

AFRP シート曲げ補強 RC 梁のシート剥離性状に与える主筋降伏の影響

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
 ファイベックス（株） 正会員 田村 富雄 北海道開発土木研究所 正会員 栗橋 祐介

1. はじめに

本研究では、曲げ補強シートの剥離性状に与える主筋降伏領域の影響の検討を目的として、主筋として鉄筋の他、降伏強度の高い PC 鋼棒および降伏点のない AFRP ロッドを用いた RC 梁の静的 4 点曲げ載荷実験を実施した。

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。試験体数は、主筋 4 種類に対してそれぞれシート補強層数を 0~2 層の 3 種類とした全 12 体である。表中、試験体名の第一項目は主筋の種類を示しており、RC が鉄筋 (RC1: D16, RC2: D19)、PC が PC 鋼棒、ARC が AFRP ロッドを示している。第二項目はシート補強の有無と補強層数を示しており、N は無補強、S はシート補強 (S1: 1 層, S2: 2 層) を示している。図-1 には、本実験に用いた試験体の一例を示している。試験体は全て梁幅×梁高が 15 × 25 cm、純スパン長が 2.6 m の複鉄筋矩形 RC 梁である。軸方向筋には上端に D19 を 2 本配置し、下端には表-1 に示す主筋を芯かぶり 40 mm の位置に 2 本ずつ配置している。曲げ補強シートにはアラミド繊維製 FRP シート (AFRP シート: 目付量; 415 g/m², シート厚; 0.286 mm, 弾性係数; 118 GPa, 引張強度; 2.06 GPa) を幅 13 cm で両支点の 10 cm 手前まで接着した。なお、実験時におけるコンクリートの圧縮強度は 26.1 MPa

であった。表-2 には、主筋の材料特性値の一覧を示している。

3. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

図-2 には、荷重-スパン中央点変位 (以後、変位) 関係を計算結果と比較して示している。計算結果は、平面保持を仮定した断面分割法により、上縁コンクリートの圧壊 (0.35%) までシートはコンクリートと完全付着の状態にあるものとして算出している。

図より、RC1/RC2/PC-N 試験体の計算結果は、計算終局前に剛性勾配が大きく低下しており、主筋が降伏していることを確認できる。一方、ARC-N 試験体では、曲げひび割れの発生に伴う剛性勾配の低下後、計算終局時までほぼ線形に荷重が増加している。これは、AFRP ロッドには降伏点無く、破断するまで線形に変形するためである。シート補強した RC1/RC2/PC 梁の計算結果は、主筋降伏時の荷重および変位、主筋降伏後の剛性勾配および最大荷重がシート補強層数の増加とともに増大する傾向にある。一方、降伏点のない ARC 梁でも、剛性勾配がシート補強層数に対応して大きくなり、かつ最大荷重も増加の傾向を示している。

実験結果は、主筋の降伏を伴う RC1/RC2/PC 梁の場合には、計算結果と同様にシート補強層数の増加に伴い降伏荷重および最大荷重が増加する傾向にあるものの、主筋が降伏しない ARC 梁の場合には、シート補強層数の増加に伴って最大荷重が小さくなる傾向にある。これより、主筋が降伏する場合にはシートの補強層数の増加に対応して補強効果が増大するものの、主筋が降伏しない場合には逆効果になる可能性があることが明らかになった。

キーワード: RC 梁, AFRP シート, 主筋降伏, ピーリング作用

連絡先: 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設 (株) 技術研究所 TEL 04-7140-5201 FAX 04-7140-5216

表-1 試験体一覧

試験体名	主筋材料	主筋の伸び剛性 $E \cdot A$ (MN)	補強層数 (層)
RC1-N	鉄筋 (D16)	81.8	0
RC1-S1			1
RC1-S2			2
RC2-N	鉄筋 (D19)	118.0	0
RC2-S1			1
RC2-S2			2
PC-N	PC 鋼棒	39.2	0
PC-S1			1
PC-S2			2
ARC-N	AFRP ロッド	20.2	0
ARC-S1			1
ARC-S2			2

表-2 主筋の材料特性値一覧

主筋材料	呼び名	断面積 A (mm ²)	弾性係数 E (GPa)	降伏強度 (MPa)	破断強度 (MPa)
鉄筋	D16	198.6	206	379	-
	D19	286.5		394	
PC 鋼棒	11mm	95.0	204	1,365	-
AFRP ロッド	RA13	147.0	68.6	-	1,372

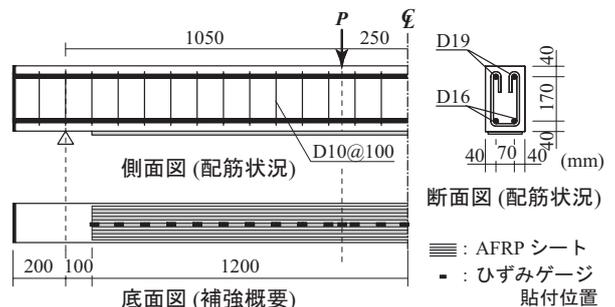


図-1 試験体概要 (RC1 梁)

3.2 シートの剥離性状

図-3には、各主筋の剥離性状の例としてRC1/PC/ARC-S2試験体のひずみ分布性状および載荷点近傍のひび割れ状況を示している。なお、図にはRC1/PC-S2試験体の場合は計算終局時、ARC-S2試験体の場合は実測最大荷重時を示している。

主筋に鉄筋を使用したRC1-S2試験体のひずみ分布性状より、等せん断力区間の主筋降伏領域内に、計算結果よりも大きなひずみが発生していることが分かる。また、ひび割れ状況より、主筋降伏領域内の下縁かぶり部に斜めひび割れの発生および開口が確認できる。このことより、下縁かぶり部に発生した斜めひび割れが要因となり、ピーリング作用が顕在化してシートが全面剥離したものと考えられる。

主筋にPC鋼棒を使用したPC-S2試験体では、主筋降伏領域よりも広範囲で計算結果よりも大きなひずみが発生しており、下縁かぶり部の斜めひび割れの発生範囲も主筋降伏領域より支点側に拡大している。これは、PC鋼棒が丸鋼

であるためコンクリートとの付着性能が低いことによるものと推察される。しかしながら、PC鋼棒を用いる場合においてもRC1-S2試験体と同様の性状を示して終局に至っていることより、ピーリング作用が顕在化してシートが全面剥離に至ることが明らかになった。

ARC-S2試験体のひずみ分布性状を見ると、他の試験体とは異なり載荷点から支点まで線形分布を示していることがわかる。また、実験結果も計算結果とほぼ対応していることより、曲げ補強シートは完全付着に近い状態にあることがわかる。ひび割れ状況からも、梁下縁全体に曲げひび割れが発生しているものの、斜めひび割れの発生やシートの剥離現象は認められない。このことより、主筋が降伏しない場合には、ピーリング作用は発生しないことが明らかになった。なお、ARC-S2が計算値に比べて小さな荷重で終局に至ったのは、写真-1に示すように、曲げ補強シート接着端部に発生した斜めひび割れが大きく開口し、主筋に沿う割裂ひび割れと連成して下縁かぶり部の剥離が載荷点側に進展したためである。

4. まとめ

- 1) 主筋が降伏する場合には、シート補強層数の増加に対応して補強効果が出現する。主筋が降伏しない場合には、剛性は向上するものの補強効果が出現する前に終局に至る。
- 2) 主筋に降伏点の高い材料を用いる場合にも、シート剥離は、下縁かぶり部に発生する斜めひび割れの開口に伴うピーリング作用によって発生する。
- 3) 主筋に降伏点のない材料を用いる場合には、シート接着端部に発生する斜めひび割れが開口し、主筋に沿う割裂ひび割れと連成して下縁かぶりごと剥離し終局に至る。

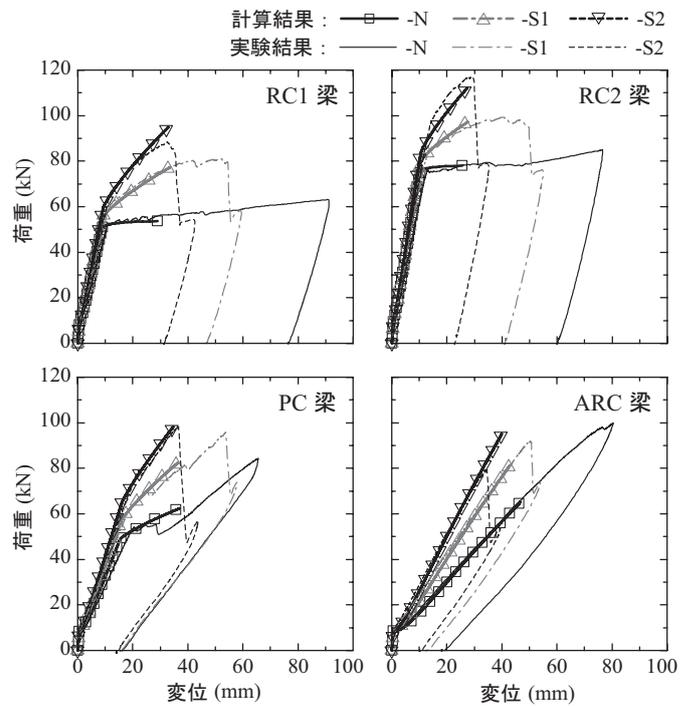


図-2 荷重-変位関係

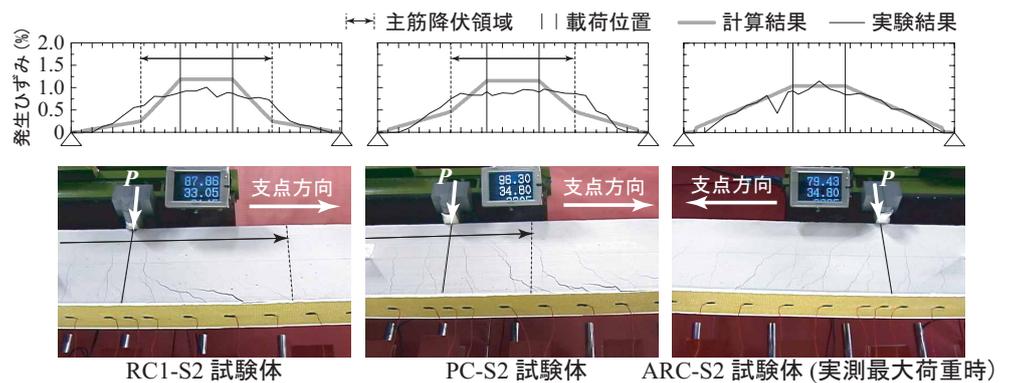


図-3 シートの剥離性状

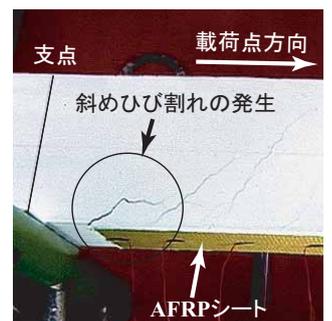


写真-1 シートの剥離性状 (ARC-S2試験体)