

(27) 付着型のずれ止めを用いた合成桁の挙動について

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE COMPOSITE GIRDERS WITH BONDING SHEAR CONNECTION

浜田純夫*

高海克彦**

藤井伸之***

光川直宏****

By Sumio HAMADA, Katsuhiko TAKAMI, Nobuyuki FUJII and Naohiro Mitukawa

This paper deals with an experimental study on the behaviors of the composite girders with bonding shear connection subjected to the positive and negative moments. This type of composite girder was fabricated by welding a T shape beam longitudinally on the flange of steel girder as shear connector. The composite girders with small transverse ribs on the flange on T shape shear connector were also constructed. Through the experiment, the following conclusions were obtained. 1) A T shape shear connector increase the stiffness of composite girder. 2) Small ribs on the T shape beam shear connector resisted the horizontal shear force acting between the steel and concrete interface, and restrained slips. 3) This shear connector of the girder subjected to the negative moment controlled the spacing of cracks, and increased ultimate strength of the girder, because the shear connector also acted as the reinforcement in the concrete.

1. はじめに

複合構造は、軽量でかつ靱性に富むという鋼の特性と、剛性に優れ低コストでメンテナンスが容易であるというコンクリートの特性を合理的に組み合わせた構造である。鋼-コンクリート合成桁は、道路橋の形式として広く採用される構造で、鉄筋コンクリートで作られた床版を鋼の桁で支えるものである。合成桁は外力による圧縮力を圧縮に強いコンクリートで、引張力を引張に強い鋼で受け持つという合理的な構造である。今後も、合成構造は鋼構造、コンクリート構造のみでは実現しない機能性、経済性、安全性を有する構造形式としてますますの研究と開発が望まれている。現在、さまざまな理由から施工期間の短縮化および省力化が求められており、合成構造の発展の上でも解決されなければならない急務の問題の一つとなっている。

本研究では施工の省力化を目指した合成桁の開発を目的に、従来のスタッドジベルに代わるずれ止めとしてT型鋼を鋼桁上フランジ上にあるいはH型鋼をウェブに溶接し、床版中にT型あるいはH型鋼のフランジを埋め込みコンクリートとの付着を図った合成桁を作製し、載荷実験によりその力学特性を検討したものである。本合成桁はずれ止めにT型鋼を用いることにより、主桁との溶接を直線的に行うことができ、またそのT型鋼のウェブに穴をあけて鉄筋を通すことにより、床版の鉄筋組立を行った。これにより従来のスタッドジベルを用いる床版の製作より作業性がよくなり、T型鋼あるいはH型鋼を使用することにより、

* Ph.D 山口大学教授 工学部社会建設工学科 ** 工博 山口大学助教授 工学部社会建設工学科

*** (株) 東亜建設工業

**** 山口大学大学院 工学研究科社会建設工学専攻

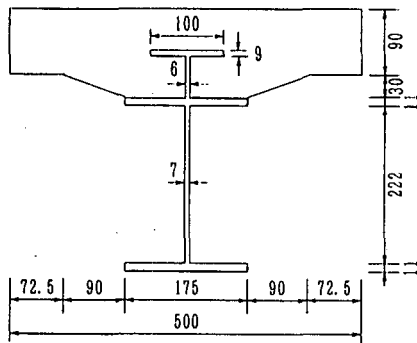


図1 供試体断面

表1 供試体諸元

供試体名称	全長 (cm)	スパン長 (cm)	鉄筋量	ずれ止め あり	載荷方法
P 2 0	200	160	8-D10	×	正の曲げ
P 2 4	240	200	8-D10	×	正の曲げ
N 2 4	240	200	6-D19	×	負の曲げ
P 2 8	280	240	8-D10	×	正の曲げ
P 2 8 S	280	240	8-D10	()	正の曲げ
N 2 8	280	240	6-D19	×	負の曲げ
N 2 8 S	280	240	6-D19	()	負の曲げ
N 2 8 II	280	240	8-D19	×	負の曲げ
N 2 8 II S	280	240	8-D19	()	負の曲げ
P 3 0	300	260	8-D10	×	正の曲げ
N 3 0	300	260	6-D19	×	負の曲げ

鋼材量が増し合成桁の剛性増加が期待できる。また本研究では連続桁の支点部など、合成桁にとって構造的に不利といわれる負の曲げモーメントを受ける場合も検討した。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

図1に示すT型のずれ止めを鋼桁に溶接した合成桁を基本に、表1の11体の実験供試体を製作した。

支間長は1.6m、2.0m、2.4m、2.6mの4種類、鉄筋量は正のモーメントを受ける桁にはD10を8本、負のモーメントを受ける桁にはD19を6本あるいは8本とした。鋼桁支点部と載荷点部のウェブには板厚8mmの垂直スティフナーを設けた。T型鋼には、H型鋼（呼称寸法150x100mm）を半分にした鋼材を使用した。表中にあるずれ止めとは、T型鋼に波形鋼板を採用する場合を想定したもので、本実験ではT型鋼の上にD10を15cm間隔に溶接し、横ふしとして凹凸を付けたものである。供試体名称において、Pは正モーメント、Nは負モーメント、数値は供試体全長、Sは横ふしを、IIは鉄筋量が多いことをそれぞれ表している。

2.2 実験方法

供試体P 2 0のみ支間中央の1点載荷とし、他は図2に示すように載荷点間隔を20cmとする2点載荷で、10tfずつ荷重をあげながら載荷と除荷を行う繰り返し載荷とした。負のモーメントを受けるものは、供試体を上下逆にし

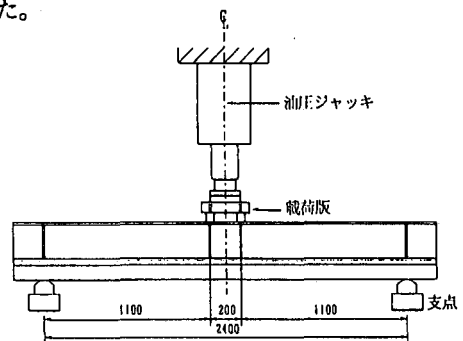


図2 載荷装置

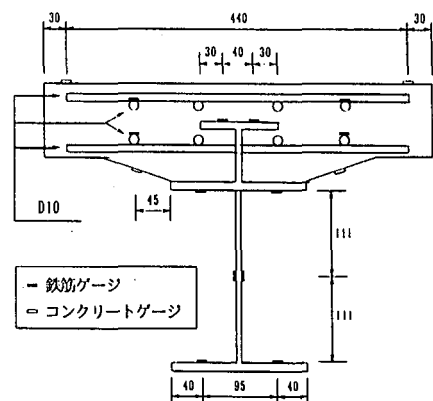


図3 ゲージ位置

たわみは支間中央と $L/4$ の点、コンクリートと鋼桁のずれは供試体両端と支間 $L/4$ 点で測定した。また支間中央断面において、図3に示す点におけるコンクリート、軸方向鉄筋、T型ジベル、鋼桁ウェブ、フランジの軸方向ひずみを測定した。

3. 実験結果

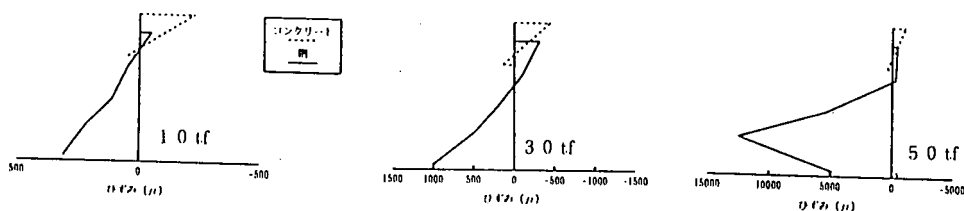


図4 ひずみ分布 (P 2 8)

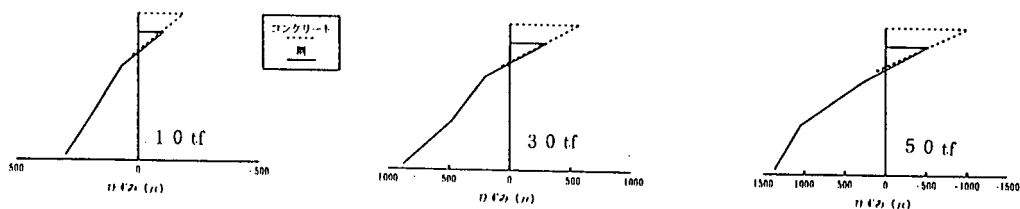


図5 ひずみ分布 (P 2 8 S)

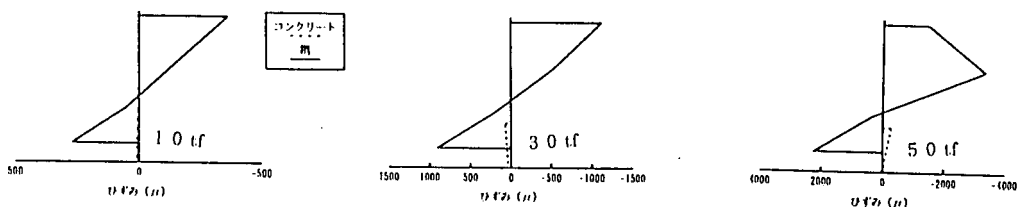


図6 ひずみ分布 (N 2 8)

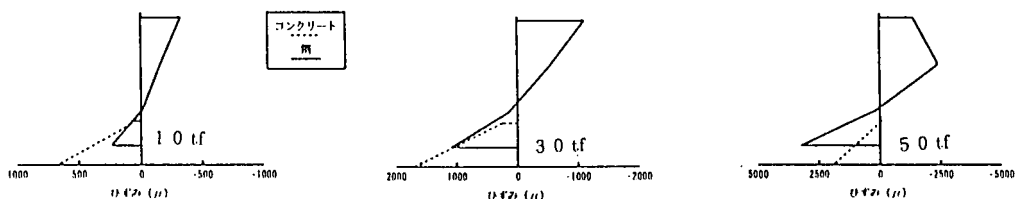


図7 ひずみ分布 (N 2 8 S)

(1) ひずみ分布

正の曲げモーメントを受ける供試体P28とP28Sの荷重と支間中央の軸方向ひずみ分布を図4, 5に示す。付着だけでコンクリートと鋼桁を結合させている供試体P28は荷重の小さい内からコンクリート下縁には引張ひずみが、同位置の鋼桁には圧縮ひずみが生じており、付着が切れ非合成桁の特性を表し合成桁としての平面保持は成立しなくなっている。一方、横ふしを付けた供試体P28Sは同位置のコンクリートと鋼桁のひずみはほとんど一致しており、鋼コンクリートが一体化しずれが生じていないことを示している。

負のモーメントを作用させた先と同じ諸元の供試体N28とN28Sの荷重と軸方向ひずみの分布を図6, 7に示す。負のモーメントを受けると、供試体N28ではコンクリートには力が伝達されずほとんど引張力を負担しない。それに対して横ふしを付けた供試体N20Sではコンクリートにもかなりの引張ひずみが生じており、鋼桁からコンクリートへ力が伝達されたことが窺える。荷重を増加させ、鋼桁下縁(実験桁では上縁)の圧縮ひずみが 1400×10^{-6} に達すると、鋼桁の平面保持は成立しなくなり降伏が開始したことが分かる。

(2) すれ性状

図8, 9, 10に正の曲げモーメントを受ける供試体P24, P28, P28Sの、また図11, 12,

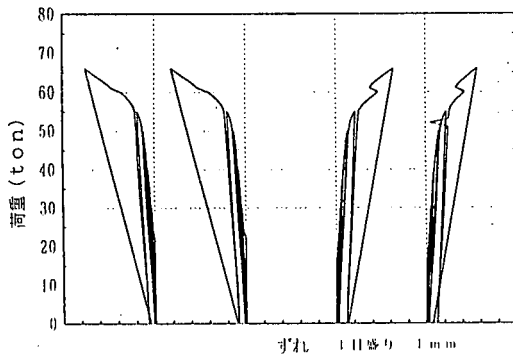


図8 荷重-ずれ関係 (P 24)

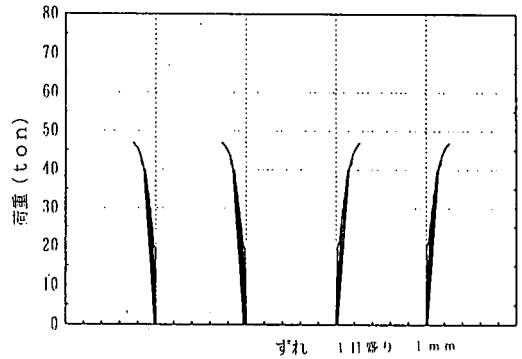


図9 荷重-ずれ関係 (P 28)

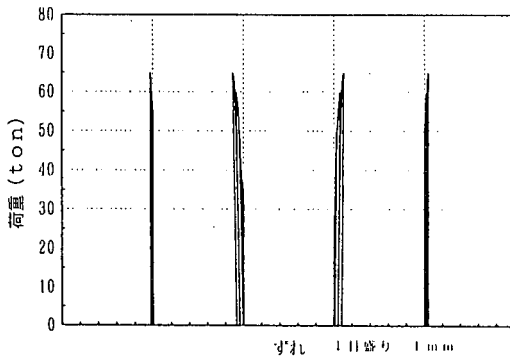


図10 荷重-ずれ関係 (P 28 S)

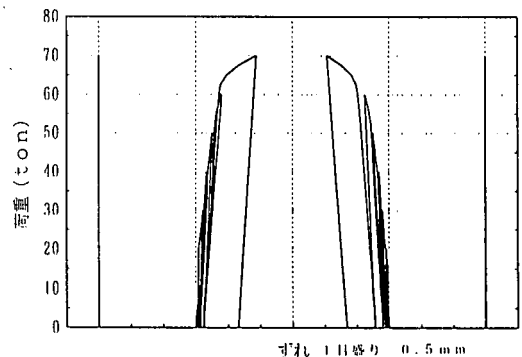


図11 荷重-ずれ関係 (N 24)

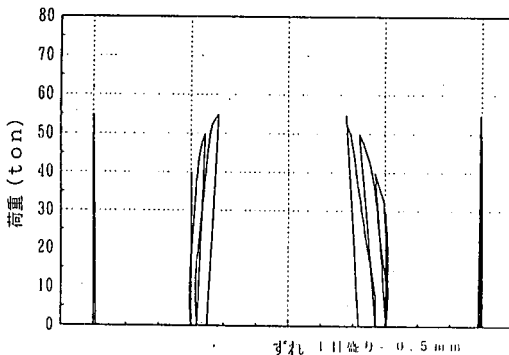


図12 荷重-ずれ関係 (N 28)

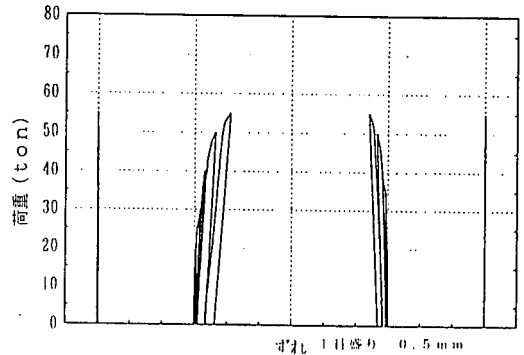


図13 荷重-ずれ関係 (N 28 S)

13に負の曲げモーメントを受ける供試体N 24、N 28、N 28 Sの測定点における荷重-ずれ関係を示す。荷重が小さい内は、ずれが生じてでも除荷するとずれは回復している。しかし荷重が大きくなると、もはやずれは回復せず残留ずれとなる。本実験では負の曲げモーメントを与えるために上下逆にした供試体では、接合部のずれを与えるせん断力が小さいため、正の曲げモーメントを受ける場合に比べて相対的にずれは小さくなる。また発生するひび割れにずれが吸収され、端部のずれはほとんど生じていないと考えられる。

(3) 終局耐力

表2に終局耐力の実験値と、材料試験結果に基づいた計算結果(計算値①)を示す。またT型鋼を含まないで算定した計算耐力(計算値②)も併せて示した。本供試体では、T型鋼により正の曲げモーメントの場合はほぼ10%、負の曲げモーメントの場合は13%程度耐力が上昇することになる。正の曲げモーメント

を受ける供試体の内、供試体P28Sを除きいずれも実験値が計算値を下回り、耐力に達する前に鋼コンクリートの合成作用が消失したと考えられる。しかし供試体P28SはT型鋼に付けた横ふしの作用により、終局状態に至るまでほぼ合成状態が保持されたと思われる。負の曲げモーメントを受ける場合には、耐力計算ではコンクリートは含まれず、鋼桁のみの計算であるが、実験値がほぼ一様に10%だけ計算値を上回っている。

(4) ひび割れ性状

図14、15、16に正の曲げモーメントを受けた供試体P24、P28、P28Sのコンクリート床版のひび割れ図を示す。いずれも支間中央部に軸方向ひび割れが生じているのが特徴である。これは軸方向圧縮力により、ポアソン比の影響で軸直角方向に引張ひずみが大きくなるためである。付着のみで合成させている供試体P24とP28では、支間L/4点に軸直角方向ひび割れが発生している。負の曲げモーメントを受ける供試体N28、N28S、N28Ⅱのひび割れ状況を図17、18、19に示す。これらの供試体は付着のみ、

表2 曲げ耐力

供試体名	曲げ耐力 (t・m)			実験値 計算値①
	実験値	計算値①	計算値②	
P20	27.92	35.49	32.24	0.787
P24	29.7	35.49	32.24	0.837
P28	30.8	35.49	32.24	0.868
P28S	35.86	35.49	32.24	1.010
P30	30.24	35.49	32.24	0.852
N24	31.46	27.8	24.55	1.131
N28	30.14	27.8	24.55	1.084
N28S	30.31	27.8	24.55	1.090
N28Ⅱ	30.33	29.04	25.79	1.148
N28SⅡ	32.07	29.04	25.79	1.104
N30	30.36	27.8	24.55	1.092

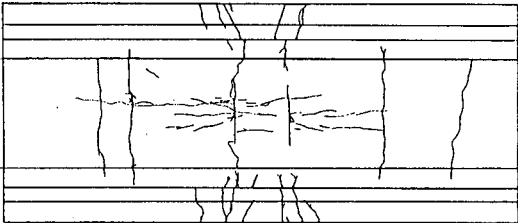


図14 ひび割れ図 (P24)

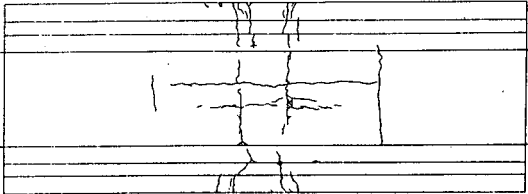


図15 ひび割れ図 (P28)

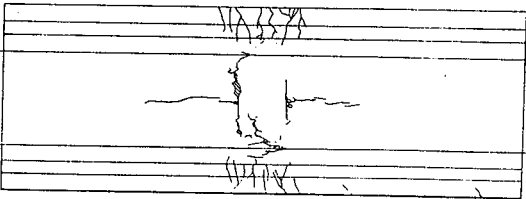


図16 ひび割れ図 (P28S)

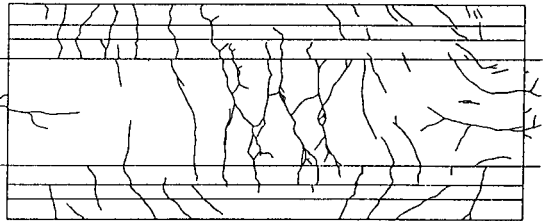


図17 ひび割れ図 (N24)

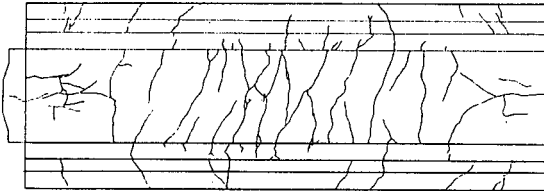


図18 ひび割れ図 (N28)

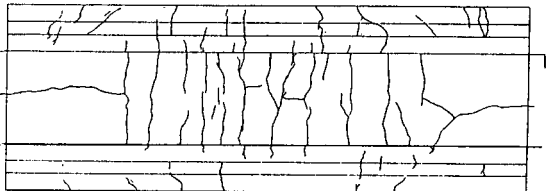


図19 ひび割れ図 (N28S)

横ふしを付けたもの、鉄筋量を増やしたものという構造上の差異はあるものの、ひび割れ性状にはほとんど差異はない。ただし、鉄筋量の多い供試体N28Ⅱにおけるひび割れ間隔が若干小さいようである。

4. 結論

本研究では施工の省力化をめざした、ずれ止めにT型鋼あるいは上フランジとしてH型鋼を使用するという新しいタイプの合成桁の開発を目的として模型桁の載荷実験を行い、その力学的挙動特性を検討した。その結果をまとめると、次のようになる。

- a) ずれ止めとしてコンクリートと付着させるT型鋼は、合成桁自体の剛性の増加を可能とする。
- b) T型鋼にさらに横ふしを付けることで、鋼材とコンクリート面の水平せん断力に対して抵抗し、ずれを抑制し合成効果を保持させる。
- c) 負の曲げモーメントを受ける場合、このT型鋼がコンクリート中の鉄筋として作用するので、ひび割れの分散性を向上させるとともに、終局時には耐力の増加をもたらす。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成3年度版
- 2) （社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説、平成2年
- 3) 浜田純夫・佐久川政健 他：負の曲げモーメントを受ける断続合成桁の一実験、琉球大学理工学部紀要（工学編）第14号、1977年
- 4) 土木学会構造工学委員会：合成構造用鋼材の利用に関する調査研究報告書、平成5年
- 5) 園田恵一郎・鬼頭宏明 他：突起付き鋼板の付着に関する実験的研究、土木学会第48回年次学術講演会、1993
- 6) 宮田明・斉藤嵩 他：合成桁ずれ止めの水平せん断伝達に伴うずれ性状、土木学会第48回年次学術講演会、1993