

CFRP シートによる I 型断面フレキシブル RC 橋脚模型の補強実験

九州大学工学研究院 正会員 ○山崎智彦 九州大学工学研究院 フェロー 大塚久哲
九州大学工学研究院 非会員 高 文君 NEXCO 西日本 正会員 今村壮宏

1. はじめに

山岳地帯の高架橋に用いられている I 型断面フレキシブル RC 橋脚に対し、橋軸直角方向のせん断耐力を照査すると、現行基準を満足しない場合がある。この橋脚に対しては、現場条件の制約から CFRP シートによる補強が考えられるが、CFRP シートの補強効果に関しては十分な知見が得られていないのが現状である。本研究では、先に行った I 型断面フレキシブル RC 橋脚の橋軸直角方向の水平加力実験結果¹⁾を踏まえて、CFRP シートによる水平耐力や靱性率の向上に関しての基礎資料を得ることを目的としたものである。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体（縮尺模型）の概要図を図 1 に示す。両側柱部の断面は 200×250mm、壁部は 60×500mm の矩形断面である。コンクリートの設計基準強度は 24N/mm² で配合し、鉄筋は SD345 を使用した。また、梁（上端）及びフーチング（下端）は、供試体部よりも十分な配筋と断面寸法を確保している。

2.2 実験ケース

表 1 に実験ケースを示す。供試体 No.1 を標準断面とし、供試体 No.2～No.4 は、鉄筋配置はすべて同じとして、表面に繊維目付 200g/m² の CFRP シートを貼付した。CFRP シートを巻くにあたり、柱断面の面取りと CFRP シートの折り込みは行っていない。各高速道路(株)共通の設計要領第二集橋梁保全編による鉄筋換算式²⁾により、CFRP シートの鉄筋換算比を求めた。ここで、CFRP シートを鉛直方向に添付したのは、文献¹⁾の結果から、当該橋脚が主鉄筋の曲げ降伏から圧縮方向柱基部のせん断破壊に至る破壊形状を示すことと、柱帯鉄筋および壁横方向鉄筋の補強によっても水平耐力の向上はわずかであることから、鉛直方向補強による補強効果を見定めるためである。

2.3 載荷方法

供試体の基礎フーチングを PC 鋼棒（8-Φ32mm）により反力床に緊結し、反力壁に設置しているジャッキにより、供試体頂部の梁部に対して水平載荷による単調漸増載荷を行った。この時、載荷面（200×200mm）には、荷重を均等に分布させるために厚さ 5mm のゴムパットを挟んだ。破壊状況を確認するために載荷ステップは 50kN 刻みとし、最大荷重以降は、供試体がせん断破壊を起こすまで荷重を与え続けた。また、各供試体の損傷状況により、載荷ステップには少し差がある。

3. 実験結果

3.1 破壊メカニズム

各供試体の破壊状態を写真 1 に示す。まず、No.1 は、引張側柱の水平ひび割れが壁へ伸展し、圧縮側柱へ斜めひび割れとなって進展して、最終的には柱基部の縁端部のコンクリートが、剥離・欠落後に破壊音と共にせん断破壊した。No.2 は、引張側柱の水平ひび割れが壁へ伸展し、340kN 付近で壁の基部フーチング部から CFRP シートが剥離し、最終的には圧縮側柱の基部が、壁の CFRP シートの破断と共にせん断破壊した。No.3 は、壁の斜めひび割れ本数の増加に従って、300kN 付近で引張側柱

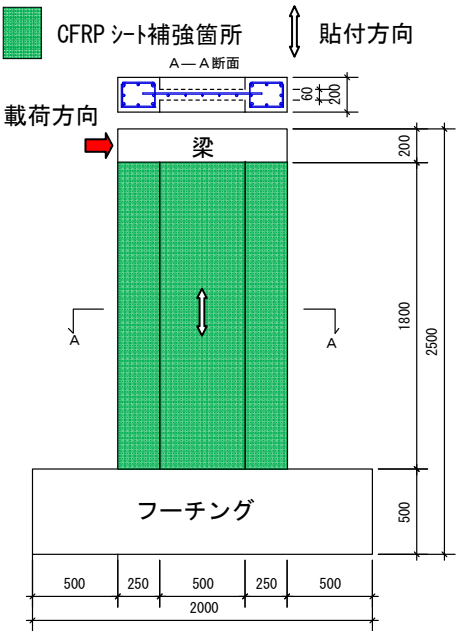


図 1 供試体概要図

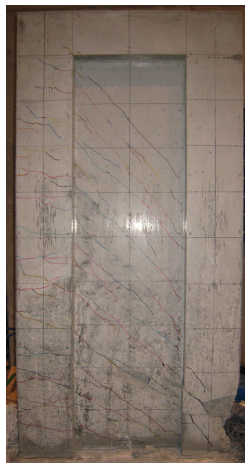
表 1 実験ケース

供試体 No.	鉄筋径、鉄筋本数、配筋間隔（鉄筋比(%)）				CFRPシートの貼付箇所 (貼付方向：縦鉛直方向1層貼り)
	柱主鉄筋	柱帯鉄筋	壁縦方向鉄筋	壁横方向鉄筋	
1	6-D16、2-D10 (2.67)	D6ctcl20 (0.26)	5-D10 (1.19)	D13ctcl20 (1.76)	無補強
2	6-D16、2-D10 (2.67)	D6ctcl20 (0.26)	5-D10 (3.27)	D13ctcl20 (1.76)	壁両面
3	6-D16、2-D10 (3.72)	D6ctcl20 (0.26)	5-D10 (1.19)	D13ctcl20 (1.76)	両側柱全面
4	6-D16、2-D10 (3.72)	D6ctcl20 (0.26)	5-D10 (3.27)	D13ctcl20 (1.76)	壁両面+両側柱全面

表 2 コンクリート材料特性

供試体 No.	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	材齢 (日)
1	34.4	3	2.49×10 ⁴	18
2	37.6	3.7	2.50×10 ⁴	20
3	29.5	3	2.24×10 ⁴	17
4	31.7	3	2.32×10 ⁴	21

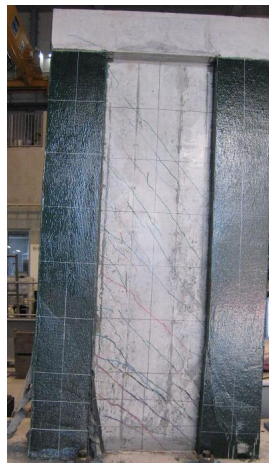
キーワード：フレキシブル RC 橋脚、補強効果、CFRP シート、靱性向上
連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 092-802-3374



(a) 供試体 No. 1



(b) 供試体 No. 2



(c) 供試体 No. 3



(d) 供試体 No. 4

写真1 実験終了後における各供試体の正面の破壊状況

の基部フーチング部から CFRP シートが剥離し、330kN 付近で壁の斜めひび割れの幅が顕著に増加して、最終的には圧縮側の柱基部が破壊した。No.4 は、載荷荷重の増加に従って、300kN 付近で引張側柱の CFRP シートが剥離したが、最大耐力以降は耐力が維持し、最終的には圧縮側柱のコンクリートがせん断破壊した。

いずれも水平曲げひび割れから斜めせん断ひび割れが進展し、引張側柱の主鉄筋降伏、壁の縦方向鉄筋降伏、壁の横方向鉄筋降伏。圧縮側帯鉄筋の降伏を見て、最終的に圧縮側柱基部のせん断破壊により耐力を失った。

供試体 No.2~No.4 の CFRP シートの剥離状況から判断すれば、写真1に見られるように、CFRP シートが基部フーチング部からめくれ上がるため、接着のみならず端部定着を十分に行う必要がある。

3.2 荷重－変位曲線

各供試体の荷重－変位曲線関係を図2に示す。荷重はジャッキ先端のロードセルにより計測し、変位は供試体頂部の載荷点反対側の水平変位を変位計で計測した。

図2より、荷重－変位曲線における各供試体の一次剛性の差異はほとんどなく、ひび割れの発生に従って、100kN 前後が第1折点となっている。250kN 以降に第2折点が発生し、変位が急激に増加した。第2折点の発生荷重には、各供試体で少し差が生じた。第3次勾配では大きく差はなく、緩やかに荷重は増加している。

3.3 靱性の比較

降伏荷重を各供試体とも 250kN とし、最大荷重時の靱性率(μ_m)と終局時の載荷荷重(300kN に統一)時の靱性率(μ_u)を図2から算出すると表3の結果となる。また、CFRP シートの使用幅は、No.2 が 500×2mm, No.3 が 840×2mm, No.4 が 1340×2mm であり、No.2 の使用幅を1とすると比率は、No.3 が 1.68, No.4 が 2.68 となる。(厚さ、高さ共にすべて同じであるから、使用面積、使用容積も同じ比率となる。)

靱性率の結果より、壁、柱の単独補強よりも、壁と柱を共に補強した方が補強効果は高いことが分かる。

4. まとめ

各供試体の破壊形式に関しては、曲げ降伏からせん断破壊移行型であり、脆性的なせん断破壊と靱性率を有する曲げ破壊の中間的な破壊形状を示した。CFRP シート補強による最大耐力への影響はあまり無いが、変形性能の改善が認められた。しかし、CFRP シートが剥離して最終破壊に至るため、CFRP シートの端部定着による改善が必要である。また、靱性率より、壁、柱の単独補強よりも共に補強した方が効率よく変形性能が改善できる。

参考文献

- 1) 川崎啓史, 大塚久哲, 福永靖雄, 今村壮宏, 山崎智彦: 耐震壁を有する門型 RC 高橋脚の水平せん断耐力向上に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, V-096, 2010.9
- 2) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社及び西日本高速道路株式会社: 設計要領第二集橋梁保全編, 2010.7

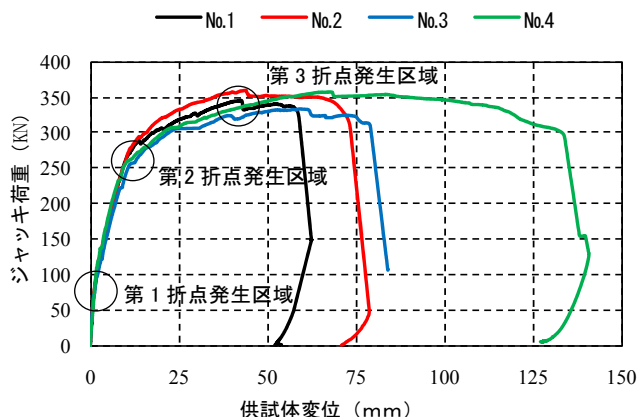


図2 各供試体の荷重－変位曲線

表3 靱性率

供試体 No.	降伏変位 (mm)	最大荷重 変位(mm)	終局変位 (mm)	靱性率	
				最大荷重 μ_m	終局 μ_u
1	10	42	60	4.2	6
2	10	43	72	4.3	7.2
3	10	60	79	6	7.9
4	10	68	132	6.8	13.2