

AFRP シートで曲げ補強した PC 梁の耐荷性状に関する実験的研究

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○富田 祐輔
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
三井住友建設(株) 正会員 藤田 学

1. はじめに

本研究は、AFRP シートで曲げ補強した PC 梁の合理的な曲げ補強設計法の確立を目的に、AFRP シート曲げ補強 PC 梁の静的 4 点曲げ載荷実験を行ったものである。本論文では、AFRP シート曲げ補強 PC 梁の耐荷性状に関する検討の他、既往の研究における AFRP シート曲げ補強 RC 梁と同様に破壊形式予測¹⁾に関する検討も行っている。

2. 試験体概要

表-1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。表中、試験体名の第 1 項目は主鋼材の種類(PC9: ϕ 9.3, PC12: ϕ 12.4)、第 2 項目は補強の有無(N:無補強, S:補強)を示しており、付随する数値は補強シートの総目付量 (g/m^2) を示している。主鋼材には、有効緊張率が引張強度の 60 % となるようにプレテンション方式で緊張力を導入している。なお、実験時のコンクリートの材齢は 28 日、平均圧縮強度は $f'_c = 65.4 \text{ MPa}$ であった。また、表-2、表-3 には、鋼材および AFRP シートの力学的特性値を示している。

図-1 には、本実験に用いた試験体の概要を示している。試験体は、断面寸法(梁幅 $\times$ 梁高)が $18 \times 25 \text{ cm}$ 、上端筋に D22 を 2 本、下端鋼材に PC 鋼より線 2 本を配置した PC 梁である。また、帯鉄筋として D13 を 100 mm 間隔で配置した。なお、曲げ補強シートは、幅 160 mm で梁中央部から両支点の 100 mm 手前までの範囲に接着した。

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位関係

図-2 には、荷重-変位関係の比較図を示している。(a) 図には各主鋼材ごとの結果を比較し、(b) 図には PC12 試験体の実験結果を計算結果と各々比較して示している。なお、計算結果は、コンクリート標準示方書に準拠した断面分割法により上縁コンクリートのひずみが圧壊ひずみ

(3500μ) に達するまで算出したものである。また、破壊形式は既往の研究に基づき、実験結果の最大荷重および最大荷重時変位ともに計算結果と同程度以上の場合を曲げ圧壊型、その他の場合を剥離破壊型とした。

図-2(a) より、主鋼材量にかかわらず曲げひび割れ発生時に荷重-変位関係の剛性勾配が低下し、主鋼材降伏時に再び剛性が低下する性状が見られる。また、各荷重値に着目すると、主鋼材が同様の場合、曲げひび割れ発生荷重は補強の有無にかかわらず同程度であるものの、主鋼材降伏荷重および終局荷重は補強量の増加とともに増大している。このことから、シートの曲げ補強効果は主として曲げひび割れ発生後に発揮されることが分かる。

また、図-2(b) に着目すると、実験結果は計算結果と概ね対応しているものの、補強量の増加に伴い計算結果を下

表-1 試験体一覧

試験体名	使用主鋼材	主鋼材の有効緊張力 (kN)	シート目付量 (g/m^2)
PC9-N	ϕ 9.3	58.6 ($0.6f_u$)	-
PC9-S280			280
PC9-S415			415
PC9-S830			830 (415 $\times$ 2)
PC9-S1245			1245 (415 $\times$ 3)
PC12-N	ϕ 12.4	103.0 ($0.6f_u$)	-
PC12-S280			280
PC12-S415			415
PC12-S830			830 (415 $\times$ 2)
PC12-S1245			1245 (415 $\times$ 3)

表-2 鋼材の力学的特性値

鋼材名称	材質	降伏強度 f_y (MPa)	引張強度 f_u (MPa)	弾性係数 (GPa)
D22	SD345	389	580	206
ϕ 9.3	SWPR7AN	1,579 *	1,879	191
ϕ 12.4		1,555 *	1,851	193

* PC 鋼より線の 1 次降伏点

表-3 AFRP シートの力学的特性値 (公称値)

繊維目付量 (g/m^2)	保証耐力 (kN/m)	厚さ (mm)	引張強度 (GPa)	弾性係数 (GPa)	破断ひずみ (%)
280	392	0.193	2.06	118	1.75
415	588	0.286			

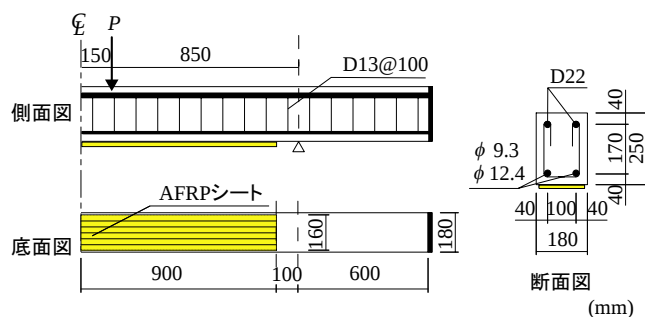


図-1 試験体概要

キーワード: PC 梁, AFRP シート, 曲げ補強, 耐荷性状, 破壊形式予測

連絡先: 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

回って終局に至る傾向にあることが分かる。この補強量の増加とともに曲げ圧壊型から剥離破壊型に移行する傾向は、RC 梁の場合と同様である。

3.2 破壊形式の予測に関する検討

前節より、FRP シート曲げ補強 PC 梁の耐荷性状が、FRP シート曲げ補強 RC 梁のそれと類似していることから、RC 梁と同様に FRP シート曲げ補強 PC 梁に関する破壊形式の予測が可能であるものと考えられる。

既往の研究結果より、FRP シート曲げ補強 RC 梁の破壊形式の予測は、断面分割法により算出される降伏モーメント M_y および終局モーメント M_u の比を用いて可能であることが明らかになっている。この考え方にに基づき、降伏曲げモーメント M_y の代わりに曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} および PC 鋼より線の 1 次降伏モーメント M_{y1} に着目し、それぞれを適用する場合の予測式の妥当性について検討を行うこととする。ここで、1 次降伏とは、主鋼材の PC 鋼より線がトリリニア型の応力-ひずみモデルにおける初期勾配変化点に達した時点とし、その時点のモーメントを 1 次降伏モーメントとしている。表-4 には、実験および計算結果から得られた各値を一覧にして示している。

図-3(a), (b) には、縦軸をそれぞれ M_{cr}/M_u , M_{y1}/M_u とした図を示している。図より、 M_{cr}/M_u を用いる場合には、

曲げ圧壊型の場合： $M_{cr}/M_u \geq 0.39$

剥離破壊型の場合： $M_{cr}/M_u < 0.39$

また、 M_{y1}/M_u を用いる場合には、

曲げ圧壊型の場合： $M_{y1}/M_u \geq 0.61$

剥離破壊型の場合： $M_{y1}/M_u < 0.61$

とすることにより、実験結果の破壊形式を予測可能であることが分かる。このように、FRP シート曲げ補強 PC 梁の破壊形式予測は、 M_{cr}/M_u および M_{y1}/M_u を用いることで可能であることが明らかになった。

4. まとめ

- 1) AFRP シート曲げ補強 PC 梁のシート補強効果は、曲げひび割れ発生後に発揮される。また補強量が多いほど補強効果はあるものの、小さい変位で終局に至る傾向にある。
- 2) 本研究の範囲内では、AFRP シート曲げ補強 PC 梁の破壊形式予測は、曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} および 1 次降伏モーメント M_{y1} と終局曲げモーメント M_u との比によって可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 三上 浩, 栗橋 祐介: FRP シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状および破壊形式の予測に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.711/V-56, pp.91-108, 2002.8.

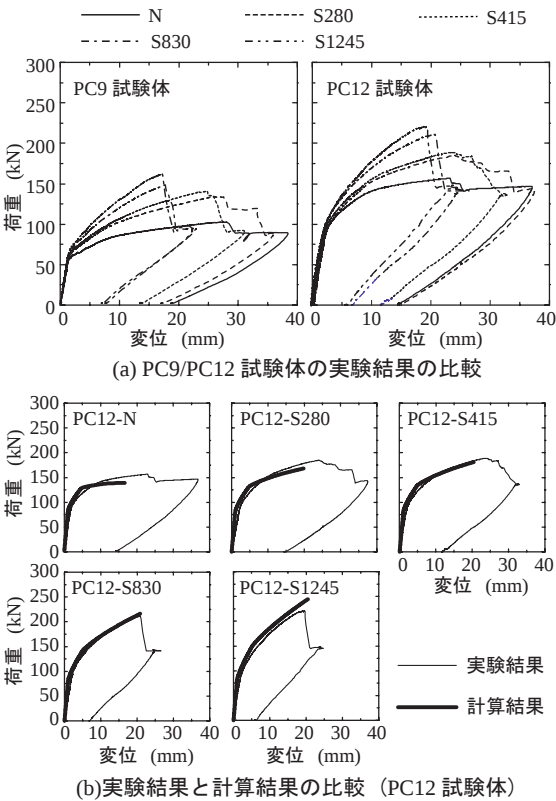


図-2 荷重-変位関係

表-4 実験結果および計算結果の一覧

試験体名	P_{ue}/P_{uc}	$\delta_{ue} / \delta_{uc}$	破壊形式	M_{cr}/M_u	M_{y1}/M_u
PC9-N	1.17	1.34	-	0.64	0.84
PC9-S280	1.13	1.19	曲げ圧壊型	0.47	0.66
PC9-S415	1.05	1.02	曲げ圧壊型	0.42	0.61
PC9-S830	0.81	0.67	剥離破壊型	0.31	0.49
PC9-S1245	0.74	0.66	剥離破壊型	0.26	0.44
PC12-N	1.13	1.37	-	0.61	0.90
PC12-S280	1.10	1.20	曲げ圧壊型	0.50	0.76
PC12-S415	1.04	1.15	曲げ圧壊型	0.46	0.72
PC12-S830	0.98	0.98	曲げ圧壊型	0.39	0.64
PC12-S1245	0.90	0.93	剥離破壊型	0.34	0.59

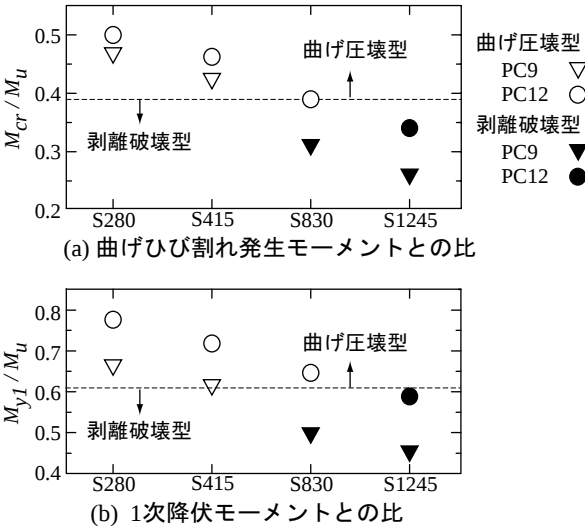


図-3 破壊形式予測式の検討