.75 + 2.38 \log(t) & (1) \\ Re_{7.4} &= 4.83 + 2.41 \log(t) & (2) \end{aligned}$ 図-11に試験結果をグッドマン線図により、完全片振り時の疲労応力度(σ_{r0})に変換し、単回帰した図を示す。縦軸は疲労応力度を静的引張強度(f_{Afu})で除し無次元化している。図より、φ6.0ロッドはφ7.4に比し、実験データにバラツキがあり、静的引張強度に対し疲労強度が安全側にあるといえる。従って、AFRPロッドの設計疲労強度(f_{Afrd})を、φ7.4の実験式で代表するものとして提案する。 $f_{Afrd} = 670 \times 10^{(0.215 / (N^{0.0342}))} \times (1 - \sigma_{Afp} / f_{Afu}) / \gamma_{Afm} \quad (4)$ σ_{afp}; 永久荷重によるAFRPロッドの応力度 f_{Afu}; 定着体を含むAFRPロッドの設計引張強度で、材料係数を1.15とする。 γ_{Afm}; AFRPロッドにたいする材料係数で、一般に1.15としてよい。 式(4)より求めた設計疲労強度(γ_{Afm}=1.0)と試験結果の比較を図-12に示す。試験値は、横軸上で偏り無く分布し、疲労強度を適正に評価している。

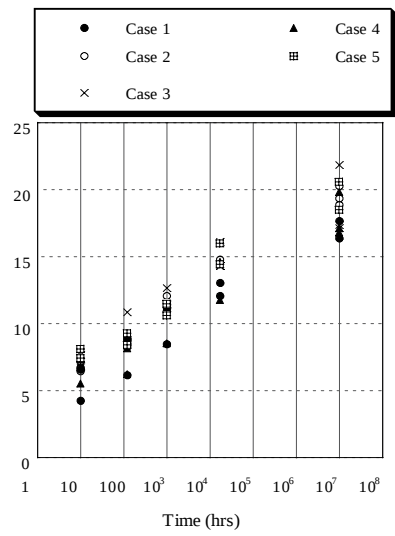


Figure.5 Comparison of rejaaxation rates

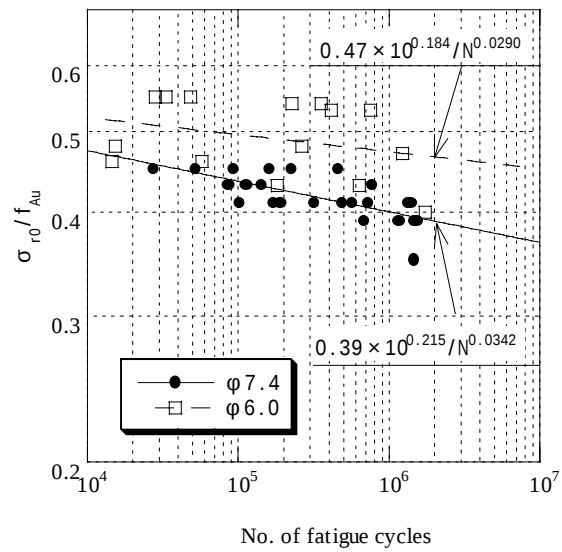
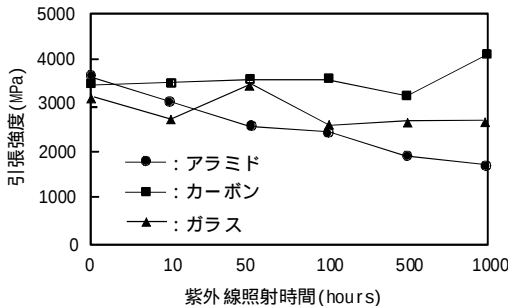
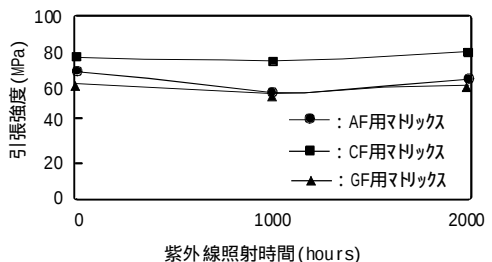


Figure 11 Fatigue stress under perfectly partial pulsation

備考

分 類	C2-4
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD, AD, GD)
論 文 名	紫外線促進試験によるFRPロッドの劣化性状に関する研究
著 者	西村次男, 加藤佳孝, 山口明伸, 魚本健人 (東京大学生産技術研究所)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, 1997
キ ー ワ ー ド	FRPロッド, 繊維, マトリックス, 紫外線劣化
概 要	本研究は、AFRP、CFRPおよびGFRPロッドの紫外線による劣化性状を促進試験により実験的に検討を加えている。実験で使用したFRPロッドは、直径6mmの丸棒状で、繊維混入率は各タイプのロッドとも55%である。なお、促進条件は室温26℃、湿度52±2%で102時間の乾燥、室温26℃、湿度90±2%で18分間噴霧を1サイクルとして紫外線を照射を行っている。紫外線照射時間は500、1500および2500時間で1時間当たりの照射量は、約0.2MJ/m ² である。
結 果	実験結果は以下のとおりである。 (1)カーボン繊維の紫外線劣化はほとんど認められなかった。一方、ガラスおよびアラミド繊維では紫外線劣化を受けることが確認された。特に、アラミド繊維強度は、紫外線照射1000時間で約55%程度の強度低下が確認された。(図-2参照) (2)ビス系ビニールエステル樹脂マトリックスの長時間(2000時間)紫外線照射では、紫外線の影響を受け、破断時伸び量の減少し、マトリックスが脆性材料に変化することが確認された。 (3)CFRPロッドは、紫外線劣化をほとんど起こさなかった。一方、AFRPロッド、GFRPロッドは紫外線の影響を受け強度低下を起こし、ロッドの脆性的材料への変化が認められる。(図-3参照)  図-2 紫外線照射時間と繊維の引張強度  図-3 紫外線照射時間とマトリックス引張強度の関係
内 容	

分類	B4-15																																																																																																																																																																																
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (CS, AB)																																																																																																																																																																															
論文名	連続繊維棒材の付着疲労に及ぼすプレストレスの影響																																																																																																																																																																																
著者	井上真也(京都府庁)																																																																																																																																																																																
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, 1997																																																																																																																																																																																
キーワード	連続繊維棒材, 付着, 疲労, RILEMはり型付着試験法, すべり量																																																																																																																																																																																
概要	RILEMのはり型付着試験法を静的載荷試験と疲労試験に適用して、試験材の種類、付着長、プレストレス導入の有無、載荷方法、(静的、疲労)を要因とし連続繊維棒材の付着性状についての検討を実施。																																																																																																																																																																																
結果	(1) 連続繊維棒材の付着性状は、付着長、プレストレス、載荷方法の影響を大きく受ける。(2) プレテンション方式によるプレストレスの導入は、棒材の表面形状により大きな影響を及ぼす。(3) 連続繊維棒材の破壊形式は棒材の種類および付着長による影響が大きい。 表-5 静的試験結果 <table><tr><th>供試体名</th><th>すべり出し荷重(kN)</th><th>最大荷重(kN)</th><th>最大荷重時のすべり量(mm)</th><th>破壊形式</th></tr><tr><td>AF15-5A①</td><td>21.2</td><td>35.1</td><td>1.03, —</td><td>N</td></tr><tr><td>A②</td><td>20.4</td><td>31.9</td><td>1.08, 1.45</td><td>N</td></tr><tr><td>AF20-5A</td><td>23.1</td><td>35.6</td><td>0.38, 2.97</td><td>H</td></tr><tr><td>AF20-5B</td><td>18.2</td><td>36.6</td><td>1.46, 1.10</td><td>H</td></tr><tr><td>AF40-5A</td><td>35.8</td><td>41.7</td><td>0.04, 0.02</td><td>H</td></tr><tr><td>AF40-5B</td><td>—</td><td>38.4</td><td>—</td><td>H</td></tr><tr><td>AF10-0B</td><td>0.61</td><td>14.7</td><td>3.01, 1.77</td><td>N</td></tr><tr><td>AF15-0A①</td><td>14.2</td><td>30.9</td><td>0.76, 1.16</td><td>N</td></tr><tr><td>A②</td><td>15.8</td><td>29.7</td><td>2.41, 1.34</td><td>N</td></tr><tr><td>AF20-0B</td><td>2.45</td><td>17.2</td><td>3.59, 1.79</td><td>N</td></tr><tr><td>AF40-0B</td><td>15.0</td><td>25.7</td><td>0.76, 2.58</td><td>N</td></tr><tr><td>CF20-5A①</td><td>14.5</td><td>16.6</td><td>0.01, 3.81</td><td>N</td></tr><tr><td>A②</td><td>20.4</td><td>20.5</td><td>0.01, 0.16</td><td>N</td></tr><tr><td>CF20-5B</td><td>23.9</td><td>25.2</td><td>0.13, 0.06</td><td>N</td></tr><tr><td>CF40-5A</td><td>—</td><td>43.8</td><td>—</td><td>H</td></tr><tr><td>CF40-5B</td><td>—</td><td>42.2</td><td>—</td><td>H</td></tr><tr><td>CF10-0B</td><td>8.98</td><td>13.8</td><td>0.04, 0.06</td><td>N</td></tr><tr><td>CF15-0A①</td><td>19.1</td><td>20.2</td><td>0.09, —</td><td>N</td></tr><tr><td>A②</td><td>19.8</td><td>21.2</td><td>0.01, 0.14</td><td>N</td></tr><tr><td>CF20-0A①</td><td>25.0</td><td>27.0</td><td>0.08, —</td><td>N</td></tr><tr><td>A②</td><td>30.9</td><td>32.1</td><td>0.03, 0.19</td><td>N</td></tr><tr><td>CF40-0A</td><td>—</td><td>40.6</td><td>—</td><td>H</td></tr></table> AF15供試体: コンクリート圧縮強度が他の約1.5倍 すべり出し荷重: 自由端すべり量が0.01mm時の荷重 最大荷重時のすべり量: 自由端すべり量を示す H: 棒材破断 N: 棒材抜け出し 表-6 付着疲労試験結果 <table><tr><th>供試体名</th><th>P_u (kN)</th><th>P (kN)</th><th>上限荷重比 P/P_u(%)</th><th>繰り返し回数(回)</th><th>破壊形式</th></tr><tr><td>AF40-5A</td><td>41.7</td><td>25.0 27.1 28.7</td><td>60 65 70</td><td>200万回 200万回 100万回</td><td>S(H) S(H) F(H)</td></tr><tr><td>AF40-5B</td><td>38.4</td><td>23.1 26.8 30.7</td><td>60 70 80</td><td>0~20万回 ~40万回 ~45万回</td><td>F(H) F(H) F(H)</td></tr><tr><td>AF20-5A</td><td>41.7</td><td>18.5 19.6</td><td>44.3 47.1</td><td>100万回 5万回</td><td>F(N) F(N)</td></tr><tr><td>AF20-5B</td><td>38.4</td><td>13.1 14.5 16.5</td><td>34 38 43</td><td>0~20万回 ~40万回 ~52万回</td><td>F(N) F(N) F(N)</td></tr><tr><td>AF20-5B</td><td>38.4</td><td>13.1 14.6 16.5</td><td>34 38 43</td><td>0~20万回 ~40万回 ~60万回</td><td>F(N) F(N) F(N)</td></tr><tr><td>CF40-5A</td><td>43.8</td><td>35.0 32.9 30.6</td><td>80 75 70</td><td>5万回 1.8万回 200万回</td><td>F(N) F(N) S(H)</td></tr><tr><td>CF40-5B</td><td>42.2</td><td>29.6 33.8 38.1</td><td>70 80 90</td><td>0~20万回 ~40万回 ~49万回</td><td>F(N) F(N) F(N)</td></tr><tr><td>CF20-5B</td><td>42.2</td><td>16.9 19.4</td><td>40 46</td><td>0~20万回 ~20万回</td><td>F(N) F(N)</td></tr><tr><td>CF20-5B</td><td>42.2</td><td>16.9</td><td>40</td><td>0~18万回</td><td>F(N)</td></tr></table> F: 疲労破壊 S: 200万回後の静的破壊 H: 棒材破断 N: 棒材抜け出し 図-6 静的試験および疲労試験のP/P_u 図-7 上限荷重比と破壊までの繰り返し回数の関係(気中) 備考		供試体名	すべり出し荷重(kN)	最大荷重(kN)	最大荷重時のすべり量(mm)	破壊形式	AF15-5A①	21.2	35.1	1.03, —	N	A②	20.4	31.9	1.08, 1.45	N	AF20-5A	23.1	35.6	0.38, 2.97	H	AF20-5B	18.2	36.6	1.46, 1.10	H	AF40-5A	35.8	41.7	0.04, 0.02	H	AF40-5B	—	38.4	—	H	AF10-0B	0.61	14.7	3.01, 1.77	N	AF15-0A①	14.2	30.9	0.76, 1.16	N	A②	15.8	29.7	2.41, 1.34	N	AF20-0B	2.45	17.2	3.59, 1.79	N	AF40-0B	15.0	25.7	0.76, 2.58	N	CF20-5A①	14.5	16.6	0.01, 3.81	N	A②	20.4	20.5	0.01, 0.16	N	CF20-5B	23.9	25.2	0.13, 0.06	N	CF40-5A	—	43.8	—	H	CF40-5B	—	42.2	—	H	CF10-0B	8.98	13.8	0.04, 0.06	N	CF15-0A①	19.1	20.2	0.09, —	N	A②	19.8	21.2	0.01, 0.14	N	CF20-0A①	25.0	27.0	0.08, —	N	A②	30.9	32.1	0.03, 0.19	N	CF40-0A	—	40.6	—	H	供試体名	P _u (kN)	P (kN)	上限荷重比 P/P _u (%)	繰り返し回数(回)	破壊形式	AF40-5A	41.7	25.0 27.1 28.7	60 65 70	200万回 200万回 100万回	S(H) S(H) F(H)	AF40-5B	38.4	23.1 26.8 30.7	60 70 80	0~20万回 ~40万回 ~45万回	F(H) F(H) F(H)	AF20-5A	41.7	18.5 19.6	44.3 47.1	100万回 5万回	F(N) F(N)	AF20-5B	38.4	13.1 14.5 16.5	34 38 43	0~20万回 ~40万回 ~52万回	F(N) F(N) F(N)	AF20-5B	38.4	13.1 14.6 16.5	34 38 43	0~20万回 ~40万回 ~60万回	F(N) F(N) F(N)	CF40-5A	43.8	35.0 32.9 30.6	80 75 70	5万回 1.8万回 200万回	F(N) F(N) S(H)	CF40-5B	42.2	29.6 33.8 38.1	70 80 90	0~20万回 ~40万回 ~49万回	F(N) F(N) F(N)	CF20-5B	42.2	16.9 19.4	40 46	0~20万回 ~20万回	F(N) F(N)	CF20-5B	42.2	16.9	40	0~18万回	F(N)
供試体名	すべり出し荷重(kN)	最大荷重(kN)	最大荷重時のすべり量(mm)	破壊形式																																																																																																																																																																													
AF15-5A①	21.2	35.1	1.03, —	N																																																																																																																																																																													
A②	20.4	31.9	1.08, 1.45	N																																																																																																																																																																													
AF20-5A	23.1	35.6	0.38, 2.97	H																																																																																																																																																																													
AF20-5B	18.2	36.6	1.46, 1.10	H																																																																																																																																																																													
AF40-5A	35.8	41.7	0.04, 0.02	H																																																																																																																																																																													
AF40-5B	—	38.4	—	H																																																																																																																																																																													
AF10-0B	0.61	14.7	3.01, 1.77	N																																																																																																																																																																													
AF15-0A①	14.2	30.9	0.76, 1.16	N																																																																																																																																																																													
A②	15.8	29.7	2.41, 1.34	N																																																																																																																																																																													
AF20-0B	2.45	17.2	3.59, 1.79	N																																																																																																																																																																													
AF40-0B	15.0	25.7	0.76, 2.58	N																																																																																																																																																																													
CF20-5A①	14.5	16.6	0.01, 3.81	N																																																																																																																																																																													
A②	20.4	20.5	0.01, 0.16	N																																																																																																																																																																													
CF20-5B	23.9	25.2	0.13, 0.06	N																																																																																																																																																																													
CF40-5A	—	43.8	—	H																																																																																																																																																																													
CF40-5B	—	42.2	—	H																																																																																																																																																																													
CF10-0B	8.98	13.8	0.04, 0.06	N																																																																																																																																																																													
CF15-0A①	19.1	20.2	0.09, —	N																																																																																																																																																																													
A②	19.8	21.2	0.01, 0.14	N																																																																																																																																																																													
CF20-0A①	25.0	27.0	0.08, —	N																																																																																																																																																																													
A②	30.9	32.1	0.03, 0.19	N																																																																																																																																																																													
CF40-0A	—	40.6	—	H																																																																																																																																																																													
供試体名	P _u (kN)	P (kN)	上限荷重比 P/P _u (%)	繰り返し回数(回)	破壊形式																																																																																																																																																																												
AF40-5A	41.7	25.0 27.1 28.7	60 65 70	200万回 200万回 100万回	S(H) S(H) F(H)																																																																																																																																																																												
AF40-5B	38.4	23.1 26.8 30.7	60 70 80	0~20万回 ~40万回 ~45万回	F(H) F(H) F(H)																																																																																																																																																																												
AF20-5A	41.7	18.5 19.6	44.3 47.1	100万回 5万回	F(N) F(N)																																																																																																																																																																												
AF20-5B	38.4	13.1 14.5 16.5	34 38 43	0~20万回 ~40万回 ~52万回	F(N) F(N) F(N)																																																																																																																																																																												
AF20-5B	38.4	13.1 14.6 16.5	34 38 43	0~20万回 ~40万回 ~60万回	F(N) F(N) F(N)																																																																																																																																																																												
CF40-5A	43.8	35.0 32.9 30.6	80 75 70	5万回 1.8万回 200万回	F(N) F(N) S(H)																																																																																																																																																																												
CF40-5B	42.2	29.6 33.8 38.1	70 80 90	0~20万回 ~40万回 ~49万回	F(N) F(N) F(N)																																																																																																																																																																												
CF20-5B	42.2	16.9 19.4	40 46	0~20万回 ~20万回	F(N) F(N)																																																																																																																																																																												
CF20-5B	42.2	16.9	40	0~18万回	F(N)																																																																																																																																																																												

分 類	C1-16, C4-2
材 料	部材種類 (単体, RC) 素材・形状 (CD, AD)
論 文 名	連続繊維補強材の高温引張特性と载荷加熱時の梁曲げ変形挙動に関する研究
著 者	棚野博之(建設省建築研究所), 坂下雅司((株)建材テクノ研究所) 梶田佳寛(宇都宮大学), 大野吉昭((財)ベターリビング)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 2, 1997
キーワード	連続繊維補強材、耐火性能、高温引張特性、载荷加熱
概 要	本研究は連続繊維補強コンクリート部材の耐火性能に関する評価方法に必要な連続繊維補強材の高温時の力学的特性(高温引張強度、高温引張弾性係数)を把握する目的で、FRP ロッド(AFRPおよびCFRPロッド)の高温時引張試験を実施するとともに、連続繊維補強コンクリート梁部材の载荷加熱試験を行い、梁中央部のたわみ量を計測し、高温時における連続繊維補強コンクリート部材の弾塑性理論解析値と比較し、耐火設計の可能性について検討を行っている。
結 果	(1) 高温引張弾性係数試験結果(温度上昇範囲: 0 ~ 500) ・炭素繊維補強材の場合 本繊維補強材では、補強材の形状の相違により引張弾性係数に差異が認められる。丸鋼で直線状のタイプでは弾性係数の低下は認められていない。ただし、組紐状およびより線状形状タイプでは、250 前後で急激な弾性係数低下が認められている。 ・アラミド繊維補強材の場合 アラミド繊維を素材繊維とする補強材は、補強材の形状差異に拘わらず、温度上昇に伴い弾性係数低下が顕著に認められている。(以上、図-6 参照) (2) 高温引張強度試験結果 高温時引張強度試験時の温度と破断強度の関係より、常温時に対する350 の破断強度比は以下のとおりである。 ・より線状炭素繊維補強材で35%程度の強度低下 ・組紐状アラミド繊維補強材で15%程度の強度低下 (以上、図-9 参照) (3) 高温時の引張強度や弾性係数を用いた弾塑性解析により、連続繊維補強コンクリート部材の高温時の変形挙動は、一定の範囲(450)で予測可能となることが確認されている。

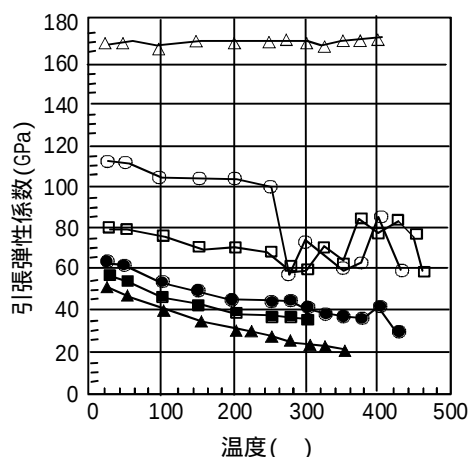
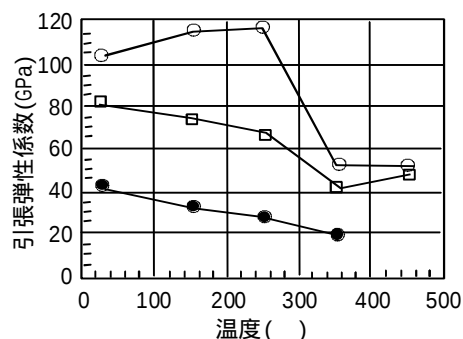
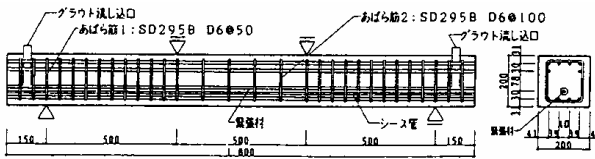
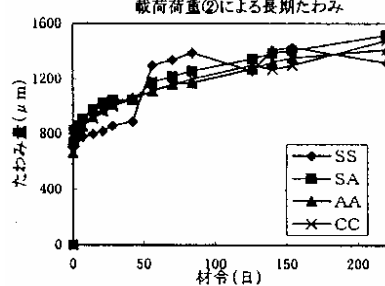
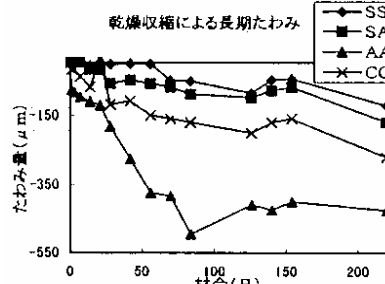
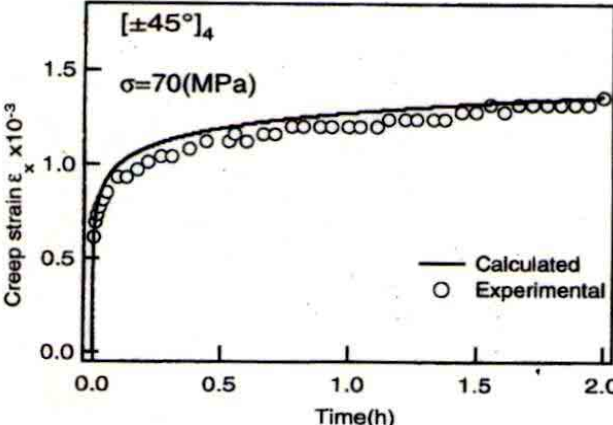


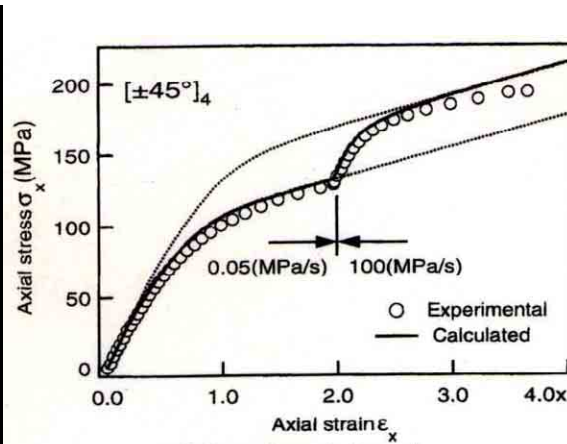
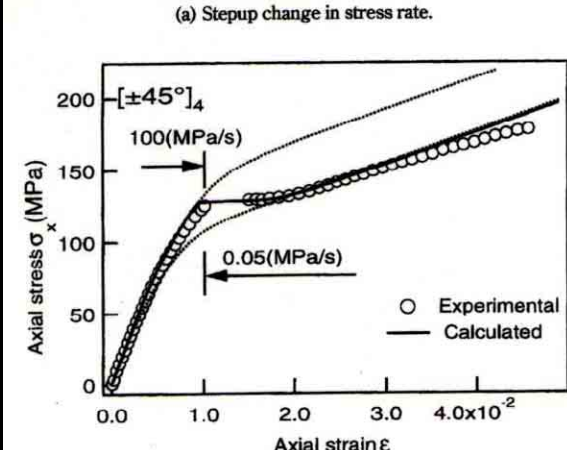
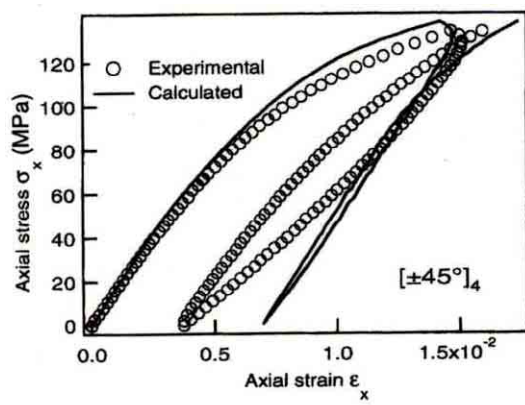
図 - 6 温度と引張弾性係数の関係

図 - 9 高温引張強度試験での弾性係数の結果
●: AFBR, ○: CFBR, □: CFST

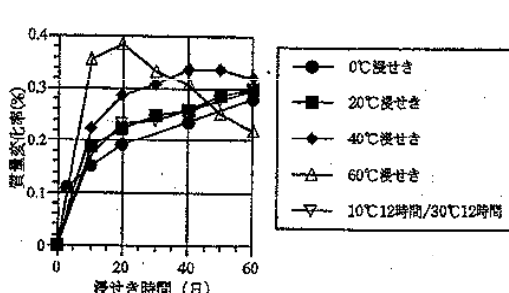
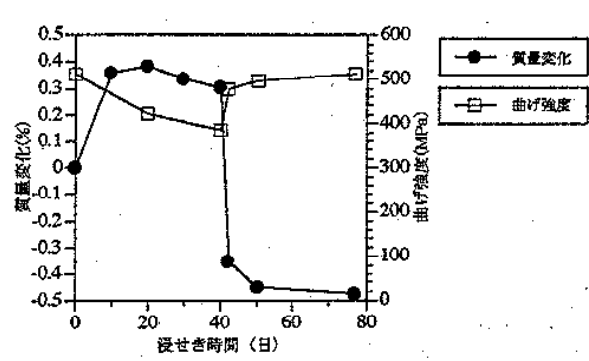
分類	B2-1, B3-13																																																													
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AB、CS)																																																												
論文名	連続繊維補強プレストレストコンクリートの長期たわみ挙動																																																													
著者	野々村 家寿道 (宇佐見組技術本部)、棚野 博之 (建設省建築研究所)																																																													
出典名	コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、No.2、pp.1167-1172、1997																																																													
キーワード	プレストレストコンクリートはり、長期たわみ、たわみ倍率K																																																													
概要	プレストレストコンクリートはりの長期たわみ試験を行い、たわみ計算法の弾性たわみに対する倍率K (ひび割れによる倍率k1 + クリープによる倍率k2 + 乾燥収縮による倍率k3) について検討した。試験体の種類はSS (主筋：鉄筋、緊張材：鋼より線)、SA (主筋：鉄筋、緊張材：アラミド繊維)、AA (主筋、緊張材ともアラミド繊維)、CC (主筋、緊張材とも炭素繊維) の4種である。																																																													
結果	(1)FRP材を使用してはりを形成する場合、はりの長期たわみ増加率はプレストレストコンクリート構造とすることにより1/4～1/5に小さくなる。 (2)主筋および緊張材にFRP材を用いた場合のたわみ倍率Kは2～4であった。 (3)FRP材を用いたRC部材はたわみが長期に渡ると言われているが、PC部材でもたわみの増加は長期に渡って継続している。  図－1 試験体形状寸法 表－6 たわみ倍率一覧表 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SS</th> <th>SA</th> <th>AA</th> <th>CC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ひび割れによるたわみ倍率 k1</td> <td>1.78</td> <td>2.96</td> <td>1.09</td> <td>3.60</td> </tr> <tr> <td>クリープによるたわみ倍率 k2</td> <td>1.07</td> <td>1.23</td> <td>2.17</td> <td>1.33</td> </tr> <tr> <td>乾燥収縮によるたわみ倍率 k3</td> <td>-0.34</td> <td>-0.52</td> <td>-1.43</td> <td>-0.90</td> </tr> <tr> <td>たわみ倍率 K=k1+k2+k3</td> <td>2.51</td> <td>3.67</td> <td>1.83</td> <td>4.03</td> </tr> </tbody> </table> 表－8 たわみ増加率の比較 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">主筋の種類</th> <th colspan="2">たわみ増加率</th> <th colspan="2">変形剛性比</th> </tr> <tr> <th>RC梁</th> <th>PC梁</th> <th>RC梁</th> <th>PC梁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>アラミド (組紐)</td> <td>8.65</td> <td>2.13</td> <td>3.19</td> <td>3.52</td> </tr> <tr> <td>炭素 (組紐)</td> <td>11.16</td> <td></td> <td>1.77</td> <td></td> </tr> <tr> <td>炭素 (らせん)</td> <td>10.26</td> <td></td> <td>1.66</td> <td></td> </tr> <tr> <td>炭素 (より線)</td> <td></td> <td>2.21</td> <td></td> <td>2.25</td> </tr> <tr> <td>鉄筋</td> <td>2.10</td> <td>1.74</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table>  載荷荷重②による長期たわみ  乾燥収縮による長期たわみ (注) 下方へのたわみを、正で表示 図－3 長期たわみの経時変化				SS	SA	AA	CC	ひび割れによるたわみ倍率 k1	1.78	2.96	1.09	3.60	クリープによるたわみ倍率 k2	1.07	1.23	2.17	1.33	乾燥収縮によるたわみ倍率 k3	-0.34	-0.52	-1.43	-0.90	たわみ倍率 K=k1+k2+k3	2.51	3.67	1.83	4.03	主筋の種類	たわみ増加率		変形剛性比		RC梁	PC梁	RC梁	PC梁	アラミド (組紐)	8.65	2.13	3.19	3.52	炭素 (組紐)	11.16		1.77		炭素 (らせん)	10.26		1.66		炭素 (より線)		2.21		2.25	鉄筋	2.10	1.74	1.00	1.00
	SS	SA	AA	CC																																																										
ひび割れによるたわみ倍率 k1	1.78	2.96	1.09	3.60																																																										
クリープによるたわみ倍率 k2	1.07	1.23	2.17	1.33																																																										
乾燥収縮によるたわみ倍率 k3	-0.34	-0.52	-1.43	-0.90																																																										
たわみ倍率 K=k1+k2+k3	2.51	3.67	1.83	4.03																																																										
主筋の種類	たわみ増加率		変形剛性比																																																											
	RC梁	PC梁	RC梁	PC梁																																																										
アラミド (組紐)	8.65	2.13	3.19	3.52																																																										
炭素 (組紐)	11.16		1.77																																																											
炭素 (らせん)	10.26		1.66																																																											
炭素 (より線)		2.21		2.25																																																										
鉄筋	2.10	1.74	1.00	1.00																																																										
備考																																																														

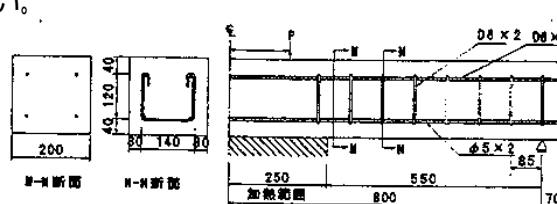
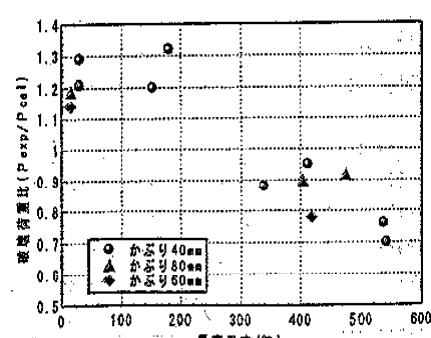
分類	C2-5																
材料	部材種類 ()	素材・形状 ()															
論文名	複雑化する屋外環境と高分子材料の耐候性																
著者	大石不二夫(神奈川大学, 理学部化学科)																
出典名	工業材料, Vol.45, No.6, pp.26-29, 1997.6																
キーワード	耐候性, 暴露試験, 促進耐候試験																
概要	耐候性の用語の定義から, 耐候性を評価する各種試験方法の解説. 促進耐候性試験と屋外暴露試験との相関性および耐候性研究の分類についての記述.																
結果	筆者は, 耐候性を「耐候性(Weatherability)とは, 製品ないしその構成材料が, 屋外(ガラス越しや窓の開閉も含む)において使用される場合の, 総合的な耐久性の事である。」と定義する. 耐候性へのアプローチとしては, 要因を単純化して一断面から端面的に理解する. 複合因子を同時に付加して, 複断面から多面的にアプローチする. 実因子の中から支配的因子を選別し, その付加のみにより大まかな傾向を知る. 一般には, ~ までを混濁させながら耐候性にアプローチしている場合が多く, その結果として, 耐候性の解明が遅れている. むしろ, 各立場(官学民)に応じた個別のアプローチが必要であろう. 耐候性の評価方法としては, 屋外暴露試験, 変形暴露試験, 促進耐候試験等を挙げている. 耐候性研究の分類としては, それぞれの立場によって, 学術的, 中立的立場からの研究(大学や公的研究所など). 材料の製造者としての研究(材料メーカーなど). 安定剤・添加剤の製造者としての研究(安定剤メーカーなど). 成形加工者としての研究(モルダーなど). 材料の利用者としての研究(ユーザーなど). 消費者としての研究(消費者団体など). 今後の耐候性研究の試みの一端としては, 寿命予測法の開発, 促進耐候性試験法の開発, 劣化度の評価法, 耐候性の向上法, 劣化の機構解析, 安定剤の作用機構, 耐候性データの集積・データベース化, PL法対応などの破損・劣化診断などの, 各項目が上げられる. 促進耐候試験用光源と太陽光の波長分布 近紫外部におけるエネルギーの強度比 <table><tr><th>光源 波長 (nm)</th><th>太陽光</th><th>紫外線 ウェザー メーター WE-2 太陽光</th><th>サンシャイン ウェザー メーター WE-SUN 太陽光</th><th>キセノン ウェザー メーター WE-45 AX 太陽光</th></tr><tr><td>300~340</td><td>1</td><td>5</td><td>10</td><td>4.8</td></tr><tr><td>300~360</td><td>1</td><td>14</td><td>9</td><td>4.5</td></tr></table>		光源 波長 (nm)	太陽光	紫外線 ウェザー メーター WE-2 太陽光	サンシャイン ウェザー メーター WE-SUN 太陽光	キセノン ウェザー メーター WE-45 AX 太陽光	300~340	1	5	10	4.8	300~360	1	14	9	4.5
光源 波長 (nm)	太陽光	紫外線 ウェザー メーター WE-2 太陽光	サンシャイン ウェザー メーター WE-SUN 太陽光	キセノン ウェザー メーター WE-45 AX 太陽光													
300~340	1	5	10	4.8													
300~360	1	14	9	4.5													
備考	測定データなどではなく, 著者の耐候性に対する考えや, 試験方法, 今後の課題等を述べたものの.																

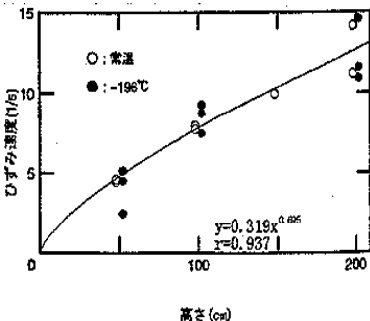
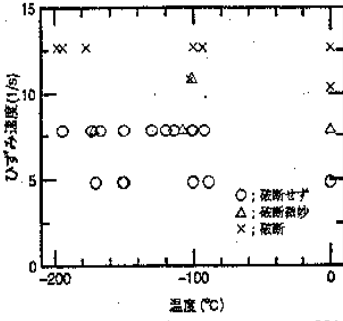
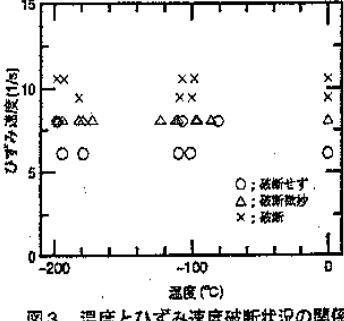
分類	B2-30
材料	部材種類（ 単体 ） 素材・形状（ C ）
論文名	CFRP積層材に対する時間依存非弾性変形のモデリング
著者	金井靖（名古屋大学工学部機械工学科），村上澄男（名古屋大学工学部機械工学科）
出典名	「材料」（J.Soc.Mat.Sci., Japan）、Vol.46、No.7、pp.769-774、July.1997
キーワード	" CFRP積層材 " , " 時間依存非弾性変形 "
概要	繊維強化高分子複合材料の巨視的な非弾性挙動を記述するのに、移動硬化クリープ変形に対するMalinin-Khadjinskyの理論を異方性材料に拡張して、新しい粘性流れ構成式を展開し、定式化した構成式を各種配合角を持つ一方向強化CFRPに適用し、実験結果の記述を試み、その精度について検討する。また、完全圧着を仮定する古典積層理論にこの粘性構成式を組み込み、様々な荷重状態下での斜交対称積層材の時間依存非弾性挙動についても考察したもの。
結果	・提案した構成式により、様々な配合角を持つ一方向積層円管試験片の、単純引張一定応力速度試験に対し、その複雑な非弾性挙動およびその時間依存性を、精度よく記述することができた。 ・完全圧着に基づく積層理論に、提案した粘性構成式を組み込み斜交対称積層材に適用した。この結果、層間の变形挙動、損傷の影響を考慮していないため、比較的大きいひずみ領域において、実験結果との若干の差が認められた。しかし、ひずみの小さい範囲では、実験値を精度よく記述することができた。 ・Fig.8にクリープ試験の実験結果と、それに対する計算結果を、Fig.9に応力速度変動試験の試験結果を示す。また、負荷-除荷-再負試験の実験結果をFig.10に示す。本構成式は、[± 45°]₄材のクリープ試験、応力速度変動試験において実測値を精度よく記述することができるとは、負荷-除荷-再負試験の際の擬弾性による顕著なヒステリシスループは十分に与えられている。  Fig. 8. Creep curve of [± 45°]₄ angle-ply laminates under constant stress.

結 果	 (a) Stepup change in stress rate.  (b) Stepdown change in stress rate. Fig. 9. Stress-strain relations of $[\pm 45^\circ]_4$ angle-ply laminates under stepwise change in stress rate.  Fig. 10. Stress-strain relations of $[\pm 45^\circ]_4$ angle-ply laminates under loading-unloading-reloading condition.
備 考	

分類	C2-13, C5-4																																																																																																																																																																												
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (AD・GD)																																																																																																																																																																											
論文名	FRPロッド用マトリックス樹脂の紫外線促進試験																																																																																																																																																																												
著者	西村 次男 (東京大学生産技術研究所) , 魚本 健人 (東京大学生産技術研究所)																																																																																																																																																																												
出典名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)、pp 1026-1027																																																																																																																																																																												
キーワード	マトリックス、紫外線促進試験、引張試験																																																																																																																																																																												
概要	著者等はこれまでに、FRPロッドを自然環境で暴露した場合、特にアラミド繊維を用いたFRPロッドの強度低下が大きく、その原因が紫外線劣化である可能性が高いことが報告している。高分子材料であるアラミド繊維は、紫外線により結合能力の低い非結晶部分が何らかの影響をうけ、繊維内に欠陥部分を生じている可能性が高いと考えられる。本研究ではFRPロッドを構成するマトリックスの紫外線による劣化性状を促進試験により実験的に検討した結果を報告する。																																																																																																																																																																												
結果	1. 実験概要 ・実験に使用したマトリックス樹脂の材料特性および配合表を表 - 1 ~ 2 に示す。複合される繊維の伸び量を考慮し、マトリックスはAFRPおよびGFRPロッドにはビス系ビニルエステルを、CFRPロッドにはノボラック系ビニルエステルを使用している。 ・紫外線照射時間は1000および2000時間。放射照度は56W/m²。一時間当たりの紫外線照射量は約0.2MJ/m²(銚子における6月の平均放射照度)。 ・照射後載荷試験を行ない、最大荷重と縦横ひずみを測定した。 2. 実験結果 各種試験結果を表 - 3 に示す。図 - 1 は各種マトリックスの引張強度と紫外線照射時間の関係を、これらより、破断時の伸び量の減少、マトリックス樹脂表面の硬度(HV)増加および弾性係数の増大により、マトリックス樹脂が長時間の紫外線照射によって強度は低下しないが、脆性的な材料になったためであると考えられる。得にビス系ビニルエステル樹脂が紫外線による影響を受けて、マトリックス樹脂が脆性的な材料に変化していくことが明らかとなった。 表-1 マトリックスの材料特性 <table><tr><th>マトリックス樹脂</th><th>引張強度 (MPa)</th><th>弾性係数 (GPa)</th><th>破断時伸び率 (%)</th></tr><tr><td>R-802(ビス系)</td><td>86</td><td>3.3</td><td>5.1</td></tr><tr><td>H-600(ノボラック系)</td><td>76</td><td>4</td><td>2.3</td></tr></table> 表-2 マトリックスの樹脂配合表 <table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">品名</th><th colspan="3">配合比</th></tr><tr><th>AFRP</th><th>GFRP</th><th>CFRP</th></tr><tr><td rowspan="2">樹脂</td><td>R-802(ビス系)</td><td>100</td><td>100</td><td>0</td></tr><tr><td>H-600(ノボラック系)</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr><tr><td rowspan="3">硬化剤</td><td>A*-ベタ3M</td><td>1.5</td><td>1.5</td><td>1.5</td></tr><tr><td>A*-OH+MSP</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>トリゴ/ナックス22B-75</td><td>0.5</td><td>0.5</td><td>0.5</td></tr><tr><td rowspan="2">清材</td><td>ステアリン酸</td><td>1.5</td><td>3</td><td>1.5</td></tr><tr><td>ステアリン酸亜鉛</td><td>0.4</td><td>0.4</td><td>0.4</td></tr><tr><td>充填材</td><td>炭酸カルシウム</td><td>-</td><td>10</td><td>-</td></tr></table> 表-3 各種マトリックスの紫外線照射後の特性 AFRPロッド用 <table><tr><th></th><th>種類</th><th>0hour</th><th>1000hour</th><th>2000hour</th></tr><tr><td rowspan="3">引張強度 (MPa)</td><td>平均値</td><td>71</td><td>58</td><td>85</td></tr><tr><td>標準偏差</td><td>3.0</td><td>11.0</td><td>4.4</td></tr><tr><td>変動係数</td><td>0.04</td><td>0.19</td><td>0.07</td></tr><tr><td>弾性係数 (GPa)</td><td>平均値</td><td>2.88</td><td>3.70</td><td>3.27</td></tr><tr><td>伸び率 (%)</td><td>平均値</td><td>0.323</td><td>0.343</td><td>0.341</td></tr><tr><td>破断時伸び (%)</td><td>平均値</td><td>3.25</td><td>1.47</td><td>1.95</td></tr><tr><td>硬度 (HV)</td><td>平均値</td><td>18</td><td>21.4</td><td>21.1</td></tr></table> CFRPロッド用 <table><tr><th></th><th>種類</th><th>0hour</th><th>1000hour</th><th>2000hour</th></tr><tr><td rowspan="3">引張強度 (MPa)</td><td>平均値</td><td>78.26</td><td>75.64</td><td>81.33</td></tr><tr><td>標準偏差</td><td>8.378</td><td>17.811</td><td>10.195</td></tr><tr><td>変動係数</td><td>0.11</td><td>0.24</td><td>0.13</td></tr><tr><td>弾性係数 (GPa)</td><td>平均値</td><td>3.85</td><td>4.26</td><td>3.90</td></tr><tr><td>伸び率 (%)</td><td>平均値</td><td>0.328</td><td>0.334</td><td>0.355</td></tr><tr><td>破断時伸び (%)</td><td>平均値</td><td>2.47</td><td>1.50</td><td>2.20</td></tr><tr><td>硬度 (HV)</td><td>平均値</td><td>26.5</td><td>26.0</td><td>25.6</td></tr></table> GFRPロッド用 <table><tr><th></th><th>種類</th><th>0hour</th><th>1000hour</th><th>2000hour</th></tr><tr><td rowspan="3">引張強度 (MPa)</td><td>平均値</td><td>63.6</td><td>57.8</td><td>63.5</td></tr><tr><td>標準偏差</td><td>1.492</td><td>8.550</td><td>3.643</td></tr><tr><td>変動係数</td><td>0.023</td><td>0.148</td><td>0.057</td></tr><tr><td>弾性係数 (GPa)</td><td>平均値</td><td>3.35</td><td>3.78</td><td>3.73</td></tr><tr><td>伸び率 (%)</td><td>平均値</td><td>0.332</td><td>0.320</td><td>0.332</td></tr><tr><td>破断時伸び (%)</td><td>平均値</td><td>2.53</td><td>1.70</td><td>1.80</td></tr><tr><td>硬度 (HV)</td><td>平均値</td><td>18.3</td><td>23.3</td><td>23</td></tr></table> 図-1 紫外線照射時間とマトリックスの引張強度の関係			マトリックス樹脂	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	破断時伸び率 (%)	R-802(ビス系)	86	3.3	5.1	H-600(ノボラック系)	76	4	2.3		品名	配合比			AFRP	GFRP	CFRP	樹脂	R-802(ビス系)	100	100	0	H-600(ノボラック系)	0	0	100	硬化剤	A*-ベタ3M	1.5	1.5	1.5	A*-OH+MSP	1	1	1	トリゴ/ナックス22B-75	0.5	0.5	0.5	清材	ステアリン酸	1.5	3	1.5	ステアリン酸亜鉛	0.4	0.4	0.4	充填材	炭酸カルシウム	-	10	-		種類	0hour	1000hour	2000hour	引張強度 (MPa)	平均値	71	58	85	標準偏差	3.0	11.0	4.4	変動係数	0.04	0.19	0.07	弾性係数 (GPa)	平均値	2.88	3.70	3.27	伸び率 (%)	平均値	0.323	0.343	0.341	破断時伸び (%)	平均値	3.25	1.47	1.95	硬度 (HV)	平均値	18	21.4	21.1		種類	0hour	1000hour	2000hour	引張強度 (MPa)	平均値	78.26	75.64	81.33	標準偏差	8.378	17.811	10.195	変動係数	0.11	0.24	0.13	弾性係数 (GPa)	平均値	3.85	4.26	3.90	伸び率 (%)	平均値	0.328	0.334	0.355	破断時伸び (%)	平均値	2.47	1.50	2.20	硬度 (HV)	平均値	26.5	26.0	25.6		種類	0hour	1000hour	2000hour	引張強度 (MPa)	平均値	63.6	57.8	63.5	標準偏差	1.492	8.550	3.643	変動係数	0.023	0.148	0.057	弾性係数 (GPa)	平均値	3.35	3.78	3.73	伸び率 (%)	平均値	0.332	0.320	0.332	破断時伸び (%)	平均値	2.53	1.70	1.80	硬度 (HV)	平均値	18.3	23.3	23
マトリックス樹脂	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	破断時伸び率 (%)																																																																																																																																																																										
R-802(ビス系)	86	3.3	5.1																																																																																																																																																																										
H-600(ノボラック系)	76	4	2.3																																																																																																																																																																										
	品名	配合比																																																																																																																																																																											
		AFRP	GFRP	CFRP																																																																																																																																																																									
樹脂	R-802(ビス系)	100	100	0																																																																																																																																																																									
	H-600(ノボラック系)	0	0	100																																																																																																																																																																									
硬化剤	A*-ベタ3M	1.5	1.5	1.5																																																																																																																																																																									
	A*-OH+MSP	1	1	1																																																																																																																																																																									
	トリゴ/ナックス22B-75	0.5	0.5	0.5																																																																																																																																																																									
清材	ステアリン酸	1.5	3	1.5																																																																																																																																																																									
	ステアリン酸亜鉛	0.4	0.4	0.4																																																																																																																																																																									
充填材	炭酸カルシウム	-	10	-																																																																																																																																																																									
	種類	0hour	1000hour	2000hour																																																																																																																																																																									
引張強度 (MPa)	平均値	71	58	85																																																																																																																																																																									
	標準偏差	3.0	11.0	4.4																																																																																																																																																																									
	変動係数	0.04	0.19	0.07																																																																																																																																																																									
弾性係数 (GPa)	平均値	2.88	3.70	3.27																																																																																																																																																																									
伸び率 (%)	平均値	0.323	0.343	0.341																																																																																																																																																																									
破断時伸び (%)	平均値	3.25	1.47	1.95																																																																																																																																																																									
硬度 (HV)	平均値	18	21.4	21.1																																																																																																																																																																									
	種類	0hour	1000hour	2000hour																																																																																																																																																																									
引張強度 (MPa)	平均値	78.26	75.64	81.33																																																																																																																																																																									
	標準偏差	8.378	17.811	10.195																																																																																																																																																																									
	変動係数	0.11	0.24	0.13																																																																																																																																																																									
弾性係数 (GPa)	平均値	3.85	4.26	3.90																																																																																																																																																																									
伸び率 (%)	平均値	0.328	0.334	0.355																																																																																																																																																																									
破断時伸び (%)	平均値	2.47	1.50	2.20																																																																																																																																																																									
硬度 (HV)	平均値	26.5	26.0	25.6																																																																																																																																																																									
	種類	0hour	1000hour	2000hour																																																																																																																																																																									
引張強度 (MPa)	平均値	63.6	57.8	63.5																																																																																																																																																																									
	標準偏差	1.492	8.550	3.643																																																																																																																																																																									
	変動係数	0.023	0.148	0.057																																																																																																																																																																									
弾性係数 (GPa)	平均値	3.35	3.78	3.73																																																																																																																																																																									
伸び率 (%)	平均値	0.332	0.320	0.332																																																																																																																																																																									
破断時伸び (%)	平均値	2.53	1.70	1.80																																																																																																																																																																									
硬度 (HV)	平均値	18.3	23.3	23																																																																																																																																																																									
備考																																																																																																																																																																													

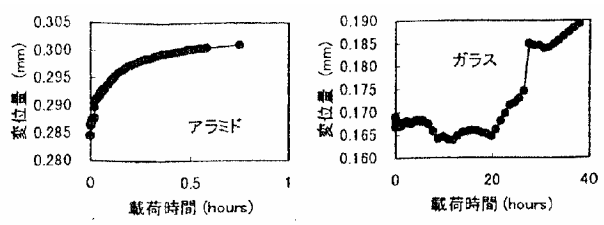
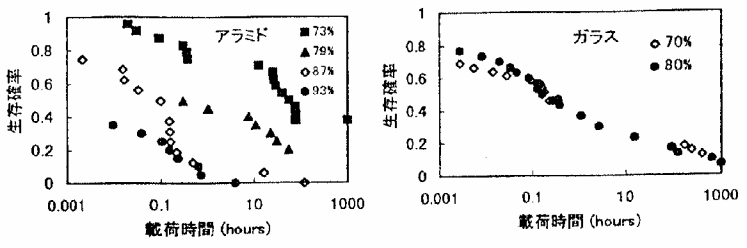
分 類	A2-1
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GD)
論 文 名	ガラス繊維強化プラスチックの水浸劣化試験
著 者	西崎 到(建設省土木研究所), 佐々木 巖(建設省土木研究所)
出 典 名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)、pp 1028-1029
キーワード	GFRP、ガラス繊維強化プラスチック、水浸試験、質量変化、曲げ強度、耐水性
概 要	GFRP引抜き成形材の劣化に対する、劣化環境因子としての水の影響を調べるために、引抜き成形材の水浸劣化試験を行なった結果を報告する。
結 果	1. 試験方法 材料: GFRP引抜き成形材(幅15mm×長さ84mm×厚さ4mm)、マトリックスはビニルエステル樹脂、繊維含有率70%、密度1.9g/cm³ 方法: 水温は0・20・40・60 の一定温度、10 12時間～30 12時間、の5条件水浸後、質量変化および3点曲げ試験(JIS K 7055) 2. 結果 水浸試験により、試験体は経時に伴い、水の浸透により質量が増加した。温度が高いほど質量増加は大きい。温度の高い60 の場合、20日を境に質量が減少した。 曲げ強度は浸せき時間とともに減少した。減少程度は温度が高い方が減少率が高い。 10 12時間～30 12時間のサイクルは、20 一定の結果とほぼ同じで、一日分程度の温度変化については平均値をとっても問題ないと考えられる。 浸水により質量が増加したGFRPも乾燥によって、質量および曲げ強度もほぼ初期値に戻った。   図-1 質量変化の結果 図-5 浸水後に乾燥した試験体の質量変化と曲げ強度
備 考	

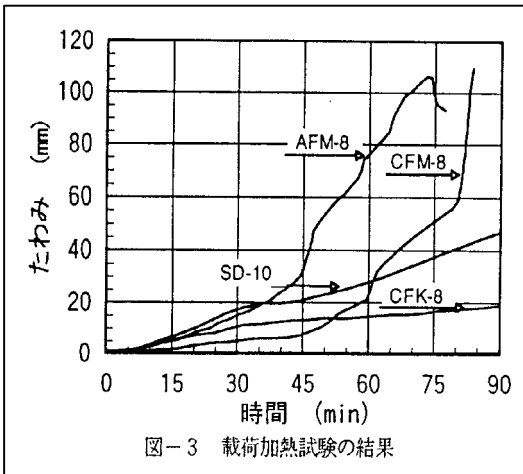
分類	C1-17																																																		
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (CD)																																																	
論文名	高温加熱を受けたCFRP補強コンクリートはりの耐荷性能																																																		
著者	黒田一郎(九州大学工学部) , 山口芳範(ハザマ)																																																		
出典名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)、pp 1032-1033																																																		
キーワード	CFRPロッド、高温加熱、耐荷特性																																																		
概要	CFRPロッドで補強されたコンクリートはりの加熱試験および加熱冷却後の耐荷特性について検討を行なった。																																																		
結果	1. 実験概要 図-1に供試体の概要を示す。軸補強引張補強材としてφ5CFRPロッドを2本、比較用のRC供試体にはSD345D13を用いた。各供試体の諸元を表-1に、CFRPロッドの物性値を表-2に示す。加熱範囲は図-1網掛け部の供試体底面の中央部50cm×20cm範囲で、それ以外は断熱を施した。加熱温度は室温から1000℃までを60分かけて直線的に上昇させ、その後は1000℃を保持した。加熱終了後両端単純支持のもとに、中央2点載荷(載荷幅30cm)で静的載荷を行なった。 2. 実験結果 ・表-3に加熱終了時点での補強材の温度を示す。かぶり厚による補強材の最高温度の有意な差は見られず、これは加熱時に加熱範囲表面に生じた爆裂が原因であると考えられる。 ・載荷試験の結果は、ひび割れ発生前までの曲げ剛性の低下は120分以上加熱した場合著しくなる。ひび割れ発生後の曲げ剛性は加熱の有無によるさはほとんど見られない。 ・破壊荷重比(実験値/計算値)と補強材位置における最高温度の関係を図-4に示す。補強材位置において300℃以上の加熱を受けると急激に耐力が低下することがわかった。耐力の低下に及ぼすかぶり厚の影響は認められない。																																																		
備考	表-1 供試体諸元 <table><tr><th>供試体名</th><th>加熱時間</th><th>かぶり (mm)</th><th>補強材</th><th>温度 (°C)</th></tr><tr><td>F-0-40</td><td>0</td><td rowspan="4">40</td><td rowspan="8">CFRP φ5</td><td rowspan="8">1000</td></tr><tr><td>F-60-40</td><td>60</td></tr><tr><td>F-120-40</td><td>120</td></tr><tr><td>F-240-40</td><td>240</td></tr><tr><td>F-0-60</td><td>0</td><td colspan="3" rowspan="2">60</td></tr><tr><td>F-120-60</td><td>120</td></tr><tr><td>F-0-80</td><td>0</td><td colspan="3" rowspan="2">80</td></tr><tr><td>F-120-80</td><td>120</td></tr><tr><td>R-0-40</td><td>0</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">D13</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>R-240-40</td><td>240</td></tr></table> 表-2 CFRPロッドの物性値 <table><tr><td>呼称径 (mm)</td><td>5</td></tr><tr><td>断面積 (cm²)</td><td>0.178</td></tr><tr><td>繊維含有率 (%)</td><td>85</td></tr><tr><td>引張強度 (kgf/cm²)</td><td>230</td></tr><tr><td>ヤング係数 (kgf/cm²)</td><td>1.5×10⁶</td></tr><tr><td>熱膨張率 (×10⁻⁶/°C)</td><td>0.68</td></tr></table> 図-1 供試体の形状・寸法  図-4 残存耐力に及ぼす加熱温度の影響 		供試体名	加熱時間	かぶり (mm)	補強材	温度 (°C)	F-0-40	0	40	CFRP φ5	1000	F-60-40	60	F-120-40	120	F-240-40	240	F-0-60	0	60			F-120-60	120	F-0-80	0	80			F-120-80	120	R-0-40	0	40	D13		R-240-40	240	呼称径 (mm)	5	断面積 (cm ²)	0.178	繊維含有率 (%)	85	引張強度 (kgf/cm ²)	230	ヤング係数 (kgf/cm ²)	1.5×10 ⁶	熱膨張率 (×10 ⁻⁶ /°C)	0.68
供試体名	加熱時間	かぶり (mm)	補強材	温度 (°C)																																															
F-0-40	0	40	CFRP φ5	1000																																															
F-60-40	60																																																		
F-120-40	120																																																		
F-240-40	240																																																		
F-0-60	0	60																																																	
F-120-60	120																																																		
F-0-80	0	80																																																	
F-120-80	120																																																		
R-0-40	0	40	D13																																																
R-240-40	240																																																		
呼称径 (mm)	5																																																		
断面積 (cm ²)	0.178																																																		
繊維含有率 (%)	85																																																		
引張強度 (kgf/cm ²)	230																																																		
ヤング係数 (kgf/cm ²)	1.5×10 ⁶																																																		
熱膨張率 (×10 ⁻⁶ /°C)	0.68																																																		

分 類	C3-4
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (AD・GD)
論 文 名	極低温下におけるFRPの耐衝撃性に関する基礎的研究
著 者	鹿内 英登(東北大学大学院工学研究科), 岩代 一郎(東北大学工学部)
出 典 名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月), pp502-503
キーワード	極低温下、FRP、耐衝撃性、ひずみ速度
概 要	超伝導施設は高い磁場が発生することがあり、補強材に従来の鉄筋を用いた場合、誘導電流が発生するといった問題が考えられ、非磁性・弱磁性の特性をもつFRPが適していると思われる。近年、超伝導技術の発展により、液体窒素によって冷却可能である-196℃において超伝導が得られる見通しがついてきているため、極低温下におけるFRPの耐衝撃性を調べることが必要となってくる。本研究ではFRPを極低温下にさらして衝撃を与え、ひずみ速度と引張破断の有無を関連付け、極低温下における耐衝撃性について検討を行なった。
結 果	1. 試験概要 ・試験体は2種類の炭素繊維(丸棒および異形丸棒)とアラミド繊維(異形丸棒)、計3種類を用いた。形状は直径8mm、長さ150mmとする。 ・衝撃の大きさはコンクリートの引張り破壊時に鉄筋に生じるひずみ速度の最大値である約12(1/s)を参考にして、その前後のひずみが得られるように設定した。 ・供試体スパンは135mm、ハンマー質量は1kg、常温から-196℃の範囲で、ハンマー落下高さを50、100、150、200cmの4通りに変化させて試験を行なった。 2. 試験結果 炭素繊維(丸棒)のハンマー落下高さと衝撃時のひずみ速度との関係を図-1に示す。ハンマー落下高さが高くなるにつれてひずみ速度は増加傾向を示す。衝撃荷重条件が同じであれば、常温と極低温下で生じるひずみ速度はほぼ同じである。 ハンマー落下高さに対する衝撃温度とひずみ速度、破断状況の関係を炭素繊維1(丸棒)および炭素繊維2(異形丸棒)について図-2および3に示す。これより、炭素繊維については、ひずみ速度が9(1/s)前後の時に引張破断が生じる可能性があると考えられる。一方、アラミド繊維に関しては、落下高さ200cmの条件下でも引張り破断することはなく、変形や破損状況について、温度による目立った違いは見られなかった。  図1 ハンマー落下高さとひずみ速度の関係  図2 温度とひずみ速度破断状況の関係 (炭素繊維1)  図3 温度とひずみ速度破断状況の関係 (炭素繊維2)
備 考	

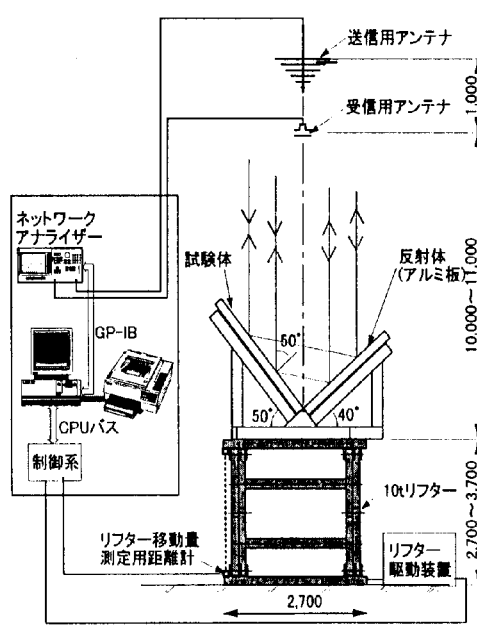
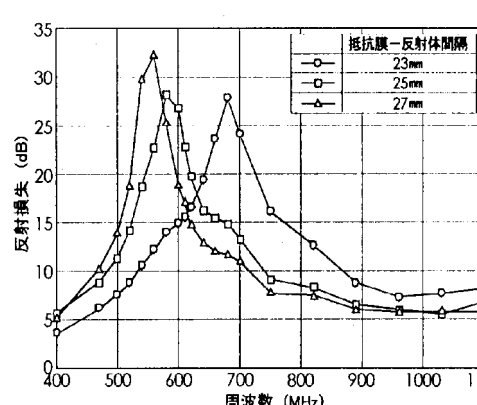
分類	A1-16																					
材料	部材種類 (単体・RC)	素材・形状 (AD・CS・AB・CB)																				
論文名	アルカリ環境に暴露した連続繊維棒材の付着に関する検討																					
著者	森 寛晃(京都大学大学院) , 服部 篤史(京都大学大学院)																					
出典名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)、pp 982-983																					
キーワード	連続繊維棒材、マトリクス樹脂、耐アルカリ性、付着																					
概要	棒材表面のマトリクス樹脂に着目し、その耐アルカリ性を調査するとともに、アルカリ溶液に直接浸漬した棒材を用いた片引試験、棒材をコンクリート中に埋設した上でアルカリ溶液に浸漬した供試体による片引試験と両引試験を実施し、種々のアルカリ環境に暴露した連続繊維棒材の付着挙動を検討した。																					
結果	マトリクス樹脂の耐アルカリ性試験 試験要因を表 - 1に示す。樹脂板の質量変化は棒材に比べて小さく、浸漬3600時間でADが1%、ABが2%程度であった。棒材CSおよびCBの試験結果を図-1に示す。これらの質量変化は単体に比べて大きく、アルカリ溶液中では水道水中では見られない質量減少あるいは増加が見られた。 アルカリ環境が付着に与える影響 アルカリ環境に暴露した棒材の付着指標の増減は、棒材や環境種類により異なるが、環境A (棒材をコンクリート中に埋め込みアルカリ溶液に浸漬)での付着指標の変化は、環境I (棒材を直接アルカリ溶液に浸漬)と環境EX (棒材をコンクリート中に埋め込み屋外に放置)の中間的な付着劣化と考えられる。 棒材のみを劣化させる方法は棒材単体の劣化程度を検出するものと考えられる。 <table border="1"><caption>表1 耐アルカリ性試験要因</caption><thead><tr><th rowspan="2">棒材種類</th><th colspan="2">暴露環境</th></tr><tr><th>環境溶液</th><th>浸漬温度(℃)</th></tr></thead><tbody><tr><td>アラミド異形棒(φ 6)</td><td>AD</td><td>(健全)</td></tr><tr><td>炭素より線(φ 7.5)</td><td>CS</td><td>アルカリ 20</td></tr><tr><td>アラミド組紐(φ 8)</td><td>AB</td><td>溶液 60</td></tr><tr><td>炭素組紐(φ 8)</td><td>CB</td><td>水道水 20</td></tr><tr><td></td><td></td><td>60</td></tr></tbody></table> *ADとABでは、マトリクス樹脂単体で作製した樹脂板も使用した。なおABとCBの樹脂は同じである。 炭素より線(CS) 炭素組紐(CB) 図1 連続繊維棒材の質量変化率		棒材種類	暴露環境		環境溶液	浸漬温度(℃)	アラミド異形棒(φ 6)	AD	(健全)	炭素より線(φ 7.5)	CS	アルカリ 20	アラミド組紐(φ 8)	AB	溶液 60	炭素組紐(φ 8)	CB	水道水 20			60
棒材種類	暴露環境																					
	環境溶液	浸漬温度(℃)																				
アラミド異形棒(φ 6)	AD	(健全)																				
炭素より線(φ 7.5)	CS	アルカリ 20																				
アラミド組紐(φ 8)	AB	溶液 60																				
炭素組紐(φ 8)	CB	水道水 20																				
		60																				
備考																						

分 類	B1-50
材 料	部材種類(梁型付着試験体) 素材・形状(組紐状アラミド棒材/より線状炭素繊維棒材)
論 文 名	V-493 緊張した連続繊維棒材の付着疲労
著 者	中越 貴宣(立命館大学)、児島 孝之(立命館大学)
出 典 名	土木学会第52回年次学術講演会(平成9年9月)、pp.984-985、1997年8月
キーワード	梁型付着試験、付着疲労試験、FRP緊張材、組紐状アラミド棒材、より線状炭素繊維棒材
概 要	RILEMのはり型付着試験法(幅150mm×高240mm×長600mm+接続部+幅150mm×高240mm×長600mm)の試験体を用い、付着長が10、15、20、40cm、初期緊張力が引張強度の0、50%で緊張した組紐状アラミド繊維棒材φ7.2mm、より線状炭素繊維棒材φ7.5mmの、静的および疲労付着試験を行い、付着性状を調査した。
結 果	結果は以下の通り。 (1)組紐状アラミド繊維棒材φ7.2mmでの、付着長40cm供試体の200万回付着疲労強度は、棒材の破断で定まり、付着長40cmの静的最大耐力の65%であった。 (2)より線状炭素繊維棒材φ7.5mmでの、付着長40cm供試体の200万回付着疲労強度は、棒材の抜出しで定まり、付着長40cmの静的最大耐力の70%であった。 図-2 荷重とすべりの関係 図-3 静的試験および疲労試験のP/Pu 図-4 上限荷重比と繰返し回数の関係
備 考	

分 類	B2-17
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD, AD, GD)
論 文 名	FRPロッド用各種繊維の時間依存特性に関する基礎的研究
著 者	山口明伸(東京大学大学院), 西村次男(東京大学生産技術研究所)
出 典 名	土木学会第52回年次学術講演会, pp.974-975, 1997.9.
キーワード	FRPロッド, 時間依存特性, クリープ, 繊維
概 要	これまでにFRPロッドのクリープ特性, 疲労特性等についての報告はあるが, それらの破壊のメカニズムの解明には至っておらず, FRPロッドの破壊機構の定量的な把握が求められている. そのためには, 個々の構成材料の時間依存特性を明らかにする必要があると考える. そこで本研究は, FRPロッドに使用されている各種繊維の一定応力載荷時における時間依存特性を明らかにすることを目的として実験的検討を行った.
結 果	1. 繊維変形の時間依存性: (1)アラミド繊維の場合, 載荷初期から破断時までの時間経過に伴い, 変形量が曲線的に増加する. (2)ガラス繊維の場合, 載荷直後の変形は少ないもののある程度の時間経過後にやや急激な変形が見られる. (3)これらの変形特性は, それぞれの繊維を用いたFRP (AFRP, GFRP) ロッドのクリープ変形特性の傾向とほぼ類似している. 2. 破壊確率の時間依存性: (1)アラミド繊維の場合, 載荷応力によってそれぞれ異なった確率曲線を示した. (2)カーボン繊維の場合, 試験期間中の全ての載荷応力下で破断を生じなかった. (3)ガラス繊維の場合, 時間依存の破断は生じるものの, その破壊時期は載荷応力比70%と80%の異なる載荷応力下においてほぼ一致する. (4)これらの破壊特性は, アラミド繊維の場合にはAFRPロッドと良く似た破壊特性を示しているが, カーボン繊維およびガラス繊維の場合には, それぞれCFRP, GFRPロッドと異なる破壊特性を示している.  図-1 繊維変形の時間依存性  図-2 繊維の生存確率の時間依存性
備 考	

分類	C4-14																																														
材料	部材種類 (RC)			素材・形状 (CD , AB)																																											
論文名	連続繊維補強コンクリートの耐火性能評価に関する研究 その2. 載荷加熱時における連続繊維補強コンクリート梁の曲げ変形挙動の予測																																														
著者	棚野 博之 (建設省建築研究所) 、 坂下 雅司 (建材テクノ研究所)																																														
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1997年9月 No.1288 P575-576																																														
キーワード	耐火 , たわみ変形 , 加熱載荷試験																																														
概要	「その1」に続き、連続繊維補強材の高温時の引張強度と引張弾性係数を用いて連続繊維補強コンクリート梁部材の弾性解析を行い、試験体中央部のたわみ量の検討を実施。																																														
結果	1、連続繊維補強コンクリート梁載荷加熱試験結果 (1) 炭素繊維 ・ 開始から40分までは時間とたわみの関係はほぼ比例。 ・ その後、組紐状ではたわみが急増し破断に至った。 ・ 螺旋状ではたわみ増加は小さく、3時間後では鉄筋の1/3程度。 (2) アラミド繊維 (組紐状) ・ 開始から40分までは時間とたわみの関係はほぼ比例。 ・ その後、たわみが急増し破断に至った。 ● 急激なたわみ増による大変形挙動を追従するには熱膨張変形や亀裂からの熱流入などを考慮する必要がある。 2、たわみ変形の予測 ・ 螺旋状炭素繊維で比較的实验地に近い値が得られた。																																														
備考	 図-3 載荷加熱試験の結果 表-2 載荷加熱試験体のたわみ量算出 (単位: mm) <table><tr><th rowspan="2">時間 (分)</th><th colspan="2">アラミド(組紐)</th><th colspan="2">炭素(組紐)</th><th colspan="2">炭素(螺旋)</th></tr><tr><th>実験値</th><th>計算値</th><th>実験値</th><th>計算値</th><th>実験値</th><th>計算値</th></tr><tr><td>0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>30</td><td>14.5</td><td>6.5</td><td>4.5</td><td>6.7</td><td>10.0</td><td>6.9</td></tr><tr><td>60</td><td>76.0</td><td>7.6</td><td>21.0</td><td>9.7</td><td>14.0</td><td>6.9</td></tr><tr><td>90</td><td>—</td><td>18.7</td><td>—</td><td>13.7</td><td>18.0</td><td>6.9</td></tr></table>						時間 (分)	アラミド(組紐)		炭素(組紐)		炭素(螺旋)		実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30	14.5	6.5	4.5	6.7	10.0	6.9	60	76.0	7.6	21.0	9.7	14.0	6.9	90	—	18.7	—	13.7	18.0	6.9
時間 (分)	アラミド(組紐)		炭素(組紐)		炭素(螺旋)																																										
	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値																																									
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																																									
30	14.5	6.5	4.5	6.7	10.0	6.9																																									
60	76.0	7.6	21.0	9.7	14.0	6.9																																									
90	—	18.7	—	13.7	18.0	6.9																																									

分 類	C1-24, C4-13
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CD , CS , AD , AB)
論 文 名	連続繊維補強コンクリートの耐火性能評価に関する研究 その1. 連続繊維補強材の高温引張特性
著 者	坂下 雅司 (建材テクノ研究所) 、 棚野 博之 (建設省建築研究所)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1997年9月 No.1287 P573-574
キーワード	耐火, 高温引張弾性係数試験, 高温引張強度試験
概 要	MAX550 加熱炉を有する疲労試験機を用い、連続繊維補強材の高温引張強度試験と高温引張弾性係数試験から炭素繊維、アラミド繊維のそれぞれの各種補強材の高温時の力学特性を把握し、その力学特性をもとに弾塑性解析を実施。
結 果	1、高温引張弾性係数試験 (1) 炭素繊維 ・直線状材では温度上昇による弾性率低下は認められず。 ・組紐状、より線状では250℃付近で急激な低下。 結合樹脂のエポキシの融解が原因と考えられる。 (2) アラミド繊維 ・形状にかかわらず著しい低下。 ・引張弾性係数低下によるたわみ増考慮要。 2、高温引張強度試験 (1) 常温時に対する350℃の引張強度比率 ・炭素 ; 35%、アラミド ; 15% 低下。 (2) 常温時に対する350℃の引張弾性係数比率 ・炭素 ; 80%、アラミド ; 35% 低下。 ・引張強度低下による補強筋の破断考慮要。
備 考	● : AFBR1、■ : AFBR2、▲ : AFSP ○ : CFBR、□ : CFST、△ : CFR 図-1 温度および引張弾性係数の関係 図-3 高温引張強度試験における引張強度の結果

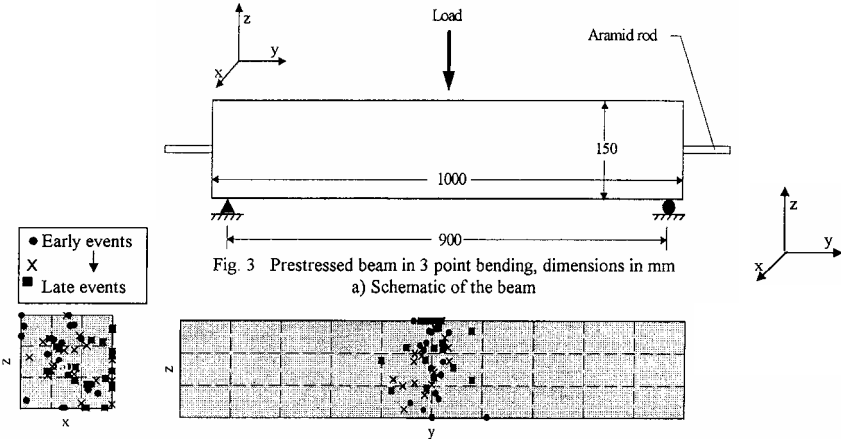
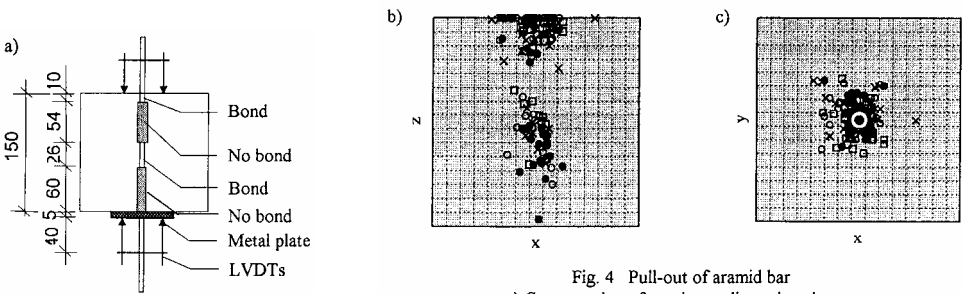
分類	C5-5
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (炭素繊維・セルローズ繊維混抄紙)
論文名	炭素繊維抵抗膜を用いたテレビ電波吸収壁の開発 (その3 UHF帯テレビ電波吸収壁の実用化)
著者	中川 裕章 (鹿島技術研究所) 、 小林 美亀雄 (鹿島技術研究所)
出典名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1997年9月 No.1290 P579-580
キーワード	電波吸収壁、カーテンウォール、テレビ電波吸収
概要	具体的な建築物を想定した自由空間定在波法実験を実施。炭素繊維抵抗膜を埋設した外壁モデルのテレビ電波吸収特性に関して、UHF帯テレビ電波に対しては外壁断面内に電波吸収材を収める事が可能。
結果	・自由空間定在波測定装置(斜入射)により実大モデルの電波反射損失を測定。 ・共振吸収周波数における反射損失は27dB以上で目標値である14dB以上の周波数帯域では500～790MHzと広帯域にわたり良い吸収特性を示す。 ・設計共振吸収周波数621MHzを得るには、炭素繊維シート抵抗膜と反射体の距離Sは24mm程度が最適である。   図-4 自由空間定在波測定装置(斜入射) 図-5 実大モデルの反射損失と周波数の関係
備考	

分 類	A1-4
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GFRP)
論文名	LONG-TERM DURABILITY OF GLASS-FIBER REINFORCED POLYMER COMPOSITES IN ALKALINE ENVIRONMENTS
著 者	R.K.DEVALAPURA(Owens Corning) , J.V.GAUCHEL(Owens Corning)
出典名	FRP Reinforcement for Concrete Structures 3rd International Symposium Vol.2,'97
キーワード	"耐アルカリ", "耐久性"
概 要	GFRPのアルカリ雰囲気下の長期耐久性の評価方法に関する論文
結 果	GFRPのアルカリ雰囲気等の環境条件下での長期耐久性評価方法として 環境暴露後の残存引張強度と暴露時間 Stress Rupture Testでの応力と破壊までの経過時間での評価を提言。 Fig. 1 Test Protocols for Long-Term Durability of GFRP Material Fig. 2 Environmental Exposure with Property Retention Fig. 3 Environmental Stress Rupture Behavior for Glass Reinforced Composites
備 考	

分類	A2-2
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (ガラス繊維シート)
論文名	DURABILITY AND SYSTEMS LEVEL DESIGN GUIDELINES FOR THE USE OF FIBER REINFORCED COMPOSITE REINFORCEMENT IN CIVIL INFRASTRUCTURE
著者	Vistasp M.KARBHARI (University of California)、Frieder SEIBLE(University of California)
出典名	Non-metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structure,1997 P191-198
キーワード	耐久性, 劣化, 界面, 水分, カーボン, ガラス, 外部補強, composite shell, 拘束効果
概要	航空機産業の新素材の利用状況は、土木分野の利用に参考になる。しかし、航空機産業と建設分野の複合材料の使用状況は異なり、特に、検査態勢が違うので、その設計用値の決定は非常に重要である。 本論では、航空機産業におけるガイドラインを紹介し、土木分野に適用する場合の考え方及び土木分野への適用例を記述している。
結果	E ガラス繊維とビニールエステル樹脂を用いたシートの中水暴露試験を行っている。結果は、ビニールエステル樹脂単体 > 3 方向強化シート > 2 方向強化シート > 1 方向強化シートの順で質量増加が生じた (fig.2)。また、同一材料で、一方向強化シートを用いて水中暴露試験を行った結果をfig.3で紹介している。15 週間で繊維方向および繊維直角方向ともに強度が50%程度まで低下したと報告している。この結果、レジンの損傷だけでなくfiberも損傷していると報告している。航空機産業のガイドラインの短期、長期の設計用値の低減率を table.1に示す。同様に疲労強度や静的破壊強度の規定もある。 また、製造のプロセスにより許容応力度も決定する必要がある。 Figure 2a: Weight gain in neat Vinylster resin, and E-glass reinforced Vinylster composites, as a function of reinforcement type and time of immersion in deionized water Figure 2b: Weight gain in neat Vinylster resin, and E-glass reinforced Vinylster composites, as a function of reinforcement type and time of immersion in a pH 10 buffer Figure 3a: Loss in Tensile Strength as a function of time of exposure for a 4 layer Unidirectional Glass-Vinylester Composite (UM2403) tested in the warp direction Figure 3b: Loss in Tensile Strength as a function of time of exposure for a 4 layer Unidirectional Glass-Vinylester Composite (UM2403) tested in the fill direction
備考	

分 類	B1-21
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (炭素繊維シート)
論 文 名	BENDING FATIGUE TEST OF PRESTRESSED CONCRETE BEAMS REINFORCED WITH CARBON FIBER SHEETS IN WATER ENVIRONMENT
著 者	Itaru NISHIZAKI(Public Works Research Institute),Hiroyuki SAKAMOTO
出 典 名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceeding of the Third International Symposium, Vol.1,Oct,1997
キ-ワード	“疲労試験”,“PC桁”,“水中環境”,“放置状況”,“炭素繊維シート補強”
概 要	PC試験体を用いて2点荷重曲げ疲労試験を行った。炭素繊維シートで補強したものと補強していないもの2種類を用いて今回の試験は行われた。疲労試験は放置状況と水中環境の2種類で行われ、プレストレストコンクリートの疲労特性における水の効果についての調査が行われた。この疲労試験において、補強を施していない試験体については放置と水中における明確な違いは観測されなかったが、補強した試験体における疲労寿命は補強していないものに比べて高く、また水中下における疲労寿命も高負荷割合領域においては、一般放置状況におけるそれよりは低かった。補強していない試験体の一般放置状況における試験体の予測疲労強度は100万回では静的強度の58.6%、200万回では54.3%であった。
結 果	疲労試験の結果は図のようになり、この図は縦軸に荷重割合(荷重/ひびわれ荷重)、横軸に繰返し数をとったものである。このグラフからわかるように、今回の疲労試験においては補強をしていない試験体においては、水中と一般放置における明確な違いは観測されなかったが、炭素繊維シートで補強したものについては2つの状況下で違った挙動を示した。補強したものの疲労寿命は補強をしていないものに比べて高いが、繰返しの上限荷重が高い領域においては、水中における疲労寿命が一般放置状況よりも低かった。この結果は水中環境がシート補強したものに対して、疲労特性に影響を与えることを示唆している。しかしながら、今回の論文においては、水中の状況とその影響はまだクリアでない部分が多く、それゆえ更なる研究が必要である。 Figure 7 Log N vs Load Ratio
備 考	

分 類	B4-18
材 料	部材種類 (RC, 単体) 素材・形状 (CS, CD, AD, AB, GD)
論 文 名	BOND CHARACTERISTIC OF FRP RODS AND EFFECTION ON LONG TERM DEFRECTION OF CONCRETE BEAMS (FRPロッドの付着特性、およびそのコンクリートビームの長期たわみに及ぼす影響)
著 者	Zhongming WANG(北海道大学工学部), Yasuaki GOTO(北海道大学工学部)
出 典 名	FRPRCS-3, Vol.2, pp.389-396, 1997.10
キ-ワード	FRP強化材, コンクリート, 引き抜き試験, 付着 - 滑りの関係, 付着能, 長期荷重, 長期たわみ
概 要	FRPロッドの付着特性、およびそのコンクリートビームの長期挙動に及ぼす影響を把握するため、12種類のFRPロッドについての、ロッドの引き抜き試験とビーム長期試験を行い、付着特性およびビームの短期・長期たわみとロッドの材料特性との間の関係を検討した。その結果、次のようなことが分かった。引き抜き試験: 付着応力-滑り線図はロッドの表面形状に著しく影響された。付着特性と付着能はロッドの表面形状と弾性係数によって変わっていた。ビーム長期試験: ロッドの弾性係数と強化材料比はビームの短期たわみだけでなく長期たわみに対する主要な因子であった。短期たわみの大きなビームは長期荷重期間中における長期たわみの増加が少なかった。
結 果	Fig. 4 Bond slip diagrams of BS-15 series Fig. 5 Bond slip diagrams of BS-25 series Fig. 9 Experimental deflection-time diagrams Fig. 10 Short term deflections of tested beams Fig. 11 Additional deflection of tested beams
備 考	

分 類	B4-21
材 料	部材種類 (P C ・ R C) 素材・形状 (A D)
論 文 名	NON-DESTRUCTIVE ASSESSMENT OF BOND DETERIORATION OF ARAMID IN REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE (強化コンクリート中およびプレストレストコンクリート中におけるアミドの付着劣化の非破壊試験)
著 者	Hans W.REINHARDT(ステュットガルト大学), LianeGOLLAS(ステュットガルト大学)
出 典 名	FRPRCS-3 , Vol.2 , pp.397-404 , 1997.10
キーワード	コンクリート, プレストレス, 非破壊試験, アコースティックエミッション, モード解析, レーダー, アミド
概 要	非破壊的方法によりアミド・ポリマー複合材料 [®] とコンクリートとの間の付着の劣化を調べるために、アミド・ビニルエステル樹脂複合体の [®] を埋め込んだコンクリート試験片に機械的荷重と熱サイクルをかけた。コンクリート中のアミドの劣化を検出するために、モード解析、アコースティックエミッション解析、電磁反射解析を適用した。3点曲げ試験と引き抜き試験を行った。その結果、付着劣化は機械的荷重か熱サイクルかのいずれかで起こっていることが分かった。アコースティックエミッションは付着劣化の [®] を時間的・空間的に突き止める鋭敏な方法である。
結 果	 Fig. 3 Prestressed beam in 3 point bending, dimensions in mm a) Schematic of the beam Fig. 3 Prestressed beam in 3 point bending b) Location of AE events  Fig. 4 Pull-out of aramid bar a) Cross-section of specimen, dimensions in mm b) Projection of AE sources on a vertical plane c) Projection of AE sources on a horizontal plane
備 考	

分類	B4-22																																																																																																																																																																																						
材料	部材種類 (P C)	素材・形状 (C D , A B)																																																																																																																																																																																					
論文名	A STUDY ON BOND OF CONTINUOUS FIBER RODS EMBEDDED IN BEAM SPECIMEN (ビーム試験片に埋め込んだ連続繊維ロッドの付着に関する研究)																																																																																																																																																																																						
著者	Nobuaki TAKAGI(立命館大学工学部) , Takayuki KOJIMA(立命館大学工学部)																																																																																																																																																																																						
出典名	FRPRCS-3 , Vol.2 , pp.365-372 , 1997.10																																																																																																																																																																																						
キーワード	アラミド 繊維ロッド , 炭素繊維ロッド , 付着 , 滑り , 付着疲労 , 付着ストレス , 埋め込み長さ , 疲労強度																																																																																																																																																																																						
概要	静的荷重下における連続繊維ロッド (編組アラミド 繊維、より線炭素繊維ロッド) の付着特性を2種類の付着試験について調査した。結果、ロッド の付着特性はプレテンションシステムによるプレストレスの付与、荷重のかけ方、埋め込み長さ、ロッド のタイプ に大きく影響された。																																																																																																																																																																																						
結果	Table 2 Test program (Series 2) <table><tr><th>Specimen</th><th>Type of rod</th><th>Embedment length</th><th>Initial tension</th><th>Specimen</th><th>Type of rod</th><th>Embedment length</th><th>Initial tension</th></tr><tr><td>AF10-OB</td><td rowspan="4">AF rod</td><td>10cm</td><td rowspan="4">0</td><td>CF10-OB</td><td rowspan="4">CF rod</td><td>10cm</td><td rowspan="4">0</td></tr><tr><td>AF15-0A</td><td>15cm</td><td>CF15-0A</td><td>15cm</td></tr><tr><td>AF20-0B</td><td>20cm</td><td>CF20-0A</td><td>20cm</td></tr><tr><td>AF40-0B</td><td>40cm</td><td>CF40-0A</td><td>40cm</td></tr><tr><td>AF15-5A</td><td rowspan="3">AF rod</td><td>15cm</td><td rowspan="3">0.5Pu</td><td>CF15-5A</td><td rowspan="3">CF rod</td><td>15cm</td><td rowspan="3">0.5Pu</td></tr><tr><td>AF20-5(A,B)</td><td>20cm</td><td>CF20-5(A,B)</td><td>20cm</td></tr><tr><td>AF40-5(A,B)</td><td>40cm</td><td>CF40-5(A,B)</td><td>40cm</td></tr></table> A,B: The age when concrete was cast and the loading methods are different Pu: Tensile strength of rod Table 3 Mechanical properties of rod (Series 2) <table><tr><th></th><th>AF</th><th>CF</th></tr><tr><td>Nominal diameter (mm)</td><td>7.2</td><td>7.5</td></tr><tr><td>Cross sectional area (mm²)</td><td>40.9</td><td>30.4</td></tr><tr><td>Tensile strength (N)</td><td>69200</td><td>69900</td></tr><tr><td>(N/mm²)</td><td>1700</td><td>2300</td></tr><tr><td>Modulus of elasticity (N/mm²)</td><td>72500</td><td>139000</td></tr></table> Fig. 2 Specimen and loading condition (Series 2) Fig. 7 Relation between upper load ratio and number of cycles to failure (Series 2) Table 4 Results of bond fatigue test (Series 2) <table><tr><th>Specimen</th><th>P u (kN)</th><th>P (kN)</th><th>Upper load P/Pu(%)</th><th>Fatigue life</th><th>Type of failure</th></tr><tr><td rowspan="3">AF40-5A</td><td rowspan="3">41.7</td><td>25.0</td><td>60</td><td>200×10⁴</td><td>S(H)</td></tr><tr><td>27.1</td><td>65</td><td>200×10⁴</td><td>S(H)</td></tr><tr><td>28.7</td><td>70</td><td>100×10⁴</td><td>F(H)</td></tr><tr><td rowspan="3">AF40-5B</td><td rowspan="3">38.4</td><td>23.1</td><td>60</td><td>0~20×10⁴</td><td>F(H)</td></tr><tr><td>26.8</td><td>70</td><td>~40×10⁴</td><td>F(H)</td></tr><tr><td>30.7</td><td>80</td><td>~45×10⁴</td><td>F(H)</td></tr><tr><td rowspan="2">AF20-5A</td><td rowspan="2">41.7</td><td>18.5</td><td>44.3</td><td>100×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>19.6</td><td>47.1</td><td>5×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td rowspan="3">AF20-5B</td><td rowspan="3">38.4</td><td>13.1</td><td>34</td><td>0~20×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>14.5</td><td>38</td><td>~40×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>16.5</td><td>43</td><td>~52×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td rowspan="3">AF20-5B</td><td rowspan="3">38.4</td><td>13.1</td><td>34</td><td>0~20×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>14.6</td><td>38</td><td>~40×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>16.5</td><td>43</td><td>~60×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td rowspan="3">CF40-5A</td><td rowspan="3">43.8</td><td>35.0</td><td>80</td><td>5×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>32.9</td><td>75</td><td>1.8×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>30.6</td><td>70</td><td>200×10⁴</td><td>S(H)</td></tr><tr><td rowspan="3">CF40-5B</td><td rowspan="3">42.2</td><td>29.6</td><td>70</td><td>0~20×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>33.8</td><td>80</td><td>~40×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>38.1</td><td>90</td><td>~49×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td rowspan="2">CF20-5B</td><td rowspan="2">42.2</td><td>16.9</td><td>40</td><td>0~20×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>19.4</td><td>46</td><td>~20.6×10⁴</td><td>F(N)</td></tr><tr><td>CF20-5B</td><td>42.2</td><td>16.9</td><td>40</td><td>0~18×10⁴</td><td>F(N)</td></tr></table> F: Fatigue failure S: Static failure after 200×10⁴ cycles of loading H: Breaking of rod, N: Pull-out of rod <tr><td>備考</td><td colspan="2"></td></tr>		Specimen	Type of rod	Embedment length	Initial tension	Specimen	Type of rod	Embedment length	Initial tension	AF10-OB	AF rod	10cm	0	CF10-OB	CF rod	10cm	0	AF15-0A	15cm	CF15-0A	15cm	AF20-0B	20cm	CF20-0A	20cm	AF40-0B	40cm	CF40-0A	40cm	AF15-5A	AF rod	15cm	0.5Pu	CF15-5A	CF rod	15cm	0.5Pu	AF20-5(A,B)	20cm	CF20-5(A,B)	20cm	AF40-5(A,B)	40cm	CF40-5(A,B)	40cm		AF	CF	Nominal diameter (mm)	7.2	7.5	Cross sectional area (mm ²)	40.9	30.4	Tensile strength (N)	69200	69900	(N/mm ²)	1700	2300	Modulus of elasticity (N/mm ²)	72500	139000	Specimen	P u (kN)	P (kN)	Upper load P/Pu(%)	Fatigue life	Type of failure	AF40-5A	41.7	25.0	60	200×10 ⁴	S(H)	27.1	65	200×10 ⁴	S(H)	28.7	70	100×10 ⁴	F(H)	AF40-5B	38.4	23.1	60	0~20×10 ⁴	F(H)	26.8	70	~40×10 ⁴	F(H)	30.7	80	~45×10 ⁴	F(H)	AF20-5A	41.7	18.5	44.3	100×10 ⁴	F(N)	19.6	47.1	5×10 ⁴	F(N)	AF20-5B	38.4	13.1	34	0~20×10 ⁴	F(N)	14.5	38	~40×10 ⁴	F(N)	16.5	43	~52×10 ⁴	F(N)	AF20-5B	38.4	13.1	34	0~20×10 ⁴	F(N)	14.6	38	~40×10 ⁴	F(N)	16.5	43	~60×10 ⁴	F(N)	CF40-5A	43.8	35.0	80	5×10 ⁴	F(N)	32.9	75	1.8×10 ⁴	F(N)	30.6	70	200×10 ⁴	S(H)	CF40-5B	42.2	29.6	70	0~20×10 ⁴	F(N)	33.8	80	~40×10 ⁴	F(N)	38.1	90	~49×10 ⁴	F(N)	CF20-5B	42.2	16.9	40	0~20×10 ⁴	F(N)	19.4	46	~20.6×10 ⁴	F(N)	CF20-5B	42.2	16.9	40	0~18×10 ⁴	F(N)	備考		
Specimen	Type of rod	Embedment length	Initial tension	Specimen	Type of rod	Embedment length	Initial tension																																																																																																																																																																																
AF10-OB	AF rod	10cm	0	CF10-OB	CF rod	10cm	0																																																																																																																																																																																
AF15-0A		15cm		CF15-0A		15cm																																																																																																																																																																																	
AF20-0B		20cm		CF20-0A		20cm																																																																																																																																																																																	
AF40-0B		40cm		CF40-0A		40cm																																																																																																																																																																																	
AF15-5A	AF rod	15cm	0.5Pu	CF15-5A	CF rod	15cm	0.5Pu																																																																																																																																																																																
AF20-5(A,B)		20cm		CF20-5(A,B)		20cm																																																																																																																																																																																	
AF40-5(A,B)		40cm		CF40-5(A,B)		40cm																																																																																																																																																																																	
	AF	CF																																																																																																																																																																																					
Nominal diameter (mm)	7.2	7.5																																																																																																																																																																																					
Cross sectional area (mm ²)	40.9	30.4																																																																																																																																																																																					
Tensile strength (N)	69200	69900																																																																																																																																																																																					
(N/mm ²)	1700	2300																																																																																																																																																																																					
Modulus of elasticity (N/mm ²)	72500	139000																																																																																																																																																																																					
Specimen	P u (kN)	P (kN)	Upper load P/Pu(%)	Fatigue life	Type of failure																																																																																																																																																																																		
AF40-5A	41.7	25.0	60	200×10 ⁴	S(H)																																																																																																																																																																																		
		27.1	65	200×10 ⁴	S(H)																																																																																																																																																																																		
		28.7	70	100×10 ⁴	F(H)																																																																																																																																																																																		
AF40-5B	38.4	23.1	60	0~20×10 ⁴	F(H)																																																																																																																																																																																		
		26.8	70	~40×10 ⁴	F(H)																																																																																																																																																																																		
		30.7	80	~45×10 ⁴	F(H)																																																																																																																																																																																		
AF20-5A	41.7	18.5	44.3	100×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		19.6	47.1	5×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
AF20-5B	38.4	13.1	34	0~20×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		14.5	38	~40×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		16.5	43	~52×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
AF20-5B	38.4	13.1	34	0~20×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		14.6	38	~40×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		16.5	43	~60×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
CF40-5A	43.8	35.0	80	5×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		32.9	75	1.8×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		30.6	70	200×10 ⁴	S(H)																																																																																																																																																																																		
CF40-5B	42.2	29.6	70	0~20×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		33.8	80	~40×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		38.1	90	~49×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
CF20-5B	42.2	16.9	40	0~20×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
		19.4	46	~20.6×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
CF20-5B	42.2	16.9	40	0~18×10 ⁴	F(N)																																																																																																																																																																																		
備考																																																																																																																																																																																							

分 類	A1-3																																																		
材 料	部材種類 （ 単体 ） 素材・形状 （ GFRP , CFRP ）																																																		
論 文 名	AGING OF STRUCTURAL COMPOSITES UNDER VARYING ENVIRONMENTAL CONDITIONS																																																		
著 者	Hota V.S.GANGARAO(West Virginia大学), P.V.VIJAY(West Virginia大学)																																																		
出典名	FRP Reinforcement for Concrete Structures 3rd International Symposium Vol2,'97																																																		
キーワード	"耐アルカリ", "耐久性", "耐環境", "耐海水"																																																		
概 要	試験体;GFRP製の板、棒、及びGFRP棒又はCFで覆ったコンクリート梁。試験方法;アルカリ雰囲気下での凍結・融解及びアルカリ雰囲気下で負荷を与え、引張強度・弾性率の減衰率を測定。																																																		
結 果	自然環境下10～50年に相当する加速度試験を実施。環境条件の過酷さ、温度、樹脂、繊維の種類によるが、強度・弾性率で50%まで低下の傾向を示した。 減衰率は、樹脂組成によって大きく異なる。 Table 1 Bar identification and resins <table><tr><th>Bar</th><th>Reichhold #</th><th>Description</th></tr><tr><td>A</td><td>31022-00</td><td>Medium reactivity isophthalic unsaturated polyester</td></tr><tr><td>B</td><td>31020-01</td><td>High reactivity isophthalic unsaturated polyester</td></tr><tr><td>C</td><td>7730-101</td><td>High reactivity, tough, corrosion grade DCPD hybrid</td></tr><tr><td>632</td><td>31632-00</td><td>High reactivity, isocyanurate vinyl ester (IVE)</td></tr><tr><td>632/C</td><td>31632-00</td><td>IVE with (C glass) corrosion resistant glass fiber veil on surface</td></tr><tr><td>632/N</td><td>31632-00</td><td>IVE with P.E.T. fiber overwrap</td></tr><tr><td>580</td><td>31038-00</td><td>Low viscosity, urethane modified vinyl ester</td></tr></table> The following conditioning and testing schemes were used: 1) Unconditioned test (tested as received); 2) Salt test (~ pH 7, 203 days); 3) Freeze-Thaw and Salt test (141 Cycles); 4) Alkaline test (~ pH 13, 203 days); 5) Freeze-Thaw and Alkaline test (141 cycles); 6) Stressed Alkaline test (~30% of ultimate tensile load for 102 and 201 days, for #4 bars). Table 2 Loss of strength and stiffness in bars for alkaline and freeze-thaw conditioning <table><tr><th>Bars with Resin Family</th><th>% Loss in Strength</th><th>% Loss in Stiffness</th></tr><tr><td>A,B,C</td><td>10.6 to 19.7% in #4 bars 11.3 to 19.6% in #6 bars</td><td>7.7 to 10.1% in #4 bars 18.8 to 23.1 in #6 bars</td></tr><tr><td>Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)</td><td>28.0 to 49.1% in #4 bars 24.5 to 35.7% in #6 bars</td><td>3.0 to 11.2% in #4 bars 30.7% in #6 bars</td></tr><tr><td>580</td><td>15.6% in #4 bar 6.6% in #6 bars</td><td>8.0% in #4 bars 13.3 % in #6 bars</td></tr></table> Table 3 Loss of strength and stiffness in bars for alkaline and sustained stress conditioning <table><tr><th>Bars With Resin Family</th><th>% Loss in Strength</th><th>% Loss in Stiffness</th></tr><tr><td>A,B,C</td><td>1.8 to 27.9% loss in #4 bars</td><td>5.2 to 7.3% loss in #4 bars</td></tr><tr><td>Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)</td><td>37.1 to 76.5% loss in #4 bars</td><td>6.1 to 31.6% loss in #4 bars</td></tr><tr><td>580</td><td>0.8% loss in #4 bars</td><td>15.2% loss in #4 bars</td></tr></table>			Bar	Reichhold #	Description	A	31022-00	Medium reactivity isophthalic unsaturated polyester	B	31020-01	High reactivity isophthalic unsaturated polyester	C	7730-101	High reactivity, tough, corrosion grade DCPD hybrid	632	31632-00	High reactivity, isocyanurate vinyl ester (IVE)	632/C	31632-00	IVE with (C glass) corrosion resistant glass fiber veil on surface	632/N	31632-00	IVE with P.E.T. fiber overwrap	580	31038-00	Low viscosity, urethane modified vinyl ester	Bars with Resin Family	% Loss in Strength	% Loss in Stiffness	A,B,C	10.6 to 19.7% in #4 bars 11.3 to 19.6% in #6 bars	7.7 to 10.1% in #4 bars 18.8 to 23.1 in #6 bars	Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)	28.0 to 49.1% in #4 bars 24.5 to 35.7% in #6 bars	3.0 to 11.2% in #4 bars 30.7% in #6 bars	580	15.6% in #4 bar 6.6% in #6 bars	8.0% in #4 bars 13.3 % in #6 bars	Bars With Resin Family	% Loss in Strength	% Loss in Stiffness	A,B,C	1.8 to 27.9% loss in #4 bars	5.2 to 7.3% loss in #4 bars	Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)	37.1 to 76.5% loss in #4 bars	6.1 to 31.6% loss in #4 bars	580	0.8% loss in #4 bars	15.2% loss in #4 bars
Bar	Reichhold #	Description																																																	
A	31022-00	Medium reactivity isophthalic unsaturated polyester																																																	
B	31020-01	High reactivity isophthalic unsaturated polyester																																																	
C	7730-101	High reactivity, tough, corrosion grade DCPD hybrid																																																	
632	31632-00	High reactivity, isocyanurate vinyl ester (IVE)																																																	
632/C	31632-00	IVE with (C glass) corrosion resistant glass fiber veil on surface																																																	
632/N	31632-00	IVE with P.E.T. fiber overwrap																																																	
580	31038-00	Low viscosity, urethane modified vinyl ester																																																	
Bars with Resin Family	% Loss in Strength	% Loss in Stiffness																																																	
A,B,C	10.6 to 19.7% in #4 bars 11.3 to 19.6% in #6 bars	7.7 to 10.1% in #4 bars 18.8 to 23.1 in #6 bars																																																	
Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)	28.0 to 49.1% in #4 bars 24.5 to 35.7% in #6 bars	3.0 to 11.2% in #4 bars 30.7% in #6 bars																																																	
580	15.6% in #4 bar 6.6% in #6 bars	8.0% in #4 bars 13.3 % in #6 bars																																																	
Bars With Resin Family	% Loss in Strength	% Loss in Stiffness																																																	
A,B,C	1.8 to 27.9% loss in #4 bars	5.2 to 7.3% loss in #4 bars																																																	
Isocyanurate Vinylester (632, 632/C, 632/N)	37.1 to 76.5% loss in #4 bars	6.1 to 31.6% loss in #4 bars																																																	
580	0.8% loss in #4 bars	15.2% loss in #4 bars																																																	
備 考																																																			

分 類	B2-8
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD, AD)
論 文 名	Strengthening of prestressed concrete segmental T-beam bridge using FRP external prestressed systems
著 者	Yukio ADACHI (Ministry of Construction)、 Mitsuhiro HAYASHIDA (Hanshin Expressway Public Corporation Japan)
出 典 名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol. 2 PP695-702, Oct., 1997
キ ー ワ ー ド	FRP external prestressing systems, strengthening, specific material strength, guidelines
概 要	阪神高速道路公団では、およそ30年前に施工されたPC単純T桁橋の補強工事にFRP外ケーブルシステムを適用した。FRP外ケーブルシステムの適用にあたっては、以下の事項に関する検討を行った。 (1) シングルFRP緊張材の引張強度、応力 - ひずみ関係、リラクセーションおよびクリープ特性 (2) マルチFRP緊張材の静的および疲労強度
結 果	1. CFRPとAFRPのクリープ破壊試験 (1) クリープ破壊時間の対数と持続荷重の関係は、ほぼ線形である。 (2) クリープ破壊時間の対数と生存確率(クリープ破壊の時間軸上での分布)の関係も、ほぼ線形である。 (3) 生存確率の時間変化量(故障率)はケーブルの直径とは関係が無く一定である。 (4) 設計耐用年数を50年とした場合、静的引張強度に乘じるクリープ破壊を考慮した低減係数は、CFRPで0.79、AFRPで0.66である。 2. CFRPとAFRPのリラクセーション試験 (1) 荷重載荷時間の対数とリラクセーション率は正比例の関係にある。 (2) 供用時の温度変化の範囲内では、リラクセーション率の温度依存は小さい。 (3) 設計耐用年数を50年とした場合のリラクセーション率は、CFRPで3%、AFRPで18%である。 3. 偏向部における疲労試験 (1) CFRP、AFRPとも、疲労試験後の残存強度は静的引張強度と同等であり、引張強度は偏向状態での繰り返し載荷の影響を受けない。 (2) 偏向部の耐摩耗性に問題は無い。
備 考	

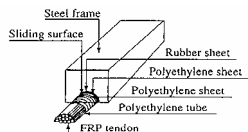


Figure 3 Proposed structure of the deviator

Table 2 Reduction coefficient of static tensile capacity due to bending

	CFRP	AFRP
Straight arrangement	133 if	170 if
Bending arrangement	159 if	154 if
Reduction coefficient	0.92	0.91
Bearing capacity after fatigue test	160 if	160 if

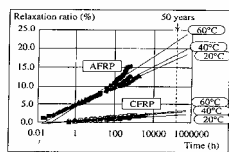


Figure 5 Estimated relaxation rate vs. log (t) (CFRP and AFRP)

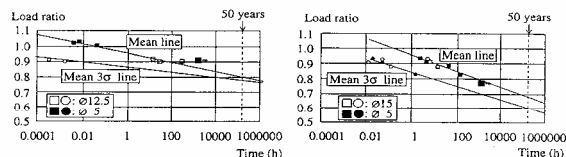


Figure 4 Estimated creep rupture capacity (CFRP and AFRP)

The modification coefficient of static tensile capacity was determined as shown in Table 3 taking creep rupture into consideration with the design service life set to 50 years.

Table 3 Modification coefficient of static tensile capacity taking creep rupture into consideration

	CFRP	AFRP
Modification coefficient (C)	0.79	0.66

Table 4 Relaxation rate for the design service of 50 years

	CFRP	AFRP
Relaxation rate	3%	18%

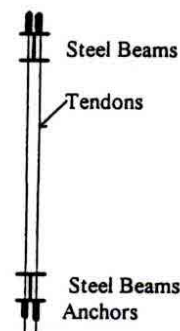


Figure 1 Test Frame Arrangement

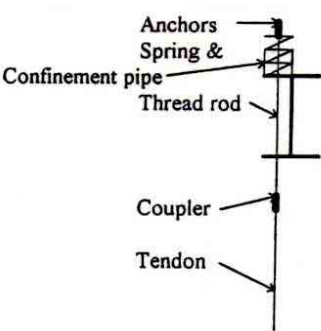


Figure 2 Spring Loading Assembly

Table 1. Results of 100% Strength Tests

	Carbon	Aramid	Glass
Mean Strength	2.8 GPa	1.4 GPa	0.93 Gpa
Mean Modulus	150 GPa	82.0 GPa	30 Gpa
Strength COV	13%	3%	13%
Modulus COV	13%	3%	12%

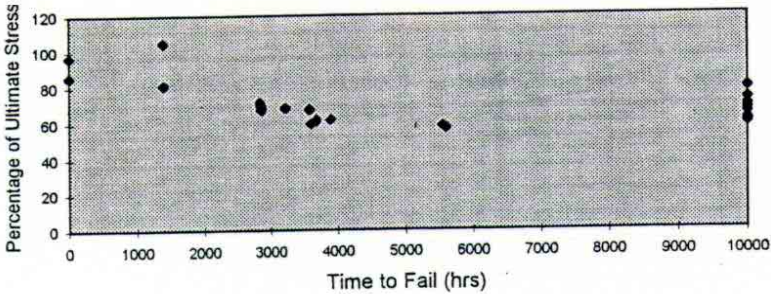


Figure 4 Glass Creep Rupture Results

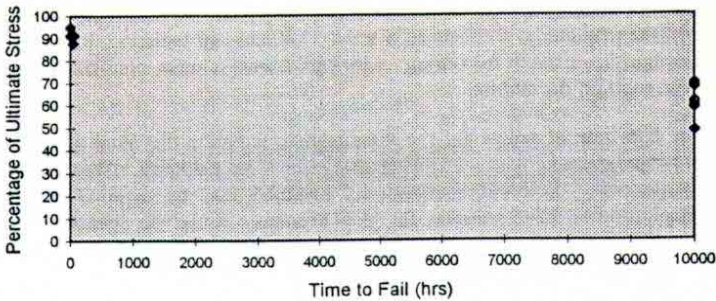
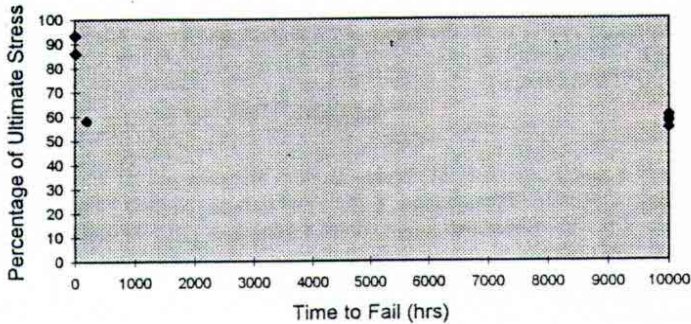
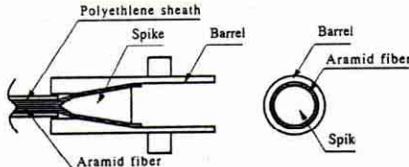
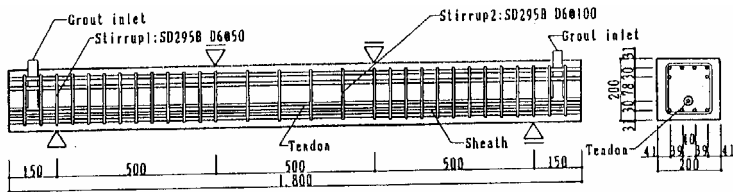


Figure 5 Carbon Creep-Rupture Results



分類	B2-24																																																																																																																																																													
材 料	部材種類 （ 単体 ）	素材・形状 （ A B ）																																																																																																																																																												
論 文 名	RELAXATION OF ROPE-TYPE TENDONS USING ARAMID FIBERS																																																																																																																																																													
著 者	Toshitaka HIKIMURA(Technical Research Institute, Sho-Bond Corporation), Koji SAKAI(Civil Engineering Research Institute, Hokkaido Development Bureau)																																																																																																																																																													
出 典 名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures Proceeding of the Third International Symposium, Vol.2, Oct., 1997 pp.211-217																																																																																																																																																													
キーワード	“continuous fiber tendons”, “aramid fiber”, “relaxation ratio”, “environmental temperature”, “tensile tension”																																																																																																																																																													
概 要	プレストレストコンクリート構造にファイバーテンドンを利用し、効果的にプレストレスを導入するためにはリラクゼーション率が重要な要因となる。しかしながら、周辺環境の違いに対するファイバーテンドンのリラクゼーションを扱った研究は少ない。本研究は、アラミドファイバーを用いたテンドンのリラクゼーション率が温度にどのように影響を受けるかを調査したものである。その結果、リラクゼーション率は周辺環境と導入張力によって変化することがわかった。急速な温度変化に対しては、定着システムの改良が必要である。																																																																																																																																																													
結 果	（１）スパイクによるアラミド繊維の定着方法は急速な温度変化に影響を受けるため、定着システムの改良が必要である。 （２）周辺の温度や導入張力でアラミド繊維のリラクゼーション率は変化する。導入張力が低ければ低いほど、リラクゼーション率は高くなる。この関係は、鋼製の緊張材と逆の関係である。  Fig.1 Anchorage of tendons Table 3 Estimated relaxation ratio after 50 years <table> <tr> <th rowspan="2">No.</th><th rowspan="2">Test condition</th><th rowspan="2">Tension</th><th colspan="2">Presumed equation $r = \alpha \cdot \ln(t) + \beta$</th><th rowspan="2">Relaxation ratio after 50 years</th></tr> <tr> <th>α</th><th>β</th></tr> <tr> <td>LT30-1</td><td rowspan="2">-20 ℃</td><td rowspan="8">30%</td><td>0.981</td><td>2.445</td><td>15%</td></tr> <tr> <td>LT30-2</td><td>0.994</td><td>2.988</td><td>16%</td></tr> <tr> <td>MT30-1</td><td colspan="2" rowspan="2">20 ℃</td><td>0.824</td><td>2.005</td><td>13%</td></tr> <tr> <td>MT30-2</td><td>0.922</td><td>1.784</td><td>14%</td></tr> <tr> <td>HT30-1</td><td colspan="2" rowspan="2">60 ℃</td><td>1.107</td><td>3.034</td><td>18%</td></tr> <tr> <td>HT30-2</td><td>1.185</td><td>3.045</td><td>19%</td></tr> <tr> <td>EX30-1</td><td colspan="2" rowspan="2">Outdoor exposure</td><td>1.032</td><td>2.588</td><td>16%</td></tr> <tr> <td>EX30-2</td><td>1.143</td><td>3.386</td><td>18%</td></tr> <tr> <td>LT60-1</td><td rowspan="2">-20 ℃</td><td rowspan="6">60%</td><td>0.779</td><td>3.191</td><td>13%</td></tr> <tr> <td>LT60-2</td><td>0.720</td><td>2.670</td><td>12%</td></tr> <tr> <td>MT60-1</td><td colspan="2" rowspan="2">20 ℃</td><td>0.777</td><td>2.447</td><td>13%</td></tr> <tr> <td>MT60-2</td><td>0.664</td><td>2.119</td><td>11%</td></tr> <tr> <td>EX60-1</td><td colspan="2" rowspan="2">Outdoor exposure</td><td>0.935</td><td>1.575</td><td>14%</td></tr> <tr> <td>EX60-2</td><td>0.765</td><td>1.677</td><td>14%</td></tr> </table> Table 2 Test condition in specimen <table> <tr> <th>No.</th><th>Tension*</th><th>Temperature condition</th><th>Test period</th></tr> <tr> <td>LT30</td><td rowspan="4">30%</td><td>- 20 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>MT30</td><td>20 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>HT30</td><td>60 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>EX30</td><td>Outdoor exposure</td><td>1 year, 3 years**</td></tr> <tr> <td>LT60</td><td rowspan="4">60%</td><td>- 20 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>MT60</td><td>20 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>HT60</td><td>60 ℃</td><td>more than 1000 hours</td></tr> <tr> <td>EX60</td><td>Outdoor exposure</td><td>1 year, 3 years**</td></tr> </table> * Percent of nominal breaking load ** Temperature range up to 3,500 hours(Dec.1996) was 0~30 ℃ Table 4 Changes of tensile strength <table> <tr> <th rowspan="2">No.</th><th colspan="2">Tensile strength (N/mm²)</th><th rowspan="2">Pre-load (kN)</th><th rowspan="2">Slipping load (kN)</th></tr> <tr> <th>Nominal</th><th>Experiment</th></tr> <tr> <td>LT30-1</td><td rowspan="6">1964</td><td>1931</td><td rowspan="6">420</td><td>350</td></tr> <tr> <td>LT30-2</td><td>1896</td><td>350</td></tr> <tr> <td>MT30-1</td><td>1994</td><td>423</td></tr> <tr> <td>MT30-2</td><td>1957</td><td>419</td></tr> <tr> <td>HT30-1</td><td>2003</td><td>400</td></tr> <tr> <td>HT30-2</td><td>1807</td><td>No slippage</td></tr> <tr> <td>LT60-1</td><td rowspan="6">1964</td><td>1945</td><td rowspan="6">420</td><td>356</td></tr> <tr> <td>LT60-2</td><td>1942</td><td>354</td></tr> <tr> <td>MT60-1</td><td>1967</td><td>403</td></tr> <tr> <td>MT60-2</td><td>2000</td><td>408</td></tr> <tr> <td>HT60-1</td><td>137</td><td>No slippage</td></tr> <tr> <td>HT60-2</td><td>1185</td><td>No slippage</td></tr> </table>			No.	Test condition	Tension	Presumed equation $r = \alpha \cdot \ln(t) + \beta$		Relaxation ratio after 50 years	α	β	LT30-1	-20 ℃	30%	0.981	2.445	15%	LT30-2	0.994	2.988	16%	MT30-1	20 ℃		0.824	2.005	13%	MT30-2	0.922	1.784	14%	HT30-1	60 ℃		1.107	3.034	18%	HT30-2	1.185	3.045	19%	EX30-1	Outdoor exposure		1.032	2.588	16%	EX30-2	1.143	3.386	18%	LT60-1	-20 ℃	60%	0.779	3.191	13%	LT60-2	0.720	2.670	12%	MT60-1	20 ℃		0.777	2.447	13%	MT60-2	0.664	2.119	11%	EX60-1	Outdoor exposure		0.935	1.575	14%	EX60-2	0.765	1.677	14%	No.	Tension*	Temperature condition	Test period	LT30	30%	- 20 ℃	more than 1000 hours	MT30	20 ℃	more than 1000 hours	HT30	60 ℃	more than 1000 hours	EX30	Outdoor exposure	1 year, 3 years**	LT60	60%	- 20 ℃	more than 1000 hours	MT60	20 ℃	more than 1000 hours	HT60	60 ℃	more than 1000 hours	EX60	Outdoor exposure	1 year, 3 years**	No.	Tensile strength (N/mm ²)		Pre-load (kN)	Slipping load (kN)	Nominal	Experiment	LT30-1	1964	1931	420	350	LT30-2	1896	350	MT30-1	1994	423	MT30-2	1957	419	HT30-1	2003	400	HT30-2	1807	No slippage	LT60-1	1964	1945	420	356	LT60-2	1942	354	MT60-1	1967	403	MT60-2	2000	408	HT60-1	137	No slippage	HT60-2	1185	No slippage
No.	Test condition	Tension	Presumed equation $r = \alpha \cdot \ln(t) + \beta$				Relaxation ratio after 50 years																																																																																																																																																							
			α	β																																																																																																																																																										
LT30-1	-20 ℃	30%	0.981	2.445	15%																																																																																																																																																									
LT30-2			0.994	2.988	16%																																																																																																																																																									
MT30-1	20 ℃		0.824	2.005	13%																																																																																																																																																									
MT30-2			0.922	1.784	14%																																																																																																																																																									
HT30-1	60 ℃		1.107	3.034	18%																																																																																																																																																									
HT30-2			1.185	3.045	19%																																																																																																																																																									
EX30-1	Outdoor exposure		1.032	2.588	16%																																																																																																																																																									
EX30-2			1.143	3.386	18%																																																																																																																																																									
LT60-1	-20 ℃	60%	0.779	3.191	13%																																																																																																																																																									
LT60-2			0.720	2.670	12%																																																																																																																																																									
MT60-1	20 ℃		0.777	2.447	13%																																																																																																																																																									
MT60-2			0.664	2.119	11%																																																																																																																																																									
EX60-1	Outdoor exposure		0.935	1.575	14%																																																																																																																																																									
EX60-2			0.765	1.677	14%																																																																																																																																																									
No.	Tension*	Temperature condition	Test period																																																																																																																																																											
LT30	30%	- 20 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
MT30		20 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
HT30		60 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
EX30		Outdoor exposure	1 year, 3 years**																																																																																																																																																											
LT60	60%	- 20 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
MT60		20 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
HT60		60 ℃	more than 1000 hours																																																																																																																																																											
EX60		Outdoor exposure	1 year, 3 years**																																																																																																																																																											
No.	Tensile strength (N/mm ²)		Pre-load (kN)	Slipping load (kN)																																																																																																																																																										
	Nominal	Experiment																																																																																																																																																												
LT30-1	1964	1931	420	350																																																																																																																																																										
LT30-2		1896		350																																																																																																																																																										
MT30-1		1994		423																																																																																																																																																										
MT30-2		1957		419																																																																																																																																																										
HT30-1		2003		400																																																																																																																																																										
HT30-2		1807		No slippage																																																																																																																																																										
LT60-1	1964	1945	420	356																																																																																																																																																										
LT60-2		1942		354																																																																																																																																																										
MT60-1		1967		403																																																																																																																																																										
MT60-2		2000		408																																																																																																																																																										
HT60-1		137		No slippage																																																																																																																																																										
HT60-2		1185		No slippage																																																																																																																																																										
備 考																																																																																																																																																														

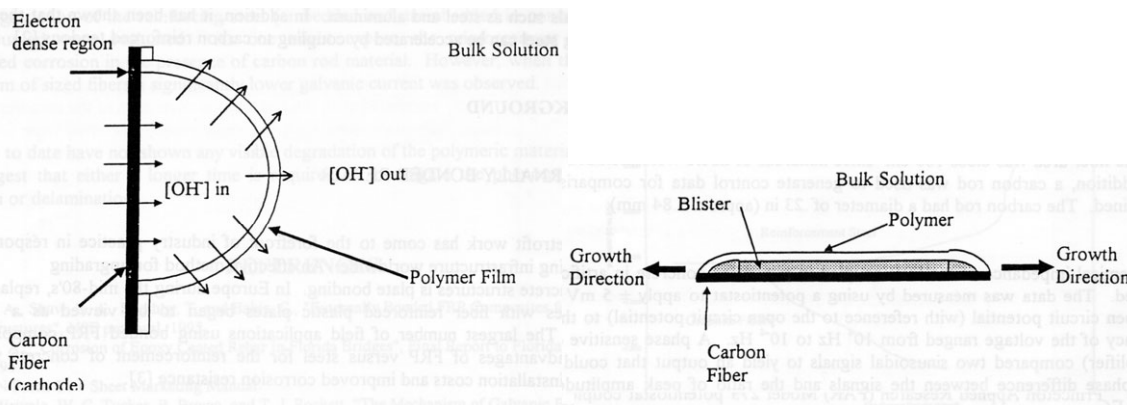
分類	B2-22																																																													
材料	部材種類 (PC) 素材・形状 (AB,CS)																																																													
論文名	Long-Term Deflection of Continuous Fiber Prestressed Concrete Beams																																																													
著者	K. Sakate (Usamigumi Corp.), K. Nonomura (Usamigumi Corp.)																																																													
出典名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp.655-662, Oct., 1997.																																																													
キーワード	連続繊維補強筋, 連続繊維プレストレストコンクリート梁, 長期荷重によるたわみ, たわみ比K																																																													
概要	本研究では, 長期の載荷および緊張下での長期のたわみ制御および使用性限界に関する基礎的な特性を得るために, 主鉄筋および緊張材に連続繊維補強材を用いたPC梁の1/2スケールモデルを用いた長期たわみ試験を行った. この試験では, 長期の載荷および緊張下でのコンクリートのたわみ, 主鉄筋および緊張材のひずみを測定し, 弾性たわみに対するたわみ比K (ひび割れによるたわみ比K1, クリープによるたわみ比K2, 乾燥収縮によるたわみ比K3の合計)を算定した.																																																													
結果	(1)表のように, 連続繊維補強材を用いたPC梁では, たわみ比を1/4 ~ 1/5程度に減少できる. (2)主鉄筋および緊張材に連続繊維補強材を用いた場合, たわみ比Kは2 ~ 4であった.  Figure 1 Shape and Size of Specimen Table 6 List of deflection ratios <table><tr><td></td><td>SS</td><td>SA</td><td>AA</td><td>CC</td></tr><tr><td>k1</td><td>1.78</td><td>2.96</td><td>1.09</td><td>3.60</td></tr><tr><td>k2</td><td>1.07</td><td>1.23</td><td>2.17</td><td>1.33</td></tr><tr><td>k3</td><td>-0.34</td><td>-0.52</td><td>-1.43</td><td>-0.90</td></tr><tr><td>K=k1+k2+k3</td><td>2.51</td><td>3.67</td><td>1.83</td><td>4.03</td></tr></table> Table 8 Comparison of Deflection Increase Ratio <table><tr><th rowspan="2">Type of main reinforcement</th><th colspan="2">Deflection increase ratio</th><th colspan="2">Deformation stiffness ratio</th></tr><tr><th>Reinforced concrete beam</th><th>Prestressed concrete beam</th><th>Reinforced concrete beam</th><th>Prestressed concrete beam</th></tr><tr><td>Aramid fiber (braided)</td><td>8.65</td><td>2.13</td><td>3.19</td><td>3.52</td></tr><tr><td>Carbon fiber (braided)</td><td>11.16</td><td></td><td>1.77</td><td></td></tr><tr><td>Carbon fiber (spiraled)</td><td>10.26</td><td></td><td>1.66</td><td></td></tr><tr><td>Carbon fiber (stranded)</td><td></td><td>2.21</td><td></td><td>2.25</td></tr><tr><td>Deformed</td><td>2.10</td><td>1.74</td><td>1.00</td><td>1.00</td></tr></table>				SS	SA	AA	CC	k1	1.78	2.96	1.09	3.60	k2	1.07	1.23	2.17	1.33	k3	-0.34	-0.52	-1.43	-0.90	K=k1+k2+k3	2.51	3.67	1.83	4.03	Type of main reinforcement	Deflection increase ratio		Deformation stiffness ratio		Reinforced concrete beam	Prestressed concrete beam	Reinforced concrete beam	Prestressed concrete beam	Aramid fiber (braided)	8.65	2.13	3.19	3.52	Carbon fiber (braided)	11.16		1.77		Carbon fiber (spiraled)	10.26		1.66		Carbon fiber (stranded)		2.21		2.25	Deformed	2.10	1.74	1.00	1.00
	SS	SA	AA	CC																																																										
k1	1.78	2.96	1.09	3.60																																																										
k2	1.07	1.23	2.17	1.33																																																										
k3	-0.34	-0.52	-1.43	-0.90																																																										
K=k1+k2+k3	2.51	3.67	1.83	4.03																																																										
Type of main reinforcement	Deflection increase ratio		Deformation stiffness ratio																																																											
	Reinforced concrete beam	Prestressed concrete beam	Reinforced concrete beam	Prestressed concrete beam																																																										
Aramid fiber (braided)	8.65	2.13	3.19	3.52																																																										
Carbon fiber (braided)	11.16		1.77																																																											
Carbon fiber (spiraled)	10.26		1.66																																																											
Carbon fiber (stranded)		2.21		2.25																																																										
Deformed	2.10	1.74	1.00	1.00																																																										
備考																																																														

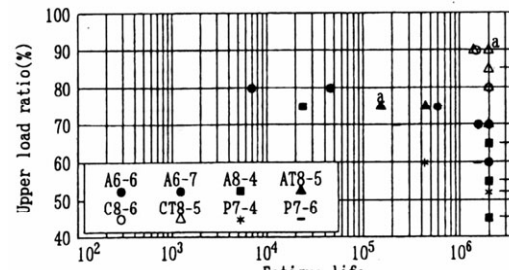
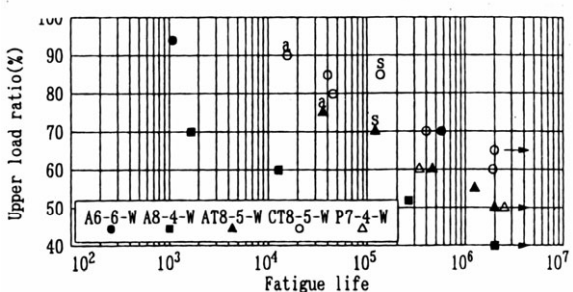
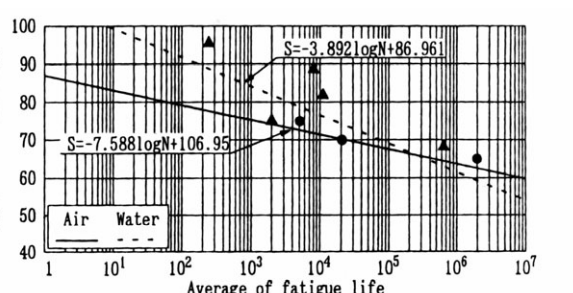
分 類	
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CP, AP, GP)
論 文 名	DEFLECTION OF CONTINUOUS FIBER REINFORCED CONCRETE BEAMS SUBJECTED LOADED HEATING
著 者	Masashi SAKASHITA (Building Materials Tech.), Yoshihiro MASUDA (Utsunomiya University)
出 典 名	Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol. 2, Oct., 1997
キ-ワード	"continuous fiber bar", "continuous fiber reinforced concrete beam", "fire-resistance performance", "loaded heating test"
概 要	この研究では、連続繊維補強コンクリート梁を使用した耐熱性試験がなされ、そして、一般的な鋼材補強に代わる主たる補強材として、アラミド、カーボン、ガラス等の連続繊維補強材が使用された。また、それは連続繊維補強コンクリート構造材の耐熱性に関する評価方法を確立するための基礎データを収集する事が目的でもある。結果として、編まれたアラミド繊維やカーボン繊維の補強材、そして、らせん状のガラス繊維補強材で補強したコンクリート梁のたわみは、鋼材補強によるコンクリート梁のたわみよりも大きい。しかしながら、らせん状や線状のカー
結 果	〔結論〕 (1) 編み込まれたアラミド繊維、そして、カーボン繊維補強材で補強された試験供試体のたわみは、熱負荷下において、約40分で顕著に増加し始め、そして、鋼材補強による試験供試体のたわみよりも大きくなった。 (2) 同様にらせん状のガラス繊維
内 容	

分 類	C2-6
材 料	部材種類 (単体、PC、RC) 素材・形状 (CS、CD、CL、AD、AB、GD、VD)
論 文 名	EVALUATION OF ACM REINFORCEMENT DURABILITY BY EXPOSURE TEST
著 者	F. TOMOSAWA (University of Tokyo), T. NAKATSUJI (Shimizu Corp.)
出 典 名	FRP-RCS3 Proceedings of the Third International Symposium, Vol. 2, Oct., 1997, pp. 139-146
キ ー ワ ー ド	"Advanced composite materials", "Durability", "Exposure test", "Tropical zone"
概 要	耐食性に優れた先端複合材ACMは、厳しい海洋環境に晒される沖合の石油掘削用プラットフォームのコンクリート補強材に適している。この論文は日本の最南端に位置し、熱帯の海洋環境をシミュレートできる沖の鳥島でのACM暴露試験の中間結果である。暴露試験には炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維およびPVA繊維を補強材として用いたFRP製補強材と従来材料である鉄筋およびPC鋼線がそれぞれ、補強材単独、RC部材、PC部材の形で用いられた。また、コンクリート単独の試験用に圧縮試験用シリンダーの暴露も行われた。比較として東京近郊での屋内保管も行った。
結 果	2年間の暴露を行った後の各種試験結果をしめす。補強材単独で行った引張試験の結果、沖の鳥島で暴露したPC鋼線は腐食により強度低下が生じたが他の補強材は沖の鳥島での屋外暴露と東京近郊での屋内保管とでは特に差異は見られなかった。RC部材として実施した曲げ試験では、沖の鳥島での屋外暴露と東京近郊での屋内保管とでは明確な違いは見られなかった。PC部材の場合の曲げ試験結果も同様に沖の鳥島での屋外暴露と東京近郊での屋内保管とでは明確な違いは見られなかったが、曲げ強度の若干の低下傾向がすべてのFRPにおいて見られた。この原因説明は今後の課題である。コンクリートの圧縮強度については、20%程度の増加が見られた。
備 考	

分類	C2-7
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C , G , A)
論文名	COMPUTATIONAL MODEL FOR DETERIORATION OF ARAMID FIBER BY ULTRAVIOLET RAYS
著者	Y. KATO (University of Tokyo), T. YAMAGUCHI (University of Tokyo)
出典名	FRP-RCS3 Proceedings of the Third International Symposium, Vol. 2, Oct., 1997, pp. 163-170
キーワード	"Weakest-link theory", "Ultraviolet rays", "Tensile strength"
概要	紫外線による影響を調査する目的でFRPロッドを促進暴露試験装置を用いて暴露した。試験の結果、AFRPロッドの引張強度は2,500時間の暴露でおよそ13%低下した。この事実により紫外線がFRPロッドの暴露後の引張強度の低下に大きな影響を持つことが明らかになった。この影響はAFRPロッドで最も顕著である。アラミド繊維の内部には結晶部分とアモルファス部分があり、紫外線によりアモルファス部分に破壊が生ずる疑いがある。アラミド繊維の引張強度を予測する手段としてweakest-link理論を適用することで暴露後のアラミド繊維の引張強度を推定できる。
結果	・紫外線暴露試験の結果、AFRPロッドは2500時間の暴露で13%の強度低下が見られた。GFRPロッドは500時間の暴露で8%の強度低下が見られたが、その後の低下は見られなかった。CFRPロッドは2500時間の暴露時間の範囲では強度低下は見られなかった。 ・繊維自体の引張強度低下の傾向はそれぞれのFRPロッドとほぼ同様であった。 ・アラミド繊維の紫外線による引張強度の損失は、weakest-link理論により予測できる。また、この方法は陸上地域で暴露を受けるAFRPロッドの引張強度の損失にも適用可能である。
備考	

分 類	C2-8
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CS , CD , AD , GD , VD)
論 文 名	DURABILITY EVALUATION OF FRP CABLES BY EXPOSURE TESTS
著 者	I. SASAKI (Public Works Research Institute) I. NISHIZAKI (Public Works Research Institute)
出 典 名	FRP-RCS3 Proceedings of the Third International Symposium, Vol. 2, Oct., 1997, pp. 131-137
キ-ワード	"Fiber reinforced plastic cable", "Exposure test", "Prestress", "Direct sunlight", "Water enviroment"
概 要	炭素繊維やアラミド繊維を用いたFRPは、コンクリートの補強材あるいは土木構造物の緊張材として注目を集めている。これらのFRPの強度や機能面については多くの研究事例があり、実際の構造物にも採用されている。しかしながら、長期の耐久性についてはまだ良く知られていない。土木構造物は長期の供用を要求されるのでそれに用いられる材料についても信頼できることが求められるので、耐久性の評価は重要である。筆者らはFRPケーブルの耐久性に関する暴露試験および室内試験を実施した。暴露試験では、炭素、アラミド、ガラスおよびビニロンの各繊維のFRPケーブルを緊張状態、直射日光、水の浸漬といった様々な状態に晒される海洋試験施設において試験した。
結 果	緊張を行った試験体については3年6ヶ月、緊張を行わなかった試験体については2年8ヶ月の暴露をおこなった。材料の変化の評価については、表面の色・表面の風合いおよびクラックの有無の観察、緊張を行った試験体は残留緊張荷重の測定を行った。さらにすべての試験体について破断までの引張試験を実施した。無緊張試験体の暴露試験の結果、海上に暴露し日射の有無をパラメータとした試験体ではアラミドとエポキシの複合材およびガラスとビニールエステルの複合材を除き引張強度の低下は見られなかった。アラミドとエポキシの複合材では、定着部分で滑りが生じ正確な強度の測定ができなかった。特に日射を受けた試験体でこの傾向は顕著であった。ガラスとビニールエステルの複合材の強度低下については、日射の影響とともに海面および降雨からの水分の影響が考えられる。海中に浸せきした試験体の引張強度保持率は2種類のCFRPについてはほぼ元の強度を保っていたが、アラミドとビニールエステルの複合材については暴露中にすべての試験体が破壊し評価不能であった。アラミドとエポキシ、ガラスとビニールエステル、およびビニロンとエポキシの各複合材の強度保持率はそれぞれ、49%、65%、および71%であった。強度低下の原因としては、第一に繊維とレジンの間への影響がかんがえられるが、試験体には海藻や貝類の付着があり、また波浪による疲労の影響や曲がりなども見られこれらが影響したことも考えられる。緊張を行った試験体については3年6ヶ月の暴露をおこなった。リラクゼーション率はCFRP,GFRPとも日射を受けた場合で20 - 30%、日射を受けない場合で20%であったが、ビニロンの場合は半分以下まで低下し引張荷重の保持能力が劣ることが確認された。これは繊維の性質に起因するものである。暴露後の残存引張強度についてはガラスを除いてほぼ暴露前と同程度であった。0.4Puで緊張したガラスの残存強度は60%程度であった。このことはガラスの緊張荷重は0.3Pu程度に制限されるべきであることを示している。これらの試験の結果、CFRP以外は水が関係する環境においては再考が必要である。また、GFRPについては緊張荷重が高くなると引張強度が低下するので緊張材としては適さないこと、VFRPについてはリラクゼーション率が大きいこととヤング係数が非常に小さいことから特殊環境に限って適用すべきことが示された。
備 考	

分 類	A4-7
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (炭素繊維シート)
論 文 名	ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF REPAIRED CONCRETE STRUCTURE
著 者	Antonio NANNI (The Pennsylvania State University, USA), Thomas BOOTHBY (The Pennsylvania State University, USA)
出 典 名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp.155-162, 1997.10
キ-ワード	CFRPシート, マトリクス樹脂, 分極スキャン, 電気的結合試験, 電気化学的インピーダンス試験
概 要	CFRPシートの貼付け補強を行った場合のマトリクス樹脂の劣化とそのメカニズムに関する研究。使用材料は、炭素繊維シート(Forca tow sheet CI-30)。試験項目は、人工海水および間隙水(0.6M KOH + 0.2M NaOH + 0.027M Ca(OH) ₂)中の、分極スキャン、電気的結合試験、電気化学的インピーダンス分光試験。
結 果	マトリクスの劣化は、水泡の発生と剥離という形で現れる。炭素繊維が電気的に卑な材料(例えば鉄筋)と電気的に結合した場合、表面が負電位で帯電する。その結果、マトリクスの電子が密集した部分は、他の部分程強く炭素と接着しない。局所的に水分を含む皮膜は、部分的な水圧の為にこれらの非接着部分へと移動し、この移動時に酸素と塩化物を運ぶ。その結果、マトリクスの剛性が非常に小さく、強い界面接着力を持っている場合、欠陥の形態は幾分丸くなる。一方、マトリクスと繊維間の接着が弱く、マトリクスが強い剛性を持っている場合、剥離という形態が発生する。結果を以下に記す。 炭素繊維棒材と対面した場合、鉄筋の腐食は促進された。しかし、炭素が繊維サイズの状態では、著しく低い腐食電流が観察された。 これまでの結果では、マトリクス自体の目に見える劣化は観察されていない。これは、水泡の形成および剥離を調査する為にはより長い時間が必要であるということを示唆している。  Schematic of blister formation for a soft polymer film on a carbon fiber Schematic of the delamination process for a stiff polymer
備 考	シートに関する文献であり、繊維とマトリクス樹脂を関連させた、従来には無い電気化学的な観点からの劣化に関する検討が試みられている。

分 類	B1-44
材 料	部材種類 (P C) 素材・形状 (A R , C R)
論 文 名	FLEXURAL FATIGUE BEHAVIOR OF PRESTRESSED CONCRETE BEAMS WITH NON-METALLIC FIBER TENDON UNDER WATER (FRP 緊張材を用いたPCはりの水中における曲げ疲労挙動)
著 者	Maki MATSUO (立命館大), Takayuki KOJIMA (立命館大)
出 典 名	FRPRCS - 3, Vol.2, Oct, 1997, pp.775-782
キ-ワード	疲労, 水中, PC
概 要	PCはりの疲労試験, パラメータ: (1) 緊張材料(アラミド, 炭素, 鋼) (2) はり断面形状 (3) 初期緊張力 (4) セン断スパン - 有効高比 (5) スタップの有無 (6) 環境(気中, 水中) ④ Initial tension of tendon ① A; aramid C; carbon P; steel ⑦ s; no stirrups a; a/d=2.7 ② T-Shape ③ Diameter(mm) ⑤ Upper load ratio(%) ⑥ water A T 8 - 5 - 6 0 W s
結 果	(1) 疲労限は気中, 水中ともに炭素の方がアラミドよりも高い. (2) 破壊形態は気中供試体が緊張材の破断, 水中供試体がコンクリートの圧壊となり, その強度は水中供試体が気中に比べ約30%低下する. (3) プレストレスは斜めひび割れの進展防止に対し有効に作用する. (4) FRP 緊張材を用いたはりの疲労挙動は, 一般のPC鋼材を用いたそれよりも優れている.  Fig. 3 Relation between upper load ratio (S) and fatigue li  Fig. 4 Relation between upper load ratio (S) and fatigue life (N)  Fig. 5 Relation between upper stress ratio (S) and fatigue life (N)
備 考	

分 類	B1-20
材 料	部材種類 (PC) 素材・形状 (アラミド繊維ケーブル)
論 文 名	FATIGUE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS EXTERNALLY PRESTRESSED WITH ARAMID FIBRE CABLE
著 者	T.HORIGUCHI(Hokkaido Institute of Technology), N.SAEKI(Hokkaido University)
出 典 名	Non-metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures
キーワード	“Aramid fibre”, “composit materials”, “external prestressing”, “fatigue test”, “flexural strength”, “strengthening”, “repair”, “rehabilitation”
概要	現在日本の多くの高速道路橋は取替えまたはいくらかのリハビリが必要とされている。それらの問題のいくつかはとても深刻である。それらの橋梁はリハビリをする必要性があるし、荷重運搬能力を向上させるために、強化またはアップグレードする必要がある。既存のコンクリート桁を強化アップグレードの方法としては外部からポストテンショニングを施す方法エポキシボンドを用いて鋼鈑で補強する方法などがある。エポキシボンドを用いて鋼鈑で補強する方法は日本では主流の方法の一つである。最近では、新素材、繊維補強プラスチックや他の合成素材がプレートの補強やコンクリート構造物のPCケーブルに適用されてきている。これらの新素材そのものは高い耐久性と高強度を示すが、コンクリート構造物への適用はきわめて少ない。 この論文では人工的に損傷させたコンクリート桁を用いて復旧方法の実験的研究が調査された。損傷したコンクリート桁の強化方法として、外部からアラミド繊維ケーブルによるプレストレスを行う方法が採用された。そのリハビリ方法の効果を調査するために疲労試験と同様静的試験も1点または2点載荷曲げ試験が行われた。T型セクションの部材の試験は普通の温度と同様低温でも行われ、疲労特性における温度の影響が調査された。
結 果	今回行われた試験の結果から以下のようなことがわかった。低温度においては静的な終局曲げ強度は向上し、と同時に桁のじん性は低下する。外部からプレストレスを導入した部材の疲労強度は低温度では低下する。低温度においては、ひび割れ間のコンクリート接着合成の増加により、桁の応力がひび割れ間で増大するという現象が起こっていると思われる。低温度下においては鉄筋比の違いが疲労強度に影響を与えることが確認された。試験を行った桁の本数が限られるため、さらなる正確な研究がこの特性の議論には必要とされる。実験の結果は設計上の疲労強度より低いことがわかった。これはひび割れ間の応力集中と今回の実験における載荷条件が厳しかったためである。この間に、アラミドロープの使用に基づいた外的ケーブルシステムは有効であることが確かめられたため、今回の研究で採用した定着方法もまた有効であることが確認された。

結 果

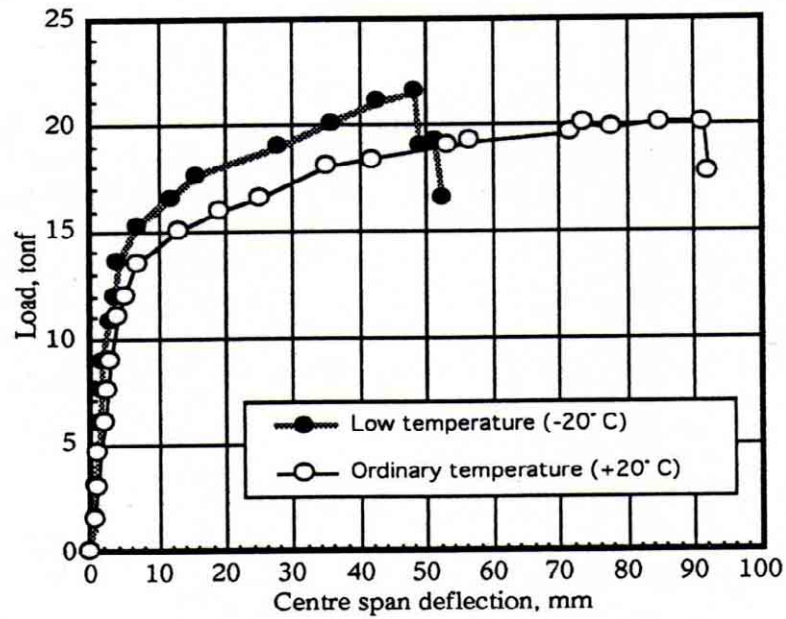


Figure 2. Load deflection relationships of external PRC beams at different temperatures

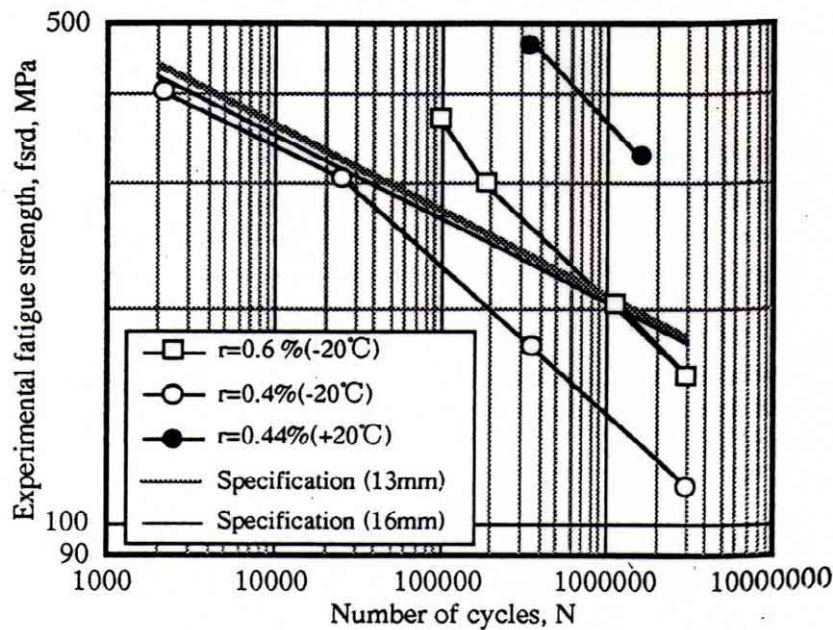
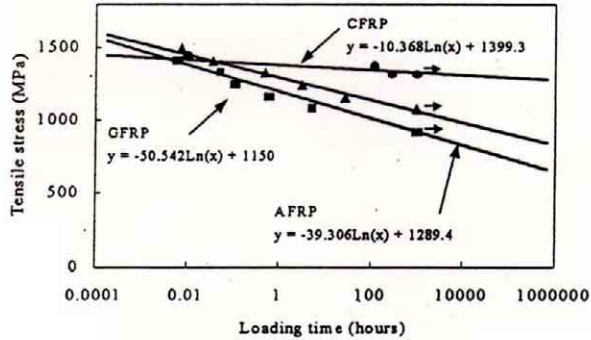
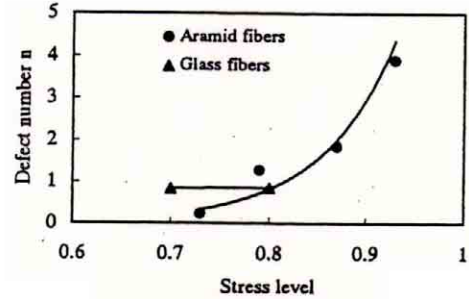
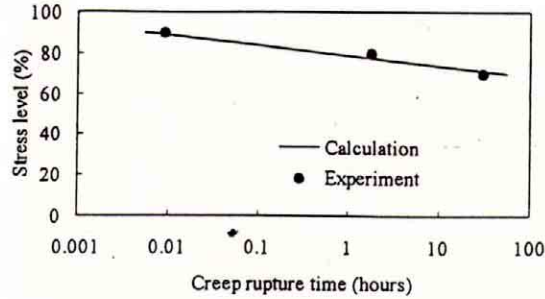
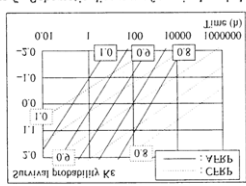
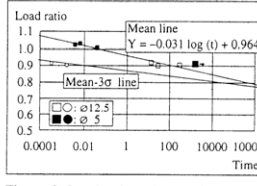
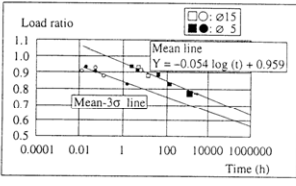
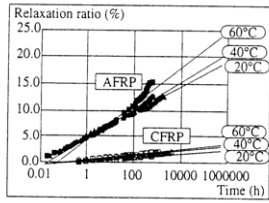
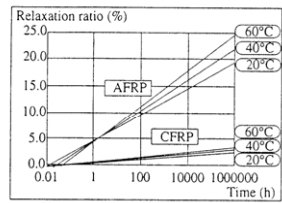


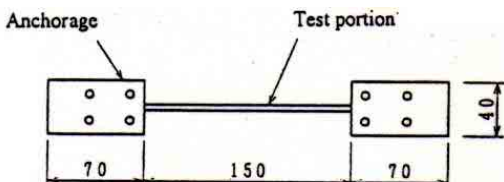
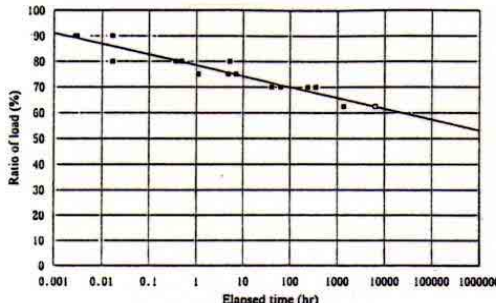
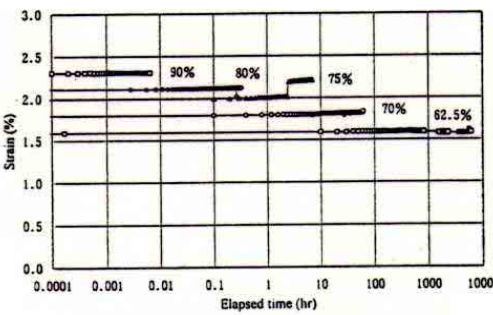
Figure 3. Fatigue test results under low temperature and ordinary temperature

備 考

分 類	B2-27		
材 料	部材種類 (単体)		

結果	AFRP : $\sigma = 131.6 - 9.23 \ln T$ ($r = 0.998$) CFRP : $\sigma = 142.8 - 2.44 \ln T$ ($r = 0.902$) GFRP : $\sigma = 117.3 - 11.8 \ln T$ ($r = 0.990$)  Fig.1 Creep rupture time of FRP rods  Fig.6 Defect number in fibers  Fig.8 Calculation of creep rupture time of AFRP rods
備考	

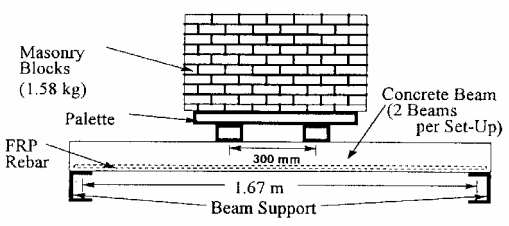
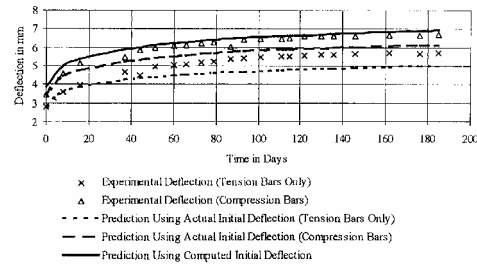
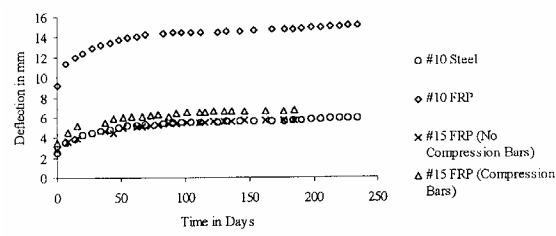
分類	B2-40
材料	部材種類 (FRP 単体) 素材・形状 (AFRP / CFRP 緊張材)
論文名	EXPERIMENTAL STUDIES ON THE LONG-TERM TENSILE PROPERTIES OF FRP TENDONS
著者	N. ANDO (Sumitomo Construction Co., Ltd.) H. MATSUKAWA (Kawada Construction Co., Ltd.)
出典名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures、 Proceedings of Third International Symposium、Vol.2、pp.203-210、Oct.1997
キーワード	AFRP、CFRP、緊張材、クリープ破壊、リラクセーション、荷重比
概要	橋梁補強を目的として、AFRP、CFRPを緊張材として用いるための、クリープ破壊とリラクセーション試験を行い、加重とクリープ破壊時間の関係、載荷重とリラクセーションの関係を温度の影響を考慮しながら、設計に用いる基準値を設定している。
結果	(1) クリープ破壊テスト CFRP緊張材は、PAN系炭素繊維を補強材とし変性エポキシ樹脂をマトリックスとする、より線φ12.5mmおよびより線φ5mmである。クリープ破壊応力は、構造物供用50年に対応するものとして、残存確率50%で静的破壊荷重の79%であった。 AFRP緊張材は、Para型アラミド繊維を補強材としビスフェノールエポキシ樹脂をマトリックスとする、組紐型φ15mmおよび組紐型φ5mmである。クリープ破壊応力は、構造物供用50年に対応するものとして、残存確率50%で静的破壊荷重の66%であった。 (2) リラクセーション CFRP緊張材より線φ12.5mmのリラクセーション率は、温度20～60℃下の100万時間推定値で、2～3%であった。 AFRP緊張材組紐型φ15mmのリラクセーション率は、温度20～60℃下の100万時間推定値で、20～25%であった。
備考	Figure 2 Schematic diagram of tensile properties  Figure 6 Load ratio and creep fracture time of CFRP  Figure 7 Load ratio and creep fracture time of AFRP  Figure 8 Relaxation test results  Figure 9 Summary of relaxation test data 

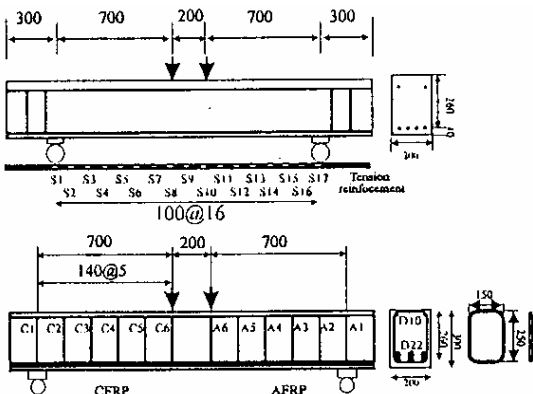
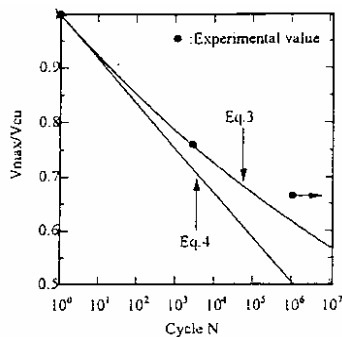
分類	B2-23												
材料	部材種類（ 単体 ） 素材・形状（ GD ）												
論文名	TEST METHOD ON CREEP OF CONTINUOUS FIBER REINFORCING MATERIALS												
著者	Hiroshi SEKI(Department of Civil Engineering, Waseda University), Kenzo SEKIJIMA(Institute of Technology, Shimizu Corporation)												
出典名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures Proceeding of the Third International Symposium, Vol.2, Oct., 1997 pp.195-202												
キーワード	“ test method on creep ”, “ creep strain ”, “ creep-rupture time ”, “ creep-rupture capacity ”, “ creep-rupture strength ”, “ ratio of load ”, “ continuous glass fiber reinfonrcements ”												
概要	本論文は、最近 J S C E 委員会に提案されたクリープに対する試験方法を要約し、その試験方法をグラスファイバーに適用した結果について述べたものである。またその試験結果で得られたクリープ破壊能力、クリープ破壊強度をもとに100万時間クリープ破壊強度の計算を行った。												
結果	（ 1 ） J S C E に最近提案された、 C F R M に対するクリープの試験方法について必要事項を整理した。 （ 2 ） クリープ破壊の図の近似直線から、 G F R P ロッドの100万回クリープ破壊時の荷重割合と強度は53.1%と423N/mm²である。 （ 3 ） 荷重後の G E R P ロッドのクリープひずみの増加は極端に小さかった。しかしながら、結局多くの試験体のクリープひずみは増加し、いくつかのはクリープ破壊の直前に急に増加した。 （ 4 ） C F R M のクリープに対するテスト方法が適切であることを確認できた。 Figure 1 Dimension of test specimen  Table 2 Tensile property of test specimen <table><tr><th>Maximum tensile load (kN)</th><th>Ultimate strain (%)</th><th>Tensile rigidity (kN)</th><th>Tensile strength (N/mm²)</th><th>Young's modulus (kN/mm²)</th></tr><tr><td>3.50</td><td>2.59</td><td>135</td><td>796</td><td>30.7</td></tr></table> Figure 2 Creep-rupture diagram  Figure 3 Relationship between strain and elapsed time 			Maximum tensile load (kN)	Ultimate strain (%)	Tensile rigidity (kN)	Tensile strength (N/mm ²)	Young's modulus (kN/mm ²)	3.50	2.59	135	796	30.7
Maximum tensile load (kN)	Ultimate strain (%)	Tensile rigidity (kN)	Tensile strength (N/mm ²)	Young's modulus (kN/mm ²)									
3.50	2.59	135	796	30.7									
備考													

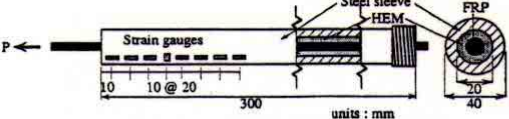
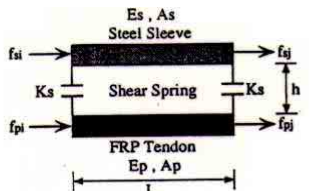
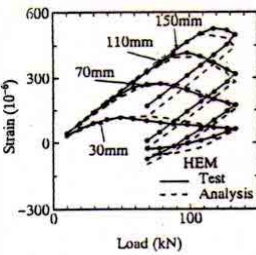
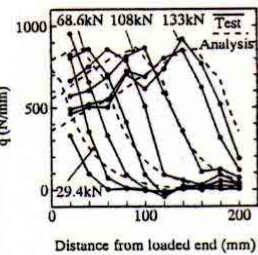
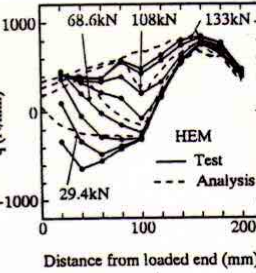
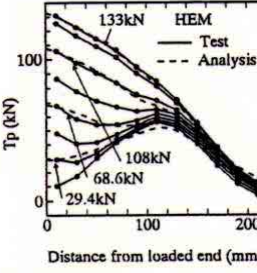
分類	A1-7
材料	部材種類（単体） 素材・形状（CD,GD）
論文名	A New Generation of Reinforced Polymer Rebers for Concrete Reinforcement
著者	Salem FAZA , Oliber WAGNER , Stephan DEUSSER , Charls Mc CLASKEY
出典名	Proceedings of the Third International Symposim/ Vol.2.Oct.,1997
キーワード	"glass fiber reinforced polymer rebars ", "long-term tests," "short-term tests","processing", "bond test", "alkarine durability"
概要	FRPによるコンクリートの補強に関する内容。20以上の研究機関で行なわれたC-BAR補強ロッドに関する研究結果がまとめられている。内容はC-BAR自体の特性だけではなく、コンクリート補強材として使用したときのC-BARおよびクリープ、耐アルカリ性について。
結果	・コンクリートはりの曲げ挙動 (1) コンクリートとC-BARの接着性が優れている。 (2) 鋼ロッドと比較してコンクリート内に入るクラック幅が3～5倍大きくなるが、FRP(C-BAR)では腐食という問題がない。 (3) 曲げ挙動が類似している。(鋼ロッドとC-BAR) ・耐アルカリ性 (1) C-BARはアルカリにより強度低下がある。 (2) アルカリ溶液の温度の上昇により、強度が低下する。 (3) コンクリートの温度が高いと強度が低下する。 ・クリープ (1) ある時間でレベルオフ(クリープによるたわみが一定となること)が生じた。
内容	

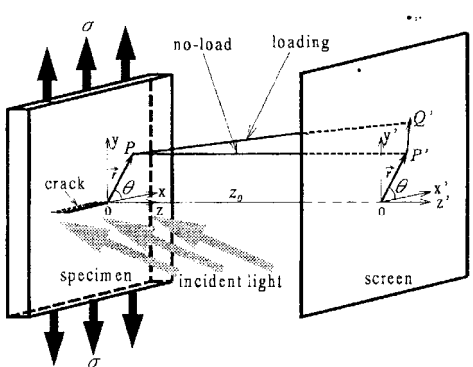
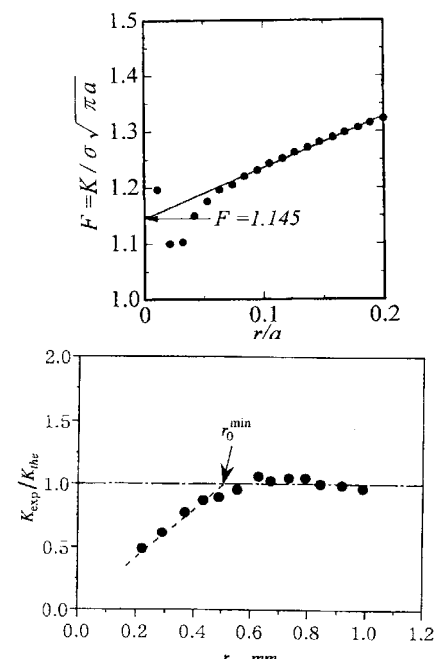
分類	B1-36																																
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CL)																																
論文名	Fatigue Behavior of a Carbon FRP Grid Encased in Concrete																																
著者	Rahman,H.(N.R.C.C.)、Adimi,R. (University of Sherbrooke)																																
出典名	Proc. of the 3rd International symposium on FRPRCS, Vol.2, pp.219-226, Oct.,1997																																
キーワード	FRP格子、疲労、コンクリート、塩分、終局引張強度、残留引張強度																																
概要	FRPロッドの疲労挙動は、曝露供試体を使って試験することによって、著者らを含め多くの研究者らによって研究されている。FRPロッドを適用したコンクリートの、より現実的な挙動を推定するために、FRPロッドを完全にコンクリート内部に埋め込んだ試験体により、単調引張試験、疲労試験を実施した。																																
結果	カーボン繊維を使用した格子状FRP(NEFMAC)の疲労試験の結果は、終局引張強度の4.4～44%で載荷重100万サイクル後でも、終局引張強度の72～82%が保たれていることを示している。																																
	Table 1 Test conditions and parameters																																
	<table><tr><td>Parameter</td><td colspan="2">Fatigue tests</td><td>Monotonic tests</td></tr><tr><td>σ_{min} MPa (%f_c)</td><td colspan="2">65 (4.4%)</td><td rowspan="3">n.a.</td></tr><tr><td>σ_{max} MPa (%f_c)</td><td colspan="2">650 (44%)</td></tr><tr><td>Frequency, Hz</td><td colspan="2">6</td></tr><tr><td>Alkalinity</td><td>low, med., high</td><td>med.</td><td>low, med., high</td></tr><tr><td>Salinity</td><td>low</td><td>low, med., high</td><td>low</td></tr></table>			Parameter	Fatigue tests		Monotonic tests	σ_{min} MPa (% f_c)	65 (4.4%)		n.a.	σ_{max} MPa (% f_c)	650 (44%)		Frequency, Hz	6		Alkalinity	low, med., high	med.	low, med., high	Salinity	low	low, med., high	low								
	Parameter	Fatigue tests		Monotonic tests																													
	σ_{min} MPa (% f_c)	65 (4.4%)		n.a.																													
σ_{max} MPa (% f_c)	650 (44%)																																
Frequency, Hz	6																																
Alkalinity	low, med., high	med.	low, med., high																														
Salinity	low	low, med., high	low																														
Table 2 Results of monotonic tensile tests on concrete-encased and bare specimens																																	
<table><tr><td rowspan="2">Specimen No</td><td colspan="3">Ultimate Tensile Strength, MPa</td><td rowspan="2">Bare</td></tr><tr><td colspan="3">Concrete-encased</td></tr><tr><td></td><td>Low alkalinity</td><td>Medium alkalinity</td><td>High alkalinity</td><td>n.a.</td></tr><tr><td>1</td><td>1460</td><td>1410</td><td>1500</td><td>-</td></tr><tr><td>2</td><td>1440</td><td>1380</td><td>1530</td><td>-</td></tr><tr><td>Average</td><td>1450</td><td>1395</td><td>1515</td><td>1476</td></tr></table>			Specimen No	Ultimate Tensile Strength, MPa			Bare	Concrete-encased				Low alkalinity	Medium alkalinity	High alkalinity	n.a.	1	1460	1410	1500	-	2	1440	1380	1530	-	Average	1450	1395	1515	1476			
Specimen No	Ultimate Tensile Strength, MPa			Bare																													
	Concrete-encased																																
	Low alkalinity	Medium alkalinity	High alkalinity	n.a.																													
1	1460	1410	1500	-																													
2	1440	1380	1530	-																													
Average	1450	1395	1515	1476																													
Table 3 Results of fatigue tests under different degrees of alkalinity																																	
<table><tr><td rowspan="2">Specimen No</td><td colspan="3">Residual Tensile Strength (RTS), MPa or {Number of cycles survived}</td></tr><tr><td>Low alkalinity</td><td>Medium alkalinity</td><td>High alkalinity</td></tr><tr><td>1</td><td>[1980]</td><td>1070</td><td>[170190]</td></tr><tr><td>2</td><td>[32100]</td><td>1010</td><td>1280</td></tr><tr><td>3</td><td>[823650]</td><td>1120</td><td>1170</td></tr><tr><td>4</td><td>1160</td><td>-</td><td>1180</td></tr><tr><td>Average RTS</td><td>1160</td><td>1067</td><td>1210</td></tr></table>			Specimen No	Residual Tensile Strength (RTS), MPa or {Number of cycles survived}			Low alkalinity	Medium alkalinity	High alkalinity	1	[1980]	1070	[170190]	2	[32100]	1010	1280	3	[823650]	1120	1170	4	1160	-	1180	Average RTS	1160	1067	1210				
Specimen No	Residual Tensile Strength (RTS), MPa or {Number of cycles survived}																																
	Low alkalinity	Medium alkalinity	High alkalinity																														
1	[1980]	1070	[170190]																														
2	[32100]	1010	1280																														
3	[823650]	1120	1170																														
4	1160	-	1180																														
Average RTS	1160	1067	1210																														
Table 4 Results of fatigue tests under different degrees of salinity																																	
<table><tr><td rowspan="2">Specimen No</td><td colspan="3">Residual Tensile Strength, MPa or {Number of cycles survived}</td></tr><tr><td>Low salinity</td><td>Medium salinity</td><td>High salinity</td></tr><tr><td>1</td><td>1070</td><td>[54570]</td><td>1080</td></tr><tr><td>2</td><td>1010</td><td>[251080]</td><td>1090</td></tr><tr><td>3</td><td>1120</td><td>1250</td><td>1010</td></tr><tr><td>4</td><td>-</td><td>1110</td><td>-</td></tr><tr><td>5</td><td>-</td><td>1130</td><td>-</td></tr><tr><td>Average RTS</td><td>1067</td><td>1163</td><td>1060</td></tr></table>			Specimen No	Residual Tensile Strength, MPa or {Number of cycles survived}			Low salinity	Medium salinity	High salinity	1	1070	[54570]	1080	2	1010	[251080]	1090	3	1120	1250	1010	4	-	1110	-	5	-	1130	-	Average RTS	1067	1163	1060
Specimen No	Residual Tensile Strength, MPa or {Number of cycles survived}																																
	Low salinity	Medium salinity	High salinity																														
1	1070	[54570]	1080																														
2	1010	[251080]	1090																														
3	1120	1250	1010																														
4	-	1110	-																														
5	-	1130	-																														
Average RTS	1067	1163	1060																														
備考																																	

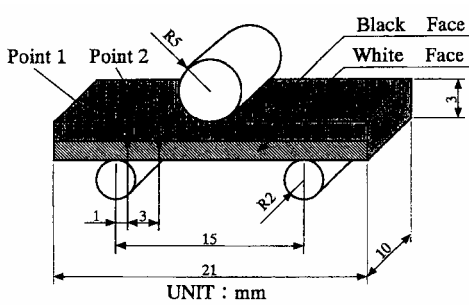
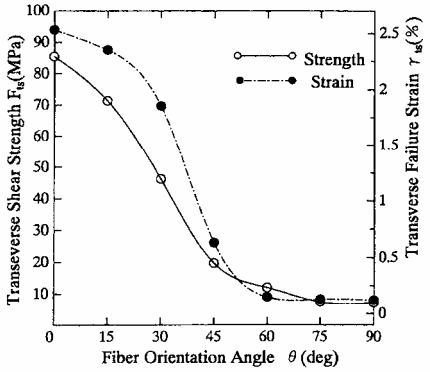
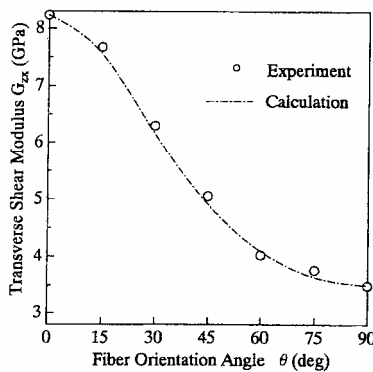
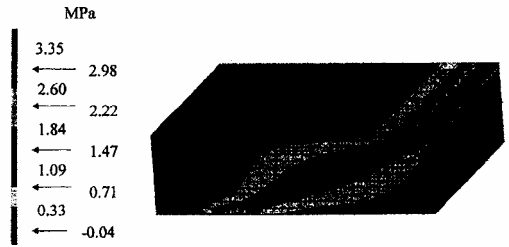
分類	B1-35																																																																								
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (GB)																																																																								
論文名	Thermal and Mechanical Fatigue Effects on GFRP Rebar-Concrete Bond																																																																								
著者	Shield, C. (University of Minnesota)、French,C. (University of Minnesota)																																																																								
出典名	Proc. of the 3rd International symposium on FRPRCS, Vol.2, pp.381-388, Oct.,1997																																																																								
キーワード	GFRP、付着、熱的疲労、機械的疲労、逆半梁試験																																																																								
概要	GFRPとコンクリートの定着部における熱的疲労と機械的疲労による影響は、これまで逆半梁供試体を使って研究されてきた。ここでは比較のため、鋼製バーを使った供試体も作製した。コンクリートへのGFRPの埋め込み長さは、全ての供試体において保証された破断破壊を参考にして決めた。全30体の供試体の内、6体には機械的に張力をサイクルさせ、12体は熱的に張力をサイクルさせ、残りの12体は両方を制御できるものにした。ここでは、GFRPおよび供試体の形状、各疲労試験手順そして試験結果について述べている。																																																																								
結果	・熱的疲労条件下で、GFRPバーは5%F_uの固定引張荷重を受けている。 ・機械的疲労条件下で、試験結果による推定では、GFRPとコンクリートの定着力は低下しないことを示している。事実、GFRPによって補強された供試体は、鋼製バーによって補強されたものよりもわずかに優れた性能を示している。 ・熱的疲労条件下にあるGFRP供試体は、定着力が12%低下し、機械的疲労条件下にある鋼製供試体において経験的に分かっている定着力が13%低下したものと同等である。 <table><caption>Table 2 Mean and COV Values of Maximum Load, Reductions in Bond Strength</caption><thead><tr><th>Specimen Group</th><th>Mean (kN)</th><th>Coefficient of Variation</th><th>Reduction in Bond Strength²</th><th>Range of Reduction in Bond Strength¹</th></tr></thead><tbody><tr><td>Mech. Fatigue</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>GFRP No.6 M1</td><td>105.3</td><td>0.025</td><td>-5%</td><td>-11% to 1%</td></tr><tr><td>Steel No.6</td><td>81.3</td><td>0.062</td><td>13%</td><td>3% to 21%</td></tr><tr><td>Thermal Fatigue</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>GFRP No.6 M1</td><td>89.0</td><td>0.067</td><td>11%</td><td>3% to 20%</td></tr><tr><td>GFRP No.6 M2</td><td>84.7</td><td>0.080</td><td>13%</td><td>-6% to 29%</td></tr><tr><td>GFRP No.4 M1</td><td>53.2</td><td>0.041</td><td>-2%</td><td>-17% to 12%</td></tr><tr><td>Steel No.6</td><td>89.9</td><td>0.051</td><td>3%</td><td>-5% to 13%</td></tr><tr><td>Control</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>GFRP No.6 M1</td><td>100.3</td><td>0.033</td><td></td><td></td></tr><tr><td>GFRP No.6 M2</td><td>97.0</td><td>0.124</td><td></td><td></td></tr><tr><td>GFRP No.4 M1</td><td>51.9</td><td>0.103</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Steel No.6</td><td>93.0</td><td>0.045</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> ¹ negative numbers indicate increase in bond strength of conditioned specimens relative to control specimens ² Reduction = 1 - (mean pullout load of conditioned specimens)/(mean pullout load of control specimens) ³ Range of reduction was calculated by using the extreme values of the individual tests (both control and cycled) Figure 2. Loaded End Slip for Mechanically Cycled Specimens Figure 3. Loaded End Slip for Thermally Cycled Specimens			Specimen Group	Mean (kN)	Coefficient of Variation	Reduction in Bond Strength ²	Range of Reduction in Bond Strength ¹	Mech. Fatigue					GFRP No.6 M1	105.3	0.025	-5%	-11% to 1%	Steel No.6	81.3	0.062	13%	3% to 21%	Thermal Fatigue					GFRP No.6 M1	89.0	0.067	11%	3% to 20%	GFRP No.6 M2	84.7	0.080	13%	-6% to 29%	GFRP No.4 M1	53.2	0.041	-2%	-17% to 12%	Steel No.6	89.9	0.051	3%	-5% to 13%	Control					GFRP No.6 M1	100.3	0.033			GFRP No.6 M2	97.0	0.124			GFRP No.4 M1	51.9	0.103			Steel No.6	93.0	0.045		
Specimen Group	Mean (kN)	Coefficient of Variation	Reduction in Bond Strength ²	Range of Reduction in Bond Strength ¹																																																																					
Mech. Fatigue																																																																									
GFRP No.6 M1	105.3	0.025	-5%	-11% to 1%																																																																					
Steel No.6	81.3	0.062	13%	3% to 21%																																																																					
Thermal Fatigue																																																																									
GFRP No.6 M1	89.0	0.067	11%	3% to 20%																																																																					
GFRP No.6 M2	84.7	0.080	13%	-6% to 29%																																																																					
GFRP No.4 M1	53.2	0.041	-2%	-17% to 12%																																																																					
Steel No.6	89.9	0.051	3%	-5% to 13%																																																																					
Control																																																																									
GFRP No.6 M1	100.3	0.033																																																																							
GFRP No.6 M2	97.0	0.124																																																																							
GFRP No.4 M1	51.9	0.103																																																																							
Steel No.6	93.0	0.045																																																																							
備考																																																																									

分 類	B2-21
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (GD)
論 文 名	Sustained Load Deflections in GFRP-Reinforced Concrete Beams
著 者	Vicki L. BROWN (Widener University, USA)
出 典 名	Non-Metallic(FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Proceedings of the Third International Symposium, Vol.2, pp.495-502, Oct., 1997.
キーワード	梁のたわみ, 複合材, クリープ, 連続繊維補強材, 鉄筋コンクリート, 使用性, 時間依存効果
概 要	GFRPを主鉄筋に用いたコンクリート梁の長期間の挙動に関する研究である。合計12体の単純梁(断面:100mm×150mm, スパン:1.67m)に長期荷重および終局荷重を載荷した。まず, 同量($\rho=0.0122$)のGFRPおよび鉄筋で補強した梁を8カ月以上観察した。次に, より多量($\rho=0.03$)のFRPで梁を補強し, 圧縮域にもFRPを配置した。
結 果	(1)FRPで補強した梁のクリープ挙動は, 鉄筋で補強した梁の場合と良く似ている。しかしながら, FRPを圧縮鉄筋の代わりに用いる場合は, クリープたわみに関しては鉄筋と同程度の効果は得られなかった。また, FRPで補強した梁のたわみ-時間曲線の形状は, 鉄筋で補強した場合と良く似ている。したがって, クリープの時間依存性はFRPの有無には関係ないと考えられる。(2)終局クリープ係数C_uをそれぞれに応じて適用して, 初期荷重およびコンクリートの圧縮ひずみの違いを修正すれば, 鉄筋コンクリートはりの長期荷重によるたわみを推定するBransonの方法は, FRPで補強した梁の場合にも実用的な範囲で用いることができる。(3)実用的な範囲の鉄筋比およびコンクリートの圧縮強度に対して, 応力やたわみに影響を与える要因を検討した結果, FRPを用いた場合には, C_uに平均0.55の修正をすればよい。本研究では, クリープによるたわみは$C_u=0.55$(2.35)=1.3でほぼ正確に推定できる。  Fig. 1. Test Set-Up  Fig. 4. Total Midspan Deflection vs Time: #15 ($\rho = 0.03$) FRP-Reinforced Beams  Fig. 2. Midspan Deflection-Time Curves
備 考	

分類	B1-34																																																								
材料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CD、AD)																																																								
論文名	A STUDY ON SHEAR FATIGUE BEHAVIOR OF CONCRETE BEAMS WITH FRP RODS																																																								
著者	Yosuke MIZUKAWA (Hokkaido Univ.)、Yasuhiko SATO (Hokkaido Univ.)																																																								
出典名	Proc. of the Third International Symposium on FRPRCS、Vol.2、pp.309-316、1997																																																								
キーワード	せん断疲労、疲労強度、スターラップひずみ、斜めひび割れ幅																																																								
概要	主筋にCFRPを用いたスターラップの無いはり、スターラップにCFRPおよびAFRPを用いたはり(主筋は鉄筋)の一方方向疲労試験を行い、FRPを用いたRCはりのせん断疲労特性を求めた。																																																								
結果	(1)スターラップの無いCFRPはりのせん断疲労強度は、土木学会コンクリート標準示方書で安全側に評価できる。 (2)サイクル荷重によるFRPスターラップひずみの増加傾向と斜めひび割れ幅は、既往の鉄筋コンクリートはりの研究成果から推定可能である。   Fig. 1 Specimens Fig. 4 Relationship between shear fatigue strength and fatigue life Table 1 Experimental results <table><tr><th>Specimens</th><th>f_c (MPa)</th><th>V_{cr-cal} (kN)</th><th>V_{cu-cal} (kN)</th><th>$V_{cr-test}$ (kN)</th><th>$V_{cu-test}$ (kN)</th><th>V_{max} (kN)</th><th>V_{min} (kN)</th><th>$\frac{V_{min}}{V_{max}}$</th><th>$\frac{V_{max}}{V_{cu}}$</th><th>N ($\times 10^4$)</th></tr><tr><td>No. 1</td><td>34.7</td><td>43.1</td><td>57.3</td><td>56.4</td><td>62.2</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>No. 2</td><td>38.0</td><td>44.4</td><td>59.0</td><td>39.7</td><td>—</td><td>45.0</td><td>5.0</td><td>0.11</td><td>0.76</td><td>0.27</td></tr><tr><td>No. 3</td><td>39.8</td><td>45.1</td><td>60.0</td><td>—</td><td>—</td><td>40.0</td><td>5.0</td><td>0.13</td><td>0.67</td><td>130 <</td></tr><tr><td>No. 4</td><td>27.9</td><td>71.0</td><td>156.0</td><td>150.0</td><td>—</td><td>100.0</td><td>20.0</td><td>0.20</td><td>0.64</td><td>200 <</td></tr></table> where f_c: concrete compressive strength, V_{cr-cal}: diagonal cracking load calculated by Eq. 1, V_{cu-cal}: ultimate shear strength calculated by Eq. 2, $V_{cr-test}$: tested diagonal cracking load, $V_{cu-test}$: tested ultimate shear strength, V_{max}: applied maximum shear force, V_{min}: applied minimum shear force, and N: fatigue life		Specimens	f_c (MPa)	V_{cr-cal} (kN)	V_{cu-cal} (kN)	$V_{cr-test}$ (kN)	$V_{cu-test}$ (kN)	V_{max} (kN)	V_{min} (kN)	$\frac{V_{min}}{V_{max}}$	$\frac{V_{max}}{V_{cu}}$	N ($\times 10^4$)	No. 1	34.7	43.1	57.3	56.4	62.2	—	—	—	—	—	No. 2	38.0	44.4	59.0	39.7	—	45.0	5.0	0.11	0.76	0.27	No. 3	39.8	45.1	60.0	—	—	40.0	5.0	0.13	0.67	130 <	No. 4	27.9	71.0	156.0	150.0	—	100.0	20.0	0.20	0.64	200 <
Specimens	f_c (MPa)	V_{cr-cal} (kN)	V_{cu-cal} (kN)	$V_{cr-test}$ (kN)	$V_{cu-test}$ (kN)	V_{max} (kN)	V_{min} (kN)	$\frac{V_{min}}{V_{max}}$	$\frac{V_{max}}{V_{cu}}$	N ($\times 10^4$)																																															
No. 1	34.7	43.1	57.3	56.4	62.2	—	—	—	—	—																																															
No. 2	38.0	44.4	59.0	39.7	—	45.0	5.0	0.11	0.76	0.27																																															
No. 3	39.8	45.1	60.0	—	—	40.0	5.0	0.13	0.67	130 <																																															
No. 4	27.9	71.0	156.0	150.0	—	100.0	20.0	0.20	0.64	200 <																																															
備考																																																									

分類	B1-33
材料	部材種類（ 単体 ） 素材・形状（ C S ）
論文名	BEHAVIOR OF ANCHORAGE FOR FRP TENDONS USING HIGHLY EXPANSIVE MATERIAL UNDER CYCLIC LOADING
著者	Tetsuo HARADA(Department of Structural Engineering, Nagasaki University), Masashi SOEDA(Department of Civil Engineering, Fukuoka University)
出典名	Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures Proceeding of the Third International Symposium, Vol.2, Oct., 1997 pp.719-726
キーワード	"CFRP strand", "highly expansive material", "anchorage", "fatigue test", "bond analysis"
概要	著者らによって開発された膨張性材料を用いたアンカー（HEM）はFRPロッドやストランドの便利な試験方法として引張試験や疲労試験に使用されている。疲労試験の結果から、HEMを用いたCFRPの特性は、エポキシを用いたそれより有利であることがわかった。上記の違いと疲労荷重下のHEMを用いたアンカーのメカニズムを解明するため、著者らは20回の繰り返し荷重のもと引き抜き試験を行った。 その結果負のせん断力qがHEMに発生し、エポキシを用いた方には発生しなかった。この負のせん断力がせん断プレストレスとしてアンカー部におけるテンドンへの応力集中を緩和している。せん断プレストレスのためHEMに働く繰り返し荷重はエポキシタイプよりも小さいものとなっている。最後に繰り返し荷重下における上記の結果を説明するため、FEMによりHEMの解析を行った。その結果は、試験結果を説明づけるものとなった。
結果	(1) CFRPストランドの疲労特性が優れたものとなる理由は、HEMがエポキシ樹脂を用いた定着部よりもかかる荷重が小さいからである。 (2) せん断プレストレスによって荷重の大きさが減少していることが考えられる。 (3) 提案モデルによる解析の結果は試験結果とよく適合した。また、提案モデルはシンプルであり、十分にせん断プレストレスにより説明がつくものである。      
備考	

分類	B4-30
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論文名	コースティックス法による直交異方性CFRP積層材の応力拡大係数の測定
著者	広瀬 幸雄 (金沢大学) , 山岸 雄一 (金沢大学)
出典名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.3, pp.299-304, Mar.1998
キーワード	CFRP積層材, 直交異方性, コースティックス法, 応力拡大係数
概要	表面反射型コースティックス法を用いて、直交異方性CFRP積層材の応力拡大係数の測定について実験的に検討を行い、その結果を有限要素解析結果と比較検討し、初期曲線が切り欠き先端部の面外変位分布の測定精度に及ぼす影響について考察している。
結果	CFRP積層材は、PAN系炭素繊維を補強材とし、エポキシ樹脂配合物をマトリックスとした、板厚$t = 1.0\text{mm}$の方向強化材である。試験片は、幅38mm、長125mmに機械加工し、切り欠きは、試験片の繊維直角方向に、幅0.3mm、長18mmで、先端の曲率半径を$0.10 \pm 0.02\text{mm}$とした。結論は、以下の通り。 (1)直交異方性CFRP積層材にもコースティックス法は適用可能であり、測定時の初期曲線R_0が本研究で求められた$R_{0\min}$より大きい範囲において、正確な応力拡大係数をコースティックス像の最大直径より測定することができた。 (2)直交異方性CFRP積層材の場合の$R_{0\min}$の大きさは、板厚の半分程度となり、従来の等方性材料の場合と同じ傾向が得られた。 (3)2次元および3次元有限要素解析による直交異方性材料の切り欠き先端の変位分布は、両者の間に違いが見られ、その領域は$R_{0\min}$とほぼ一致した。
備考	 Fig. 1. Schematic illustration of basic principle for method of caustics.  Fig. 8. Relation between initial curve and stress intensity factor.

分 類	B4-23
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CP)
論 文 名	CFRP積層材の静的横せん断特性
著 者	邊 吾一(日本大学生産工学部機械工学科), 谷本安浩(日本大学生産工学部機械工学科)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.3, pp287-292, Mar. 1998
キーワード	Transverse shear modulus, Transverse shear failure strain, Transverse shear strength, CFRP laminate, Short beam method, 3D FEM, Transverse isotropy
概 要	CFRP積層材の静的横せん断 弾性係数と破壊ひずみを実験的に得た。これらは、ショートビーム試験片の中立軸上の2点の垂直方向の変位を、開発した光電力メラを用いる方法で測定した。この方法の妥当性は等方性材料の実験から確認した。横方向せん断弾性係数と破断ひずみの実験値を古典積層理論と3次元FEMの解析結果と比較した。一方向材では 0° と 90° 材横せん断 弾性係数から任意の繊維配向角の横せん断 弾性係数が算出できる。繊維配向角が増えるに従い破壊応力は減少し、 0° 、 15° ではせん断破壊、 30° ではせん断 と曲げによる破壊、 45° 以上では曲げによって破壊する。従って、ショートビーム試験で求められる一方向材の横せん断 強度と破壊ひずみは配向角が 30° 以下となる。
結 果	 Fig. 1. Test specimen.  Fig. 9. Variations of transverse shear strength and failure strain with fiber orientation angle.  Fig. 6. Variation of transverse shear modulus with fiber orientation angle.  Fig. 10. Transverse shear stress distribution in 0° laminate obtained by 3D FEM.
備 考	

結果

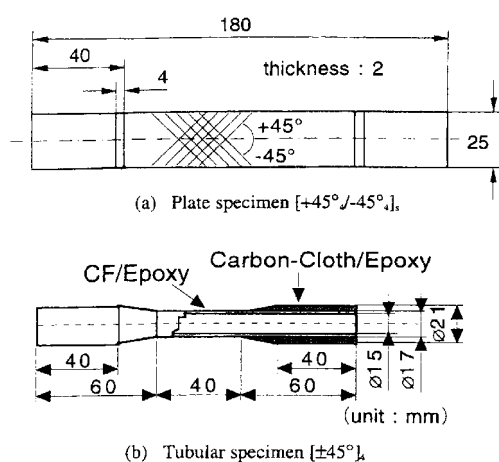


Fig. 1. CFRP specimens.

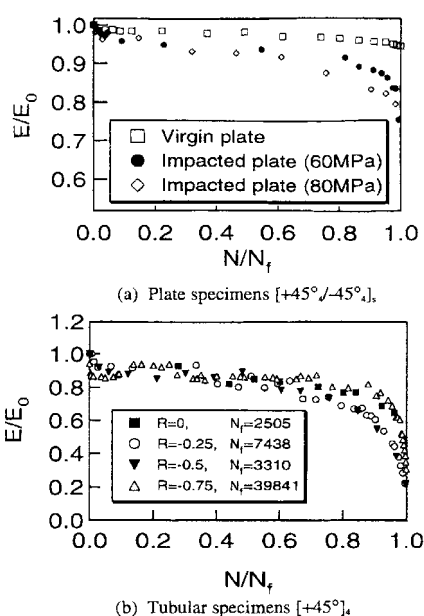


Fig. 4. Change of elastic moduli.

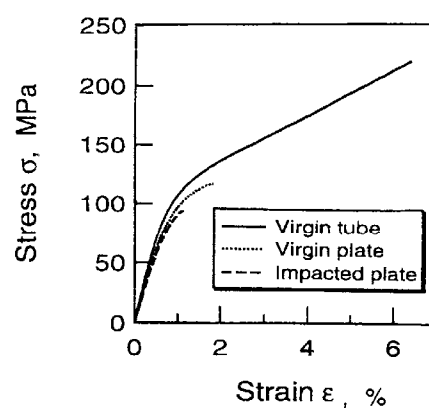


Fig. 2. Stress-strain relation under monotonic tensile loading.

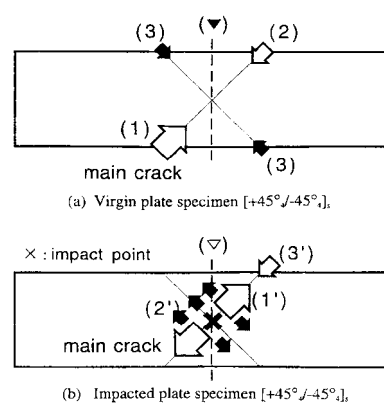


Fig. 5. Schematic illustration of damage development for plate specimen.

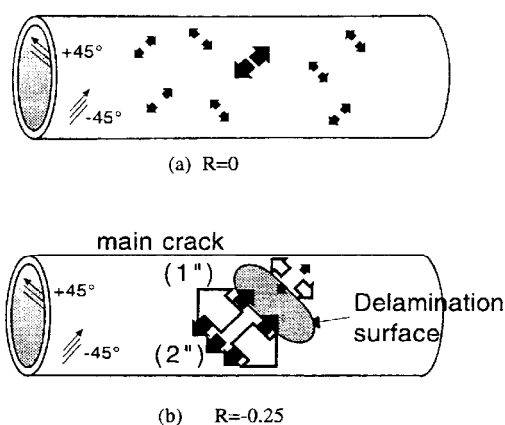
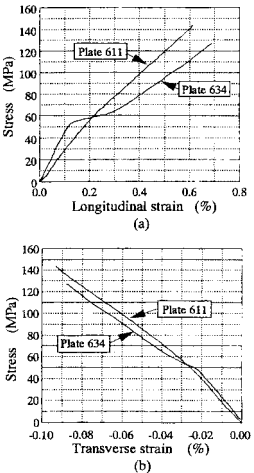
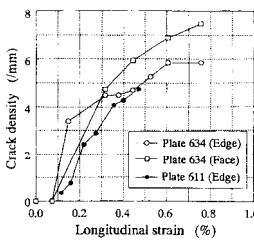
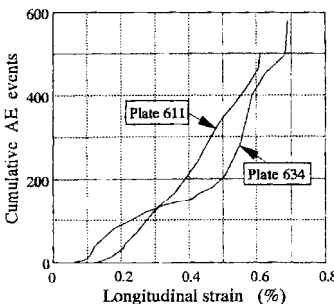
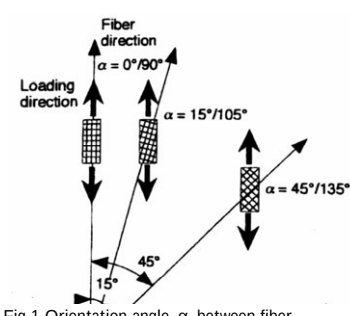
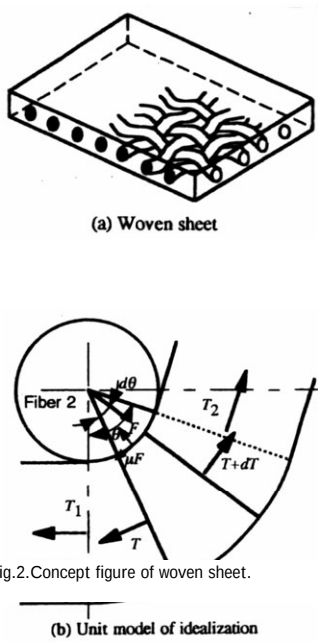
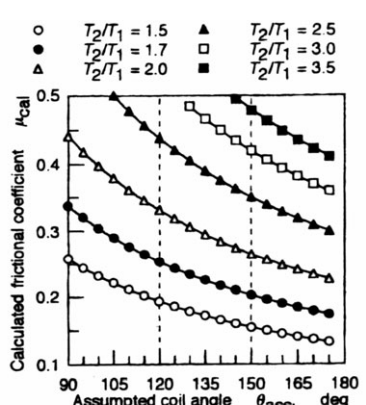
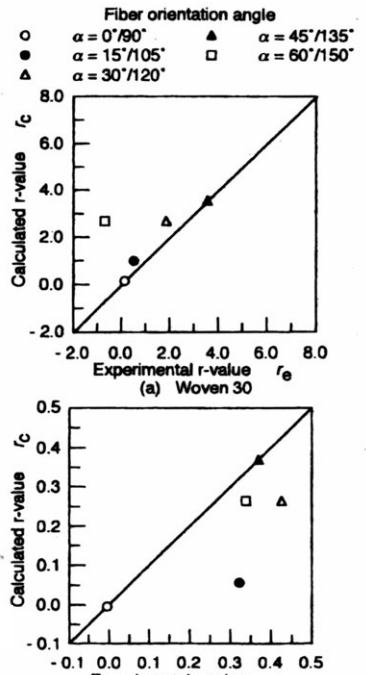


Fig. 10. Schematic illustration of damage development for tubular specimen.

備考

分 類	B4-29
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論 文 名	ランダム配向不連続炭素繊維強化ガラス基複合材料の破壊メカニズム
著 者	武田 展雄 (東京大学国際・産学共同研究センター) , 黄木 景二 (九州大学)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.4, pp.406-412, Apr.1998
キーワード	複合材料, ランダム配向不連続炭素繊維, 強化ガラス基, A E 特性, 破壊メカニズム
概 要	成形温度条件の違う二つの C F / B S G 試験片を対象として、単調引張、準静的負荷 / 除荷、および、四点曲げ試験を行い、機械的特性の変化、A E 特性と破壊プロセスの関係を調査した。
結 果	成形温度条件の違う二つの C F / B S G 複合材料版は、強化材として面内ランダム配向した不連続炭素繊維(長さ19mm、直径約8μm)のシートを用い、これをボロシリケートガラス粉末のスラリー中を通した後、高压・高温条件下で作成した。繊維体積含有率は30~35%、空孔体積率は1~3%である。 実施した試験の内容は次の通り。 単調引張試験では、応力-ひずみ線図からヤング率とポアソン比を計算するとともに、累積 A E 事象数、振幅分布を求めた。 準静的負荷/徐荷試験では、荷重段階毎に亀裂密度と徐荷ヤング率との相関を調査した。 四点曲げ試験では、応力-ひずみ線図および A E データを、また、荷重段階毎に亀裂密度と徐荷ヤング率との相関を取得した。 結果は以下のとおり。 (1) 複合材料の微視構造、初期亀裂から機械的特性を説明することができる。 (2) 応力-ひずみ線図と A E 特性は、亀裂の様相・進展挙動と大きな相関がある。 (3) ヤング率は、ポアソン比と比べて、亀裂密度を評価するよりよい損傷パラメータとなり得る。
備 考	 Figure 4 consists of two subplots. Subplot (a) shows Stress (MPa) on the y-axis (0 to 160) versus Longitudinal strain (%) on the x-axis (0.0 to 0.8). It contains two curves: one for Plate 611 (solid line with open circles) and one for Plate 634 (solid line with open squares). Both curves show an initial linear elastic region followed by a non-linear region. Subplot (b) shows Stress (MPa) on the y-axis (0 to 160) versus Transverse strain (%) on the x-axis (-0.10 to 0.00). It also contains two curves for Plate 611 and Plate 634, showing a similar trend of initial linearity followed by non-linearity.  Figure 7 is a line graph showing Crack density (mm) on the y-axis (0 to 8) versus Longitudinal strain (%) on the x-axis (0.0 to 1.0). There are three data series: Plate 634 (Edge) represented by open circles, Plate 634 (Face) represented by open squares, and Plate 611 (Edge) represented by solid circles. All three series show an increasing trend of crack density with increasing longitudinal strain.  Figure 9 is a line graph showing Cumulative AE events on the y-axis (0 to 600) versus Longitudinal strain (%) on the x-axis (0 to 0.8). There are two data series: Plate 611 (solid line with open circles) and Plate 634 (solid line with open squares). Both series show a sharp increase in cumulative AE events as longitudinal strain increases, particularly after 0.4% strain.

分類	B4-17
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (GP)
論文名	GFRP板の塑性加工性と繊維間摩擦との関係
著者	大村勝(摂南大学), 岡本一則(初田工業)
出典名	材料(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.47, No.5, pp.452-457, May.1998
キーワード	GFRP板, 塑性加工性, 上界法による解析, r値
概要	繊維の体積含有率30%、60%の直交織GFRP板、および体積含有率30%の直交積層GFRP板について単軸引張試験を実施し、解析値と比較検討を行った。
結果	(1)応力は、繊維と体積含有率および摩擦効果により大きくなる。(2)塑性変形の大きな方向は繊維の回転によって変形させればよい(3)繊維間摩擦により強度が増加。(摩擦係数は0.15～0.35程度と推定)(4)積層板ならびに直交織板において、R.Hillの直交異方性降伏条件式からのr値を適用することが可能。  Fig.1.Orientation angle α between fiber axis and loading direction.  Fig.2. Concept figure of woven sheet.  Fig.6. Calculated result of coiled angle and frictional coefficient for each strength ratio at the fiber orientation angle $\alpha = 0^\circ/90^\circ$.  Fig.7.Relation between calculated r-value and experimental r-value at $\epsilon_n=0.02$.
備考	

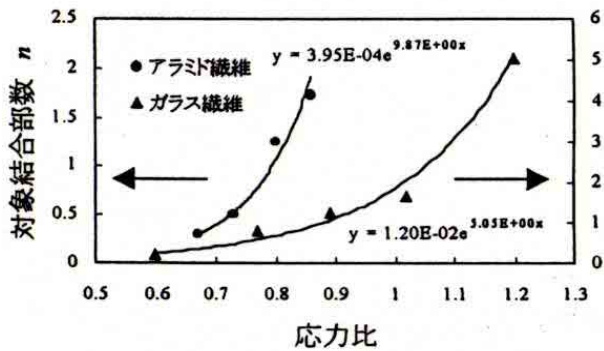
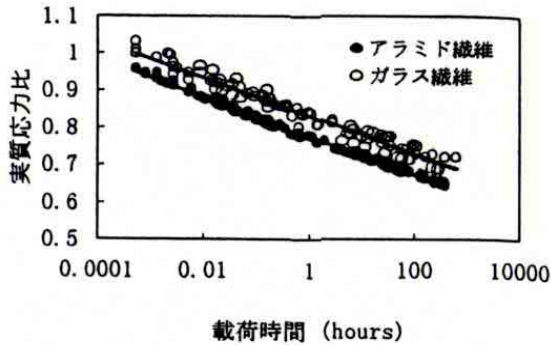
分類	A3-4																																																																																																																																																																																															
材料	部材種類（単体）		素材・形状（G）																																																																																																																																																																																													
論文名	こんなところに複合材料 ―繊維強化プラスチック(FRP)浄化槽―																																																																																																																																																																																															
著者	松林一夫((社)型式浄化槽協会)																																																																																																																																																																																															
出典名	日本複合材料学会誌, Vol.24, No.5, pp.30-34, 1998.5																																																																																																																																																																																															
キーワード	繊維強化プラスチック浄化槽, 土中劣化																																																																																																																																																																																															
概要	FRP浄化槽の土中耐久性の評価試験報告																																																																																																																																																																																															
結果	浸漬する土壌は, 川砂に, 水道水, pH10のNaOH水溶液(アルカリ), pH13のNaOH水溶液(アルカリ), pH4のHCl水溶液(酸), 灯油(界面活性剤を入れて水で50%に希釈)の5種類の薬品を入れ, 人工的に浸漬する土壌を作成した. FRP試験板としては, ガラス繊維を用いた3種類を使用した. 試験方法は, 密閉式ステンレスタンクに各溶液および土を入れ, 試料を浸漬させた. 1年間の浸漬期間中に薬品の補充は基本的に行わなかった. ただし, 灯油に関しては180日経過後, 灯油と水分が分離したため, 水分を除去し灯油を補充した. 浸漬期間は1年間とし, 0, 90, 180, 270および360日を測定の時期とした. 測定は, 外観変化, 質量変化, パーコル硬さの変化, 曲げ強さの変化, 曲げ弾性率の変化の5項目とした. 試験結果は, 全ての試験水準において, 著しい外観変化は見られなかった. また, その他の各評価項目とも顕著な劣化は見られなかった. <table><thead><tr><th colspan="5">アルカリ pH 10</th><th colspan="5">アルカリ pH 13</th></tr><tr><th>成形法</th><th>日数</th><th>HUL(0)</th><th>HUL(25)</th><th>SMC</th><th>成形法</th><th>日数</th><th>HUL(0)</th><th>HUL(25)</th><th>SMC</th></tr></thead><tbody><tr><td rowspan="5">質量変化(%)</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td rowspan="5">質量変化(%)</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr><tr><td>90</td><td>0.25</td><td>0.24</td><td>0.30</td><td>90</td><td>0.23</td><td>0.22</td><td>0.29</td></tr><tr><td>180</td><td>0.33</td><td>0.31</td><td>0.48</td><td>180</td><td>0.31</td><td>0.29</td><td>0.38</td></tr><tr><td>270</td><td>0.59</td><td>0.55</td><td>0.94</td><td>270</td><td>0.59</td><td>0.58</td><td>0.90</td></tr><tr><td>360</td><td>0.28</td><td>0.14</td><td>0.52</td><td>360</td><td>0.23</td><td>0.15</td><td>0.51</td></tr><tr><td rowspan="5">パーコル硬さ</td><td>0</td><td>57.2</td><td>57.7</td><td>47.1</td><td rowspan="5">パーコル硬さ</td><td>0</td><td>57.2</td><td>57.7</td><td>47.1</td></tr><tr><td>90</td><td>55.7</td><td>59.3</td><td>47.8</td><td>90</td><td>55.4</td><td>60.8</td><td>48.4</td></tr><tr><td>180</td><td>53.2</td><td>55.5</td><td>42.7</td><td>180</td><td>53.4</td><td>55.1</td><td>45.3</td></tr><tr><td>270</td><td>50.7</td><td>56.8</td><td>40.5</td><td>270</td><td>50.9</td><td>53.0</td><td>40.7</td></tr><tr><td>360</td><td>54.3</td><td>54.3</td><td>40.9</td><td>360</td><td>54.0</td><td>55.4</td><td>44.5</td></tr><tr><td rowspan="5">曲げ強さ(MPa)</td><td>0</td><td>156</td><td>134</td><td>224</td><td rowspan="5">曲げ強さ(MPa)</td><td>0</td><td>156</td><td>134</td><td>224</td></tr><tr><td>90</td><td>153</td><td>186</td><td>211</td><td>90</td><td>159</td><td>160</td><td>167</td></tr><tr><td>180</td><td>150</td><td>148</td><td>144</td><td>180</td><td>153</td><td>163</td><td>101</td></tr><tr><td>270</td><td>192</td><td>168</td><td>142</td><td>270</td><td>160</td><td>167</td><td>105</td></tr><tr><td>360</td><td>155</td><td>175</td><td>116</td><td>360</td><td>139</td><td>160</td><td>103</td></tr><tr><td rowspan="5">曲げ弾性率(GPa)</td><td>0</td><td>7.32</td><td>7.27</td><td>12.98</td><td rowspan="5">曲げ弾性率(GPa)</td><td>0</td><td>7.32</td><td>7.27</td><td>12.98</td></tr><tr><td>90</td><td>7.77</td><td>8.46</td><td>12.74</td><td>90</td><td>7.81</td><td>8.34</td><td>12.90</td></tr><tr><td>180</td><td>7.32</td><td>7.32</td><td>9.93</td><td>180</td><td>6.99</td><td>7.62</td><td>7.97</td></tr><tr><td>270</td><td>7.69</td><td>6.94</td><td>9.08</td><td>270</td><td>6.94</td><td>6.86</td><td>7.47</td></tr><tr><td>360</td><td>7.62</td><td>7.74</td><td>9.20</td><td>360</td><td>7.04</td><td>8.11</td><td>8.90</td></tr></tbody></table>				アルカリ pH 10					アルカリ pH 13					成形法	日数	HUL(0)	HUL(25)	SMC	成形法	日数	HUL(0)	HUL(25)	SMC	質量変化(%)	0	0.00	0.00	0.00	質量変化(%)	0	0.00	0.00	0.00	90	0.25	0.24	0.30	90	0.23	0.22	0.29	180	0.33	0.31	0.48	180	0.31	0.29	0.38	270	0.59	0.55	0.94	270	0.59	0.58	0.90	360	0.28	0.14	0.52	360	0.23	0.15	0.51	パーコル硬さ	0	57.2	57.7	47.1	パーコル硬さ	0	57.2	57.7	47.1	90	55.7	59.3	47.8	90	55.4	60.8	48.4	180	53.2	55.5	42.7	180	53.4	55.1	45.3	270	50.7	56.8	40.5	270	50.9	53.0	40.7	360	54.3	54.3	40.9	360	54.0	55.4	44.5	曲げ強さ(MPa)	0	156	134	224	曲げ強さ(MPa)	0	156	134	224	90	153	186	211	90	159	160	167	180	150	148	144	180	153	163	101	270	192	168	142	270	160	167	105	360	155	175	116	360	139	160	103	曲げ弾性率(GPa)	0	7.32	7.27	12.98	曲げ弾性率(GPa)	0	7.32	7.27	12.98	90	7.77	8.46	12.74	90	7.81	8.34	12.90	180	7.32	7.32	9.93	180	6.99	7.62	7.97	270	7.69	6.94	9.08	270	6.94	6.86	7.47	360	7.62	7.74	9.20	360	7.04	8.11	8.90
アルカリ pH 10					アルカリ pH 13																																																																																																																																																																																											
成形法	日数	HUL(0)	HUL(25)	SMC	成形法	日数	HUL(0)	HUL(25)	SMC																																																																																																																																																																																							
質量変化(%)	0	0.00	0.00	0.00	質量変化(%)	0	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																							
	90	0.25	0.24	0.30		90	0.23	0.22	0.29																																																																																																																																																																																							
	180	0.33	0.31	0.48		180	0.31	0.29	0.38																																																																																																																																																																																							
	270	0.59	0.55	0.94		270	0.59	0.58	0.90																																																																																																																																																																																							
	360	0.28	0.14	0.52		360	0.23	0.15	0.51																																																																																																																																																																																							
パーコル硬さ	0	57.2	57.7	47.1	パーコル硬さ	0	57.2	57.7	47.1																																																																																																																																																																																							
	90	55.7	59.3	47.8		90	55.4	60.8	48.4																																																																																																																																																																																							
	180	53.2	55.5	42.7		180	53.4	55.1	45.3																																																																																																																																																																																							
	270	50.7	56.8	40.5		270	50.9	53.0	40.7																																																																																																																																																																																							
	360	54.3	54.3	40.9		360	54.0	55.4	44.5																																																																																																																																																																																							
曲げ強さ(MPa)	0	156	134	224	曲げ強さ(MPa)	0	156	134	224																																																																																																																																																																																							
	90	153	186	211		90	159	160	167																																																																																																																																																																																							
	180	150	148	144		180	153	163	101																																																																																																																																																																																							
	270	192	168	142		270	160	167	105																																																																																																																																																																																							
	360	155	175	116		360	139	160	103																																																																																																																																																																																							
曲げ弾性率(GPa)	0	7.32	7.27	12.98	曲げ弾性率(GPa)	0	7.32	7.27	12.98																																																																																																																																																																																							
	90	7.77	8.46	12.74		90	7.81	8.34	12.90																																																																																																																																																																																							
	180	7.32	7.32	9.93		180	6.99	7.62	7.97																																																																																																																																																																																							
	270	7.69	6.94	9.08		270	6.94	6.86	7.47																																																																																																																																																																																							
	360	7.62	7.74	9.20		360	7.04	8.11	8.90																																																																																																																																																																																							
備考	FRP製浄化槽を対象とした文献であり, 建設構造物には直接関係しないが, FRPの土中劣化という, 従来には無かった試験結果が示されており, FRPを土中で使用する場合の参考にはなるであろう.																																																																																																																																																																																															

分 類	A4-8, C4-4
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CD, AD, GD)
論 文 名	高温環境下における各種繊維の引張強度特性
著 者	西村次男, 魚本健人, 加藤佳孝 (東京大学生産技術研究所), 山口明伸 (鹿児島大学)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998
キ ー ワ ー ド	繊維, 高温環境下, 耐化学薬品性, 劣化促進試験
概 要	本報告は、一方向繊維強化補強材 (FRPロッド) を構成するアラミド繊維 (テクノーラ、ケブラーK49)、ガラス繊維およびカーボン繊維を温度80、湿度$60 \pm 2\%$の高温環境下における耐化学薬品性劣化促進浸漬試験 (アルカリ溶液、塩酸水溶液および純水) を実施し、浸漬試験後の強度特性および走査電子顕微鏡を用いて微視的観察 (SEM観察) による劣化性状について検討を行っている。なお、浸漬条件はアルカリ溶液 (水酸化ナトリウム溶液1mol/L)、酸性溶液 (塩酸水溶液1mol/L)、蒸留水の3種類を設定。また、繊維の浸漬期間は30、60、90日とし、所要日数経過後、繊維を取り出し、蒸留水で洗浄乾燥後、劣化状況の調査検討を行っている。
結 果	(1) 厳しい高温環境下 (温度:80、湿度:$60 \pm 2\%$) における劣化促進浸漬試験 (アルカリ溶液、酸性溶液および蒸留水) を実施したが、いずれの繊維とも強度低下する。 (2) 走査電子顕微鏡観察 (SEM観察) 結果 ・アラミド繊維であるケブラーK49材が塩酸水溶液 (1mol/L) 浸漬で繊維表面の劣化性状が観察された。 ・ガラス繊維においても長期材令で塩酸水溶液 (1mol/L) 浸漬で繊維表面に劣化性状が観察された。 (3) 炭素繊維の耐化学薬品抵抗性について 本実験結果では、特に塩酸水溶液 (1mol/L) 中に60日浸漬した場合において約37%程度の強度低下が確認された。 以上より、今後、温度等の環境条件の相違による各種繊維の劣化進行の程度を把握し、使用環境によって何らかの対策の必要性を示唆している。
備 考	

分類	C4-3
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CS , AD , GD)
論文名	各種連続繊維補強材の高温引張強度特性
著者	今井章博(ニチアス(株)), 棚野博之, 白田太(建設省建築研究所), 下井大輔(東京理科大学)
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 20, No. 2, 1998
キーワード	連続繊維補強材, 高温特性, 引張強度, 引張弾性係数, 応力-ひずみ曲線
概要	本報告は、連続繊維補強材(炭素、アラミド、ガラス)の高温域での素材繊維の種類および形状による力学特性の影響を把握するために、素材繊維として炭素、アラミドおよびガラスの3種類とこれら繊維素材による補強材5種類について検討を行っている。 試験は、両端200mmの定着部を設けた素材部材長900mmを最高550℃まで加熱可能な電気炉内にセットし、加熱引張強度試験を行い各連続繊維補強材の力学的相違点について検討を行っている。
結果	(1) 素材繊維の種類による影響 螺旋系巻形状で比較すると以下のとおりである。 ・炭素およびガラス繊維補強材 引張強度保持率 : 250℃前後より低下がやや大きくなる。 引張弾性係数保持率: 100℃前後よりゆるやかに低下する。 ・アラミド繊維補強材 引張強度、引張弾性係数保持率はそれぞれ200℃および150℃前後より著しく低下する。 (2) 補強材の形状による影響 ・炭素繊維補強材 直線状および螺旋系巻状補強材は組紐やより線状補強材と比較して相対的に各保持率とも低下が小さい。 ・アラミド繊維補強材 補強材の形状の相違による影響の差異は認められなく、各強度保持率の低下傾向は同一傾向である。 (3) いずれの繊維補強材とも、同一温度で引張強度保持率は引張弾性係数保持率の1/2程度。 (4) 繊維補強材の塑性変形域 ・炭素繊維補強材: 350℃以上で破断に近い荷重域より塑性変形を示す。 ・アラミドおよびガラス繊維補強材: 300℃以上で破断に近い荷重域より塑性変形を示す。
内容	

分類	A1-8																																																																									
材料	部材種類（単体）	素材・形状（GL）																																																																								
論文名	コンクリート中に長期間埋設した連続ガラス繊維補強材の諸物性について																																																																									
著者	林 耕四郎(旭硝子マテックス株), 関島謙蔵(清水建設株) 技術研究所)																																																																									
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.2, pp247-252, 1998.6																																																																									
キーワード	ガラス繊維, PCはり, 引張試験, 保持率, SEM																																																																									
概要	ガラス繊維を用いた格子状連続繊維補強材を緊張材としたプレテンション方式のPCはりをも多数製作し, 屋外に長期間放置した後に, 補強材を取り出して, 引張試験および走査型電子顕微鏡による断面の観察を行って, 実際のコンクリート中における諸物性の变化について検討した. その結果, 最大引張荷重および引張剛性の保持率の低下は小さく, ガラス繊維自体もほとんど劣化していない事が明らかになった.																																																																									
結果	1. 補強材 材齢7年7ヶ月～8年1ヶ月でPCはりのコンクリートをはつって取り出した補強材は, ビニルエステル樹脂が初期の段階よりも若干赤く変色していたが, それ以外の変状は見られなかった. 2. 引張試験 破断状況はどの供試体も似ており, 試験部がバラバラになって竹ぼうき状を呈した. 初期緊張力が0の供試体の保持率が平均で80%であり, むしろ初期緊張力を与えた他の供試体の方が保持率が高く, それぞれ平均で90%を超えていた. 荷重とひずみの関係は, ほぼ直線であった. 引張剛性の保持率はばらつきはあるけれどもほぼ100%であり, 補強材の引張剛性におけるアルカリの影響は極めて少ないと考えられる. 3. SEMによる観察 SEMによる観察の結果, 補強材とコンクリートとの境界付近のガラス繊維はきれいな円形であり, アルカリによって侵食されていない事が認められた. 引張試験結果のまとめ <table><tr><th>PCはり</th><th>$\frac{F_i}{F_u}$ (%)</th><th>最大引張荷重 F_{ru} (kN)</th><th>終ひずみ ϵ_{ru} (%)</th><th>引張剛性* E, A (kN)</th><th>引張強度 f_{ru} (N/mm²)</th><th>ヤング係数* E_r (kN/mm²)</th><th>最大引張荷重の保持率 F_{ru}/F_u (%)</th><th>引張剛性の保持率 $E_r A/E A$ (%)</th></tr><tr><td>No. 1</td><td>0</td><td>41.6</td><td>1.58</td><td>2,445</td><td>528</td><td>31.1</td><td>78.6</td><td>95.6</td></tr><tr><td>No. 4</td><td>45.4</td><td>51.7</td><td>2.09</td><td>2,737</td><td>657</td><td>34.8</td><td>97.8</td><td>107</td></tr><tr><td>No. 9</td><td>35.1</td><td>50.9</td><td>1.93</td><td>2,694</td><td>646</td><td>34.2</td><td>96.1</td><td>105</td></tr><tr><td>No. 10</td><td>40.1</td><td>50.3</td><td>1.99</td><td>2,713</td><td>639</td><td>34.5</td><td>95.1</td><td>106</td></tr><tr><td>No. 14</td><td>25.1</td><td>49.4</td><td>1.90</td><td>2,620</td><td>627</td><td>33.3</td><td>93.3</td><td>102</td></tr><tr><td>No. 15</td><td>47.8</td><td>48.5</td><td>1.82</td><td>2,519</td><td>616</td><td>32.0</td><td>91.7</td><td>98.5</td></tr><tr><td>No. 16</td><td>52.5</td><td>52.9</td><td>2.02</td><td>2,713</td><td>672</td><td>34.5</td><td>99.9</td><td>106</td></tr></table> * 最大引張荷重の20%と60%の時の荷重とひずみを用いて計算した。		PCはり	$\frac{F_i}{F_u}$ (%)	最大引張荷重 F_{ru} (kN)	終ひずみ ϵ_{ru} (%)	引張剛性* E, A (kN)	引張強度 f_{ru} (N/mm ²)	ヤング係数* E_r (kN/mm ²)	最大引張荷重の保持率 F_{ru}/F_u (%)	引張剛性の保持率 $E_r A/E A$ (%)	No. 1	0	41.6	1.58	2,445	528	31.1	78.6	95.6	No. 4	45.4	51.7	2.09	2,737	657	34.8	97.8	107	No. 9	35.1	50.9	1.93	2,694	646	34.2	96.1	105	No. 10	40.1	50.3	1.99	2,713	639	34.5	95.1	106	No. 14	25.1	49.4	1.90	2,620	627	33.3	93.3	102	No. 15	47.8	48.5	1.82	2,519	616	32.0	91.7	98.5	No. 16	52.5	52.9	2.02	2,713	672	34.5	99.9	106
PCはり	$\frac{F_i}{F_u}$ (%)	最大引張荷重 F_{ru} (kN)	終ひずみ ϵ_{ru} (%)	引張剛性* E, A (kN)	引張強度 f_{ru} (N/mm ²)	ヤング係数* E_r (kN/mm ²)	最大引張荷重の保持率 F_{ru}/F_u (%)	引張剛性の保持率 $E_r A/E A$ (%)																																																																		
No. 1	0	41.6	1.58	2,445	528	31.1	78.6	95.6																																																																		
No. 4	45.4	51.7	2.09	2,737	657	34.8	97.8	107																																																																		
No. 9	35.1	50.9	1.93	2,694	646	34.2	96.1	105																																																																		
No. 10	40.1	50.3	1.99	2,713	639	34.5	95.1	106																																																																		
No. 14	25.1	49.4	1.90	2,620	627	33.3	93.3	102																																																																		
No. 15	47.8	48.5	1.82	2,519	616	32.0	91.7	98.5																																																																		
No. 16	52.5	52.9	2.02	2,713	672	34.5	99.9	106																																																																		
備考	本文献では, 暴露期間が7年7ヶ月～8年1ヶ月での試験結果が示されている. さらに長期間暴露した試験体についても継続した調査を行い, 50年後や100年後での劣化状況を推定するためのデータの蓄積が期待される.																																																																									

分類	A1-2
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (CB,AB)
論文名	連続繊維補強材の耐久性評価に関する実験的研究
著者	白田 太(建設省建築研究所 第二研究部), 棚野博之(建設省建築研究所 第二研究部)
出典名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.253-258, 1998.6
キーワード	連続繊維補強材, 高温アルカリ浸漬, 疲労特性, Goodman線図
概要	連続繊維補強材の耐久性評価方法を提案する事を目的に, 高温アルカリ浸漬試験および部分片振りによる引張疲労試験を実施し, 基礎的検討を行った. その結果, アルカリ浸漬試験では, 浸漬期間13週において炭素繊維補強材では引張強度保持率が90~95%となった. アラミド繊維補強材では引張強度保持率は約75%となった.
結果	1. アルカリ浸漬試験 供試体は, 炭素組紐(砂付き)およびアラミド組紐. 浸漬温度は80℃で, 浸漬溶液はpH12.6. 所定の浸漬期間終了後, 3日間流水で洗浄した後, 絶乾状態にして供試体の質量を測定. さらに引張試験を実施. 炭素繊維補強材の場合は単位表面積あたりの質量変化量は3×10^{-5} g/mm²未満であったが, アラミド繊維補強材の場合は浸漬4週間までに急激な質量の減少が認められた. アラミド繊維補強材の場合は, 結合材の溶解だけでなく, 繊維自体の劣化現象も存在したと考えられる. 引張試験結果では, 炭素繊維補強材の場合は浸漬期間13週までの範囲では, 引張強度保持率は90~95%となっているが, 引張弾性係数保持率にはほとんど変化が認められなかった. アラミド繊維補強材の場合, 炭素繊維補強材と同様, 引張弾性係数保持率の低下は見られなかったが, 引張強度保持率は浸漬期間の経過に伴って, ほぼ直線的に減少し, 13週では約75%までの低下が認められた. 以上より, 高温のアルカリ溶液を劣化因子とした評価試験方法は, アラミドなどの高分子化合物を素材繊維とする補強材には適しているが, 炭素などの無機系化合物(特にセラミック系)には適していないと考えられる. 2. 疲労試験 供試体は炭素組紐(砂付き). 試験方法は部分片振りで, 疲労限界は繰返し回数を100万回とし, 100万回を超えたものは, 疲労試験後, 引張試験を行った. 下限応力比(引張最大応力に対する割合)の増加に伴い疲労限界応力比が増大する傾向が見られた. また, 連続繊維緊張材の疲労限界応力振幅は, 下限応力比が0%, 35%の場合, 鋼材に比べ非常に高い値を示したが, 下限応力比65%の場合には, 鋼材と同等の値を示した. また, 一定の繰返し数における下限応力比に対する上限応力比の影響をモデル化したものがGoodman線図であるが, 土木学会提案式で示されるように一般の鋼材は下限応力比の増加に伴い上限応力比が凸型に増加するが, 連続繊維緊張材の場合にはGoodman線図とほぼ同様, 両応力比の間には直線的な関係が認められた. 3. 疲労試験後の引張試験結果 疲労限界応力比以下の場合, 疲労試験前後の引張強度および引張り弾性係数の変化は認められなかった. これらの特性に対する繰返し引張疲労による影響はないと考えられる.
備考	この文献に限らず, 耐久性に関する促進試験を行う場合, 促進環境における試験期間が, 通常の環境の場合にはどの程度の期間に相当するのかわを示す必要があると思われる.

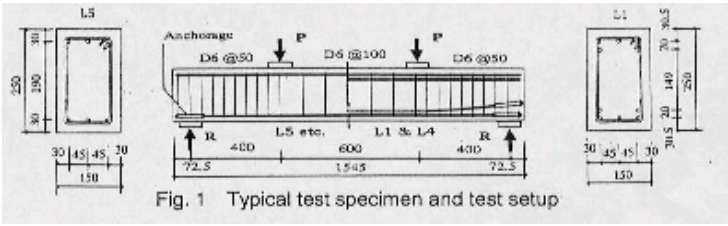
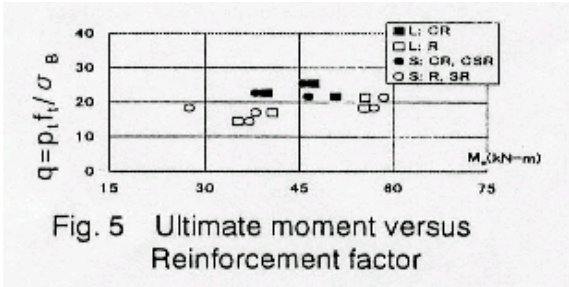
結 果	 図-3 繊維の対象結合部数  図-6 繊維の実質応力比と载荷時間の関係
備 考	

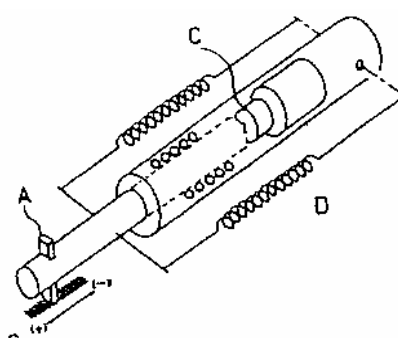
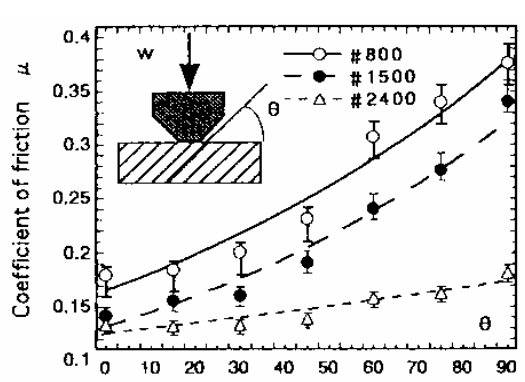
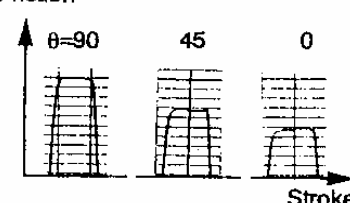
分 類	B2-39
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (A D)
論 文 名	Flexural Failure Mode and Ultimate Moment of FRP Reinforced Concrete Beams after Sustained Loading
著 者	Z.WANG, O, JOH (Hokkaido University)
出 典 名	コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.3, 1998年
キーワード	FRP補強材, 梁, 曲げ終局モード, 持続荷重
概 要	41～43週間にわたりひび割れモーメント相当の持続載荷をした梁と無負荷の梁について, 曲げ性状の比較を行った。その結果, 各種FRP筋を用いた梁は, 持続荷重の有無に関わらず, 曲げ性状および曲げ終局状況の差異は認められなかった。また, 破壊モードの判定は, 従来の鉄筋比による方法を連続繊維棒材を用いたRC梁にも適用できる。
結 果	8種類のFRP補強材を用いた梁を各2本作成し, 一方にひび割れモーメント相当の荷重を41～43週間持続載荷し, もう一方の無負荷の梁と比較を行っている。供試体の一覧を表-1に, 供試体の形状を図-1に, 持続荷重の有無による終局モーメントの差異を図-5に示す。図-5における記号は以下である。 CR: failure in concrete crushing followed by rupture of rods R : failure due to rupture of tensile rods CRS: failure in concrete crushing and shear followed by rupture of rods SR: failure in shear followed by rupture of rods 各種FRP筋を用いた梁は, 持続荷重の有無に関わらず, 曲げ性状および曲げ終局状況の差異は認められなかった。

Table 1 The parameters of test specimens

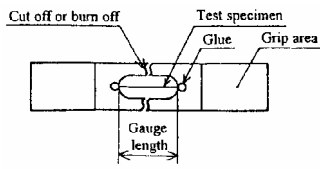
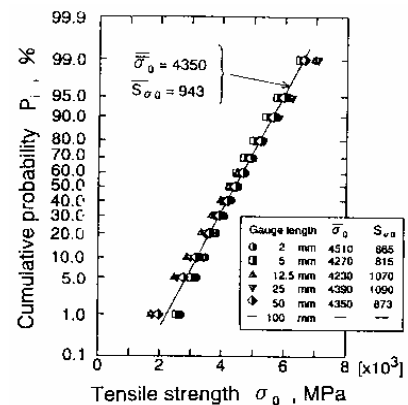
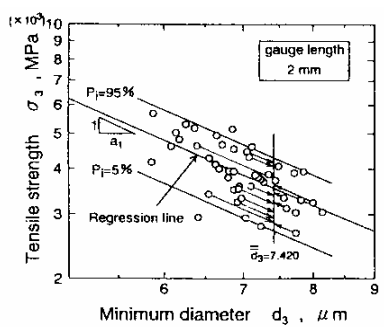
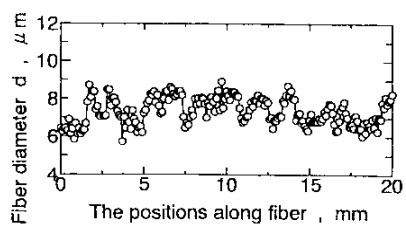
Test specimen	Reinforcement				Reinforcement ratio ρ_t (%)	Concrete			Reinforcement Factor q (%)
	Identification	Elastic modulus E (GPa)	Tensile strength f_t (MPa)	Diameter (mm) $\times$ number		Elastic modulus E_c (GPa)	Compressive strength σ_{cs} (MPa)	Tensile strength f_{ct} (MPa)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
L1, S1	GF-S _p -8.9	46.7	1240	8 $\times$ 5	0.793	26.2	38.8	3.00	25.3
S02	AF-D-8	75.3	1360	8 $\times$ 2	0.305	33.1	22.8	2.61	18.2
L4, S4	AF-B-7.3	58.1	1775	7.3 $\times$ 4	0.532	25.6	41.8	2.60	22.6
L5, S5	CF-D-8	125.3	1730	8 $\times$ 2	0.305	23.4	36.8	2.59	14.3
L6, S6	CF-S _r -7.5	121.3	2210	7.5 $\times$ 3	0.276	24.2	36.0	2.67	16.9
L7, S7	CF-B-7.3	119.2	2360	7.3 $\times$ 3	0.381	27.2	41.8	2.86	21.5
L8, S8	CF-S _p -8.9	140.7	1690	8 $\times$ 3	0.458	24.1	36.3	2.52	21.3
L9, S9	CF _x -S _p -8.9	196.1	1460	8 $\times$ 3	0.458	24.2	36.5	2.72	18.3
L10, S10	SD345-13	196.3	699/493*	D13 $\times$ 3	1.17	25.6	37.1	2.74	15.6

* Yield strength of steel reinforcement

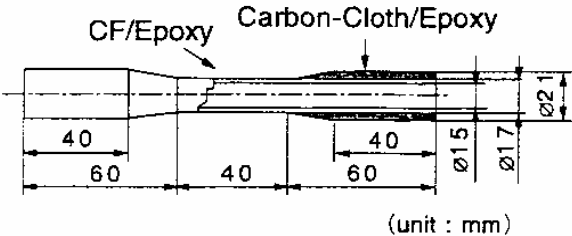
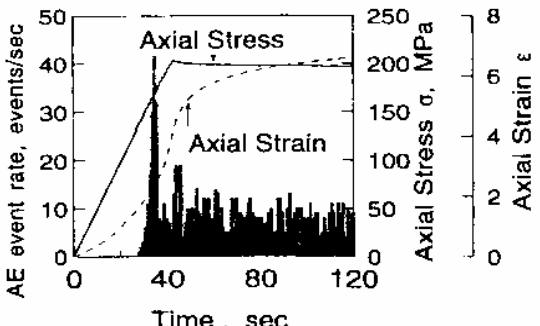
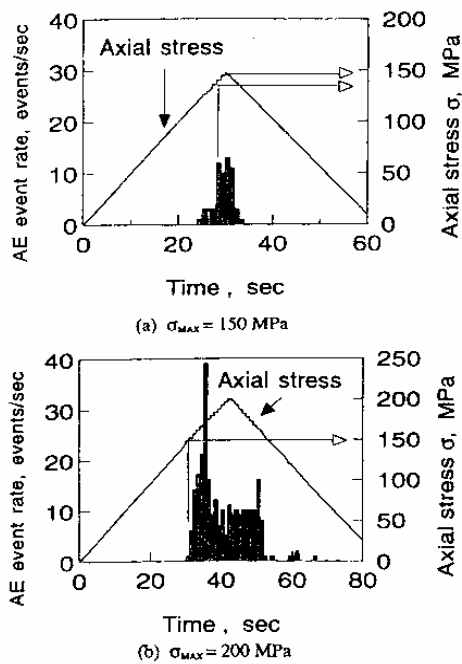
	 Fig. 1 Typical test specimen and test setup
備考	 Fig. 5 Ultimate moment versus Reinforcement factor

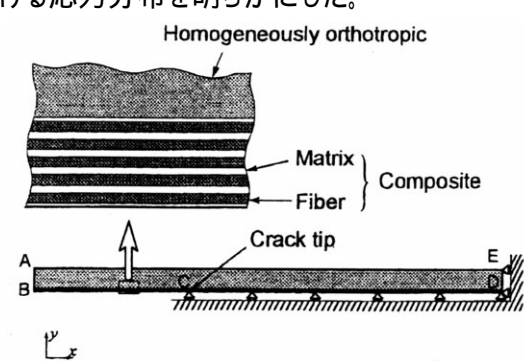
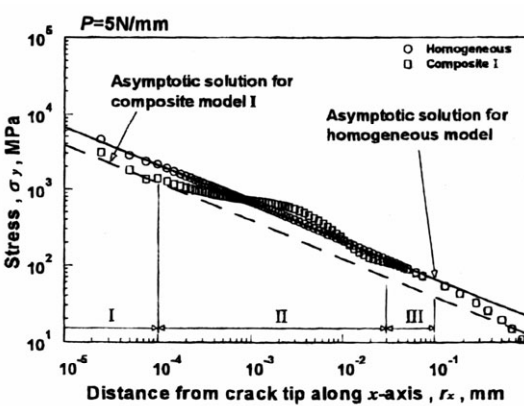
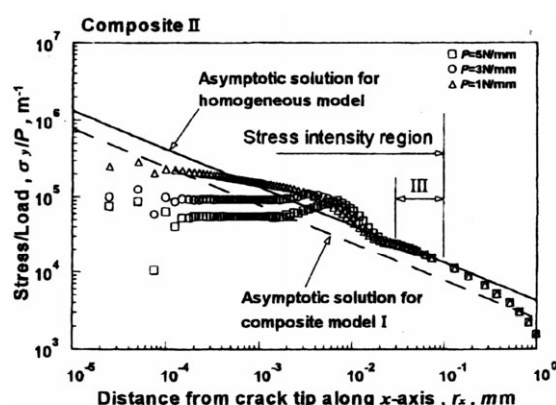
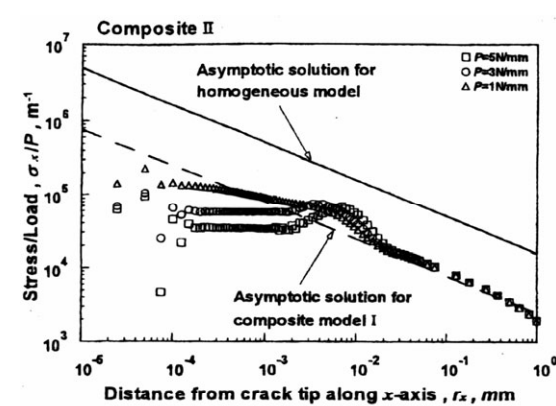
分 類	B4-24
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論 文 名	一方向炭素繊維強化エポキシ複合材料の繊維方向がその摩擦特性に与える影響
著 者	肖 毅 (九州大学大学院), 松原 監壮 (九州大学応用力学研究所)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.6, pp.618-624, 1998
キーワード	C F R P , 摩擦係数, 摩耗試験, 繊維方向, 表面粗さ, 走査型電子顕微鏡
概 要	一方向強化C F R P積層板の摩擦特性を把握するため、手製の摩擦力測定器を組み込んだ試験器を用いて往復摩擦方式の試験を実施した。工学的には、積層板の接続方法に1つであるピンを介した機械的継手のピン穴間の摩擦問題に関する研究である。摩擦問題には極めて多くの実験条件が存在するが、今回は最大摩擦に注目し、潤滑剤を使用せず、相手材はバフ研磨した平坦な炭素鋼とした。試験パラメータは、摩擦面荷重・摩擦速度・摩擦回数(経過時間)等である。
結 果	(1) 繊維配向角 θ が大きいほど摩擦係数が大きくなり、また、表面仕上げが粗いほど摩擦係数は大きい。 (2) 相手材との摩擦により、突出した炭素繊維は鋼材を削り、また、鋼材も凸状の炭素を壊す。炭素の摩耗量は90度より凸凹の激しい45度で多くなる。相手材の摩耗は90度で多く、0度で少ない。樹脂には鋼材と炭素の摩耗粉が混入し繊維間を埋める。  Fig. 1. Measurement system for coefficient of friction. A: Counter part, B: Test piece (CFUR/E), C: Load cell (500gf) and D: Spring with balance load of 200gf.  Fig. 3. Coefficients of friction of CFUR/E as a function of its fiber direction with the parameter of surface roughness.  Fig. 2. Frictional forces along CFUR/E edges roughened by #800 sand paper.
備 考	電子顕微鏡 (SEM) による多数の写真あり。

分類	A1-9, A4-9																																																																									
材料	部材種類 ()	素材・形状 ()																																																																								
論文名	建築・土木分野での複合材料の利用の現状と将来 —連続繊維強化プラスチック補強コンクリート(FRPRC)を中心として—																																																																									
著者	福島敏夫(建設省建築研究所, 第二研究部)																																																																									
出典名	日本複合材料学会誌, Vol.24, No.6, pp.8-17, 1998.6																																																																									
キーワード	連続繊維強化プラスチック補強コンクリート, 連続繊維シート, 補修・補強, エコマテリアル																																																																									
概要	連続繊維強化プラスチック補強コンクリート(FRPRC)を中心とした複合材料の建築・土木分野での利用の現状と将来について, 概略的に解説されたもの.																																																																									
結果	(単位: km) <table><tr><th>年</th><th>1987</th><th>1988</th><th>1989</th><th>1990</th><th>1991</th><th>1992</th><th>1993</th><th>1994</th><th>1995</th><th>1996</th><th>1997</th></tr><tr><td>■ AFRP</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>9.17</td><td>19.03</td><td>3.35</td><td>14.85</td><td>9.06</td><td>14.38</td><td>14.17</td><td>57.38</td></tr><tr><td>□ CFRP</td><td>0.45</td><td>3.11</td><td>2.45</td><td>9.25</td><td>11.28</td><td>7.53</td><td>61.68</td><td>0.33</td><td>13.94</td><td>27.35</td><td>24.97</td></tr></table> CFRP・AFRPの年度別使用量推移(平成9年8月現在) (単位: 件数) <table><tr><th>用途</th><th>アンカー</th><th>橋梁</th><th>海洋構造物</th><th>補修・補強</th><th>非磁性構造物</th><th>煙管構造物</th><th>建築</th><th>トンネル</th></tr><tr><td>□ GFRP</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>7</td></tr><tr><td>■ AFRP</td><td>6</td><td>8</td><td>2</td><td>6</td><td>5</td><td>8</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>□ CFRP</td><td>17</td><td>12</td><td>9</td><td>5</td><td>3</td><td>0</td><td>6</td><td>0</td></tr></table> 用途別施工件数		年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	■ AFRP	0	0	0	9.17	19.03	3.35	14.85	9.06	14.38	14.17	57.38	□ CFRP	0.45	3.11	2.45	9.25	11.28	7.53	61.68	0.33	13.94	27.35	24.97	用途	アンカー	橋梁	海洋構造物	補修・補強	非磁性構造物	煙管構造物	建築	トンネル	□ GFRP	0	0	1	0	2	2	1	7	■ AFRP	6	8	2	6	5	8	3	2	□ CFRP	17	12	9	5	3	0	6	0
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997																																																															
■ AFRP	0	0	0	9.17	19.03	3.35	14.85	9.06	14.38	14.17	57.38																																																															
□ CFRP	0.45	3.11	2.45	9.25	11.28	7.53	61.68	0.33	13.94	27.35	24.97																																																															
用途	アンカー	橋梁	海洋構造物	補修・補強	非磁性構造物	煙管構造物	建築	トンネル																																																																		
□ GFRP	0	0	1	0	2	2	1	7																																																																		
■ AFRP	6	8	2	6	5	8	3	2																																																																		
□ CFRP	17	12	9	5	3	0	6	0																																																																		
備考	耐久性に関して特に言及されていないものの, 連続繊維補強材の現状と将来を把握するには適した文献.																																																																									

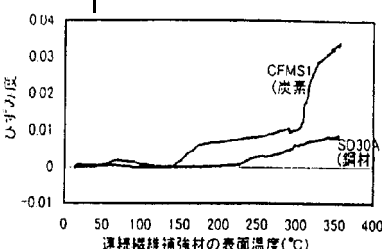
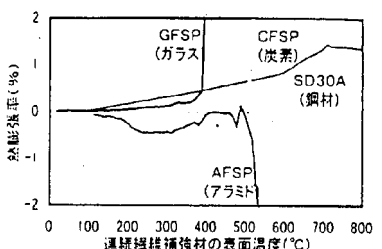
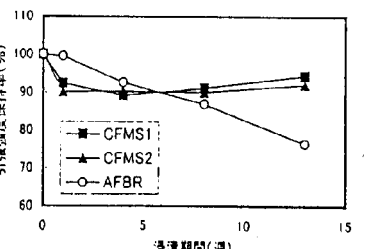
分類	B4-27																							
材料	部材種類 (単体)	素材・形状 (C単繊維)																						
論文名	繊維方向に直径変化を伴う炭素繊維の引張強度分布の推定																							
著者	田中 道七 (立命館大学機械工学科) , 中山 英明 (大阪産業大学)																							
出典名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.7, pp.719-726, 1998																							
キーワード	炭素繊維, 引張試験, 引張強度, Weibull解析, 有効体積																							
概要	ピッチ系炭素繊維の引張強度は、計測する繊維長さ（ゲージ長さ）が長くなるとともに減少するという引張強度の繊維長さ依存性がすでに指摘されている。本研究は、より厳密な炭素繊維の引張強度を求める場合には、長さだけでなく繊維方向に沿う直径変化の把握が重要との観点から、この点に関する詳しい調査を行った。																							
結果	(1) 繊維直径が小さくなるに従い引張強度は大きくなるという、引張強度に及ぼす繊維直径の寸法効果が明確に観察された。 (2) 繊維長さ方向に沿う直径変化を0.1mm間隔で調査した結果、最大直径と最小直径の差は、約 2 μmに達していた。断面積に換算すると最大直径部と最小直径部では2倍以上異なる。このことは、直径変化が引張強度を求めるに際して無視できないほど大きいことを示している。 (3) 最小直径における引張強度の分布を与える式 (8) , (13) , (14) を導き、引張強度をゲージ長さに関係なく統一的に整理することができた。  Fig. 1. Single fiber testing tab. <table><tr><th>Gauge length</th><th>$\bar{\sigma}_0$</th><th>S_{σ_0}</th></tr><tr><td>2 mm</td><td>4510</td><td>865</td></tr><tr><td>5 mm</td><td>4270</td><td>815</td></tr><tr><td>12.5 mm</td><td>4230</td><td>1070</td></tr><tr><td>25 mm</td><td>4390</td><td>1090</td></tr><tr><td>50 mm</td><td>4350</td><td>873</td></tr><tr><td>100 mm</td><td>—</td><td>—</td></tr></table> Fig. 11. Distribution of the tensile strength σ_0 calculated by Eqs.(13) and (14) for each gauge length.  Fig. 2. Dependence of the minimum diameter d_3 on the fiber strength (logarithmic scale).  Fig. 5. Variation of diameter along longitudinal direction on a single carbon fiber.			Gauge length	$\bar{\sigma}_0$	S_{σ_0}	2 mm	4510	865	5 mm	4270	815	12.5 mm	4230	1070	25 mm	4390	1090	50 mm	4350	873	100 mm	—	—
Gauge length	$\bar{\sigma}_0$	S_{σ_0}																						
2 mm	4510	865																						
5 mm	4270	815																						
12.5 mm	4230	1070																						
25 mm	4390	1090																						
50 mm	4350	873																						
100 mm	—	—																						
備考																								

分類	A3-8, C5-6
材料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C、一方向積層板)
論文名	開繊された強化繊維束の樹脂含浸挙動
著者	川辺和正(福井県工業技術センター),松尾達樹(京都工芸繊維大学)
出典名	材料(Vol47,No7)、pp735～742、July、1998
キーワード	開繊、開繊繊維束、カーボン繊維、含浸、FRTP、電子顕微鏡、曲げ強度
概要	空気開繊法とロール開繊を併用することにより従来にない開繊効果が得られる事が分かっている。本報では、この方法を応用し、含浸が困難とされる熱可塑性樹脂とカーボン繊維によるCFRTPにおいて、開繊の含浸に及ぼす効果を検討した。フィルム積層法にてプレス成形品を作成し、含浸挙動を金型の変位量を測定し評価した。また、断面観察、機械的強度を測定し、繊維開繊の効果を明らかにした。
結果	・開繊処理した繊維束を用いた場合、開繊処理しない場合に比べ、マトリックス樹脂(ナイロン6)の含浸が著しく速やかに進む。成形中のボイドの評価(金型の変位から成形品の厚みを評価し、計算した)、成形品の曲げ強度、断面の電子顕微鏡観察により明らかになった。 ・含浸理論式を先に(別の論文で)提出しているが、ある仮定の基にこの理論式で含浸の進行状態の数値計算を行った結果、測定結果と良く一致した。 ・成形圧力が高い程、また、成形温度が高い程、より速やかに含浸が進行する。また、成形圧力が高い程ボイドは少なくなり、厚みが薄くなる。
備考	・耐久性を評価した文献ではないが、ボイドが少なくなれば当然、耐久性も向上すると思われる。

分 類	B4-26
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C P)
論 文 名	2軸組合せ負荷におけるCFRPの損傷面に関する検討
著 者	田中 行平(名古屋大学大学院), 金川 靖(名古屋大学機械工学科)
出 典 名	材料(J. Soc. Mat. Sci., Japan), Vol.47, No.9, pp.905-911, 1998
キーワード	CFRP, 損傷面, アコースティックエミッション, 2軸応力, マトリックスひび割れ
概 要	2軸組合せ応力下におけるCFRP複合材料の力学的特性と損傷挙動を理解するため、薄肉円管試験片を用いて、アコースティックエミッション(AE)と内部損傷との関連について検討した。また、AE信号の周波数解析を行い、各損傷モードの発生挙動を調べた。
結 果	(1) 除荷時に発生するAE信号は低周波数帯が多いものの、500kHz付近の繊維破断に対応する高周波数帯のものも検出され、除荷においても繊維の損傷が進展している。 (2) 一定の応力保持中でも、ひずみの増加とAE信号が観察され、応力一定下でも内部損傷が継続的に発生している。このAE信号の周波数解析を行った結果、マトリックスき裂と繊維破断に対応しており、粘性に伴う非弾性ひずみの増加が損傷の発達を促していると推測される。  Fig. 1. Thin tubular specimen.  Fig. 14. AE evolution under constant loading.  Fig. 11. AE evolution for different maximum stresses under 0° - loading path.
備 考	

分 類	B4-13
材 料	部材種類 (単体) 素材・形状 (C D)
論 文 名	一方向繊維強化複合材料のDCB試験片におけるモードI層間はく離き裂先端近傍の応力場
著 者	多田直哉(京都大学), 北村隆行(京都大学)
出 典 名	材料(J.Soc.Mat.Sci.,Japan), Vol.47, No.9, pp.926-930, Sep.1998
キーワード	複合材料, 応力解析, DCB, 層間はく離き裂, 有限要素法
概 要	一方向炭素繊維強化複合材料(CFRP)の双片持ちはり(DCB)試験片を対象にして、層間はく離き裂先端近傍の応力場を弾性および弾塑性有限要素法により解析し、均質体近似した場合の応力分布との相違やき裂先端近傍の塑性変形が応力分布に及ぼす影響等について検討。
結 果	CFRPを3種類の異なる2次元モデルで表し、き裂先端近傍の応力場を解析。各モデルにおける応力分布を明らかにした。  Fig. 3. A two-dimensional model of DCB specimen and the magnification near the crack plane.  Fig. 6. Distribution of normal stress, σ_y, ahead of the crack tip in the composite model I and III.  Fig. 9. Distribution of σ_y/P ahead of the crack tip in the composite model II.  Fig. 10. Distribution of σ_x/P ahead of the crack tip in the composite model II.
備 考	

分 類	C1-18
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CS, CD, AB, AD, GD)
論 文 名	連続繊維補強材の高温引張特性に関する基礎的研究 その1. 素材繊維および形状による影響
著 者	下井 大輔 (東京理科大学) 、 重倉 裕光 (東京理科大学)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1998年9月 No.1030 P59-60
キーワード	高温引張特性, 熱劣化
概 要	高温域での連続繊維補強材の力学特性を明らかにする事を目的とし、素材繊維の種類、補強材の形状による引張力学特性の影響を明確にする。
結 果	1、引張強度保持率および引張弾性係数保持率の低下 ・炭素繊維では結合材の融解、アラミド繊維では繊維の熱劣化がその主原因。 2、応力-ひずみ度曲線 ・常温では破断に至るまではほぼ完全な弾性変形を示すが、炭素繊維では350 以上、アラミド及びガラス繊維は300 以上から破断に近い荷重域で塑性変形が認められた。 図-1 表面温度と引張強度保持率の関係 図-2 表面温度と引張弾性係数保持率の関係
備 考	

分 類	A1-20, C1-19
材 料	部材種類 (RC) 素材・形状 (CS, CD, AB, GD)
論 文 名	連続繊維補強材の高温物理特性、力学特性および耐久性に関する基礎的研究 その1. 高温クリープ、熱膨張および耐アルカリ性に関する基礎検討
著 者	棚野 博之 (建設省建築研究所) 、 下井 大輔 (東京理科大学)
出 典 名	日本建築学会大会学術講演梗概集 1998年9月 No.1028 P55-56
キーワード	耐アルカリ性, 高温クリープ, 熱膨張
概 要	連続繊維補強材の耐火設計に必要な高温領域での物理特性(高温引張クリープ試験、熱膨張試験)および耐久性(高温アルカリ浸漬前後の力学特性、物理特性の変化)について、基本的検討を実施。
結 果	1、高温引張クリープ試験 ・炭素繊維で試験。ひずみ度の変化は150 まで小さく、300 以上でクリープ破断につながる急激な増加が認められた。原因は繊維間のエポキシ樹脂融解による拘束力低下。 2、熱膨張試験 ・ガラス繊維では約350 、炭素、アラミド繊維約500 まで、鉄筋対比で熱膨張率が小さく、それ以上の温度領域では急激なひずみ度の変化が認められた。結合材融解、劣化が原因。 3、高温アルカリ浸漬試験(浸漬温度80 、pH12.6) ・炭素繊維の場合、引張強度保持率、引張弾性係数保持率、質量共にほとんど変化無し。 ・アラミド繊維の場合、浸漬13週目で引張強度保持率75%まで低下、質量変化率が浸漬4週目で約13%の低下。引張弾性係数保持率は変化無し。 ・アラミドはアルカリが劣化因子として挙げられるが、炭素は他の劣化因子の検討要。  図-2 表面温度とひずみ度の関係  図-3 表面温度と熱膨張率の関係(繊維種類)  図-6 浸漬期間と引張強度保持率の関係
備 考	

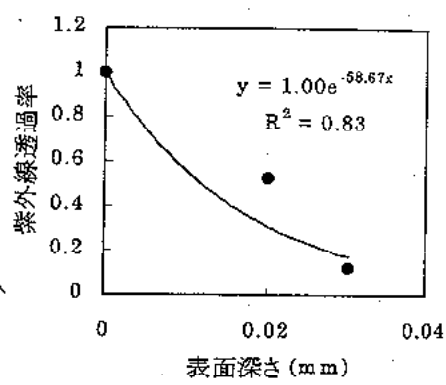


図2 マトリックス樹脂の紫外線透過率

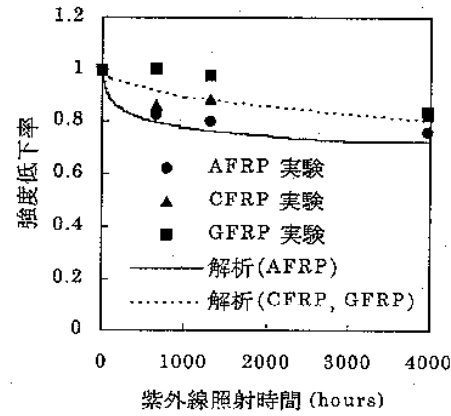
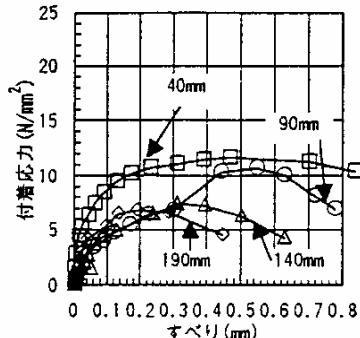
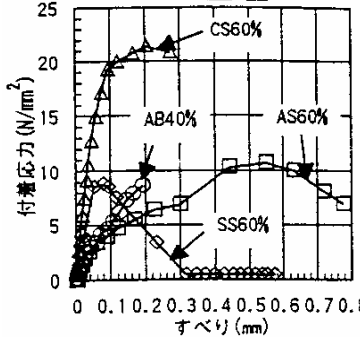
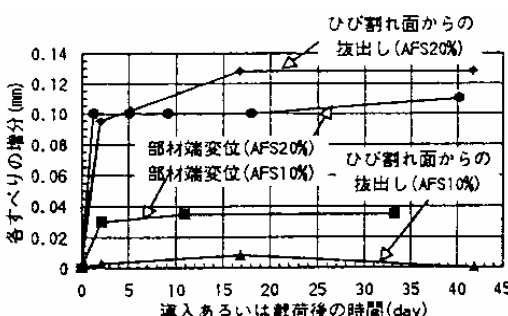
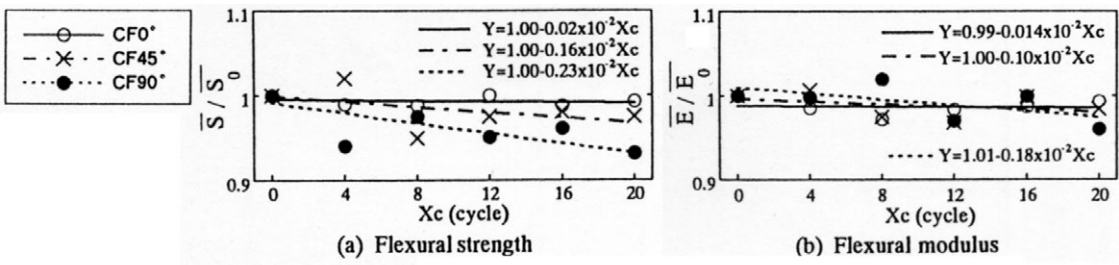


図5 FRP ロッドの強度低下率

備考

分類	B3-14											
材料	部材種類 (PC)	素材・形状 (AS、AB、CS)										
論文名	連続繊維緊張材の定着・付着とその長期性状に関する研究											
著者	川崎浩司 (京都大学大学院)、服部篤史 (京都大学大学院)											
出典名	土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.53、 No.V-419、 pp.838-839、 1998											
キーワード	連続繊維緊張材、定着、付着、長期性状、 τ -S関係											
概要	プレテンション用連続繊維棒材を対象として、種々のプレストレス導入時および導入後における付着すべりについて検討し、τ-S関係としてまとめた。また、連続繊維シートについても、同様の定着試験について検討をするとともに、非緊張シートを貼付したはりの曲げ試験を行い、ひび割れ面からのシートの拔出し量を定着の際の部材端からのぬり込み量と比較した。											
結果	図 - 3は、アラミドより線60%のτ-S関係である。導入端付近の40mmを除けば、各位置のτ-S関係はほぼ等しく、この傾向は他の緊張材についても同じであった。導入あるいは載荷後約1～2日ですべりが生じるが、部材端変位は以後収束、ひび割れ面からの拔出しは約20日で収束傾向にあり、現時点ではアラミド繊維シートは十分定着されており、長期的なすべりが部材挙動に与える影響はほとんどないといえる。  図 3 τ-S 関係(AS60%)  図 4 τ-S 関係(導入端から 90mm)  図 6 部材端変位増分およびひび割れ面からの拔出し増分の経時変化 <table><caption>表 3 部材端変位およびひび割れ面からの拔出し</caption><tr><th>供試体 No</th><th>部材端変位 (mm)</th><th>ひび割れ面からの拔出し (mm)</th></tr><tr><td>AFS10%</td><td>0.005</td><td>0.009</td></tr><tr><td>AFS20%</td><td>0.075</td><td>0.061</td></tr></table>			供試体 No	部材端変位 (mm)	ひび割れ面からの拔出し (mm)	AFS10%	0.005	0.009	AFS20%	0.075	0.061
供試体 No	部材端変位 (mm)	ひび割れ面からの拔出し (mm)										
AFS10%	0.005	0.009										
AFS20%	0.075	0.061										
備考												

分類	C2-10
材料	部材種類（単体） 素材・形状（C）
論文名	促進暴露を受けるCFRP材の耐候性曲げ強度とその非破壊的予測
著者	工藤 亮(防衛大学校, 航空宇宙工学教室), 邊 吾一(日本大学, 生産工学部)
出典名	日本複合材料学会誌, Vol.25, No.1, pp.23-29, 1999.1
キーワード	CFRP材, 耐候性, 促進暴露, 非破壊的予測
概要	高分子材料の劣化要因として主に光, 熱, 水である事に着目し, 繊維方向を変えた3種類の1方向のCFRP材を用い, 実際の使用環境に近い条件を再現して複合サイクル促進暴露試験を行い, これらCFRP材の耐候性曲げ特性, 硬さ, 樹脂の体積含有率, 赤外線吸収率, 高分子鎖切断率の経時変化を求め, 測定結果間の相関関係を明らかにしている. さらに, 非破壊的に耐候性強度の予測を行うために, 暴露期間と曲げ特性変化を検討した結果についても報告する.
結果	試験に用いた試験板は, 一方向プリプレグのCF材を0°方向に16枚, 45°方向に16枚, 90°方向に16枚を別々に積層してホットプレスにより加圧成形したものを用いた. 複合サイクルは, 実際の使用環境に近い条件を再現するため, 次のように行った. 塩水噴霧試験を24時間, サンシャイン - カーボンアーク灯式耐候性試験を100時間, 標準状態放置を44時間行い, (→ →) 合計168時間の工程を1サイクルとして, 最低20サイクルまで行い, 4サイクル毎に試験板をサンプリングし, 各種試験を行った. CF0°材は, 促進暴露20サイクルにおいて曲げ強度比, 曲げ弾性率比はわずかな減少傾向を示しているが, 初期値のばらつきの範囲内であり劣化は認められなかった. CF45°材は20サイクルにおいて曲げ強度比は3.2%低下していた. CF90°材は20サイクルにおいて曲げ強度比4.6%, 曲げ弾性率比は3.6%低下していた. 従って, 曲げ強度比と赤外線吸収率の相関関係からCF45°材とCF90°材の曲げ強度の減少は暴露の影響により表面層樹脂の成分変化が考えられる. CF各材の曲げ強度を非破壊的に予測する方法として, 曲げ弾性率試験の結果にサイクル数を加え, 重回帰による予測式を求めた. その結果, 曲げ強度比の実験結果と予測結果はほぼ一致した. 90°材は20サイクルの曲げ強度比の減少率の予測値は実験値よりも0.8%大きい, 予測の方の減少率が大きく, 安全側であると考えられる. 従って, あるサイクル数で曲げ弾性率を測定することにより, 非破壊的に強度を予測する事は可能であることがわかった.  (a) Flexural strength (b) Flexural modulus Results of accelerated exposure experiment for CFRP.
備考	耐候性の予測式を提案し, 促進暴露試験結果との整合性について検討している. さらに長期の試験を行い, 提案された予測式の信頼性を検証することが望まれる.

2.4 付録 CD の使用方法

本節では、付録 CD の使用方法に関して説明します。

1) 動作環境

付録 CD の使用にあたっては、以下の仕様にあったコンピューターをご使用ください。

	最低	推奨
・ディスプレイ解像度	800×600 ドット	1,024×768 ドット
・ディスプレイ色数	256 色	65,536 色
・メモリ	16MByte	64MByte
・スワップファイル	16MByte	64MByte
・CPU	486DX4	Pentium 90MHz
・CD-ROM	2 倍速	4 倍速
・システム	Windows95	Windows95/98/NT

動作スピードは実装メモリの大きさにより変わります。

2) ファイルの種類

付録 CD には、「ACC」というフォルダの中に以下のファイルが収録されています。

・報告書の本文	「本文.doc」	< MS Word >
・抄録一覧表	「抄録一覧.xls」	< MS Excel >
・抄訳（225 編）	「抄訳ファイル」フォルダ内 「001.xls」～「225.xls」	< MS Excel >

いずれも Office2000 に対応したファイルです。

3) 使い方

各ファイル間には関連付けをしていますので、使用に際しては、「ACC」フォルダごとハードディスクにコピーするか、CD-ROM のままご使用ください。

はじめに MS Word を立ち上げ、「本文.doc」ファイルを開いてください。

そのファイルの文章中の「[A1-1]」などの（下線が引いてある）部分をクリックすると、該当する文献の抄訳が開きます。

このとき、MS Word の「本文.doc」ファイルは最小化されますので、再度本文にもどるには最大化の操作をしてください。

また、MS Excel を立ち上げ、「抄録一覧.xls」を開き、キーワード検索などを行い、必要な文献が決定したら、その「文献 No.」列にある数字をクリックすることで、同様に該当する抄訳を開くことができます。

このときは、MS Excel を終了せずに、抄録シートを閉じればもとの一覧表にもどることができます。

なお、先にも述べたように、違うドライブに移動したいときや、親のフォルダを変えたいときなどは、ファイルのリンクの関係上、必ず、この「ACC」フォルダごと移動してください。

ACC 倶楽部事務局

〒103-0022

東京都中央区日本橋室町 2-3-14

古河ビル

(エー・エム・エンジニアリング株式会社内)

TEL. 03-3231-0690

FAX. 03-3242-7584