

スタッド配置した I 形鋼を補強材とした複合構造橋脚の実験的研究

五洋建設(株) ○正会員 宇野 州彦 正会員 池野 勝哉
 宇都宮大学 正会員 藤倉 修一
 日本コンクリート技術(株) 正会員 篠田 佳男

1. はじめに

近年、建設現場において生産性向上の取り組みが急務であり、過密配筋を有する鉄筋コンクリート橋脚（以下、RC 橋脚）への効率的な施工が求められている。著者らは、従来の主鉄筋に代わり、I 形鋼のウェブにスタッド配置した補強材（写真-1）を提案し、これまでコンクリートとの付着特性¹⁾や RC 構造としての曲げ耐荷性能²⁾を把握している。本稿では、橋脚構造への適用性について検討するため、概ね 5 分の 1 縮尺による模型を用いた正負交番載荷実験を実施し、橋脚としての変形性能や塑性ヒンジ部の損傷状況について考察した。



写真-1 I 形鋼にスタッド配置した補強材

2. 交番載荷実験の概要

実験概要図を図-1 に示す。従来の RC 構造（Case1）と提案構造（Case2）、提案構造から帯鉄筋と中間帯鉄筋を削減した Case3 の計 3 ケース実施した。Case1 の主鉄筋は D25 が 32 本であり、Case2 および Case3 は主鉄筋の総断面積に降伏強度を乗じた値とほぼ同等になる I 形鋼（I-150×75×5.5×9.5）×降伏強度（302.6 N/mm²）を用いた。I 形鋼のウェブ両面には、軸径 10 mm、全高 40 mm のスタッドを 200 mm ピッチで千鳥配置¹⁾とした。帯鉄筋（D13）は、Case1 および Case2 は 100 mm ピッチ、Case3 は 250 mm ピッチで配置した。載荷直角方向に配置した中間帯鉄筋（D13）は、Case1 および Case2 は 4 本、Case3 は 2 本である。橋脚軸中央にはシーブ管を含む PC 鋼棒を配置し、橋脚断面当り 1 MPa の緊張力を導入して上部工荷重 540 kN を再現した。

載荷方法は、基準変位 δ_y の整数倍として $\pm 1\delta_y$, $\pm 2\delta_y$, \dots , $\pm 12\delta_y$ の各ステップをそれぞれ 3 回繰り返した。基準変位 δ_y は主鉄筋および I 形鋼の外縁に貼付した軸方向のひずみゲージが降伏ひずみ ε_y （主鉄筋：2058 μ , 主鋼材：2168 μ ）に達した際の水平変位として定義した。

鋼材の機械的性質およびコンクリートの試験日材齢における材料特性を表-1、表-2 に示す。主な測定項目は、載荷点の水平荷重および変位、橋脚基部の曲率算出のための基部鉛直変位量、ひび割れ性状である。

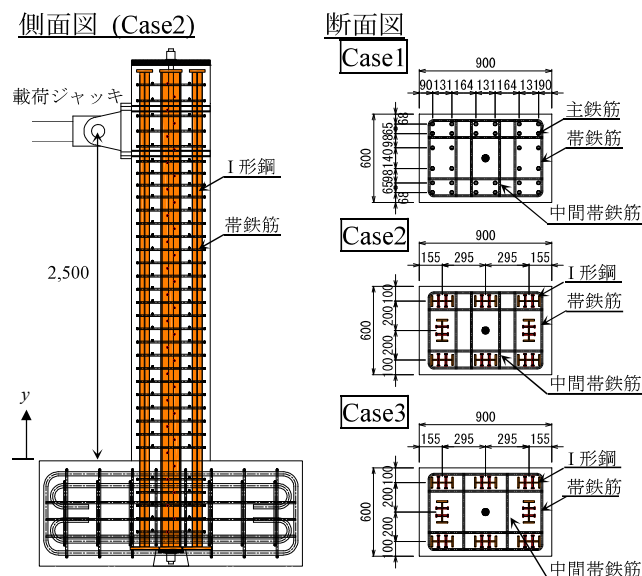


図-1 実験模型の概要図（単位：mm）

表-1 鋼材の機械的性質

	降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	ヤング係数 ×10 ³ N/mm ²	規格
鉄筋D25	373.2	559.7	184.0	SD345
鉄筋D13	386.9	541.3	181.5	SD345
I形鋼150×75	302.6	414.7	182.3	SS400
頭付きスタッド	430.0	489.7	—	SS400
PC鋼棒	1144.0	1261.0	—	C種1号

表-2 コンクリートの材料特性

	圧縮強度 N/mm ²	割裂引張強度 N/mm ²	ヤング係数 ×10 ³ N/mm ²
Case1	37.8	2.8	34.3
Case2	39.8	3.1	32.7
Case3	44.7	3.4	35.3

キーワード 複合構造橋脚, スタッド, I 形鋼, 交番載荷実験

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株) 技術研究所 TEL 0287-39-2109

3. 実験結果および考察

(1) 荷重比-変位関係

実験で得られた荷重比-変位関係および包絡線を図-2に示す。図中では、実験で用いた鉄筋およびI形鋼の機械的性質が異なるため、荷重 P を表-1の値を用いて算出した設計終局荷重 P_{ud} で除した荷重比 P/P_{ud} として示している。各ケースの基準降伏変位 δ_y はいずれも約20mmである。

Case1は変位180mm(9 δ_y)で橋脚基部の主鉄筋が座屈したことで荷重が低下し、変位240mm(12 δ_y)で主鉄筋が破断に至った。一方、Case2は

変位200mm(10 δ_y)以降もじん性に優れ、载荷終了まで補強材の座屈やはらみ出しは生じなかった。Case3はCase2と比較して、コンクリートの剥落が早く約140mm(7 δ_y)より徐々に荷重低下し、約220mm(11 δ_y)で補強材のはらみ出しが確認された。これは、補強材の圧縮変形に抵抗するための帯鉄筋や中間帯鉄筋が十分でなかったことが要因として考えられる。

(2) 橋脚基部の損傷状況

実験後に切断した橋脚基部の状況を写真-2に示す。Case1は主鉄筋の変形や破断が見られるものの、Case2では補強材の座屈やはらみ出しは生じていない。一方でCase3では補強材が変形している状況を確認できる。次に、変位ステップ毎の橋脚基部における曲率分布を図-3に示す。なお、図中にはCase1について道路橋示方書に従い算定した塑性ヒンジ長(=194mm)を明記した。Case2における曲率は基部から200mmより低い位置に現れており、RC橋脚で算定した塑性ヒンジ長に概ね包含されていることから、道路橋示方書の算定式を提案構造においても準用できる。

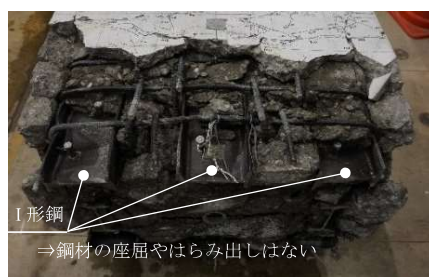


写真-2 橋脚基部の損傷状況

4. おわりに

本研究では、提案する補強材を用いた橋脚断面の交番載荷実験を実施した。その結果、従来の主鉄筋によるRC構造と比較して、補強材の座屈やはらみ出しが少なく、塑性後の変形性能に優れた構造であることを確認した。

参考文献

- 1) 宇野ら：I形鋼のウェブにスタッド配置した複合構造のコンクリート付着特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.2，pp.937-942，2021。
- 2) 藤倉ら：I形鋼を用いた新たな複合構造の曲げ耐荷性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.2，pp.943-948，2021。

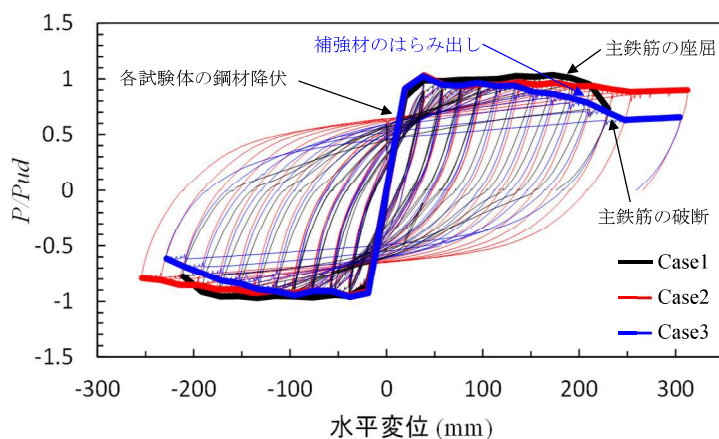


図-2 荷重比-変位関係

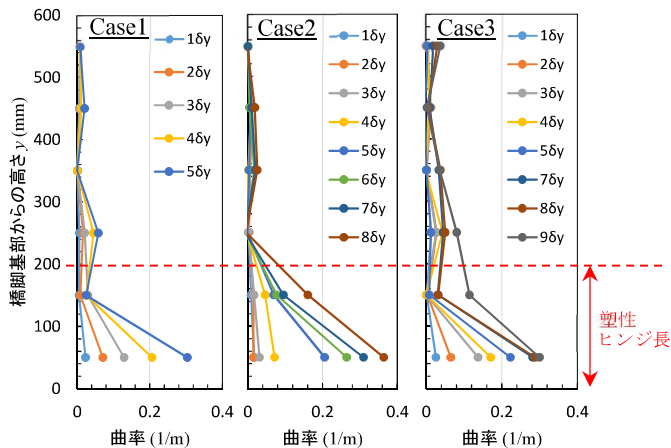


図-3 橋脚基部の曲率分布