

高強度鉄筋（SD490）を使用したラーメン橋脚隅角部の検証

○名古屋高速道路公社 正会員 中山 裕昭* 名古屋高速道路公社 正会員 飯田 字朗*
 住友建設株式会社 正会員 浅井 洋** 住友建設株式会社 正会員 桑野 昌晴**

1. はじめに

新名西橋は、名古屋高速道路高速6号清洲線の庄内川渡河部に計画されたPC3径間連続エクストラード橋である。本橋の中間橋脚は河川内にあり河積阻害率の関係で断面幅が制限されたことから、軸方向鉄筋に高強度鉄筋（SD490）を使用している。

ここでSD490の材料特性はJISにより規定はされているものの、道路橋示方書では適用範囲外とされている。またSD490を使った連続桁形式の橋脚には七色高架橋で実績があるものの^{1) 2)}、ラーメン構造の橋脚へ使用した実績はない。他にも通常ラーメン構造の橋脚を設計する場合、上部工との接合部は剛域として扱うが、この部分を再現した正負交番載荷試験の例が他になく、接合部の挙動は未解明な部分がある。

以上のことより、本橋脚の設計にあたって、高強度鉄筋SD490が道路橋示方書に規定されている従来の材料特性、設計手法の延長として取り扱えるか、また上部工との接合部の耐力、変形性能等を検証するため正負交番載荷実験を行ったので報告する。

2. 実験概要

実験に用いた供試体の概要および諸元を図-1、表-1に示す。供試体は橋脚と箱桁断面の上部工接合部をモデル化した1/5モデルとした。載荷装置の関係上、橋脚部が上方になるよう上下反転して配置し、死荷重相当の鉛直軸力と水平荷重を作用させた。支点条件は、上部工両端をピンローラーとし、柱頭部はピン固定とした。柱頭部にピン固定支承を設けることにより曲げモーメントを拘束せず、橋脚に作用する水平力を上部工に軸力として作用させない構造とした。正負交番載荷は各振幅3回とし、変位制御で行った。

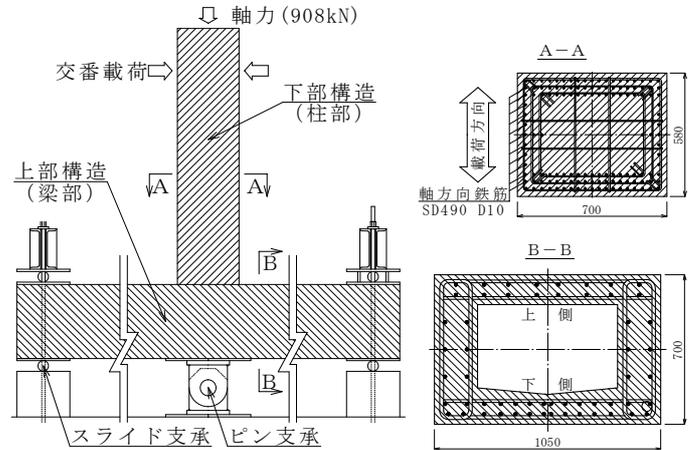


図-1 供試体概要図

表-1 供試体諸元

部材	項目	単位	実橋	供試体
橋脚(柱部)	断面寸法 高さ-幅	mm	4000-9000	700-580
	軸方向鉄筋 径-間隔	mm	D51-150	D10-33
	かぶり	mm	170	37
	定着長	mm	32φ = 1632	32φ = 320
	軸方向鉄筋比	%	2.73	2.94
	軸応力レベル	N/mm ²	2.23	2.23
	帯鉄筋 径-間隔-有効長	mm	D25-150-600	D6-37-163
(梁)主桁	体積比		2.27	2.12
	断面寸法 高さ-幅	mm	-	700-1050
	ウェブ厚	mm	-	200
	スターラップ 径-間隔		-	D16-125

表-2 実験結果

荷重段階	解析値		実験値		比較	
	水平荷重 ① (kN)	水平変位 ② (mm)	水平荷重 ③ (kN)	水平変位 ④ (mm)	水平荷重 ③/①	水平変位 ④/②
-4δy	-920	-53.6	-759	-	82.4%	-
-3δy	-884	-40.2	-935	-43.0	105.8%	107.0%
-2δy	-827	-26.8	-904	-26.9	109.2%	100.4%
-1δy	-686	-13.4	-810	-15.4	118.1%	114.9%
+1δy	686	13.4	715	17.3	104.3%	129.1%
+2δy	827	26.8	807	29.8	97.5%	111.2%
+3δy	884	40.2	848	46.3	95.9%	115.2%
+4δy	920	53.6	708	-	76.9%	-
+5δy	931	67.0	365	-	39.2%	-

実験より得られた結果を表-2、包絡線を図-2に示す。ここで道路橋示方書V耐震設計編により求められるType II 終局時（荷重段階では±3δy）以降も耐力を有していることから、本供試体は十分な水平耐力を有している事が分かる。またファイバーモデルを用いた非線形解析も、実験値にほぼ一致していた。ただし、+5δyで梁部の接合部のコンクリートが圧壊し供試体の耐力が低下したため、柱部材の終局耐力を計測するには至らなかった。

次に軸方向鉄筋のひずみ分布を図-3に示す。柱頭部横桁内の軸方向鉄筋ひずみ分布は、フーチングモデルに見られるひずみの収束分布とは異なり、横桁深部までひずみの発生が認められた。また箱桁内の横桁面には図-4に示すひび割れが認められた。また図-5、6に立体FEM解析の結果を示す。これを見ると主引張応力度は実験供試体のひび割れの方に良く一致しており、柱部に発生している応力度が横桁部にまで影響しているのがわかる。

Key Words : 高強度鉄筋, ラーメン構造橋脚, 隅角部, 正負交番載荷実験

*〒460-0002 名古屋市中区丸の内2-1-36 (NUP・ゾウ丸の内ビル)

**〒160-8577 東京都新宿区荒木町13-4

TEL:052-223-3562 FAX:052-223-3574

TEL:03-3225-5135 FAX:03-3225-6656

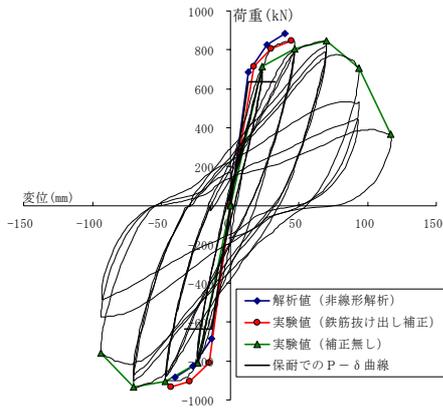


図-2 荷重-変位履歴曲線

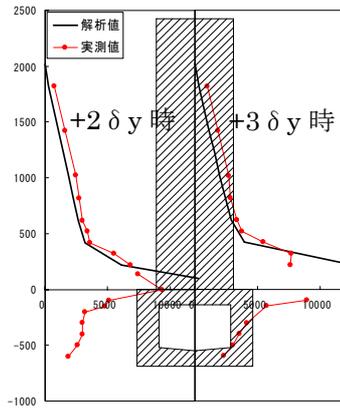


図-3 軸方向鉄筋のひずみ分布

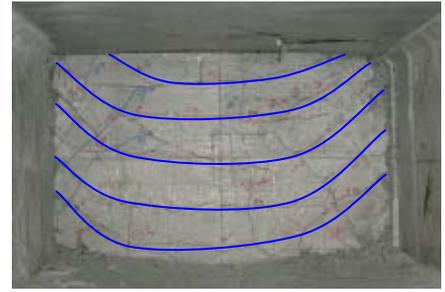


図-4 横桁部ひび割れ状況

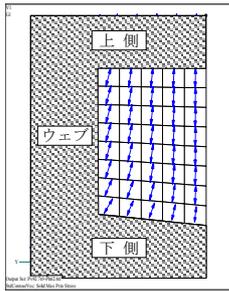


図-5 引張主応力矢線図

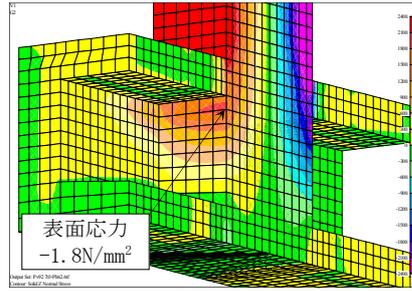


図-6 供試体のFEM解析

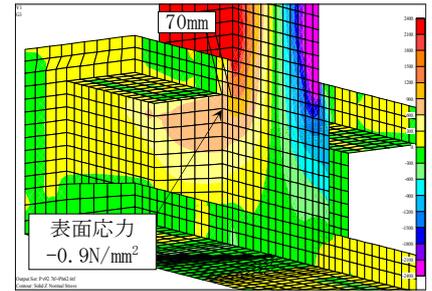


図-7 横桁を70mm増厚したモデル

よって柱部に作用する曲げモーメント、応力度は横桁部深遠にまで至ったと推測される。

曲げひび割れにより横桁部の損傷が増大すると、接合部を剛域としては取り扱えないことになる。また、軸方向鉄筋の定着性能にも影響がある。これを抑制する一手法として、横桁厚を厚くする方法が考えられる。図-7に示すように供試体の横桁を片側70mm（実橋スケール $70 \times 5 = 350\text{mm}$ ）増厚した立体FEM解析を行った。その結果、軸方向鉄筋位置に発生する引張応力度を50～60%程度軽減できた。本橋のような橋脚に箱断面の上部工が剛結されたラーメン橋脚隅角部では、剛域への配慮が必要と考えられる。なお実橋ではこの結果を反映し、横桁厚さを500mm増厚して設計を行った。

4. まとめ

高強度鉄筋（SD490）を用いたラーメン構造の橋脚に対して、従来の材料特性、設計手法の延長として取り扱えるか、また上部工との接合部がどのような挙動を示すかを検証するため、正負交番載荷実験を行った。ここで得られた内容は以下の通りである。

- ・ 本供試体は所定の耐荷力および変形性能を有する事が確認できた。
- ・ 解析値と実験値はよく一致しており、本モデルの範囲では高強度鉄筋（SD490）を用いた場合でも現行の耐震設計手法で終局時まで安全に設計できると言える。
- ・ 軸方向鉄筋定着部は柱部から連続して続く曲げひび割れが生じ、軸方向鉄筋のひずみは橋脚深部まで至ることがわかった。これはラーメン構造での箱桁断面の上部工と橋脚との接合部を、単純に剛域として取り扱うことが出来ないことを示す。ただし横桁部の増厚により損傷は抑制する事ができ、従来通り接合部を剛域と扱う事が可能であると判断できる。

今後の課題としては以下の点が挙げられる。

- ・ 高強度鉄筋の適用は今後ますます増える事が予想されるため、設計規準等の整備が必要である。
- ・ 接合部の挙動を正確に把握し、曲げひび割れによる影響を加味した設計が求められる。

参考文献

- 1) 仲谷ら：高強度鉄筋 SD490 を使用した七色高架橋の計画と設計(上), 橋梁と基礎, Vol. 33, No11, P11-17
- 2) 仲谷ら：高強度鉄筋 SD490 を使用した七色高架橋の計画と設計(下), 橋梁と基礎, Vol. 33, No12, P41-48