

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

(株) シビテック (元 宇都宮大学)
宇都宮大学
オリエンタル白石 (株) (元 宇都宮大学大学院)
ダナン工科大学
五洋建設 (株)
日本コンクリート技術 (株)

正会員 ○柳谷一輝
正会員 藤倉修一
正会員 山口敬也
正会員 Nguyen Minh Hai
正会員 宇野州彦 正会員 池野勝哉
正会員 篠田佳男

1. はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震において多くの橋梁構造物に甚大な被害が生じたのを契機に、鉄筋コンクリート構造 (以下、RC 構造) に要求される耐震性能が向上し、RC 構造の鉄筋量が大幅に増加している。そのため、RC 構造においては、過密配筋となり、施工手間による工期延長およびコンクリート充填性等が問題となっている。これらの問題を改善するために、主鉄筋の一部または全てを形鋼に置き換える鉄骨コンクリート構造や鉄骨鉄筋コンクリートが用いられる場合がある¹⁾³⁾。形鋼は鉄筋と比べ、配置する鋼材数を少なくすることができるため、配筋作業が軽減できることや、RC 構造より耐力および変形性能が向上すること等が利点として挙げられる。しかし、形鋼を曲げ部材中に使用する場合、形鋼とコンクリート間の付着性能が異形鉄筋と比べると劣るため、これを向上させるためにずれ止め等を用いる必要がある。

以上から、本研究では、従来の RC 構造の施工性を改善し、工期短縮を実現するために、主鉄筋を I 形鋼に置き換える新たな複合構造を開発する (以下、提案構造と呼ぶ)。提案構造では、鉄筋の代わりに I 形鋼を用い、コンクリートとの付着を確保するために I 形鋼のウェブに頭付きスタッドを配置する。これにより、複数の鉄筋を単一の I 形鋼に置き換えることができ、配筋作業が短縮されることによる施工の効率化やポアソン効果による I 形鋼とコンクリートの付着の向上等が期待できる。提案構造の曲げ挙動を把握するために、梁供試体を用いて静的 2 点载荷実験を行い、耐荷性能やひび割れ分散性に関する検証を行った。

2. 梁供試体および実験概要

本実験では、RC 供試体、スタッドのない提案構造供試体および提案構造供試体 (以下、それぞれ、Type-A、Type-B、Type-C と呼ぶ) の計 3 ケースを製作した。いずれの供試体も $250 \times 400 \text{ mm}$ の矩形断面で、長さは 3200 mm である。供試体の断面図、および側面図を図-1 に示す。Type-A では、SD345-D22 異形鉄筋を軸方向鉄筋とし、引張縁および圧縮縁から 81 mm の位置に 50 mm 間隔で計 4 本をそれぞれ配置した。Type-B および Type-C では、SS400- $150 \times 75 \times 5.5 \times 9.5$ の I 形鋼を軸方向鋼材とし、ウェブの中心を引張縁および圧縮縁から 81 mm の位置に配置した。Type-C では、軸径 10 mm 、全高 40 mm の頭付きスタッドを千鳥状に配置した。また、帯鉄筋には全ての供試体で D13 の異形鉄筋を使用し、図-1 に示す

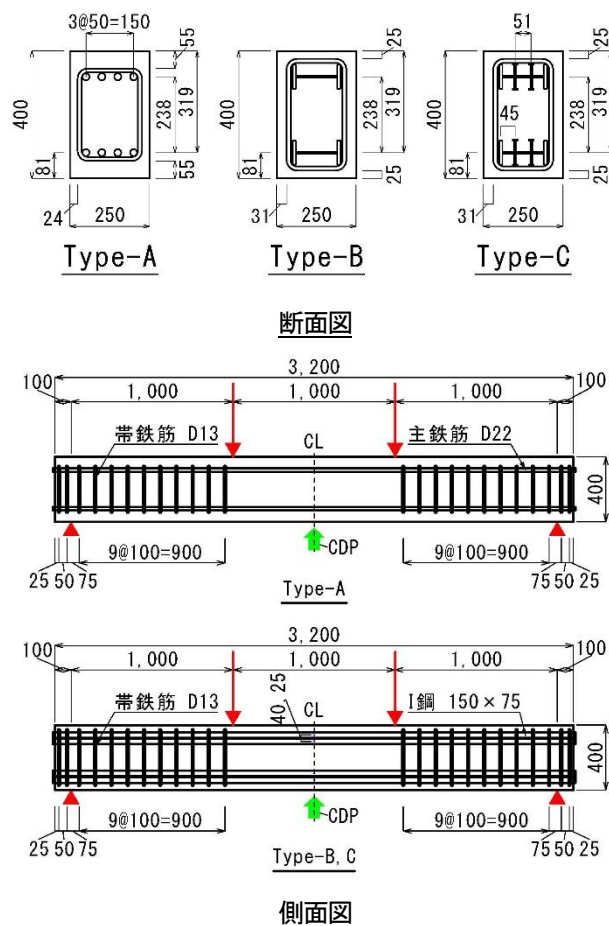


図-1 実験供試体

ように、せん断スパン 1000 mm 間では 100 mm 間隔で配置し、等曲げ区間には配置していない。载荷実験日材齢におけるコンクリートおよび鋼材の材料特性をそれぞれ表-1、2 に示す。

载荷実験は、支間長 3000 mm 、等曲げモーメント区間 1000 mm として静的 2 点载荷を行い、供試体の支持には鋼製のピンおよびピン・ローラー支承を使用した。载荷サイクルは $0 \text{ kN} \rightarrow$ ひび割れ発生荷重 $\rightarrow 0 \text{ kN} \rightarrow$ 主鋼材の降伏荷重 $\rightarrow 0 \text{ kN}$ とし、それ以降は载荷荷重の低下が確認されるまで载荷を行った。主な測定項目は支間中央のひずみ、軸方向鉄筋および I 形鋼のひずみである。圧縮側の I 形鋼ウェブ上面および引張側 I 形鋼ウェブ下面の合計 2 面に、ひずみゲージを貼り、ウェブ中心および中心からフランジ側に 50 mm の位置において、それぞれ軸方向および軸直角方向のひずみを計測した。

キーワード 複合構造, 静的载荷実験, 付着, ポアソン効果

連絡先 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科 TEL : 028-689-6227

表-1 コンクリートの材料特性

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)
Type-A	37.1	2.6	2.9×10^4
Type-B	34.8	2.8	2.9×10^4
Type-C	49.7	3.1	3.2×10^4

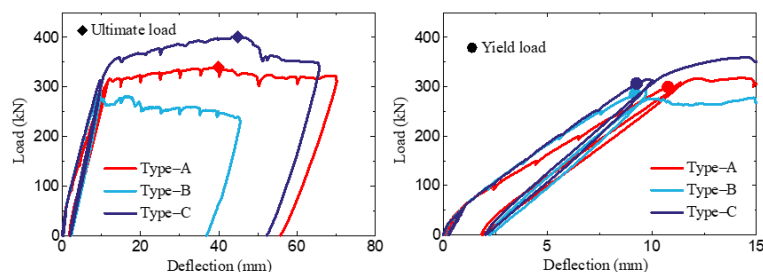
表-2 鉄筋, I 形鋼およびスタッドの材料特性

部材	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	降伏ひずみ ($\times 10^{-6}$)
軸方向鉄筋 (D22)	407	1.9×10^5	2171
帯鉄筋 (D13)	404	1.9×10^5	2332
I 形鋼 (150×75 ×5.5×9.5)	366	2.1×10^5	1804
頭付きスタッド ($\phi 10$)	430		

3. 実験結果

荷重-スパン中央変位関係を図-2 に示す。図-2(a)は全体図、図-2(b)は変位が 0~15mm までの関係を示す。図-2(a)より、Type-A では主鋼材の降伏とともに曲げ剛性が急激に低下したが、Type-C の曲げ剛性は、主鋼材の降伏とともに徐々に低下し、荷重 352kN で急激に低下している。これは、Type-C では、荷重 306kN でウェブが先行して降伏した後、荷重 352kN でフランジが遅れて降伏したためである。Type-A と Type-C の最大荷重を比較すると、それぞれ、340kN、402kN であり、Type-C の方が大きい。これは断面の主鋼材量が Type-A では 1548mm²、Type-B、C では 2183mm² と主鋼材量の差に起因している。主鋼材量の違いによる終局荷重の差はあるものの、両試験体において主鋼材降伏後はじん性のある変形性能を示している。Type-B については、荷重 290kN 付近から荷重が低下し始めており、I 形鋼ウェブの降伏後に荷重が低下している。これは Type-B にはスタッドが配置されていないため、I 形鋼とコンクリートの付着が切れて I 形鋼に力が十分に伝達されなかったためと考えられる。また、図-2(b)より Type-B、C は Type-A よりも若干曲げ剛性が高い。これは断面の主鋼材量の違いによって生じる中立軸位置の違いによるものである。

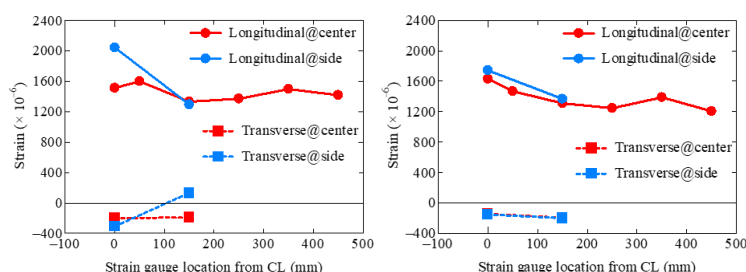
I 形鋼ウェブ降伏時における Type-B、C の引張側 I 形鋼ウェブのひずみ分布を図-3 に示す。実線は軸方向のひずみ、破線は軸直角方向のひずみを示す。また赤色はウェブ中心位置のひずみ、青色はウェブ中心から 50mm 位置のひずみである。Type-B、C とともに引張側 I 形鋼のウェブは軸方向に引張を受け、概ね軸直角方向に圧縮を受けている傾向である。このことから引張側 I 形鋼ウェブは曲げモーメントの作用により軸方向に引張力を受けると同時に、ポアソン効果によって軸直角方向に圧縮を受けているため、フランジ間のコンクリートの付着向上の有効性が確認された。また、いずれの供試



(a) 全体図

(b) 拡大図

図-2 荷重-スパン中央変位関係



(a) Type-B

(b) Type-C

図-3 引張側 I 形鋼ウェブのひずみ分布

体においても、軸方向のひずみはスパン中央に近い程大きい傾向ではあるが、位置によって大きな差は生じていない。

4. まとめ

本研究では、主鋼材に I 形鋼を用い、ずれ止めにスタッドを配置する提案構造の曲げ挙動を把握するため、梁供試体の静的 2 点載荷実験を行った。実験の結果、主鋼材量の違いによる最大荷重の差はあったものの、スタッドを有する I 形鋼を用いた提案構造および RC 構造は、いずれも主鋼材降伏後にじん性のある変形性能を示したが、スタッドが無い場合、I 形鋼とコンクリートの付着が切れ、最大荷重の低下が確認された。また、I 形鋼の軸方向に引張力が作用することによるポアソン効果によって、ウェブの軸直角方向に圧縮力が生じ、フランジ間のコンクリートへの拘束効果が期待できる。

参考文献

- 1) 前田良文, 篠田佳男: 技術最前線/鉄筋コンクリート複合構造による橋脚の新工法-北海道縦貫自動車大岸橋-, 土木学会誌, 第八十一巻第三号, pp.14-17, 1996.3.
- 2) 河野一徳, 篠田佳男, 原夏生, 今西秀公: PCa 埋設型枠を有する鉄骨コンクリート複合構造橋脚の耐震性能に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.2, pp.1325-1330, 1996.6.
- 3) 大野一昭, 芦達拓哉, 井上正巳, 篠田佳男: 中間帯鉄筋に代えてスパイラル筋を用いた SRC 構造の柱圧縮試験, 第 1 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.139-142, 1998.1.