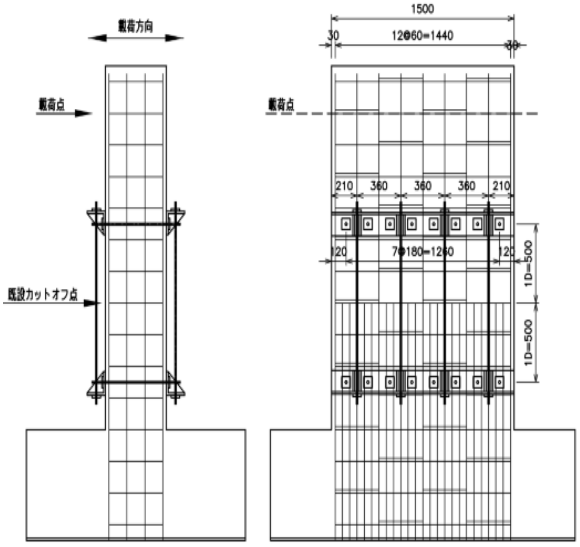
外ケーブル（PC 鋼棒）を用いた RC 橋脚段落し部の耐震補強

(株)ｼﾞｪｲｱｰﾙ総研ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ　正会員　○西村　昭彦
(株)ｼﾞｪｲｱｰﾙ総研ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ　正会員　獅子目　修一
鹿島建設(株)　正会員　島崎　省二
高周波熱錬(株)　非会員　鹿子生　悟

1. はじめに

これまでの地震で多くの構造物が被害を受けたことは記憶に新しく，耐力や変形性能の低い構造物をはじめ，RC 橋脚では段落し部での被害が確認されている．既設 RC 橋脚の耐震補強には RC 巻立て工法を適用することが多いが，この補強方法は断面が増加するため，河川交差部では河積阻害が問題となる場合が多い．また，河川中の構造物を補強する際には仮桟橋などが必要となり施工が大掛かりになる傾向にある．そこで，既設橋脚の断面の断面増加を抑え，施工も比較的簡易な補強工法を開発した．この工法は，段落し部の外方に外ケーブル（PC 鋼棒）を配置し，損傷部位を段落し部から橋脚基部に移行することを目的としている．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用いて載荷試験を実施し，外ケーブル補強の効果について報告する．



図－1　供試体概略図

2. 実験方法

供試体の概略図を図－1 に示す．載荷試験は無補強と外ケーブル補強の 2 ケース（無補強は No.1，外ケーブル補強は No.2）とし，実橋脚の 1/4 縮小モデルを用いた実験結果[1)]を参考に供試体を製作した．供試体の諸元を表－1，材料試験結果を表－2，3 に，供試体の配筋状況を表－4 に示す．外ケーブル補強は供試体に削孔を行い，外ケーブル設置用のブラケット（SS400，L-150）を横締め補強鋼材（PC 鋼棒，B 種 ，SBPR830/1080，φ17）で固定した後に，外ケーブル（PC 鋼棒，B 種 ，SBPR830/1080，φ13，8 本）を配置した．設置した外ケーブルには 100ｋN/本を目標に緊張力を導入した．また，載荷時に考慮する軸力は，実構造物を考慮して軸圧縮応力度 1.0N/㎜^{2}を導入した．載荷方法は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 δy の整数倍の正負交番載荷を各 3 サイクルずつ繰り返した．なお，試験体が最大耐力に達してから負勾配領域に入り，降伏荷重に達した時点で載荷終了とした．

表－1　供試体の諸元

供試体	供試体形状					コンクリート		
	b (㎜)	h (㎜)	a (㎜)	a/d	a' (㎜)	目標強度 (N/㎟)	Gmax (㎜)	スランプ (cm)
No.1	1000	500	2000	4.3	1200	27	13	15
No.2								

表－2　材料試験結果（コンクリート）

供試体	部材	圧縮強度試験			割裂引張試験	
		圧縮強度 (N/㎟)	弾性係数 (kN/㎟)	材齢	割裂強度 (N/㎟)	材齢
No.1	く体	30.1	26.5	21日	2.6	19日
	スタブ	30.2	27.1	24日	－	
No.2	く体	31.7	27.5	33日	2.7	31日
	スタブ	33.2	28.2	36日	－	
	充填材	50.7	19.1	15日	－	

表－3 材料試験結果（鋼材）

規格	呼び名	降伏強度 (N/㎟)	降伏ひずみ 10^{-6}	引張強さ (N/㎟)	備 考
SD345	D13	388	1901	654	軸方向鉄筋
	D6	138	2390	570	せん断補強鉄筋
SBPR 930/1080	17㎜	1025	5124	1132	外ケーブル
	13㎜	1058	5289	1133	横締め補強鋼材
※SBPRの降伏耐力は0.2%の永久伸びに対する荷重から算出					

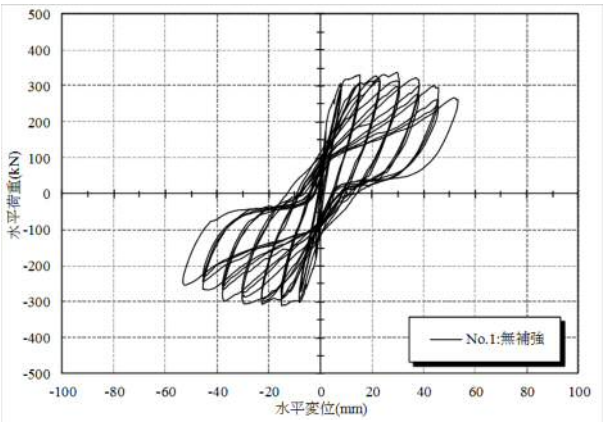
3. 実験結果

載荷試験の結果，無補強の No.1 は段落し部の軸方向鉄筋が降伏し，その後は段落し部の損傷が卓越した．外ケーブル補強を行った No.2 は基部

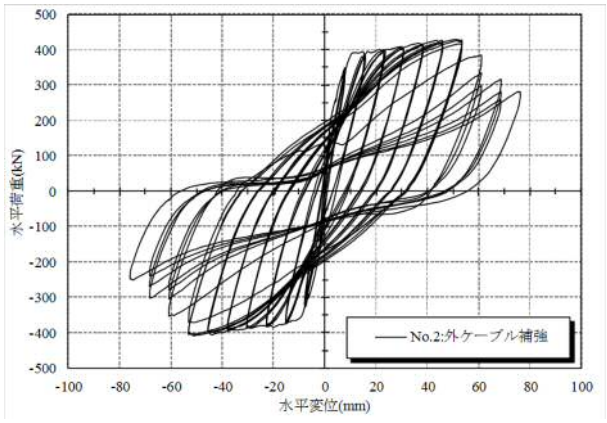
表－4　配筋状況

供試体	軸方向鉄筋						せん断補強鉄筋				
	規格	径	基部		断落し部		規格	径	本数	ピッチ (mm)	pw
			本数	pt	本数	pt					
No.1	SD345	D13	25本	0.45%	9本	0.16%	SD345	D6	6本	200	0.06%
No.2											

キーワード：RC 橋脚，耐震補強，段落し補強，PC 鋼棒，外ケーブル
連絡先：〒185-0034　東京都国分寺市光町 1-39-23　株式会社ｼﾞｪｲｱｰﾙ総研ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ TEL 042-572-953 FAX 042-572-9560



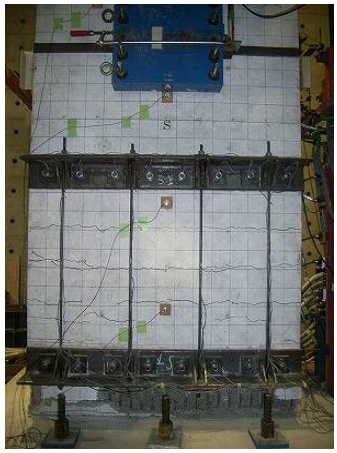
図－2　水平変位と水平荷重との関係（No.1）



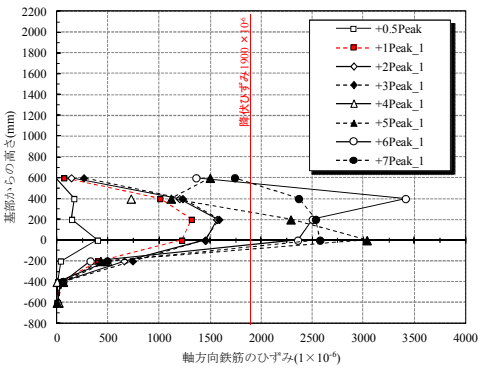
図－3　水平変位と水平荷重との関係（No.2）

の軸方向鉄筋が先行降伏し，載荷が進むにつれ段落し部でも降伏に至る鉄筋があるものの，ひび割れの発生，被りコンクリートのはく落，鉄筋の座屈など，主な損傷は基部で確認された．No.1 供試体の損傷状況を写真－1，No2 供試体の損傷状況を写真－2 に示す．無補強の供試体は段落し部が大きく損傷しているのに対して，外ケーブルを配置した No.2 供試体はブラケット下端で大きく損傷していることから，損傷部位が基部に移行したことが確認できる．水平変位と水平荷重との関係を図－2，図－3 に示す．無補強に比べ，外ケーブル補強を行うことで最大耐力，変形性能が向上した．図－4 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，段落し部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．これに対して No.2 供試体では基部のひずみが卓越し，段落し部の鉄筋は 5δy で降伏ひずみに達した．このことからも，外ケーブル補強を行うことで，破壊位置が基部に移行していると確認できる．また，設置した外ケーブルの最大張力は引張強度の 85%程度であった．

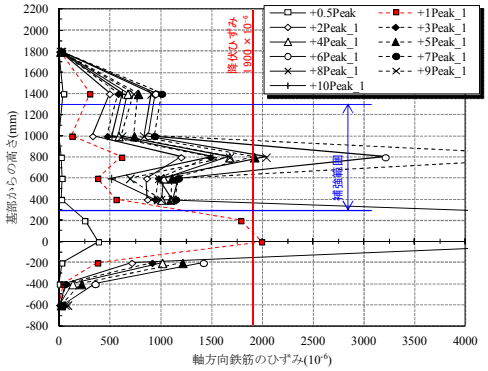
写真－1　No.1（7δy）



写真－2　No.2（8δy）



(a)No.1 供試体



（b）No.2 供試体

図－4 軸方向鉄筋のひずみ分布

4. まとめ

段落し部で曲げ破壊が先行する供試体に外ケーブル補強を行い正負交番載荷試験によりその効果を確認した．得られた知見を以下に示す．

・外ケーブル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

・外ケーブルで補強することで最大耐力は 1.3 倍となり，エネルギー吸収性能も 3.5 倍となった

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)ｼﾞｪｲｱｰﾙ総研ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ，高周波熱錬(株)のほか，(株)鹿島建設，(株)熊谷組の 5 社で共同開発した結果である．

参考文献

1) 鈴木秀門ほか：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