

FRP ロッドを用いた PC ポールの試作

後町 光夫, 吉田 光則, 金野 克美, 平野 徹,
佐伯 昇*, 安達 賢二**, 高木 邦彦***

Trial Manufacture of Prestressed Concrete Poles using FRP-Rods.

Mitsuo GOCHO, Mitsunori YOSHIDA,
Katsumi KONNO, Toru HIRANO,
Noboru SAEKI, Kenji ADACHI, Kunihiko TAKAGI

抄 録

FRP ロッドを緊張材及び補強材として用いた遠心カプレストレストコンクリートポール(PC ポール)を試作し,片持ち梁曲げ試験における変形および破壊挙動の検討を行なった。ロッドには GFRP と CFRP を用い, 緊張材の定着は, テーパーの付いた二重円筒型の金具を用いて各緊張材を同時に行った。その結果, FRP ロッドを用いた PC ポールのひび割れ荷重, 変形および破壊荷重の算定には, 従来の鋼材に用いられる算定理論をほぼ適用できることがわかった。

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の塩害等による鉄筋の腐食が大きな問題となっており, 早急な対策が望まれている。最近, 鉄筋に代わる耐食性に優れたコンクリート補強材として炭素繊維, アラミド繊維およびガラス繊維を用いた FRP ロッドが開発されており^{1~3)}, 実用化に向けた研究が盛んに行われている。

前報⁴⁾では, その一つの対策方法として, 鉄筋の代わりに CF/GF ハイブリッド FRP 筋をもちいて遠心力コンクリートポールを試作して曲げ試験を行い, 設計計算の結果と比較検討した。本報では, FRP ロッドを緊張材及び補強材として用いた遠心カプレストレストコンクリートポール(PC ポール)を試作して曲げ試験を行い, その変形および破壊挙動の検討を行なった。ロッドには GFRP と CFRP を用い, 各緊張材を同時に定着する方法

を考案して, PC ポールを試作した。PC ポールの曲げ試験における解析には, 鋼材で用いられる一般の曲げ理論を適用し, 実験値との比較を行った。

2. FRP ロッドと定着方法

PC ポールに用いた FRP ロッドには, GFRP と CFRP の 2 種類を用いた。GFRP は E ガラス繊維とビニルエステル樹脂, CFRP は高強度炭素繊維(T-300)とエポキシ樹脂による一方向強化 FRP の丸棒に図 1 のようにリ

表 1 FRP ロッドの材料特性

		GFRP	CFRP
平均断面積	cm ²	1.03	0.27
引張弾性率	kgf/mm ²	4430	8300
破断荷重	tf	10.50	3.27
引張強度	kgf/mm ²	101.9	120.2
伸び率	%	2.30	1.45
線膨張係数	1/°C	5.8×10 ⁻⁶	0.3×10 ⁻⁶

* 北海道大学工学部, ** 北海道電力(株)

*** 北海道コンクリート工業(株)

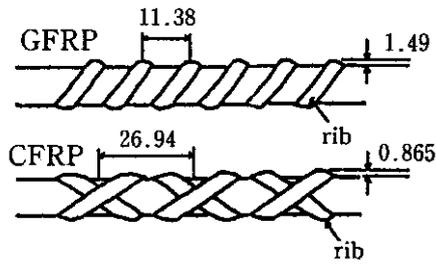


図1 FRPロッドの形状

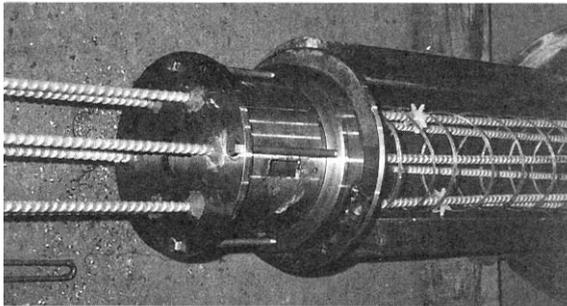


写真1 定着治具

プを付けたものである。GFRP および CFRP ロッドの直径はそれぞれ 10 mm と 5 mm であり、その材料特性を表 1 に示した。

緊張材にプレストレスを与えるために、写真 1 のようなテーパの付いた二重円筒形の金具を用いて、各緊張材を同時に定着した。定着金具に FRP ロッドを挿入し、その部分に流動性の良いアクリル系ポリマーモルタル（結合材：珪砂 = 17 : 83）を流し込み、小型の外部振動機で締め固めて硬化させた。

3. PC ポールの試作

PC ポールは、全長 9 m、元口 31 cm、末口 19 cm のものについて GFRP (Case I) と CFRP (Case II) を用いたものをそれぞれ 3 本試作した。配筋は、図 2 に示したように、有効長 9 m に 6 本を緊張材 (T.B) として一様に配置させ、非緊張材 (N.T.B) として元口から 7 m 及び 5 m のものを各々 3 本配置して、破壊モーメントを確保するようにした。主筋の周りには、GFRP 製のスパイラル筋 (断面 4 × 5 mm) を 10 cm のピッチで巻き付けた。ただし、Case II の No. 3 については元口から 7 m 及び 5 m の非緊張材を各々 6 本とした。

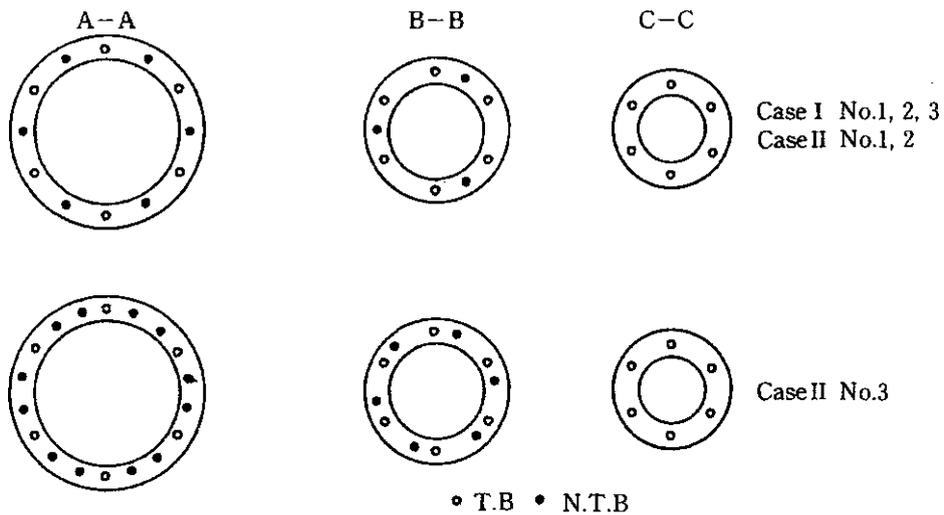


図2 FRPロッドの配筋

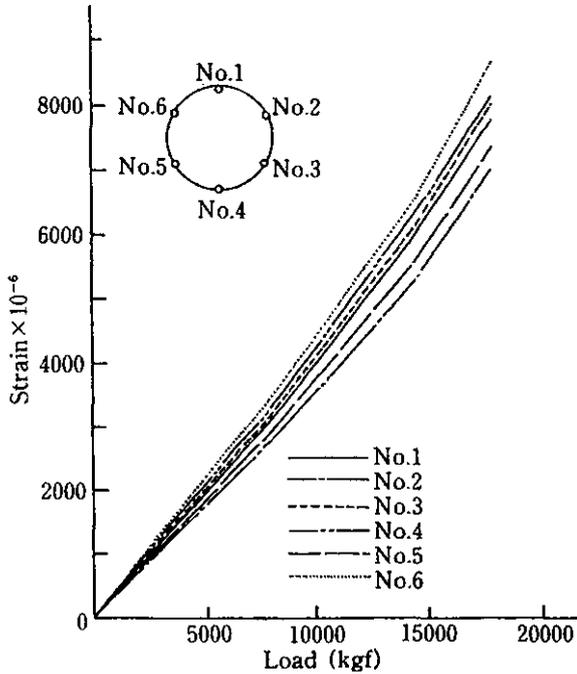


図3 FRP ロッドの荷重-ひずみ曲線(Case I : GFRP)

配筋したFRP ロッドの両端に定着金具をセットしてポリマーモルタルを流し込み、ロッドの両端を定着した。1日硬化させた後、遠心力締め固め型枠にセットして、テンションプレートをジャッキにより引き出して6本のFRP ロッドに同時にプレストレスを導入した。GFRP の場合の緊張力は 19.2 tf (1 本当たり 3.2 tf, 破壊応力の 30%, 伸び 63 mm), CFRP の場合の緊張力は 11.2 tf (1 本当たり 1.86 tf, 破壊応力の 57%, 伸び 74 mm) である。プレストレス導入時の各ロッドの伸びをロッドに貼り付けたストレインゲージにより測定した。その一例を図3に示した。この方法で±10%前後の変動で、ほぼ一様に応力が導入されることがわかった。

最大骨材寸法 25 mm, 設計基準強度 400 kgf/cm² のコンクリートを打設した後, 所定の遠心力締め固めを行い, 蒸気養生 (最高温度 65℃ で 1 時間保持してから 40℃ まで 12 時間で降温) を行ってから放冷後に FRP ロッドを切断し, 定着金具を取り外して脱型した。

4. PC ポールの曲げ試験結果と考察

PC ポールの曲げ試験は, 材令 14 日の供試体について前報と同様に JIS A 5309 に従って行った。荷重は水平方

表2 PCポールの曲げ試験結果

FRP ロッド	ひび割れ発生荷重 (kgf)		破壊荷重 (kgf)		
	実験値	計算値	実験値	計算値	
Case I GFRP	No 1	360	300	1,000	1,078
	No 2	300	302	945	977
	No 3	301	301	870	978
Case II CFRP	No 1	240	222	400	376
	No 2	277	229	420	367
	(No 3)	240	239	650	503

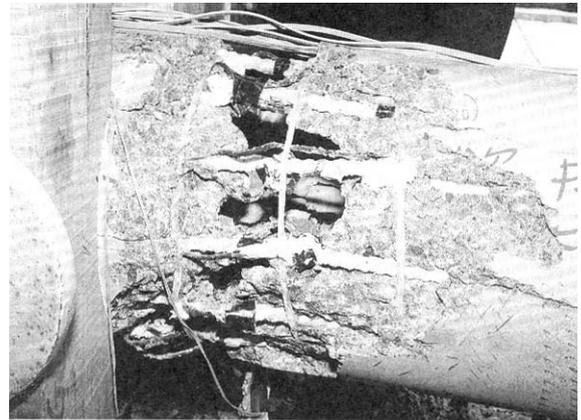


写真2 PCポールの曲げ破壊(Case I : GFRP)



写真3 PCポールの曲げ破壊(Case II : CFRP)

向にカンチレバータイプで載荷し, 死荷重は中間 2 箇所にてローラーを置いて除いた。

表2にひび割れ荷重および破壊荷重の実験値と従来の鋼材に用いられている曲げ理論による算定値を示した。有効プレストレスの算定にはコンクリートの乾燥収縮を 200×10^{-6} , クリーブ係数を 2 としてコンクリート標準示

方書により乾燥収縮とクリープによる減少量を求めた。リラクゼーションによる減少量の算定には、GFRPとCFRPの見かけのリラクゼーション率を10%と5%とした。その結果、実験値は算定値とほぼ一致している。破壊パターンは、Case Iではコンクリートの圧壊、Case

IIではCFRPの破壊であった。それらの破壊状況を写真2 (GFRP) と写真3 (CFRP) に示した。

図4と図5にCase IとCase IIの荷重点におけるの荷重-たわみ曲線の例を示した。たわみの算定は、ひび割れ発生前においては、弾性理論によってたわみを求めた。

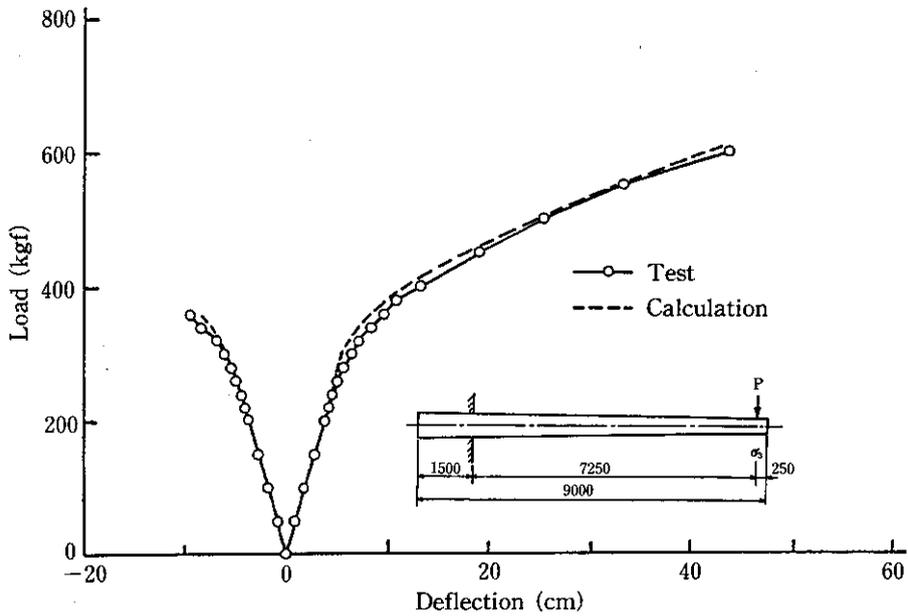


図4 PC ボールの荷重-たわみ曲線(Case I : GFRP)

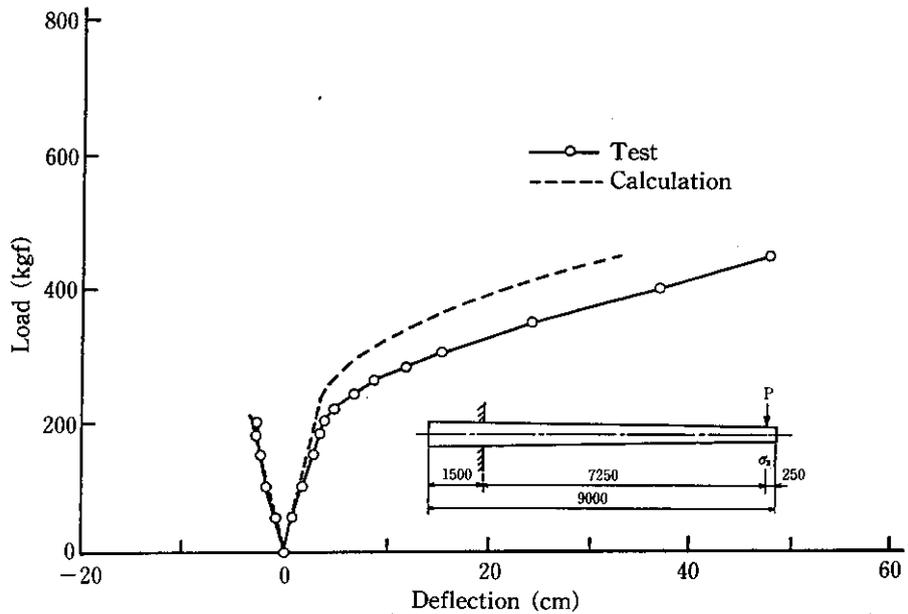


図5 PC ボールの荷重-たわみ曲線(Case II : CFRP)

変断面なので全長を 20 分割し、弾性荷重 $M/(EI_g)$ を載荷してたわみを算定した。ひび割れ後は、Branson の断面 2 次モーメントの近似式 I_e を用いた。

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_d} \right)^3 I_g + \left\{ 1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_d} \right)^3 \right\} I_{cr}$$

ここで、 M_{cr} はひび割れ発生モーメント、 M_d は算定時の荷重による最大曲げモーメント、 I_g は全断面有効とした場合の断面 2 次モーメント、 I_{cr} は引張応力を受けるコンクリートを除いた断面 2 次モーメントである。実測値は算定値とほぼ良い対応を示した。

5. むすび

プレテンション方式で FRP ロッドを用いて、コンクリートポールを作成し、曲げ試験を行った。その結果、次のような結論が得られた。

- (1) 緊張材の定着は、テーバーの付いた二重円筒型の金具を用いて 6 本の緊張材を一体に固定し、テンションプレートジャッキにより引き出すことにより、各緊張材を同時に一様にプレストレスを導入することが可能であった。
- (2) FRP ロッドを用いた PC ポールのひび割れ荷重、変形および破壊荷重の算定には、従来の鋼材に用いられる算定理論をほぼ適用できることがわかった。

なお、本実験は短期材令のものであり、長期的な特性に関して、さらに検討の必要がある。現在、北海道南部の松前町の海岸にこれらの PC ポールを試験設置をし、長期性能について暴露試験を行っている。(写真 4)

本研究における GFRP ロッドと CFRP ロッド等の製

作は、ネフコム(株)と東レ(株)に依頼して行った。御協力いただいた方々に深く感謝いたします。

なお本報告は、第 35 回 FRP 総合講演会(平成 2 年 11 月 14 日、名古屋)で発表し、強化プラスチック Vol.37, No.5, 170~175 (1991) に掲載した。

参考文献

- 1) 平賀寿雄：強化プラスチック Vol.32, No.10, 475 (1986)
- 2) 木村 浩：強化プラスチック Vol.33, No.3, 104 (1987)
- 3) 松原澄行：強化プラスチック Vol.33, No.4, 135 (1987)
- 4) 後町光夫, 吉田光則, 野口達夫, 佐伯 昇, 菊池博, 安達賢二：強化プラスチック Vol.36, No.3, 105 (1990)



写真 4 PC ポールの暴露試験