

鋼 I 主桁が貫通する RC ラーメン橋脚隅角部の応力伝達機構に関する実験的研究

富貴沢建設コンサルタンツ 正会員 ○友田 富雄
九州大学大学院 正会員 日野 伸一, 山口 浩平
九州大学大学院 前川 智彦

1. 目的

近年、連続橋に経済的な鋼少主桁化、支承の削減と耐震性能の向上が図られる上・下部一体構造を組み合わせた複合ラーメン橋が着目されている。この橋梁形式は国内でも十数橋の施工実績があるが、鋼桁と壁式橋脚を剛結させるように主構造と剛結部を別々に着目した設計を行っている。また、高架橋の下を地域道路に利用できる構造としては、ラーメン橋脚が有効である。しかし、その両者を組み合わせた RC ラーメン橋脚と鋼主桁の剛結構造は、建設事例はもちろのこと設計法についても十分に整備されていない。

そこで本研究では、鋼 I 主桁が貫通する RC ラーメン橋脚隅角部の橋軸直角方向の応力伝達機構に着目し、供試体による载荷実験を行い、合理的な設計法の確立に必要な隅角部の耐荷特性について検討を行った。

2. 供試体および载荷方法

供試体はラーメン橋脚隅角部を模した L 形供試体であり、鋼 I 主桁により隅角部の補強鋼材が不十分なケースと代替構造を適用したケースを再現している。具体的には、1 体は隅角部に補強鋼材がないもの（以下、鋼板なし）、残りの 1 体は主桁ウェブに孔あき鋼板ジベルを取り付けたもの（以下、鋼板あり）である。供試体の概略図を図-1 に示す。この孔あき鋼板には RC 柱-SRC 横ばりの隅角部における面内曲げモーメントとせん断力の伝達と変形制御を期待している。図-2 に隅角部の応力伝達機構を示す。閉じるモーメント载荷時には図のように圧縮力、引張力が発生するが、隅角部に孔あき鋼板を配置することにより隅角部が拘束され、孔あき鋼板による引張力とコンクリートによる圧縮力のストラットが形成され、柱と横ばりとの間で応力伝達が行われる。設計は、横ばりは H 鋼を鉄筋換算し柱部と同様に RC 断面として計算した。また、隅角部の耐力はコンクリートが受け持つ力と鋼板が受け持つ力の和とし、孔あき鋼板と鋼 I 主桁によるコンクリートの拘束効果などは考慮しなかった。载荷試験は、柱と横ばりの先端を閉じるように PC 鋼棒を緊張することにより载荷した。表-1 にコンクリートの材料特性を示す。使用鋼材は SS400、鉄筋は SD345 ($f_y=406\text{N/mm}^2$)であった。

3. 結果および考察

3.1 全体の变形挙動

図-3 に荷重-载荷方向相対変位関係を示す。鋼板有りは、鋼板なし供試体に比べて剛性が大きく、その影響は柱の鉄筋降伏付近から顕著になった。すなわち鉄筋降伏後も、終局状態まで孔あき鋼板により柱と横ばりの変形（回転）キーワード 複合ラーメン橋、隅角部、孔あき鋼板、応力伝達機構

連絡先 〒321-0934 宇都宮市築瀬 2-13-26 TEL:028-635-3126 FAX:028-632-9876

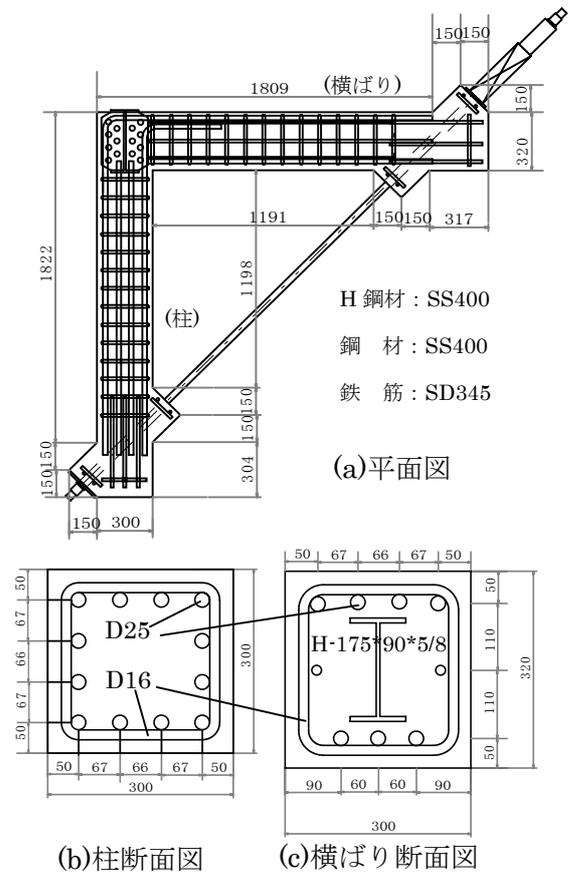


図-1 供試体概略図（単位 mm）

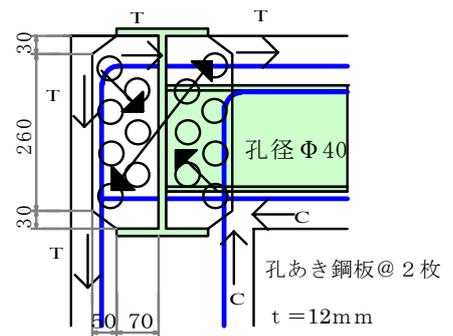


図-2 隅角部の応力伝達機構

が拘束され、力が伝達されていることを示唆している。

表-2 に各部位の荷重値を示す¹⁾。鋼板有りは、12.1kN 時に柱のひび割れが発生し、199kN 時に柱の鉄筋が降伏した。その後、203kN で横ばりの鉄筋が降伏し、222kN で柱のコンクリートが圧壊した。また、柱のコンクリート圧壊の直前に、隅角部の外側鉄筋のかぶりコンクリートの剥離が見られた。設計上の隅角部耐力は233kN であるが、柱の破壊時には隅角部にひび割れは見られたものの、力の伝達機構として十分に機能していたと考えられる。

一方、鋼板なしは、設計上は隅角部耐力51.5kN で同部の割裂破壊を予想した。しかし実際には、主桁上下フランジ間のコンクリートが拘束状態にあったこと、さらに柱と横ばりの軸方向鉄筋が隅角部の変形に抵抗したことなどにより、最大荷重は設計値を大幅に上回る結果となった。実験では、167kN 時に柱の、172kN 時に横ばりの鉄筋が降伏した。その後破壊が進行し、181kN で柱のコンクリートが圧壊した。

両供試体とも、ひび割れ発生荷重は設計値に比べて実験値の方が小さいが、設計荷重、鉄筋降伏荷重、終局荷重は、計算値と実験値は良く一致していることがわかる。

3.2 隅角部の変形挙動

図-4 に孔あき鋼板のひずみ分布を、図-5 に荷重-孔あき鋼板の主応力方向ひずみ関係を示す。鋼板有りの方は、荷重の増加に比例して、孔あき鋼板に隅角部対角方向のひずみが発生している。このことより、孔あき鋼板を介して隅角部に引張力と圧縮力のストラットが形成され、柱と横ばりの力の伝達を合理的に果たしたと考えられる。

また、柱鉄筋が降伏した荷重 P_y 付近では、鋼板中心部のひずみが急激に増加している。柱の引張鉄筋が負担していた力が、孔あき鋼板に移ったことと、柱の破壊後も隅角部が健全であったことがわかる。

一方、鋼板なしの方は、隅角部の割裂ひび割れ発生、鋼 I 主桁の変形、そしてコンクリート圧壊と変形挙動が推移し、柱の終局と同時に隅角部も崩壊状態となった。

4.まとめ

鋼 I 主桁が貫通する RC ラーメン橋脚隅角部は、主桁に応力伝達機構となる孔あき鋼板を取り付けることで、柱と横ばりに作用する力を確実に伝達できることがわかった。今後は、今回とは逆の開くモーメントを受ける場合、また主桁方向に着目した剛結構造としての検討も必要である。

参考文献 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書

III コンクリート橋編，1996 年

表-1 コンクリートの材料特性

圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
34.8	2.98E+04	3.40	8.84

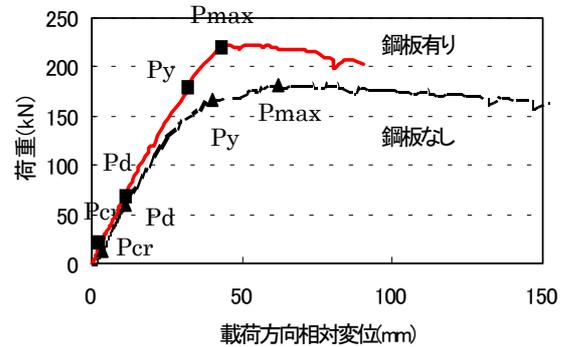


図-3 荷重-載荷方向の変位関係

表-2 荷重値の比較

		ひび割れ Pcr	設計 Pd	鉄筋降伏 Py	終局 Pmax
柱	計算値	21.6	64.4	187	187
	実験値 鋼板有り	12.1(0.56)	68.6(1.06)	199(1.06)	222(1.19)
	鋼板なし	13.6(0.63)	67.9(1.05)	167(0.89)	181(0.97)
横ばり	計算値	24.0	66.7	194	220
	実験値 鋼板有り	15.4(0.64)	69.8(1.05)	203(1.05)	-
	鋼板なし	15.7(0.65)	58.9(0.88)	172(0.88)	-
隅角部	鋼板有り 計算値	-	-	-	233(1.00)
	鋼板有り 実験値	-	-	-	222以上
	鋼板なし 計算値	-	-	-	51.5(1.00)
	鋼板なし 実験値	-	-	-	181(3.51)

Pdは鉄筋応力度140N/mm²時 単位:kN
()内は計算値に対する比率を表す

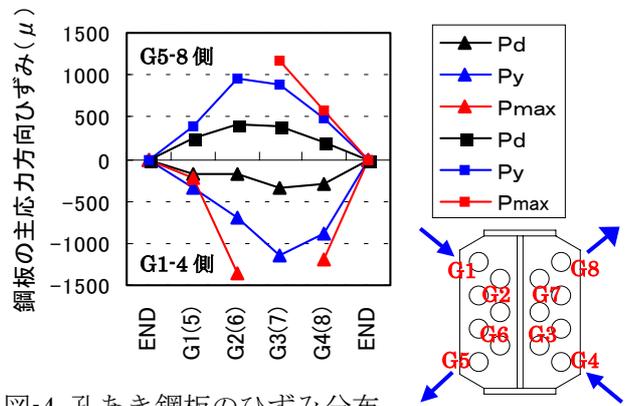


図-4 孔あき鋼板のひずみ分布

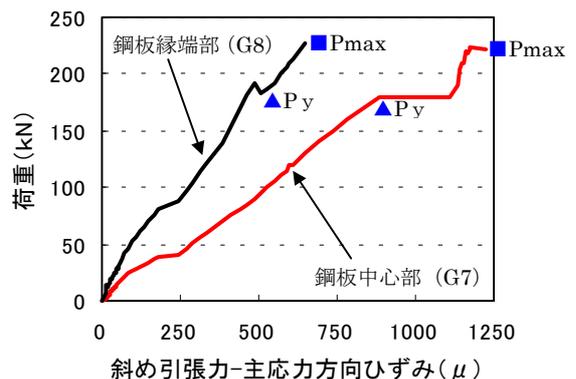


図-5 荷重-孔あき鋼板のひずみ関係