

FRP ロッドを用いたPC梁の曲げ及びせん断特性

広島大学 正員 田澤栄一 広島大学 正員 米倉重州夫
 広島大学 学生員 ○ 周 平 三菱マテリアル(株) 正員 中山英明

1. まえがき

本研究は、炭素繊維(CFRP)又はアラミド繊維(AFRP)ロッドを緊張材、軸方向補強筋及びせん断補強筋として用いたPC梁について、緊張材量、プレストレス、軸方向補強筋量及びせん断補強筋量を変化させた場合の曲げ及びせん断特性をPC鋼材及び鉄筋を用いた場合と比較して検討し、この種のFRPロッドを用いたPC梁の設計上の基礎的資料を得る事を目的としたものである。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料 本実験では表-1に示すCFRPストランド及びAFRPロッドを用いた。又、せん断補強筋に

表-1. FRPロッドの基本的性質

	径 (mm)	断面積 (mm ²) ※	弾性係数 (kgf/cm ²)	切断荷重 (kgf)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)	重量 (g/m)	断面形状	結合材
CFRP ストランド	φ 5	10.1 (6.5)	1.42×10 ⁴	1960	19400	1.5	24	7本より編	エポキシ 樹脂
	φ 7.5	30.4 (19.4)	1.40×10 ⁴	6700	22000	1.6	24	7本より編	
	φ 12.5	76.0 (48.5)	1.43×10 ⁴	17000	22400	1.6	154	7本より編	
	φ 17.8	154.9 (98.8)	1.39×10 ⁴	30450	19700	1.5	294	7本より編	
AFRPロッド	φ 4	12.6 (8.2)	0.54×10 ⁴	2320	19000	3.6	18	異形丸棒	ビニル樹脂
	φ 6	28.3 (18.4)	0.54×10 ⁴	5090	19000	3.6	41	異形丸棒	
	3×φ 6	84.8 (55.1)	0.54×10 ⁴	16110	19000	3.6	123	異形丸棒	

※ () 内は縦棒のみの断面積を示す

はこれらのロッドをスパイラル状に連続成型したものを使用した。又、比較のためにPC鋼棒及び鉄筋を用いた梁も作製した。これらの鋼材の性質を表-2に示す。コンクリートの配合は、早強ポルトランドセメントを使用し、プレストレス導入時(材令7日)のコンクリートの圧縮強度が500kgf/cm²程度になるように定めた。

表-2. 鋼材の基本的性質

	直径 (mm)	断面積 (mm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	降伏荷重 (kgf)	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)
C種1号	13	132.7	2.0×10 ⁴	18880	14200	15100	9
PC鋼棒	17	220.2	2.0×10 ⁴	27080	12300	13400	12
SK-24	6	23.0	2.1×10 ⁴	890	3870	5850	18
	9	54.1	2.1×10 ⁴	1665	3076	4548	30
SD-30	13	121.0	2.1×10 ⁴	3940	3256	4660	26

2. 2 供試体の作成及び荷重方法 供試体は表-3に示す通りとした。又、図-1に示すように梁の形状寸法はスパン140cmのI型断面とし、緊張材を下縁から6cmの位置に、軸方向補強筋を四隅に配置した。載荷は2点載荷とし、緊張後1週間(材令14日)で行った。

3. 実験結果及び考察

表-3. 梁供試体の種類と載荷試験結果

載荷試験の結果を表-3に示す。曲げひび割れ発生荷重及び曲げ破壊荷重は従来の算定式¹⁾を用いて計算し、せん断破壊を生じた場合のせん断破壊耐力 P_u は土木学会コンクリート標準示方書の基本式²⁾を用いた。FRPロッドを用いた場合はコンクリートのせん断分担 V の算出においてFRPロッドと鉄筋の弾性係数比を考慮した P_u' を用いている。

供試体	コンクリート 圧縮強度 $\times 1$ (kgf/cm ²)	緊張材の 直径 (mm)	軸方向 補強筋 (mm)	せん断 補強筋 (mm)	緊張力 P_t (t) ※2	終局荷重 (t)		Pu-1 ——
						実験値Pu-1	計算値Pu-2	
P _t -S _a -S _a -2	550 (538)	φ13	φ9	φ6	8.2 (43%)	16.70	13.72	1.22
C _t -C _a -S _a -2	555 (503)	φ12.5	φ5	φ6	8.2 (48%)	11.75	12.60	0.93
A _t -A _a -S _a -2	570 (513)	3×φ6	φ4	φ6	8.2 (51%)	13.75	13.33	1.03
P _t -S _s -S _a -2	643 (560)	φ13	D13	φ6	8.2 (43%)	21.50	16.06	1.34
C _t -C _s -C _a -3	642 (517)	φ12.5	φ7.5	φ5	10.0 (59%)	20.60	19.40	1.06
A _t -A _s -A _a -3	618 (542)	3×φ6	φ6	φ4	10.0 (52%)	16.30	13.24	1.23

※1… () 内はプレストレスング時のコンクリート圧縮強度

※2… () 内は P_t/P_u を示す。ここに、 P_t : 初期プレストレス力、 P_u : 緊張材の引張耐力

供試体名は、緊張材の種類-軸方向筋の種類-せん断補強筋の種類-緊張力

ここに、P: PC鋼棒、C: CFRP、A: AFRP、S: 丸鋼

図-2のPC梁の荷重-たわみ関係より、ひび割れ後のたわみはPC鋼棒の場合に比べFRPロッドを用いたほうが弾性係数が小さいため大きくなっている。このときFRPロッドを用いた梁は、曲げひび割れが圧縮フランジ内まで進展して曲げ圧縮破壊を生じている。このような挙動は鋼材を用いた場合の曲げ引張破壊形式と類似しており、破壊の予知は可能である。FRPロッドを用い、緊張材量及び緊

張力を増やした場合ではたわみの増大及びひび割れの進展が抑制されるため曲げ耐力が向上し、P C鋼棒を用いた場合とのたわみの差が小さく

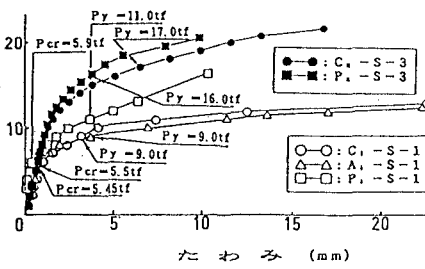


図-2. 荷重-たわみ関係

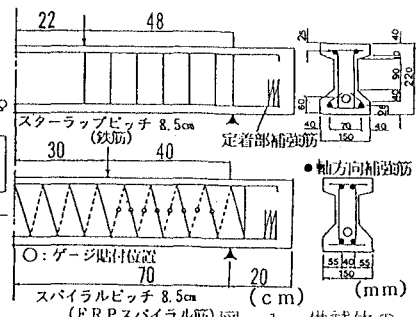


図-1. 供試体の形状寸法、せん断補強筋の配置

なっている。図-3の同一プレストレス量を有する各供試体の曲げ耐力と緊張材の引張耐力の関係より、FRPロッドを用いたP C梁の曲げ圧縮破壊耐力は、FRPロッドの量が鈎合補強材比を越えある程度大きい値に至るまで増大した。このような特性は、鋼材の場合、鈎合鉄筋比以上では曲げ圧縮破壊耐力がほとんど増大しないこととは

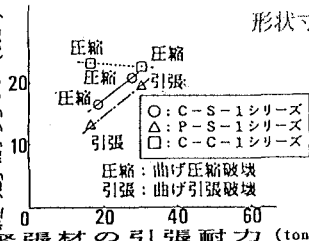


図-3. 緊張材の引張耐力と終局耐力の関係

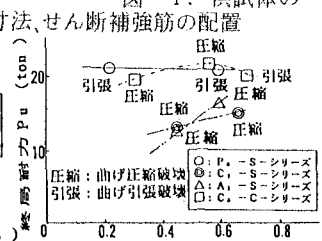


図-4. 緊張力比と終局耐力の関係

極めて異なる点である。図-4より、FRPロッドを用いた梁の曲げ圧縮破壊耐力は緊張力比を高くする

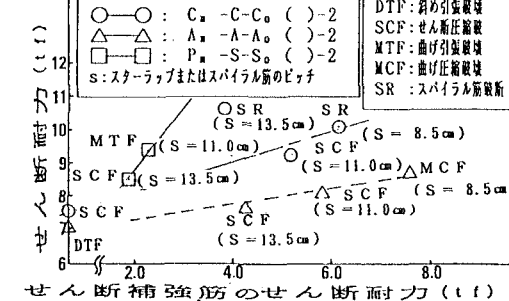


図-5. せん断補強筋のせん断耐力と梁のせん断耐力の関係

と増大している。これは、プレストレスを大きくすると、全断面有効である荷重が増大してたわみが小さくなるため破壊時のひび割れの進展を抑制し、梁圧縮部コンクリートが大きく残存するためである。

しかし、緊張力比を高くし過ぎると供試体の破壊は緊張材の破断による曲げ引張破壊に移行して曲げ破壊荷重はほとんど増大しなくなるので注意を要する。図-5にP C梁のせん断耐力又は曲げ破壊時のせん断力とせん断補強筋のせん断耐力の関係を示す。FRPロッドを用いた場合のせん断耐力はAFR Pスパイラル筋の場合、同一せん断補強率において炭素繊維の場合の8割程度である。一方、P C鋼材及びスタップに鉄筋を用いた場合はFRPの場合と比べてわずかのせん断補強率の増加でせん断破壊から曲げ破壊に移行してせん断耐力の増加が著しい。この事は、弾性係数の小さいFRPを用いた場合、同一荷重に対する変形が大きく、そのためにせん断破壊を生じやすくなることを示唆している。FRPの場合、プレストレスを大きくすることはせん断耐力を増大させるのに効果的である。これは、たわみの減少と主引張応力の減少に効果的だからである。(図-6参照)

4. まとめ FRPを用いたP C梁の曲げ耐力及びせん断耐力は、プレストレスを増大することにより、増大させることができる。これは、プレストレスにより変形を小さくできるからである。

参考文献 1) 米倉、田澤、中山、永田：FRPロッドを緊張材として用いたP C梁の曲げ性状、コンクリート工学年次論文報告集、13-2、1991