

### V. 3 コンクリート補強複合材料の現状と展望

平居孝之

コンクリートの補強材に使う目的で、鉄筋に比べて高い引張強度を持つ連続繊維を結合材で固めた複合材料の研究開発が盛んに行われている。

連続繊維は炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、ビニロン繊維などが使われ、結合材は、エポキシ、ポリエステル、ビニルエステルなどの樹脂や、セメント系の無機質材料が使われている。

繊維と結合材の種類、複合材料になったときの形状、プレストレスを与えるかどうかによって特徴がある。連続繊維複合材料でコンクリートを補強する方法は、鉄筋などの鋼材でコンクリートを補強する方法と違った次のような有利な面があり、その将来性が注目されている。

#### 軽量

同じ強さで比較すると鉄筋の10~20%の重量である。取り扱いが容易である。既存構造物の補修や補強に使った場合に重量増加が少ない。

#### 耐久性

連続繊維の耐化学薬品性が良く、結合材で被覆保護されて耐久性が良い。錆びない。腐らない。塩害がない。

#### 施工性

しなやかで曲げ加工、切断加工が容易である。リーリングして輸送できる。施工の自動化に適応できる。軽量で作業者の危険が少なく、大型の配筋でも揚重機械が必要でない。

#### 強度

鋼材より高いものも作れる。

#### ヤング率

鋼材より高いものから低いものまで比較的自由に作れる。プレストレスを導入するための緊張材では、リラクセーションを小さくして安定した高張力特性が得られる。

#### 非磁性、非電導性

電波障害がない。

#### 品揃え

太径の単材や長尺物など自由な寸法形状の製品が作れる。コンクリートとの付着が良好な表面形状にできる。コンクリートとの付着が良好な表面形状にできる。配筋された形状に組んだものを工場生産できる。

## 経済性

連続複合材料の価格は高いが、施工や繊維保全の費用を含めたトータルコストでは安い場合もある。

## 新用途

鉄筋では補強できないような環境や構造および

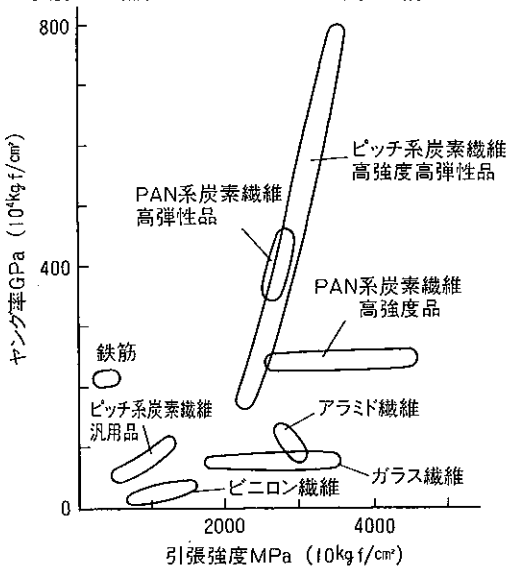


図-1

施工方法に適用できるので、コンクリート構造物の可能性を広げる。3 Kやコンクリートクライシスと言われている鉄筋コンクリートの工事施工と耐久性の問題を解決する方法の一つである。

図-1は、連続繊維複合材料に使われている炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、ビニロン繊維の引張強度とヤング率を表したものである。図-1の右側にあるものほど引張強度が高く、図-1の上部にあるものほどヤング率が高い。鉄筋に比べて、これらの繊維材料は性能値の範囲が広く、コンクリート補強材料としての有用性は大きい。特に炭素繊維は焼成技術の開発により、強度とヤング率が非常に広い範囲にあるものが製造されている。

図-2は同じ耐力を持つ鉄筋と連続繊維複合材料の引張力に対する伸びの関係を表したものである。ただし連続繊維複合材料の引張力と伸びの関係は種々のものがあり、図-2に示した連続繊維複合材料は、引張力に対する伸びが大きい種類である。両者を緊張材に用いて、図-2のAで示された伸びまで引っ張り、コンクリートにプレストレス

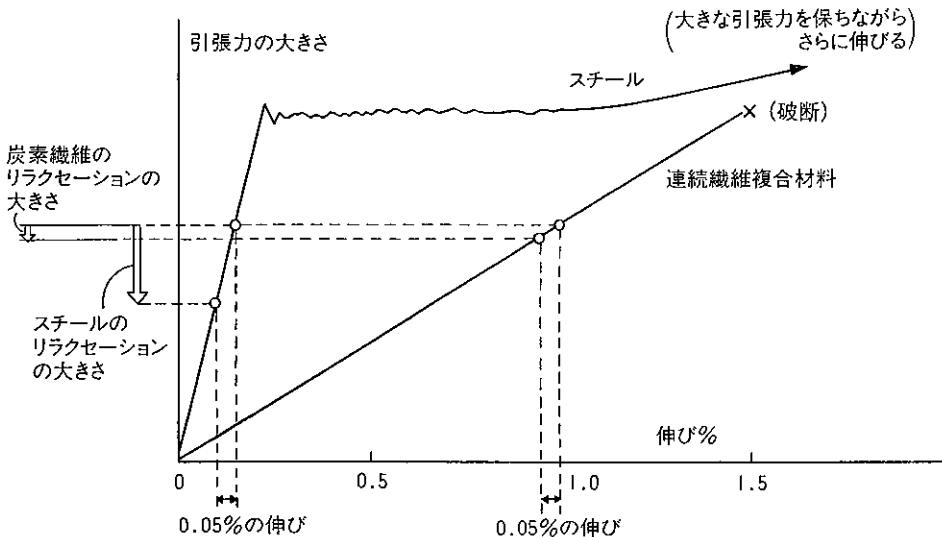


図-2

## コンクリートニーズの多様化への対応

を導入した場合は、年数が経ってコンクリートがクリープで0.05%の伸びに相当するだけ縮むと、引張力は図-2のBで示された値になる。すなわちコンクリートに導入したプレストレスが、AからBまで低下する。これがリラクセーションであり、その値は鉄筋に比べて連続繊維複合材料の方が小さく、コンクリートにプレストレスを与える緊張材として連続繊維複合材料は優れている。

プレストレスを導入しない通常の補強筋の場合は、伸びに対する引張力が小さいとコンクリートの変形が大きくなり、またコンクリートに生じるひびわれを補強筋が拘束することが十分にできない。このためヤング率の大きな連続繊維を用いるか、または連続繊維の断面積を大きくして、引張力に対する伸びが小さい連続繊維複合材料を用いる。ただし連続繊維の断面積を大きくすると、破断する引張力が必要以上に大きくなり効率的でない。

図-2に示した鉄筋と連続繊維複合材料の性質の間に大きな違いがある。それは、鉄筋は降伏した後も大きな引張力を保ちながら伸びるが、連続繊維複合材料はそのようなねばりが無く破断する。鉄筋では地震などの荷重に対して降伏するときの引張力いっぱいまでの応力を許容して設計しているが、連続繊維複合材料では許容できる応力を破断する強度いっぱいまで設定することはできない。ねばりが無く破断するというのが、連続繊維複合材料の欠点の1つである。将来は、この欠点の改善技術が開発されるであろう。

連続繊維複合材料のもう1つの改善すべき性質に耐火性がある。結合材に樹脂を使った連続繊維複合材料は、樹脂の耐熱性が低いことが原因で、補強したコンクリート構造の高性能が十分でない場合が多い。現在までに試験に合格して耐火構造

の認定を受けている連続繊維複合材料補強コンクリートは、30分耐火構造の壁だけである。鉄筋コンクリート構造は、耐火性能を要求する用途に広く使われており、連続繊維複合材料で補強したコンクリート構造も耐火構造物として設計できるような技術の開発が望まれる。

連続繊維複合材料は、建築土木の分野で、補強材、緊張材、補強メッシュとしてコンクリート構造物の補強に使われ、また既存コンクリート構造物の補強にも使われている。

写真-1は、FiBRA（フィブラ）と呼ばれる組紐状連続繊維筋である。アラミド繊維、炭素繊維、ガラス繊維、ビニロン繊維などエポキシ樹脂で固めたものである。開発は三井建設、神戸製鋼所、神鋼鋼線工業、加工はファイベクスが行った。

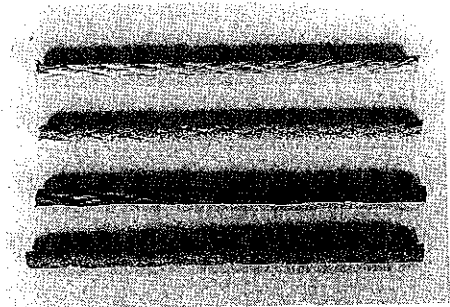


写真-1 FiBRA

写真-2は、テクノーラ FRP ロッドと呼ばれる連続繊維筋である。アラミド繊維をビニルエステル樹脂で固め、丸断面上にらせん異形を付けたものである。開発は帝人が行った。

写真-3は、テクノーラ FRP ロッドを緊張材、主筋、スターラップのすべてに使い、プレストレスを導入したコンクリート梁を作成している所である。開発は住友建設である。

写真-4は、CFRP ストランドと呼ばれる緊張材である。高性能のピッチ系炭素繊維をエポキシ

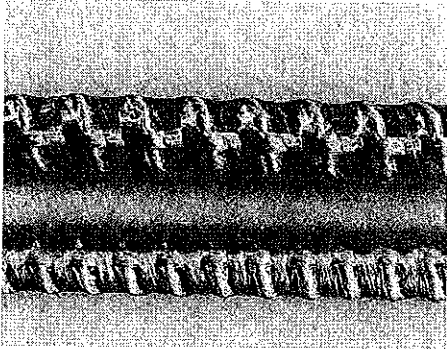


写真-2 テクノーラ FRP ロッド

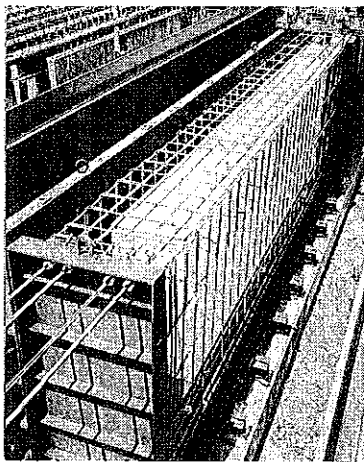


写真-3 連続繊維複合材料で補強したコンクリート梁  
樹脂で固めたより線である。写真のものは、コン  
クリートにプレストレスを導入するための定着用  
の金具を付けている。開発は新日本製鐵が行っ  
た。

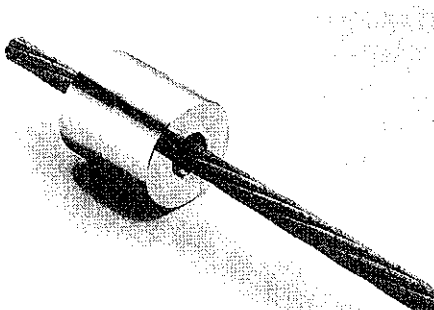


写真-4 CFRP ストランド

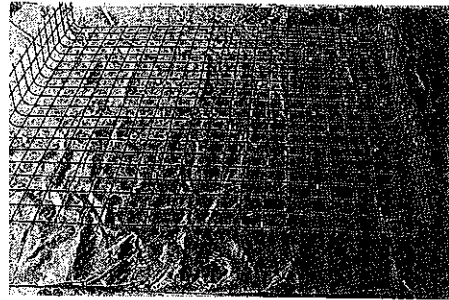


写真-5 CFCC

写真-5は、CFCC と呼ばれる連続繊維筋を、  
コンクリート製吊床版を補強するスターラップに  
組んだものである。炭素繊維のより線をエポキシ  
樹脂で固めたものである。開発は東京製鋼が行っ  
た。

写真-6は、ネフマックと呼ばれる連続繊維筋  
を、配筋する形状に組み現場まで運ぶために出荷  
する所である。南極昭和基地で建設されたコンク  
リート構造物の補強に使われた。炭素繊維やガラ  
ス繊維をビニルエステル樹脂で固めたものであ  
る。開発は清水建設、旭硝子マテックス、加工は  
旭硝子マテックスが行った。

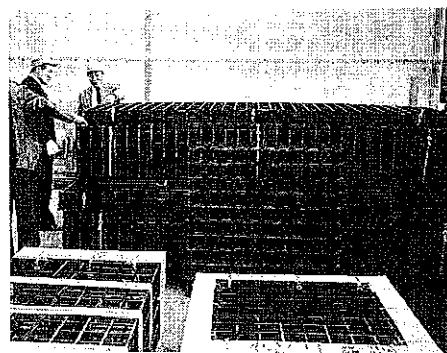


写真-6 ネフマック

写真-7は、既存の鉄筋コンクリート製の煙突を  
連続炭素繊維とエポキシ樹脂で、自動機械を用い  
て補強しているところである。開発は大林組、三  
菱化成である。

写真-8は、クラテックロッドと呼ばれる連続織

## コンクリートニーズの多様化への対応

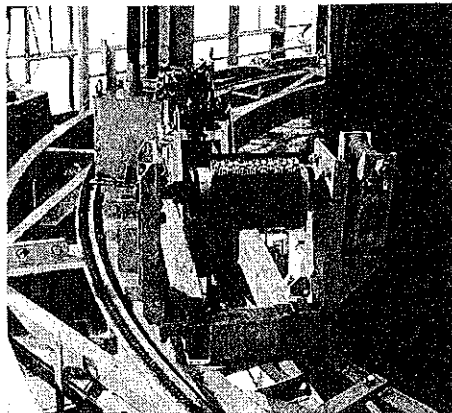


写真-7 煙突の補強

維筋を、コンクリート床スラブの補強に配筋したものである。高強カビニロンをエポキシ樹脂で固めたものである。開発はクラレが行った。

連続繊維複合材料に関係する企業が連続繊維を利用したコンクリート系複合材料研究会（C. C. 研究会と略称）を作り、連続繊維複合材料でコンクリート構造物を補強する技術の開発研究を行っている。C. C. C. 研究会の事務局は

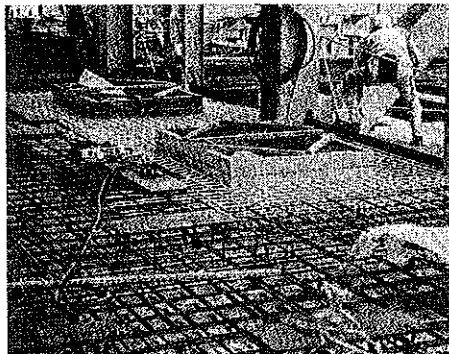


写真-8 クラテックロッド補強スラブ

(協)強化プラスチック協会内（〒104中央区銀座3-15-15丸電ビル）にあり、会員は旭硝子、大阪ガス、大林組、奥村組、鹿島建設、近畿コンクリート工業、クラレ、熊谷組、佐藤工業、清水建設、住友建設、銭高組、大成建設、竹中工務店、帝人、デュボン・東レ・ケブラー、東急建設、東京製鋼、東邦レーヨン、東レ、日本国土開発、間組、不動建設、プリヂストン、三井建設、三井鉱山、三菱建設、三菱レイヨンである。

### ミシシッピ川流域洪水の教訓

#### — 土木学会が調査団を派遣 —

土木学会は9月21日、「土木学会ミシシッピ洪水調査団による調査結果の発表会」を東京都新宿区四谷の土木学会本館 AB 会議室で行った。

米国の大河ミシシッピは、早い所では昨年暮れからの断続的な降雨により、米中西部の広い範囲で氾濫し、今なおその被害は続いている。今世紀最大といわれるこの洪水によって米国が被った損害は甚大だが、同時にわが国にとってはたいへん貴重な教訓をもたらすものと考えられる。そこで、土木学会は、9月中旬、高橋裕芝浦工大教授を団長とする調査団を編成し、米国アイオワの州都デモインを始め被災地を調

査、帰国後同発表会にのぞんだ。

「ミシシッピ本川はその流域の大きさからもわかるように、日本における河川とは性格が著しく異なる。そのため、堤防の築き方やダム建設場所の選択など、地形と密接に関係する洪水・水害防止設備に関しては、ほとんどといっていいほど得るものはない。それぞれ自国のやり方で十分だろう」と高橋団長は語った。また、それよりもっとソフトの面でわが国に役立つようなものを選び、さらに改善していけば良いのでは、と提案し、洪水保険、ボランティア活動、ゾーニング（区画指定制度）などいくつかの例を挙げた。そして今回の洪水に関する米国の対応について「良い面と悪い面を共に教訓として受け入れ、わが国の治水事業・水害対策に役立てたい」と締めくくった。