

F R P ロッドを用いたP C 梁の力学的特性

広島大学 正会員 田澤 栄一 広島大学 正会員 米倉亜州夫
 広島大学 学生員 ○中山 英明 極東工業㈱ 永田浩一郎

1. まえがき

プレストレストコンクリート（以下P C）構造物のP C緊張材にA F R P, C F R P ロッドを用いた場合特に問題となるのは、F R P ロッドは破壊時の伸びがP C鋼材に比べて小さいために、P C部材が緊張材の破断による急激な脆性破壊を生じる可能性があることである。このため、曲げ圧縮破壊を生じるように設計することも考えられているが、まだ明確な設計方法は確立されていない。そこで本研究ではC F R P, A F R Pを緊張材として用いたポストテンション梁の曲げ破壊耐力および曲げ破壊形式をP C鋼材を用いた場合と比較して検討し、この種のF R P ロッドを用いたP C梁の設計上の基礎的資料を得ることを目的とした。

2. 実験概要

表-2.1 F R P の品質

	直径 (mm)	断面積 (mm ²)	弹性係数 (kgf/cm ²)	切削荷重 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)	断面形状
CFRP	Φ12.5	76.0 (48.5)	1.43×10^4	16000	21100	1.5	7本より横
	Φ17.8	154.9 (98.8)	1.39×10^4	30450	19700	1.5	7本より横
	Φ25.0	290.9 (185.6)	1.32×10^4	56600	19500	1.5	19本より横
A F R P	Φ4.6	8.4 (55.1)	0.54×10^4	16110	19000	3.6	異形丸棒

※ () 内は横筋のみの断面積を示す

ド（以下A F R P ロッド）である。これらのロッドの基本的性質を表-2.1 に示す。また比較のためにP C鋼棒（C種1号, SBPR110/125）を使用した。軸方向補強筋にはΦ 9 mm (S R - 24) の丸鋼を、スターラップおよび定着部補強筋にはΦ 6 mm (S R - 24) の丸

鋼を使用した。これらの鋼材の基本的性質を表-2.2 に示す。またセメントは早強ポルトランドセメントを使用し、コンクリートの配合は緊張時（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。

2. 2 供試体の製造方法および載荷方法

供試体は、緊張材の種類、緊張材量、初期緊張力の大きさをパラメーターとして表-2.3 に示す通りとした。また、供試体の形状寸法は図-2.1 に示すように

I型断面とし、緊張材を下縁から6 cm の位置とし、軸方向補強筋を4隅に配置した。さらに、図-2.2 に示すようにスターラップを配置した。載荷方法は図-2.3 に示すように2点載荷として、曲げ試験を行った。また、載荷は緊張後1週間（材令14日）で行った。なお供試体は緊張後すぐにグラウト注入を行っている。

3. 実験結果および考察

表-3.1 に載荷試験結果の一覧を示す。曲げひび割れ発生荷重および曲げ耐力は従来の算定方式で評価できることが認められた。図-3.1-3 に代表的な梁のひび割れ性状およびひずみ分布図を示す。ひずみ分布図はひび割れ発生前、ひび割れ発生後、破壊前の三つの荷重に対して示している。また、図中のC., T.,

表-2.2 鋼材の品質

	直径 (mm)	断面積 (mm ²)	弹性係数 (kgf/cm ²)	降伏荷重 (kgf/cm ²)	降伏強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)
C種1号 P C鋼棒	13	132.7	2.0×10^4	18450	13900	10
	17	220.2	2.0×10^4	27080	12300	12
	21	324.7	2.0×10^4	42210	13900	9
SR-24	6	23.6	2.1×10^4	670	2830	—
	9	58.1	2.1×10^4	1720	2960	—
	—	—	—	—	—	—

表-2.3 梁供試体の種類

供試体	緊張材	緊張量 (t) *	スターラップ (cm)	$\sigma_{\text{c}} (\text{kgf/cm}^2) \#$
P ₁ - S - 1	Φ13.0	8.2 (45%)	—	72.0
C ₁ - S - 1	Φ12.5	8.2 (51%)	—	72.0
A ₁ - S - 1	Φ4×6	8.2 (49%)	—	72.0
P ₂ - S - 2	Φ17.0	16.4 (61%)	—	144.0
C ₂ - S - 2	Φ17.8	16.4 (54%)	—	144.0
P ₃ - S - 3	Φ21.0	24.6 (54%)	4.0	216.0
C ₃ - S - 3	Φ25.0	24.6 (44%)	4.0	216.0

* () 内はP_c / P₁ において、P_c : 緊張力、P₁ : 降伏荷重または引張荷重 # σ_c はプレストレスト導入後のコンクリート下縁の応力

供試体名は、(緊張材の種類) — (軸方向補強筋の種類) — (緊張量) を示す
 丸鋼Φ9 1: 8.2 t
 2: 16.4 t
 3: 24.6 t

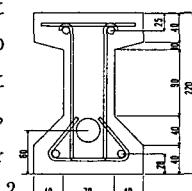
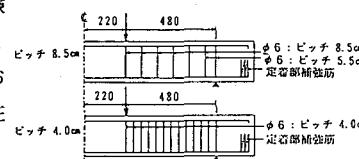
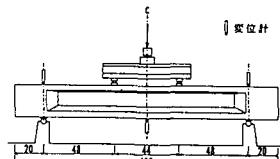


図-2.1 供試体の形状寸法



ビッチ 8.5cm
Φ6: ビッチ 8.5cm
Φ6: ビッチ 5.5cm
定着部補強筋

ビッチ 4.0cm
Φ6: ビッチ 4.0cm
定着部補強筋



支点
20 40 40 180 (mm)

支点
20 40 40 180 (mm)

T₁ はそれぞれ圧縮側軸方向補強筋、緊張材引張側軸方向補強筋の負担力を示している。

図より、A F R P ロッドを用いた A₁ - S - 1 および C F R P ストランドを用いた C₁ - S - 1 は曲げ圧縮破壊、P₁ - S - 1 は曲げ引張破壊であり、終局耐力も異なっている。

これは、弾性係数および断面積が最も小さい

A₁ - S - 1 の方が、同一荷重に対して緊張材の引張応力が大きいことによって、ひずみがいっそう大きくなり、平面保持の仮定から求めた中立軸の位置が上がるためにコンクリートの圧縮部領域が狭小となって、圧縮破壊したためと考えられる。これは A₁ - S - 1 のひび割れ図において荷重 10t のときに、ひび割れがフランジ内に進展していることからも推測される。

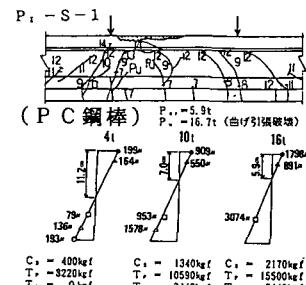
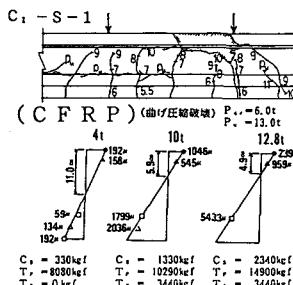
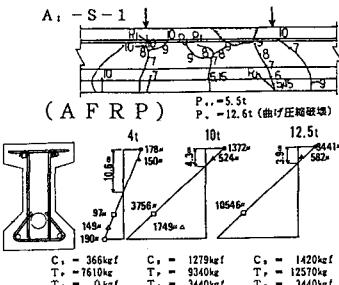


図-3.1 ひび割れ図および梁中央のひずみ分布図

図-3.2 ひび割れ図および梁中央のひずみ分布図

図-3.3 ひび割れ図および梁中央のひずみ分布図

図-3.4 は各種緊張材を用いた P C 梁の荷重 - たわみ関係を示したものである。ひび割れ発生後のたわみは P C 鋼棒と比べて F R P ロッドを用いた方が大きくなっている。特に、A F R P ロッドは C F R P ストランドよりも終局時の中立軸の位置が上昇するために、たわみが同一荷重において、やや大きくなっている。しかし図-3.5 に示すように緊張材量および緊張力を増やした場合では、P C 鋼棒を用いた梁と F R P ロッドを用いた梁とのたわみの差が小さくなっている。これは両者とも曲げ圧縮破壊しており、曲げ圧縮破壊する梁では変形量が小さくなるため、緊張材の種類による変形量の差が小さくなったものと考えられる。このとき C F R P ストランドを用いた梁のほうが、P C 鋼棒を用いた梁よりも中立軸の位置はやや上がるが、中立軸が巾の小さい腹部内にあるため、破壊時の圧縮合力の値にはほとんど差はなく、このため P C 梁の圧縮破壊耐力の差も小さくなっている。

4.まとめ

F R P ロッドを用いた P C 梁は F R P ロッドの弾性係数が P C 鋼棒の 1/4~2/3 程度であるためひずみが大きくなり、中立軸が上昇して圧縮破壊しやすくなる。曲げ圧縮破壊させた場合、P C 鋼棒を用いた場合よりも終局時の変位が大きくなり、ひび割れが圧縮フランジ近くまで上昇するので破壊の予知がある程度可能となる。

<参考文献>

日本建築学会：「新補強材のコンクリート構造物への利用の現状と問題点」，1989.3