

V-114 緊張材および横拘束筋にFRPロッドを用いたPCはり部材の曲げ変形能

京都大学工学部○服部 篤史 阪急電鉄(株) 中川 元宏
 京都大学工学部 井上 晋 宮川 豊章 藤井 学

はじめに FRPロッドを緊張材に用いたPCはり部材の塑性変形能を改善する方法として、コンクリート圧潰型の破壊形式となる部材の曲げ圧縮部を圧縮じん性の大きな横拘束コンクリートとすることが考えられる。また、耐食性・軽量・非磁性あるいは施工上の利点から、スパイラル状に成形したFRPロッドを横拘束筋として利用することが考えられる。本研究では、PC鋼棒を緊張材とした過補強PCはり部材の曲げ圧縮部に各種FRPスパイラル筋を適用しその横拘束効果を部材の耐荷性状から検討するとともに、AFRPロッドを緊張材に用いたPCはり部材に対して同様に曲げ圧縮部を横拘束することによりその曲げ性状の改善を試みた。

表1 FRPロッド

		径 (mm)	公称 断面積 (mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)	伸び (%)
緊張材	AFRP	3- φ6	84.8	180	5400	3.3
	CFRP GFRP	φ6	28.3	175 142	15000 4510	1.2 3.0

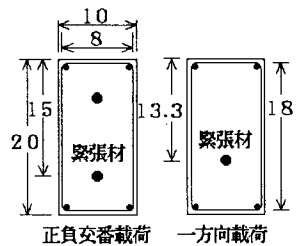
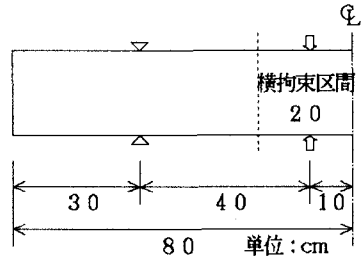


図1 供試体形状

表2 試験要因

シリーズS (正負交番載荷)	
緊張材	B種1号φ17mm (q=0.41, 導入力:0.65f _{py})
横拘束筋	種類 φ6mm AFRPスパイラル筋
	φ6mm CFRPスパイラル筋
	φ6mm GFRPスパイラル筋
	φ6mm 135度フック型フープ筋
ρ _s	0.8% 1.6% 2.4%
シリーズA ₁ (一方載荷)	
シリーズA (正負交番載荷)	
緊張材	種類 3-φ6 AFRPロッド
ρ _s	0.55 0.65 0.75
横拘束筋	種類 φ6mm AFRPスパイラル筋
	ρ _s

ρ_s: 緊張材の破断荷重に対する導入荷重の比
 ρ_s: 横拘束筋面積比

試験概要 緊張材・横拘束筋に用いたFRPロッドの機械的性質を表1に示す。供試体はいずれも図1に示すような矩形断面のポストテンションPCはり(コンクリート強度:450kgf/cm²)であり、表2に示すシリーズS, A₁, Aをそれぞれ12, 9, 9体作製した。荷重は最終的に耐力が最大耐力の6割を下回るか、FRPロッドを緊張材に用いた供試体については緊張材が破断し耐力が急激に低下するまで行うことを原則とし、正負交番載荷については正負ともスパン中央変位が3mmの整数倍となる変位で完全除荷を行う漸増型繰返し載荷とした。

試験結果および考察 図2に、シリーズSの荷重-変位曲線における各グループの最大変位時の耐力の最大耐力に対する割合と載荷変位の関係の一例を示す。これから、FRPスパイラル筋を用いた場合にも有効な横拘束による部材の塑性変形能の改善効果が確認できる一方で、いずれの種類の横拘束筋を用いた場合でもほぼ同程度の塑性変形能改善効果となるのがうかがえる。これはコアコンクリートの圧潰・剥落が早期に顕著となる状況ではFRPスパイラル筋を用いた場合にその高強度を有効に利用できないことを示すものであり、この観点では同じ形状のスパイラル筋の場合はρ_sを大きくするか、あるいは同じρ_sの場合は径の小さいものとし、密に配置する必要があると考えられる。

図3に、シリーズA₁について、通常の逐次計算により曲げモーメント-曲率関係の追跡を行った結果の一例を示す。本研究では横拘束コンクリートについては横拘束筋に鋼材を用いた場合に適用できる応力-ひずみモデル[1]を使用した。そのパラメータである横拘束筋降伏強度にAFRPスパイラル筋の引張強度f_{tu}を代入した場合には大変形域で計算値は曲げ耐力を過大評価するのに対し、普通丸鋼の降伏強度f_{sy}(=49.5kgf/mm²)を代入した計算値が実験値をよく推定した。このことは、f_{tu}を適用する際に何らかの

低減係数(例えば弾性係数比 E_f/E_s など)を考慮することにより既存の応力-ひずみモデルが適用できることを示唆するものである。 f_{sy} を代入した場合について、最終的に緊張材が破断するかどうかの破壊形式種別の推定を試みたものを図4に示す。この結果は多くの p_r および ρ_s の範囲に対しては計算上の破壊形式は実際の破壊形式を推定できることを示すものとなった

が、両者の境界上では計算上は破断する供試体が実際には破断せずコンクリートの圧潰の進行によって終局となったケースがみられた。これは大変形域において緊張材/コンクリート間のすべりにより

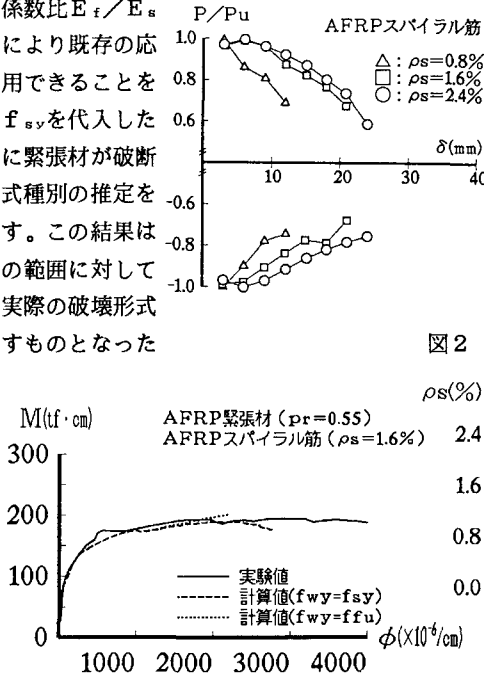


図3 曲げモーメント-曲率関係

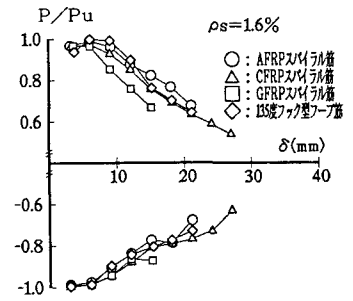


図2 P/Pu

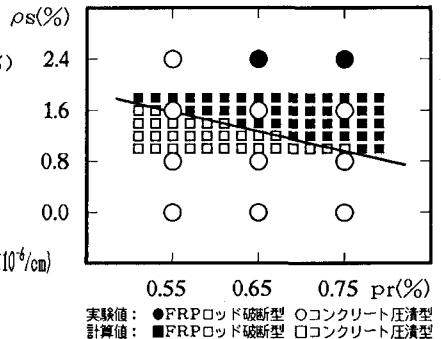


図4 破壊形式の推定

平面保持の仮定が成立しなくなること、緊張材の実際の引張強度にばらつきがあることなどが原因として考えられる。

図5に、シリーズAの荷重-変位曲線の一例を示す。これから、 p_r の増加に伴って圧縮部コンクリートへの作用応力が大きくなり耐力低下が早期に進行するようになること、また ρ_s の増加に伴い変位が小さい段階での急激な耐力低下を防げるようになることがうかがえる。塑性変形能を変位じん性率 μ ($=\delta_2/\delta_1$, δ_1, δ_2 :それぞれ $\alpha \cdot P_u$ となる荷重上昇・下降域の変位, $\alpha=0.8$)を用いて評価したものを表3に示す。これから、同一の p_r 時に ρ_s の増加に伴って緊張材が破断するようになって μ が増加するケースが存在することが明かとなり、ぜい性的な曲げ破壊形式を防止するという観点からはその評価は困難であるが、必要な塑性変形能を確保でき、かつ

正確な部材挙動の予測が可能なる場合にはこの破壊形式を有効としてよいと考えられる。

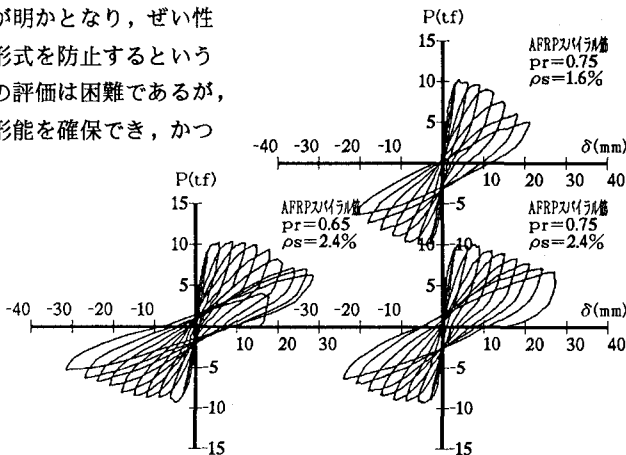


図5 荷重-変位曲線

表3 変位じん性率 μ

p_r	ρ_s	μ		緊張材 破断
		正方向	負方向	
0.55	0.8	-	-	-
	1.6	7.97	9.80	○
	2.4	10.8	14.5	○
0.65	0.8	5.29	6.03	-
	1.6	7.65	6.99	-
	2.4	11.1	10.0	○
0.75	0.8	6.43	5.57	-
	1.6	9.46	7.75	-
	2.4	11.7	11.1	○

$p_r=0.55, \rho_s=0.8\%$ の供試体はデータが得られず

[参考文献] [1] 松本 利彦, 「横拘束コンクリートの応力-ひずみ関係の定量化とはり部材への適用に関する研究」, 京都大学修士論文, 昭和63年