

V-77

FRPロッドを用いたプレストレストコンクリート構造に関する研究

東京大学生産技術研究所	正 員	小林一輔
住友建設㈱ 技術研究所	正 員	迎 邦博
同 上 土 木 部	正 員	本間秀世
同 上 技術研究所	正 員	○藤田 学

1. まえがき

近年、プレストレストコンクリート（以下PC）用緊張材として、従来のPC鋼材の代わりに防食性等の利点のあるFRPロッド（以下ロッド）を利用しようとする研究が注目を集めてきた。現在、既に国外では、ロッドをPC用緊張材として適用した実績¹⁾もあり、国内においても2、3の曲げ試験例が報告されている。²⁾³⁾しかし、過去における国内の試験例では、ロッドは単線配置であり、導入張力の限界から実橋に用いるには、いまだ基礎試験の域を出ていないものと思われる。本研究では、更に実用化へ向けて、ロッド8本引き緊張定着装置を開発し、実橋に適合したPC試験桁による曲げ試験を行い、ロッドのPC構造物への適用性について検討した。また、曲げ試験に先立ち、8本引き緊張定着装置を用いて、ロッドと各種シースとの摩擦試験を実施した。なお、実験に使用したロッドは、アラミド繊維とビニルエステル樹脂から成り、繊維の体積混入率が63.5%のものである。ロッドの物性値及び $\sigma-\epsilon$ 曲線を表-1、図-1に示す。

2. FRPロッドとシースとの摩擦

実験は、曲げ上げ角度 25° 、 10° 、 5° の3種類とし、桁は3.5mのコンクリート製とした。緊張は片引きとし、桁の両端にセットしたロードセルによる荷重検出を行い、摩擦によるロスとした。シースの種類として、通常のワインディングシース（以下W.S.） $\phi 35$ と、耐食性に優れた硬質ポリエチレン製シース（以下P.S.） $\phi 30$ の2種類を使用した。なおシース径は、通常のPC鋼線とシースの組合せと同等の面積比となるよう選定した。実験結果を表-2に示す。摩擦係数 μ は若干のバラツキが見られるものの、W.S.で約0.4、P.S.で約0.2であった。また、緊張後のロッドの状態は、W.S.の場合ロッド表面が、凸凹部との接触部で擦れているのに対して、P.S.では、前者ほど顕著なあとは見られなかった。防食性のみならず、摩擦あるいはロッド表面の損傷度の観点から判断して、シース材質としては硬質ポリエチレン製の方が良いと思われる。

3. 曲げ破壊試験

(1) 試験体及び試験方法

試験体の種類及び形状寸法を各々表-3、図-2に示す。各試験体とも導入張力は通常のPC鋼材の使用状態とほぼ同等の $0.5\sigma_u$ とした。

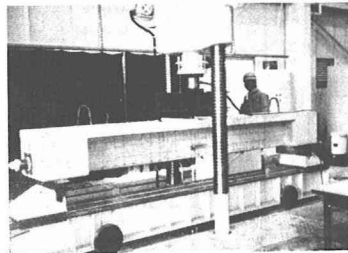


写真-1 試験状況

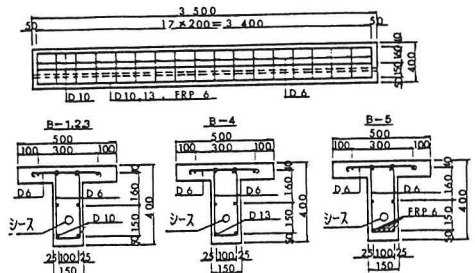


図-2 試験体形状寸法

表-1 ロッドの物性値

繊維混入率 Vf (%)	63.5
直径 ϕ (mm)	6.0
引張強度 σ_u (kg/mm ²)	196
弾性係数 E (kg/mm ²)	4870
破断時伸び	0.040

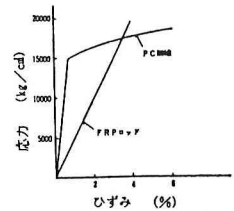


図-1 応力-歪み曲線

表-2 摩擦係数測定結果

シース	ワインディング	硬質ポリエチレン
角変化量ラジアン		
0.1745 (10°)	0.4433	0.2324
0.3491 (20°)	0.4498	0.2012
0.8727 (50°)	0.3896	0.1531
平均	0.4276	0.1956

表-3 試験体の種類

	引張鉄筋比	グラウト	シース
B-1	0.15% (2×D10)	有	ワインディング
B-2	0.15%	無	ワインディング
B-3	0.15%	有	硬質ポリエチレン
B-4	0.3% (2×D13)	有	ワインディング
B-5	0.15% (0.75倍使用)	有	ワインディング

試験は、支間長を320 cmとし、載荷スパン40cmの静的2点載荷とした(写真-1)。測定項目としては、荷重、変位、鉄筋及びコンクリートのひずみ、ひびわれ進行状況である。なお、試験時のコンクリート圧縮強度は503kg/cm²、弾性係数は 3.11×10^5 kg/cm²であった。

(2) 実験結果及び考察

ひびわれ発生荷重は、どのタイプも7~8トであり、計算値は7.9トと非常に良く一致した。曲げ破壊試験の結果を表-4に示す。各タイプとも実験値は計算値を若干下回っている。これは、計算上終局時をコンクリート圧縮縁ひずみ $\epsilon_c = 0.0035$ 時と仮定していることに起因している。すなわち、その時点でロッド張力は既に理論上の引張強度を越え、ロッド自体の破壊がコンクリートの圧壊より先行したと思われる。実験後、試験体をはつり、ロッドの一部に縦割れが発生しているのを確認した。その他、ロッド~グラウト間の付着性能のバラツキも耐力低下の一因と考えられる。特にB-5については、鉄筋の代用として用いたロッドとコンクリート間の付着切れが耐力低下の主要因と考えられる。またアンボンドのB-2はB-1の約80%の耐力が確保された。従来の付着のある場合の30%減という設計法が十分適用できるものと考えられる。次に支間中央点における荷重-変位曲線の結果を図-3に示す。

第1折点はひびわれ発生、第2折点は最下段鉄筋降伏に対応している。各タイプとも鉄筋降伏以降も十分な変形性能を有し、曲げ破壊に至っている。B-1の実験値は、荷重18ト付近からその上昇が緩やかになっており、これはB-2と荷重の上昇勾配がほぼ等しいことから判断して、ロッドとグラウト間で付着切れが発生したと推察される。またB-3はB-1とほぼ等しい曲線を示しており、シーす材質による顕著な差は認められなかった。B-4の急激な荷重低下は、ロッドの一部が破断したためである。その時点におけるロッド張力の計算値は180kg/mm²であり、各ロッド間の張力のバラツキ等が破断の原因と考えられる。次に、ひびわれ進行状況を図-4に示す。またひびわれ幅は荷重15ト時で、B-1、B-2、B-5各々3.0mm、4.5mm、5.5mmであった。

4. まとめ

本研究の結果、以下の事実が明らかとなった。

- ① シーすの材質としては、硬質ポリエチレンが良く、桁性状も良好であった。
- ② 設計法は従来のPC設計法で十分対応できる。但し終局時については、コンクリート圧縮縁ひずみが0.0035に達する前にロッドが破断伸びに達する可能性があり、十分注意する必要がある。
- ③ ロッドを緊張材として用いた桁は、十分な変形性能を有する。

これらにより、ロッドがPC用緊張材として十分適用できる感触を得たが、更に現在、設計上の諸数値を明確にすべく実験中である。また、実橋規模の試験体を製作中であり、海洋暴露試験も続行中である。

参考文献 1) Erich Waaser: Ein neuer Werkstoff für Spannbeton, beton 7/86

2) 石田、小林、趙、則武: FRPロッドを用いたプレストレストコンクリート構造に関する研究 第8回コンクリート工学年講 1986

3) 高木、内藤他: FRPロッドを用いたプレストレストコンクリートはりの曲げ性状に関する研究 第8回コンクリート工学年講 1986

表-4 曲げ破壊荷重

	実験値 (ton)	計算値 (ton)	ロッド張力 (kg/mm ²)
B-1	19.3	20.7	202
B-2	15.4	15.6	139
B-3	19.6	20.7	202
B-4	21.3	21.9	199
B-5	20.8	26.0	188

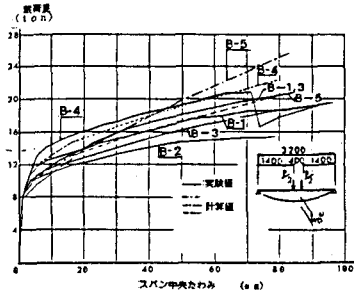


図-3 荷重-変位曲線

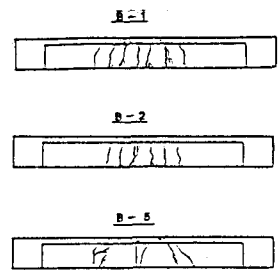


図-4 ひびわれ状況