

(31) 波形鋼板ウェブとコンクリートフランジとの 接合部の構造に関する実験的研究

AN EXPERIMENTAL STUDY OF SHEAR CONNECTORS BETWEEN
A CORRUGATED STEEL WEB AND A CONCRETE FLANGE

中島 陽* 依田照彦** 大浦 隆*** 佐藤幸一**** 武村浩志****
By Yo NAKAJIMA, Teruhiko YODA, Takashi OHURA, Koichi SATO, Hiroshi TAKEMURA

The purpose of the present paper is to investigate a mechanical behavior of new types of shear connectors at the interface of a corrugated steel web and a concrete flange in the composite girder. The shear connector types used here are studs welded to the top steel flange and holes placed on the top of the corrugated steel web. The two-point bending tests in which the composite girder is placed in a simply supported condition and loaded in a static manner were conducted using the new types of shear connectors. Experimental results reveal that holes with transverse steel bars are effective as shear connectors.

1. はじめに

合成桁の力学的特性は、鋼とコンクリートとの間の接合部の構造に大きく支配される。鋼桁とコンクリートフランジとの間のずれ止めとしてはスタッドが一般に広く利用されている。これは、コンクリートに比べて剛な鋼フランジ上にスタッドを溶植することによって柔なずれ止めの効果を期待しようとするものである。しかしながら、鋼桁のウェブに波形鋼板を使用した場合には、コンクリートに比べて鋼桁のウェブの剛性が低下するために、鋼フランジとスタッドを利用して剛性を高めることが必ずしも力学的に好ましいとは考えにくい。ずれ止めには鋼桁とコンクリートフランジとの間に働くせん断力に抵抗する機能と同時に、鋼桁からのコンクリートの剥離を防止する機能が期待されているので、新しいタイプのずれ止めを考える際には、基本的な力学的挙動についての実験的な確認が不可欠と思われる。特に、波形鋼板ウェブは軸方向剛性が著しく小さいので、鋼とコンクリートとの接合部におけるせん断力の伝達機構には特別な配慮が必要になると思われる。

そこで本研究では、波形鋼板ウェブとコンクリートフランジとの接合部の構造を調べるために、曲げを受けるI形断面合成桁について3種類の供試体を製作し、2点載荷により曲げ実験を行ったので、その結果について報告する。主な目的は、新しいタイプのずれ止めと従来より用いられているスタッドを比較し、コンクリートフランジと波形鋼板ウェブの剛性の差が接合部に与える影響を調べることにある。

* 早稲田大学大学院 理工学研究科

** 工博 早稲田大学教授 理工学部土木工学科

*** (株) ピー・エス 名古屋支店技術部

**** (株) ピー・エス 本社土木技術部

2. 実験の概要

2. 1 実験模型

波形鋼板ウェブを持つ合成桁の接合部の構造が力学的挙動に及ぼす影響を調べるために、高さ40.6 (cm) または41.2 (cm)、幅30 (cm)、支間306 (cm)の波形鋼板とコンクリートより成る供試体を製作し (図1参照)、静的2点載荷により曲げ実験を行った。

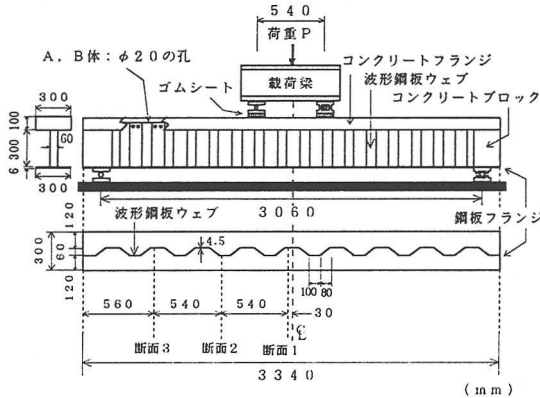


図1 供試体の概要図 (A, B 体)

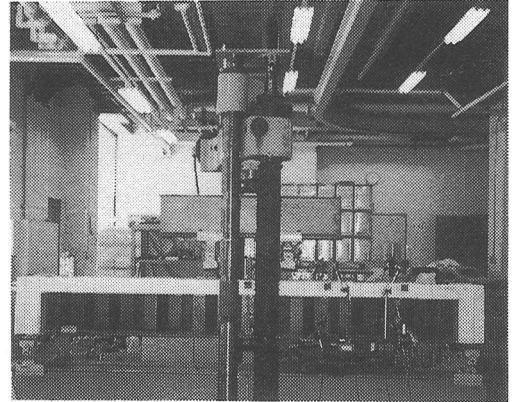


写真1 実験用供試体 (C-1 体)

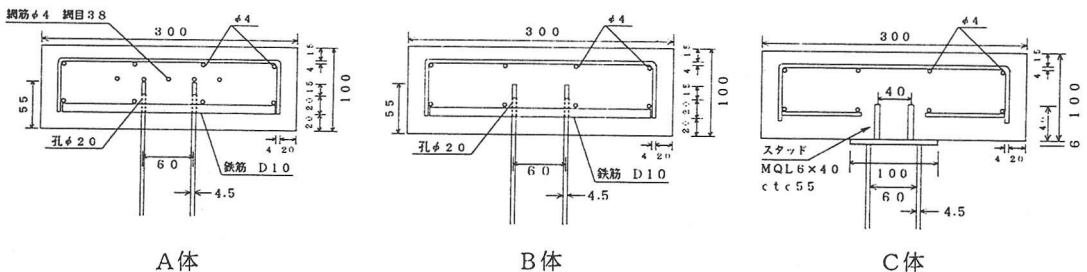


図2 供試体の横断面図

合成構造の接合部として一般的な波形鋼板ウェブに鋼フランジを溶接し、フランジ上にスタッドを溶植するタイプの接合方法についてはフランス¹⁾ および日本^{2), 3)} で検討されているので、実務設計の面からでなく、力学的な面から波形鋼板ウェブに上フランジを溶接しないタイプの接合部について考察を加えることを本研究では意図した。すなわち、従来から鋼とコンクリートとの接合部に使用されてきたスタッドの代わりに、波形鋼板ウェブの上部に孔を開け、ずれ止めの役割をその部分に持たせ、さらにウェブの上部に網筋を配置し支圧力の分散を図った新しい接合構造について検討することとした。また、波形鋼板そのものにもずれ止めの効果が期待できることも新しいタイプの接合方法の利点である。以上の点を踏まえて供試体を3種類とし、波形鋼板ウェブに孔を開け、網筋を配置したもの (以下「A体」と呼ぶ)、孔だけを開けたもの (以下「B体」と呼ぶ)、慣用設計通りにスタッドを用いたもの (以下「C体」と呼ぶ) を準備した (図2参照)。供試体の断面設計に当たっては、A体、B体、C体の終局曲げ強度 (32tf) がほぼ等しくなるように配慮した。3種類の供試体をそれぞれ2体ずつ製作し、合計6体とした。各供試体の接合部に注目すると、A体はウェブ鋼板上部にφ20の孔を開け、そこに鉄筋 (D10) を通し、ウェブ上端に網筋 (φ4、網目38mm間隔) を配置し、B体は、A体から網筋を取り除いたもので、C体は鋼板フランジをウェブ上端に溶接した上にスタッド (φ6) を溶植したものであり、各々コンクリートフランジ内に埋め込んである。

2. 2 実験方法

両端単純支持条件のもとに静的2点荷重の4点曲げ実験を行い、各部のひずみと桁のたわみを計測した。載荷荷重は、図1に示したように、中央の集中荷重を分割し、対称荷重として載荷した。載荷点と支点部は、ゴムシートおよび支持板と丸棒を用いて、供試体の回転や変位を拘束しないように配慮した⁴⁾。

2. 3 計測項目

供試体の対称性を考慮し、供試体の左半分に計測断面1～3を設け、荷重の各段階ごとに、各断面の上下フランジのたわみと、ウェブ、上下フランジ、スタッド、孔周りのひずみを計測した。

2. 4 使用材料の機械的性質

実験供試体を使用した材料の機械的性質および実験に先だって行われたコンクリートの圧縮試験、ヤング係数測定の結果を表1、表2に示す。ただし、鋼材については材料試験は行っていない。また、コンクリートの圧縮強度は、2供試体についてJISに基づく圧縮強度試験を行い、試験結果を平均することによって求めた⁵⁾。

表1 鋼材の機械的性質

	材 質	保証降伏点応力 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
鋼 板 (下フランジ)	SS400	2400	2.1×10^6	0.3
波形鋼板 (フランジシート)	SS400	2400	2.1×10^6	0.3
スタッド (MQL6×40)	SS400	3200	2.1×10^6	0.3
鉄 筋 (D10)	SD295A	3000	2.1×10^6	0.3

表2 コンクリートの機械的性質

供試体	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
A-1	450	2.44×10^5	0.2
B-1	444	2.44×10^5	0.2
C-1	433	2.44×10^5	0.2
A-2	449	2.44×10^5	0.2
B-2	448	2.44×10^5	0.2
C-2	437	2.44×10^5	0.2

3. 実験の結果および考察

3. 1 合成桁の全体的な挙動

強度試験の結果のうち、A体、B体、C体の上フランジの荷重－たわみ曲線を図3に示す。

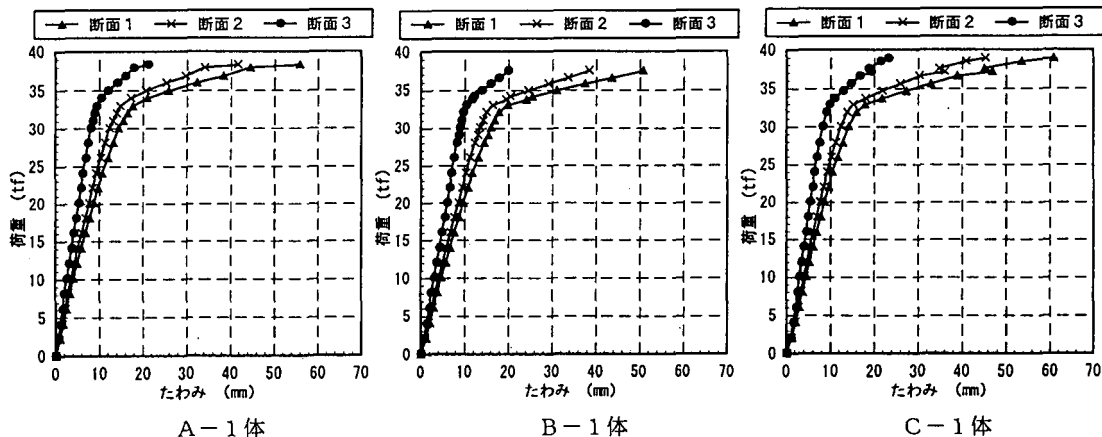


図3 荷重－たわみ曲線 (A体, B体, C体)

図中のたわみ1、たわみ2、たわみ3はそれぞれ断面1～3のたわみの測定値である。

A、B、C体のタイプの違いにより、破壊荷重が多少異なるものの、全体的な荷重－たわみ曲線の形は同じである。どのタイプでも荷重が28～31(tf)までは線形性を示し、その後、コンクリートと鋼の部分の接合部分にずれが生じ、コンクリートにひび割れが発生したため、合成桁の剛性が低下している。破壊荷重、破壊モードには、接合部の差異による影響は現れておらず、供試体間に大きな差は見られなかった。したがって、孔を用いたずれ止めも合成桁全体に特別悪い影響を与えているとは考えられない。

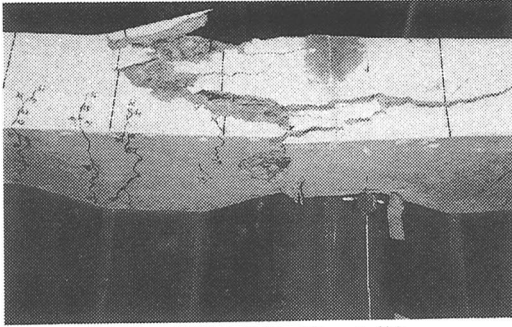


写真2 破壊の状況 (B-1体)

表3 初期ひび割れ確認荷重と破壊荷重と
床版コンクリートの破壊モード

供試体	初期ひび割れ確認荷重 P _{cr} (tf)	破壊荷重 P _u (tf)	床版コンクリートの破壊モード
A-1	30.2	38.8	曲げ圧縮破壊
B-1	28.0	37.6	曲げ圧縮破壊
C-1	31.0	39.1	曲げ圧縮破壊
A-2	28.0	38.9	曲げ圧縮破壊
B-2	24.0	38.0	曲げ圧縮破壊
C-2	28.0	38.0	曲げ圧縮破壊

3. 2 接合部の力学的挙動

ずれ止めとしての機能を見るために、横断面(断面3)内のせん断応力分布を三軸ゲージを用いて調べた。その結果を図4に示す。この図よりスタッドよりも孔を用いた接合構造の方が接合部近傍でせん断応力のレベルが下がっており、柔なずれ止めとしての効果が期待できるように思われる。

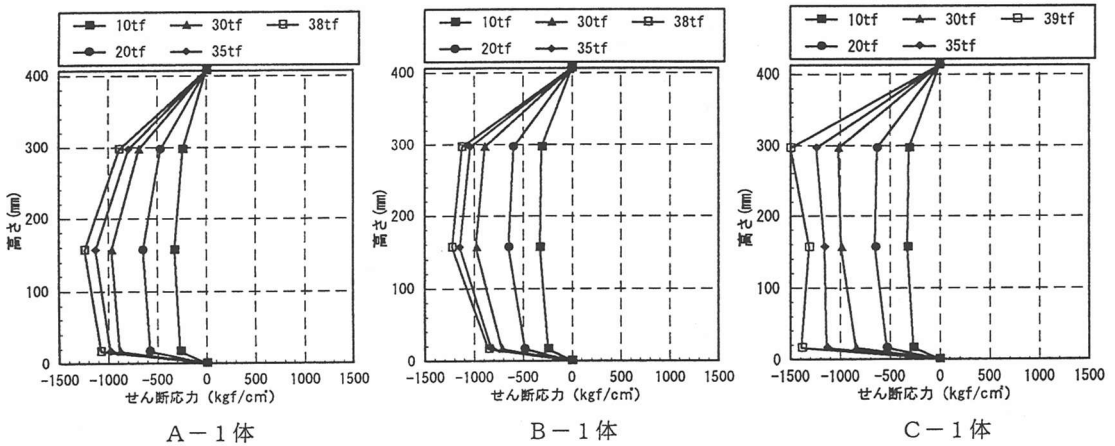


図4 断面3におけるせん断応力分布 (A体, B体, C体)

3. 3 ずれ止めの力学的挙動

ずれ止めとしての力学的挙動に注目すると、スタッドは、接触面に作用するせん断力によりスタッドが変形することによって、鋼とコンクリートとの間のせん断力を伝えている⁶⁾。図5を見ると、スタッドの曲げひずみが急激に増加し始めるのに対し、孔を用いたずれ止めでは孔の周りに多少の応力集中が見られるものの面内(軸方向)ひずみの増加はスタッドほど著しくはない。したがって、孔を用いたずれ止めでは、破壊に至るまで大きな変形が生じず、波形鋼板ウェブとともに変形しつつ、ずれ止めとしての機能を果たしている

ものと考えられる。

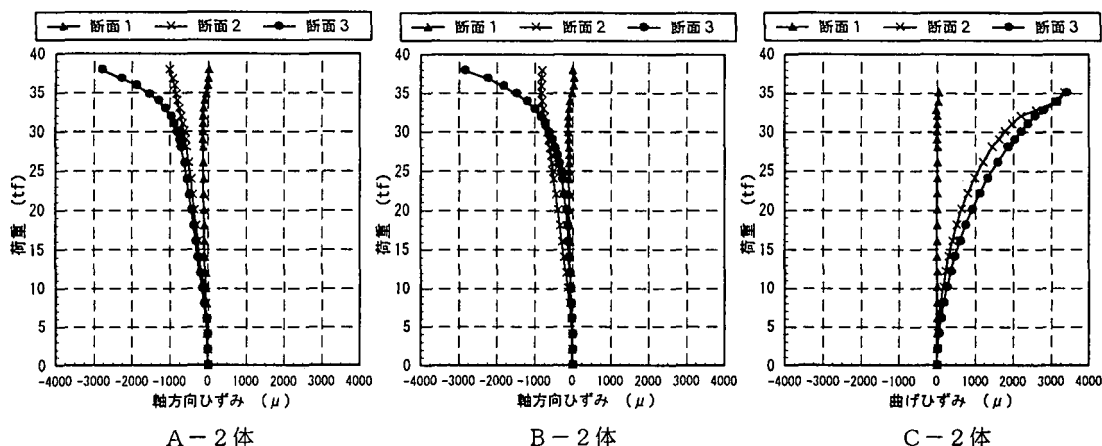


図5 孔の周辺(A体、B体)の軸方向ひずみとスタッドの曲げひずみ

4. 結論

実験的研究によって得られた結論を以下に要約する。

- ①波形鋼板ウェブを持つ合成桁ではせん断変形の影響があるため、たわみの計算にあたっては、せん断変形の影響を考慮する必要がある。
- ②波形鋼板ウェブはみかけの軸方向剛性が極めて小さいため、フランジの応力に比べてウェブの曲げ応力は小さくなる。このため、鋼とコンクリートとの接合部では大きなせん断応力の変化が生じる。
- ③コンクリートの中にある波形鋼板ウェブには接合部においてずれ止めの効果が期待できる。
- ④接合部に孔をあけたタイプのずれ止めにもずれ止めの効果は期待できるものの、その実用性については今後の検討課題である。

5. 謝辞

本実験を行うにあたっては、(株)ピー・エスの技術研究所の方々に甚大なご協力を賜りました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Jacques Combault (大浦隆訳)：シャロール近くのモープレ高架橋、プレストレストコンクリート、Vol. 34, No. 1、プレストレストコンクリート技術協会、pp. 63～71、1991.
- 2) 服部政昭・大浦隆：波形鋼板ウェブを用いたP C単純桁の一試設計例、第2回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、プレストレストコンクリート技術協会、pp. 53～58、1991.
- 3) 依田照彦・大浦隆：波形鋼板ウェブを用いた合成P C箱桁のねじり特性について、構造工学論文集、Vol. 39A, pp. 1251～1258、1993.
- 4) 依田照彦・多田維弘・中島 陽・大内一男：波形鋼板ウェブを持つ合成桁の力学的挙動に関する実験研究、鋼構造論文集、Vol. 1, No. 2, pp. 57～66、1994.
- 5) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書【昭和61年制定】(設計編)、技報堂、第1版、1986.
- 6) 土木学会構造工学委員会 鋼・コンクリート合成構造小委員会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン、第1版、1988.