

V-103

FRP ロッドを用いたプレストレストコンクリートばりの曲げ性状

五洋建設土木設計部 正会員 ○佐藤 善高
五洋建設技術研究所 正会員 高木 兼士
五洋建設技術研究所 正会員 内藤 英晴

1. まえがき

近年、プレストレストコンクリート(以下PCと略す)構造物の緊張材(高張力鋼)の塩分腐食による劣化が問題となっている。そこで、この対策として、防食性に優れかつ高強度を有するFRP(Fiber Reinforced Plastic)を緊張材として利用しようとする気運が高まっている。現在、FRPの力学的特性に関する研究およびFRP用緊張定着装置の開発が小林ら^{1),2)}によって進められている。本報告は、緊張材としてFRPロッドとPC鋼棒を用いたPCばりの曲げ試験を行い、はりの曲げ性状を調査することにより、FRPのPC構造物への適用性について検討したものである。

2. 試験方法

(1) はり試験体

試験体一覧を表-1に、形状寸法を図-1に示す。試験体番号(1),(4)のGタイプの試験体においては、緊張・定着後にダクト内へセメントペーストをグラウチングしてボンド形式とし、NGタイプの試験体はアンボンド形式とした。

試験体に用いたコンクリートは目標圧縮強度400 kgf/cm²の配合とした。また、PC鋼棒にはφ9.2(SBPR 80/95)を、FRPロッドにはアラミド繊維とビニールエステル系樹脂からなる、直径6mm、繊維の体積含有率V_f=70%のものを使用した。表-2はFRPロッドの物性値である。表-2中に示す引張強度は繊維素材の引張強度とその体積含有率V_fから計算により求めた値である。これはFRPロッドの引張試験を行うと、定着装置内での応力集中に伴う耐力低下が生じるため、FRPロッドの真の耐力を試験的に求めることは困難なためである。

なお、本試験に用いている定着装置はFRPロッドを直接つかむ部分に圧縮摩擦型グリップを、ジャッキ力をグリップに伝達する部分にはPC鋼棒(10cm)を用いた構造となっている。本定着装置の定着効率(破断時の引張応力度/引張強度)は85%以上である。

(2) 載荷方法および測定項目

載荷は支点間距離200cm、せん断/曲げスパン比が1.5の3分点对称載荷とした。測定項目としては、ひびわれ発生荷重、ひびわれ進行状況、鉄筋・コンクリートおよび緊張材のひずみ、たわみ、破壊荷重である。さらにアンボンド形式のNGタイプでは試験体両端の定着用アンカプレートと定着用ナットとの間にロードセルを取付け、緊張材引張力もあわせて測定した。

表-1 試験体一覧

試験体記号	緊張材の種類	BOND/ UNBOND	緊張材有効引張力 P _e (ton)	中央断面下縁での 有効プレストレス (kg/cm ²)
(1) AK1-G	AFRProd(1×φ6)	BOND	1.71	7.5
(2) AK1-NG	AFRProd(1×φ6)	UNBOND	1.71	7.5
(3) AK2-NG	AFRProd(2×φ6)	UNBOND	4.44	25.0
(4) AP1-G	PCbar(1×φ9.2)	BOND	1.71	7.5
(5) AP1-NG	PCbar(1×φ9.2)	UNBOND	1.71	7.5
(6) AP2-NG	PCbar(2×φ9.2)	UNBOND	4.44	25.0

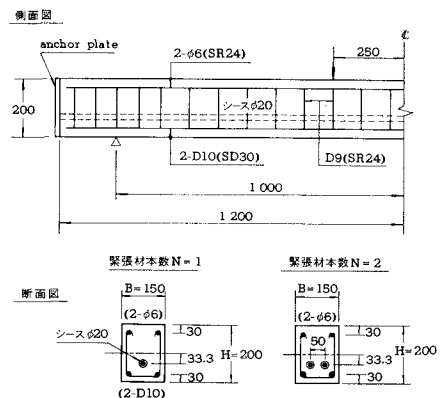


図-1 試験体

表-2 FRP ロッドの物性値

物性	FRP ロッド (V _f = 70%)
直径 (mm)	6.0
引張強度 σ _u (kg/cm ²)	195
弾性係数 E (kg/cm ²)	5 800
破断時伸度 (%)	3.2

表-3 曲げ破壊モーメントおよびひびわれモーメント

試験体記号	コンクリートの圧縮強度 σ_{cu} (kg/cm ²)	曲げ引張強度の推定値 σ_{bt} (kg/cm ²)	ひびわれモーメント $M_{cr}/\sigma_{cu}BH^2 (\times 10^{-2})$		計算値	曲げ破壊モーメント $M_u/\sigma_{cu}BH^2 (\times 10^{-2})$		計算値	M_u/M_{cr}	
			実験値	計算値		実験値	計算値		実験値	計算値
AK1-G	450	53.5	2.25	2.37	1.05	6.81	5.70	0.84	3.03	2.41
AK1-NG	430	51.9	2.18	2.41	1.11	6.32	5.08	0.80	2.90	2.11
AK2-NG	439	52.6	2.96	3.07	1.04	7.36	6.34	0.86	2.49	2.07
AP1-G	406	49.9	2.49	2.49	1.00	8.83	8.25	0.93	3.55	3.31
AP1-NG	393	48.9	2.78	2.50	0.90	7.97	7.08	0.89	2.87	2.83
AP2-NG	413	50.5	3.40	3.17	0.93	9.44	9.00	0.95	2.78	2.84

* 曲げ引張強度の推定値 σ_{bt} は、六車と同様に CEB-FIP 式に示される値を 1.5 倍して求めた。 $\sigma_{bt}=1.5(0.607\sigma_{cu}^{2/3})$

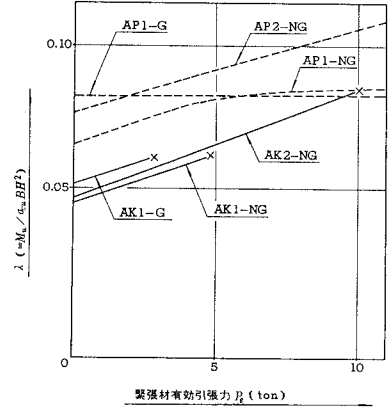


図-2 $\lambda - P_e$ 曲線

3. 試験結果および考察

3.1 曲げ破壊モーメントおよびひびわれモーメント

本試験体に対して緊張材有効引張力 P_e を横軸に、その時の曲げ破壊モーメント係数 λ の計算値³⁾ を縦軸にとったものを図-2 に示す。同図各線上の×印は試験体の曲げ破壊と同時に FRP ロッドの引張耐力に達することを表わしている。FRP ロッドを緊張材とした場合にはその応力～ひずみ関係において塑性領域をほとんど有しないため、緊張材有効引張力 P_e の増加にともない曲げ破断モーメント係数は直線的に増加する。

表-4 に曲げ破壊モーメントおよびひびわれモーメントについての試験結果を示す。曲げ破壊モーメントについてはすべて計算値が試験値を下回ってはいるが概ね良く一致している。アンボンド形式の試験体はボンド形式に比べ、AK シリーズは約 93%、AP シリーズでは約 90% に低下した。これはいずれも一般的な低下率（5～20%）の範囲に属しており、FRP ロッドの付着強度は抜き試験によれば PC 鋼棒の約 1/4 程度であるにもかかわらずボンド効果が得られることを示している。ひびわれモーメントの試験値は計算値と良く一致している。また、ひびわれモーメントに対する曲げ破壊モーメントの比はいずれも 2.0 以上あり、ひびわれ発生から破壊までの載荷能力を十分有している。

3.2 曲げモーメント-たわみ曲線

スパン中央点における曲げモーメント-たわみ曲線を図-3 に示す。いずれの曲線にも 2 ケ所の大きな折曲り点があり、これらはひびわれ発生時および鉄筋降伏時に対応する。すべての試験体は大きな変形性能を有しており、ひびわれ発生後も大きな変形を示した後、やがて曲げ破壊に至っている。

4. まとめ

1) FRP を用いた PC ばりの曲げ耐力算定において、六車らの方法は実用に供し得るものである。

2) FRP を緊張材とした場合、ダクトにセメントペースト（膨張材添加）をグラウチングすることにより、ボンドばりに近い挙動を示す。

3) FRP の弾性係数は小さいため、FRP を用いたはりのひびわれ発生から破壊に至るまでの変形は大きく、大きな靱性を有する。

〔参考文献〕

- 1) 小林, 趙; 生産研究, Vol.36, No.8, 1984, pp.24～27.
- 2) 小林, 趙, 西村; 生産研究, Vol.36, No.6, 1985, pp.7～10.
- 3) 六車, 渡辺, 西山; プレストレストコンクリート, Vol.26, No.1, Jan., 1984, pp.10～16.

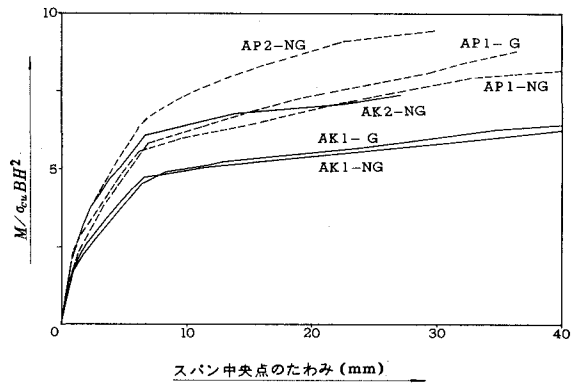


図-3 曲げモーメント-たわみ曲線