

帯板鋼板を用いた RC 橋脚の段落し補強効果の検討

(株) 熊谷組 正会員 ○大本 晋士郎
 (株) 熊谷組 正会員 大越 靖広
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 奥西 淳一
 (株) ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 獅子目 修一

1. はじめに

既設 RC 橋脚の段落し補強に RC 巻立て等を適用する場合には、特に河川部において河積阻害が問題となる場合が多い。そこで、既設橋脚の断面を極力増加させないように、段落し部を中心とした補強区間に帯板鋼板を躯体外側から設置する簡易な工法を開発した。帯板鋼板の定着には横締め PC 鋼棒を用いた。本稿では、段落し部で曲げ破壊する既設橋脚を模擬した供試体を作成し、補強の有無による性能を確認した結果について報告する。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

供試体は実橋脚を参考¹⁾とし、1/4 縮小モデルを 2 体製作した。無補強の供試体は No.1、帯板鋼板で補強した供試体は No.3 である。供試体の諸元を表-1、補強材の諸元を表-2に示す。No.3 供試体は、無補強の供試体に帯板鋼板定着用の削孔を行い、帯板鋼板と横締め PC 鋼棒を設置後にグラウト充填し、PC 鋼棒の緊張を施した。各材料試験結果を表-3、4に示す。供試体の補強図を図-1に示す。設置した帯板鋼板は段落しされた軸方向鉄筋の相当量を配置した。PC 鋼棒の仕様については、横締め PC 鋼棒のプレストレスによる摩擦力を考慮して配置した。

(2) 載荷方法

載荷実験では、供試体基部に上部工反力に相当する軸圧縮応力度 1.0N/mm^2 を導入した。初期載荷時に引張縁の軸方向鉄筋が降伏した時点の変位を降伏変位 δy と定め、変位制御で $\pm 1\delta y \cdot \pm 2\delta y \cdot \pm 3\delta y \cdots$ の正負交番載荷を各 3 サイクルずつ繰り返した。

3. 実験結果

(1) 変形性能

図-2に No.1 供試体と No.3 供試体の水平荷重-水平変位関係の履歴を示す。段落し部で曲げ破壊した無補強の No.1 供試体に比べ、No.3 供試体では基部での曲げ破壊に移行し、水平耐力およびじん性能が大きく改善したことが分かる。No.1 供試体の損傷の状況を写真-1に、No.3 供試体の損傷の状況を写真-2に示す。

(2) 実験結果と計算値の比較

表-5に実験結果と計算値の比較を示す。計算値は、鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）²⁾の変形性能算定式を用いた。図-2にも示すように、曲げ損傷が基部に移行した供試体 No.3 では、耐震標準²⁾における変形性能算定式を満足する変形性能を確認した。

(3) 補強部材の損傷

表-6に補強部材の損傷状況を示す。帯板鋼板は、一部で降伏強度および引張強度を上回る引張力が発生し、最大で圧縮降伏強度の 75%の圧縮力が発生した。また、横締め PC 鋼棒は降伏には至らず、応力の変動範囲も 93~102%とほとんど変動しなかった。

表-1 供試体諸元

供試体	引張鉄筋					せん断補強鉄筋				
	規格	呼び名	基部 本数	P_t (%)	断落とし部 本数	P_t (%)	規格	呼び名	本数	P_w (%)
No.1	D13	SD345	25	0.45	9	0.16	SD345	D6	6本	200
No.3										

* P_t :引張鉄筋比, P_w :せん断補強鉄筋比

表-2 補強材諸元

No.3	曲げ補強材		横締め補強材	
	補強材	個数	補強材	個数
	帯板鋼板 SS400 b=100mm, t=4.5mm	8枚	PC鋼棒B種 SBPR930/1080 $\phi 17^*$	24本

*横締めに用いたPC鋼棒にはアンボンド加工を施した。

表-3 コンクリート材料試験結果

供試体	部材	圧縮強度・静弾性係数試験			割裂引張試験	
		圧縮強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²	材齢	割裂強度 N/mm ²	材齢
No.1	＜体	30.1	26.5	21日	2.6	19日
	スタブ	32.0	27.1	24日	-	-
No.3	＜体	31.4	27.9	27日	2.7	25日
	スタブ	32.8	27.9	30日	-	-
	充填材	49.6	19.1	9日	-	-

表-4 鋼材材料試験結果

規格	呼び名 板厚	降伏強度 N/mm ²	静弾性係数 kN/mm ²	降伏ひずみ 10 ⁻⁶	最大耐力 N/mm ²	備考
SD345	D13	387.8	204.0	1901	653.6	＜体軸方向鉄筋
	D6	368.3	154.1	2390	570.0	＜体せん断補強鉄筋
SS400	4.5mm	229.7	176.2	1304	340.5	補強鋼板

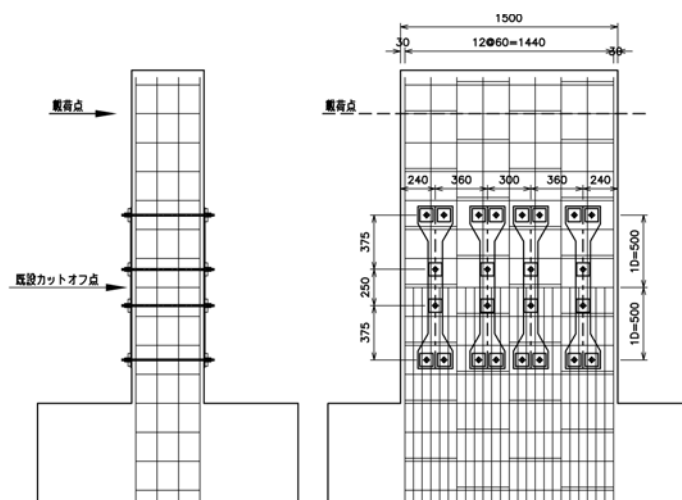


図-1 供試体補強図

キーワード：RC 橋脚，耐震補強，段落し補強，帯板鋼板，PC 鋼棒

連絡先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 株式会社熊谷組土木事業本部 TEL 03-3235-8646 FAX 03-3266-8525

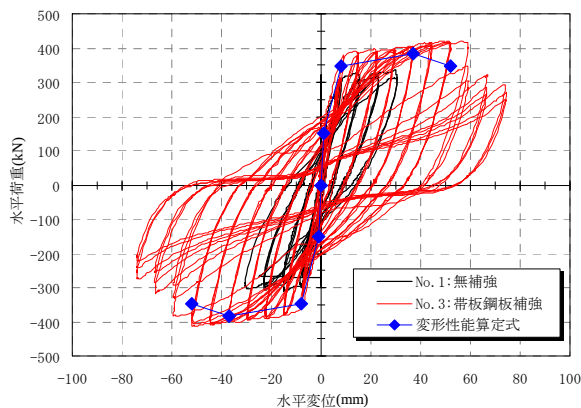


図-2 荷重-変位関係の比較

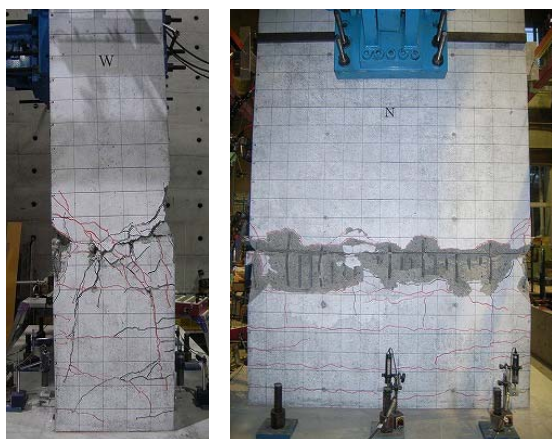


写真-1 No. 1 供試体の損傷状況 (7 δ 時)

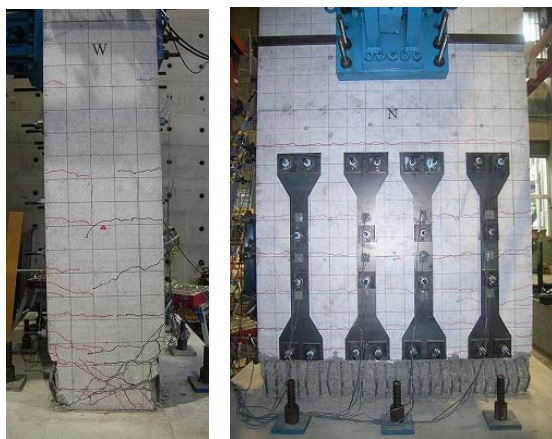


写真-2 No. 3 供試体の損傷状況 (10 δ 時)

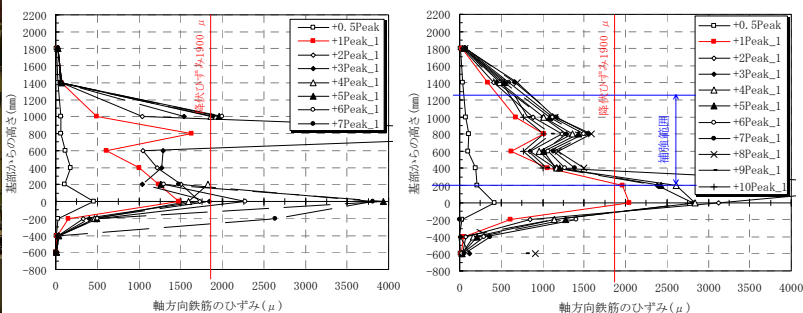
表-5 実験結果と計算値の比較

供試体	正負	実験値						計算値					
		Y点		M点		N点		Y点		M点		N点	
		P_y (kN)	δ_y (mm)	P_m (kN)	δ_m (mm)	P_n (kN)	δ_n (mm)	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_m (kN)	δ_m (mm)	P_n (kN)	δ_n (mm)
No.3	正	366.4	8.1	416.6	51.8	366.4	62.7	349.1	8.2	382.6	37.0	349.1	51.9
	負	-329.3	-6.7	-411.9	-51.8	-329.3	-64.6	-349.1	-8.2	-382.6	-37.0	-349.1	-51.9

* P_y, δ_y : Y点における水平荷重および水平変位,
 P_m, δ_m : M点における水平荷重および水平変位,
 P_n, δ_n : N点における水平荷重および水平変位

表-6 補強部材の損傷状況

供試体 No.	補強部材		応力変動範囲 (降伏強度に対して)	最大緊張力と 降伏強度の比	最大緊張力と 引張強度の比
No.3	帯板鋼板	SS400 (t=4.5mm)	-75~168%	168%	114%
	横締め PC鋼棒	SBPR980/1080 (17mm)	93~102%	79%	71%



(1) No. 1 供試体

(2) No. 3 供試体

図-3 軸方向鉄筋のひずみ分布

(4) 軸方向鉄筋のひずみ分布

図-3に各供試体の途中定着していない軸方向鉄筋のひずみ分布を示す。無補強のNo.1供試体では、既設カットオフ点でのひずみが卓越しており、段落し部で損傷していることが分かる。1 δ 時に既設カットオフ点のひずみが降伏ひずみに達していないのは、他の軸方向鉄筋が先行して降伏ひずみに達したためである。これに対してNo.3供試体では基部のひずみが卓越し、既設カットオフ点のひずみは、終局まで降伏ひずみに至らなかった。これは、(1)で述べた結果とよく整合しており、段落とし部で曲げ破壊する既設橋脚を模擬した供試体は、帯板鋼板で段落し部の補強をすることにより、基部で曲げ破壊するモードに移行したことを示している。

4. まとめ

段落し部で曲げ破壊する既設橋脚を模擬した供試体に帯板鋼板を設置して正負交番載荷試験を行った。得られた知見を以下に示す。なお、本稿で報告した内容は、「鉄筋コンクリート橋脚の段落し部の耐震補強法に関する研究」として、(公財)鉄道総合技術研究所、(株)ジェイアール総研エンジニアリング、(株)熊谷組のほか、(株)鹿島建設、高周波熱錬(株)の5社で共同開発した結果である。

- ・帯板鋼板で補強することにより、曲げ損傷が段落し部から基部へと移行した。
- ・曲げ損傷が基部に移行した供試体では、耐震標準2における変形性能算定式を満足する変形性能を確認した。
- ・軸方向鉄筋は、基部で先行降伏した後の交番載荷でも段落し部で降伏には至らなかった。
- ・帯板鋼板には引張応力を超える応力が発生したが、横締めPC鋼棒の応力変動はわずかであった。

参考文献

- 1) 鈴木秀明ほか：RC巻立てによる壁式橋脚の段落し部一体化の検討、土木学会第65回年次学術講演会(V)、pp.1237-1238、2010.9
- 2) (公財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、1999.10