

I型断面フレキシブルRC橋脚模型のせん断補強に関する実験的考察

九州大学大学院 正会員 ○山崎 智彦 (株)大塚社会基盤総合研究所 フェロー 大塚 久哲
九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀 九州大学大学院 学生会員 高 文君

1. 目的

本研究では、これまでI型断面フレキシブルRC橋脚を対象として、橋軸直角方向への水平せん断耐力に影響を与えるパラメータとして、柱帯鉄筋と壁横方向鉄筋の量に着目し、模型供試体に対して一定軸力下における正負交番載荷実験(参考、写真1)を行った結果、靱性が減少した曲げせん断破壊を起こすことが分かった¹⁾。そこで本研究では、同一供試体に対し、炭素繊維補強プラスチックシート(以下、CFRPシート)およびX型内部せん断補強筋により、せん断補強を行い既往の実験結果と比較検討を行った。

2. 実験概要

実験供試体の概略を図1に示す。模型供試体は縮尺約1/10で製作した。供試体高さは2000mm、幅1000mm、壁部分の内法高さは1800mm、幅500mm、壁部の厚さは60mm、柱断面は200×250mmの矩形断面のRC製である。鉄筋はSD345を使用し、コンクリート設計基準強度は24N/mm²である。載荷方法は、2軸載荷試験装置を用いて、鉛直荷重は軸応力比0.05の一定軸力(156kN)下で、水平方向への載荷ステップを2mm設定として正負交番漸増載荷を行った。計測項目は、ジャッキ荷重、供試体の変位、鉄筋ひずみ、コンクリート表面ひずみ、ひび割れ本数、およびひび割れ幅とした。

表1に検討ケースを示す。供試体No.1を標準断面とし、No.2はCFRPシート(繊維目付200g/m²)を横方向(水平)に全面に一層補強し、No.3は柱帯鉄筋を3倍、壁横方向鉄筋を2倍に増加し、No.4はNo.3に対して供試体基部から430mmの位置を中心に、X型せん断補強筋として、D6鉄筋を50mm間隔に3本設置した。

3. 実験結果

3.1. 破壊状況

各供試体の破壊状況を写真2に示す。供試体No.1では、±2mm後に、柱の水平曲げひび割れが中央壁へ進展し斜めせん断ひび割れとなり、-36mmの載荷ステップにおいて、斜めせん断ひび割れの幅が急激に増大し、圧縮側柱の基部コンクリート圧壊と共に壁部分がせん断破壊して耐力を失った。この破壊は、柱のせん断破壊や曲げ破壊とは異なり、両破壊モードの中間的な破壊性状を呈した靱性を有する曲げせん断圧壊と言える。ただし、横方向鉄筋量が少ないため、破壊性状はせん断破壊に近い。No.2では、供試体の損傷が基部から400mm範囲に集中し、水平荷重が300kNに達した後CFRPシートの樹脂雁行亀裂が発生した。その後、亀裂進展に伴い、CFRPシートが剥離し、最終的には、壁部分のCFRPシートが完全剥離して耐力を失った。供試体No.3では、破壊に到るプロセスは供試体No.1と大きな差異はなく、曲げせん断圧壊で耐力を失ったが、破壊性状は曲げ破壊に近い。No.4では、供試体の破壊に到る載荷ステップまでのプロセスは供試体No.3と大きな差異はなかったが、ひび割れ本数が増大し、供試体の終局的な破壊範囲は主にX型せん断補強筋の下側三角形区域に集中した。



写真1 供試体設置状況

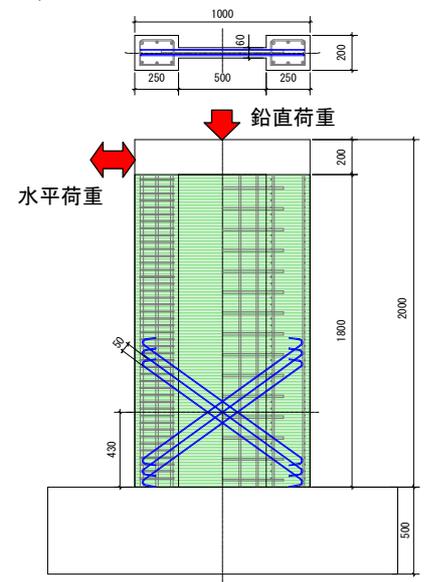


図1 供試体概略図(単位:mm)

表1 検討ケース

供試体 No.	鉄筋径及び配筋間隔(鉄筋比(%))			
	柱主筋	柱帯筋	壁縦筋	壁横筋
1		D6ctc120 (0.26)		D10ctc120 (0.99)
2	6-D16 2-D10 (2.67)		5-D10 (1.19)	
3		D6ctc40 (0.79)		D13ctc120 (1.76)
4				

※No.2はCFRP補強、No.4はX型配筋補強

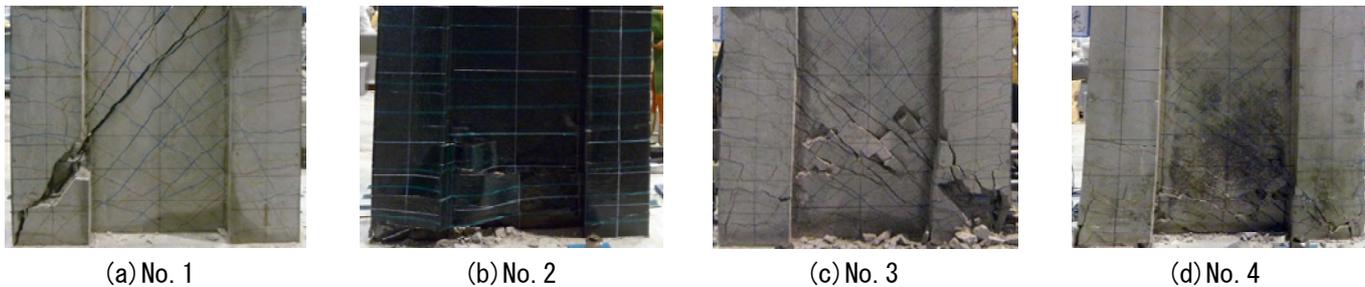


写真2 各供試体の破壊状況 (範囲: 橋脚基部から上方 840mm まで)

3.2 荷重-変位曲線

荷重-変位曲線を図2に示す. 供試体 No.1 と No.2 の比較から, CFRP シートを補強効果は, 耐荷力の増加と変形性能の補強効果は表れたが, その程度はわずかである. No.2 の損傷が橋脚基部から 400mm 範囲で集中していることから, CFRP 一層補強では補強不足と考えられるため, 橋脚基部への CFRP 補強量を増加させることで, さらなる補強効果が期待できる.

供試体 No.3 と No.4 の比較から, No.4 では No.3 のような靱性不足の終局破壊状況(履歴曲線の前ステップの変位に達する前に耐力を失った現象)の防止効果を確認できたが, 変形性能は改善されなかった. この理由として, 建築分野の X 型配筋²⁾と比較した場合, 本研究での X 型配筋量が少ないため, 前述のように終局的な破壊範囲が壁最下部の三角形区域に集中したためと考えられる.

3.3 鉄筋降伏状況および吸収エネルギー量

鉄筋降伏時の荷重および変位を表2に示す. 供試体 No.2~No.4 は靱性向上のための補強を目的としているため, 縦方向鉄筋降伏時の荷重には大きな差は無いが, CFRP シートや鉄筋の補強により供試体の初期剛性が增大したため鉄筋降伏時の変位が減少している. また, 鉄筋降伏順序はいずれの供試体も, 柱主鉄筋と壁縦方向鉄筋が降伏後に, 最大耐力に達し, 供試体破壊付近では, 損傷が顕著な基部の柱帯鉄筋と壁横方向鉄筋の座屈が確認できたが, 他の柱帯鉄筋, 壁横方向鉄筋降伏することなく耐力を失った. また, X 型せん断補強筋を設置した供試体では, X 型せん断補強筋がすべて降伏した後に, 柱帯鉄筋と壁の横方向鉄筋が座屈し, 供試体が耐力を失った.

吸収エネルギー量をサイクルごとの荷重-変位曲線から算出し, 吸収エネルギー量を比較した. 同一変位量での吸収エネルギー量は, 補強ありの供試体 No.2, No.4 が補強なしの No.1, No.3 より大きく, No.1 と No.2 の差の方が顕著であった. また, 累積吸収エネルギー量に関しても同様の結果となった.

4. 結論

CFRP シート補強および X 型せん断補強筋の設置により, 破壊性状は曲げ破壊に近づき, 若干のせん断補強効果が確認できた. このことから, さらに CFRP シート補強量および X 型せん断補強筋の配筋量を増加させることで, 補強効果が期待できると考えられる.

謝辞 本研究は, JSPS 科研費 24360181 の助成を受けたものです.

参考文献

1) 高文君, 大塚久哲, 河邊修作, 今村壮宏: 軸力と交番载荷を受ける I 型断面フレキシブル RC 橋脚の復元力特性とエネルギー吸収に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.397-402, 2013.6
 2) 平田寛治, 島崎和司: デボンD X 型配筋を用いた損傷低減型耐震壁の実験的研究/その 3 分割型耐震壁の実験的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 23354, pp.725-726, 2007.8

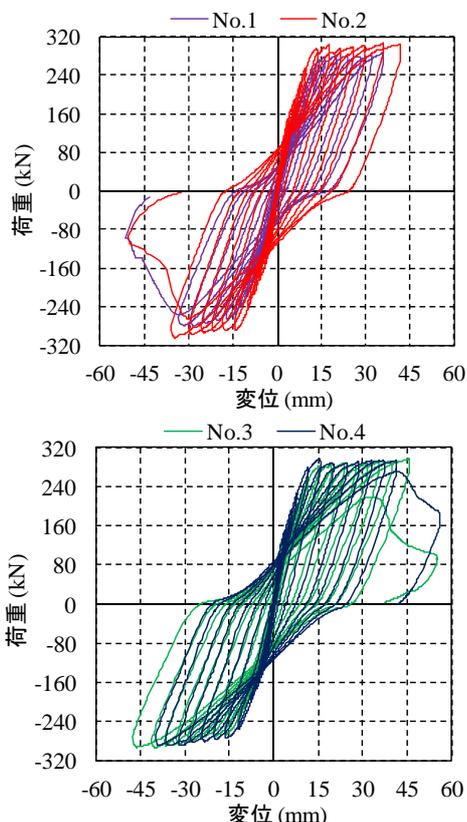


図2 荷重-変位曲線

表2 鉄筋降伏時の荷重および変位

No.	位置	荷重(kN)	変位(mm)
1	柱主筋	242	9.9
	壁縦筋	282	12.9
2	柱主筋	258	9.4 (0.95)
	壁縦筋	278	10.7 (0.83)
3	柱主筋	228	9.1 (0.92)
	壁縦筋	283	12.3 (0.95)
4	柱主筋	242	8.1 (0.82)
	壁縦筋	294	11.2 (0.87)

※変位項目の()は No.1 との比