

角形鋼管を用いた省力化鋼床版の提案

Proposal of the simplified orthotropic steel deck using carbon steel square-pipe

(株)日本製鋼所室蘭製作所 ○ 正員 佐藤 聖嗣 (Kiyotsugu Sato)
 北海道開発局開発土木研究所 正員 三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)
 (株)開発技術コンサルタント 正員 谷口 直弘 (Naohiro Taniguchi)
 (株)日本製鋼所室蘭研究所 正員 別所 俊彦 (Toshihiko Bessho)

1. まえがき

近年、鋼橋において構造の省力化や製作および施工工程の省力化が進められている中、鋼床版においても例外でなく構造の省力化が求められている。鋼床版の特徴は、コンクリート床版に比較して軽量なことである。このため、橋梁の耐震性の面で優位となり、主構造断面の簡素化が図り易く、支承と下部工の規模も小さくできる。しかし、従来の鋼床版はコンクリート床版に比較して施工コストが高いことから施工実績がコンクリート床版に比べ少ないのが現状である。

そこで著者は、鋼床版の有用性を生かせるよう、軽量かつ施工コストを従来の鋼板桁より低く押さえることを目標に、角形鋼管を用いた主桁とデッキプレートからなる新構造形式の鋼床版を考案した。本論文では支間長30m程度の橋梁を対象に、上部工形式を検討し試設計および模型載荷実験を行い、本鋼床版の適用性を検討した。

2. 試設計

2.1 構造概要

一般に、支間長が30m程度の橋梁としては、鋼橋に限定すると構造形式として鋼板桁橋や鋼床版桁橋が考えられる。しかし、これらの構造形式では溶接構造が主体であるため、工場および現場での溶接作業が多くコスト高の一因となっている。これに対し本論文で提案する構造形式では、主桁に既製品の角形鋼管を用い、デッキプレート、横桁および縦リブをボルトにより接合する構造としている。この形式では、全ての部材に既製品を用いること、溶接部を極力減少しボルト接合を多用することの2点から省力化を図っている。図-1は、試設計を行った本形式の上部工である。本形式の特徴を以下に挙げる。

- (1) 部材に既製品を用いることにより、工場での溶接作業を減少させ架設時の溶接作業を省略することにより、施工性が良く製作工数を低く抑えることが可能となる。

- (2) 工場製作および現場における施工を含めた全体の工期を短縮できる。そのため、交通の早期解放が可能となる。
- (3) 一般的な形式に比較して桁高を低く抑えることが可能なため、FHを下げることにより土工の縮小、構造物の縮小等によりトータルコスト縮減の効果が期待できる。また、桁下余裕が厳しく桁高制限を受ける場合にも採用が可能である。
- (4) PC橋に比較して上部工重量が大幅に小さいことから、軟弱地盤での杭基礎等に有利である。
- 試設計の設計条件を表-1に示す。

2.2 構造上の特徴

(1) 主構造

既製品として購入可能な $\square 1000 \times 1000 \times t19$ (SM490A)の角形鋼管を主桁とし、デッキプレートに $t14$ mm (SM400A)を使用した。主桁の現場継手、デッキプレートと主桁の接合は高力ボルト接合とする。また、横桁位置には、ダイヤフラムを取り付けることを想定している。

(2) 横桁

既製品として購入可能な $H600 \times 200$ を使用し、主桁との取合い部にプレートを溶接にて取付け、主桁とは高力ボルトにより接合する。

(3) 縦桁

主桁間隔が1050mmと大きく輪荷重によるデッキプレートのたわみが大きくなる。このため、縦桁として $H300 \times 150$ を考えた。

表-1 試設計の設計条件

上部工形式	単純省力化鋼床版橋
活荷重	B活荷重
支間長	30m
幅員	9.2m(有効幅員8.0m)
横断勾配	2%勾配

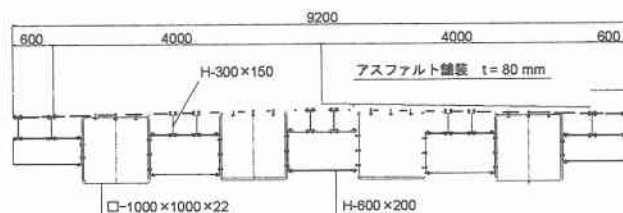
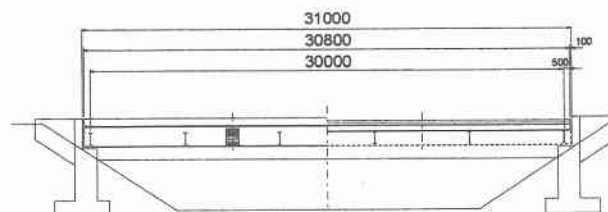


図-1 概略図(試設計)

(4) 横断勾配

横断勾配の2%両勾配に対しては、デッキプレートを横断勾配なりに曲げ加工し、各主桁は横断勾配になるよう傾ける。支点上の処理は、ソールプレートで処理する。

2.3 施工コスト試算

表－1に示す設計条件に基づいて提案する省力化鋼床版橋の試設計を行い、架設までの施工コストを積算し、単純非合成鉄桁橋と比較した。その結果を表－2に示す。積算条件については、単純非合成鉄桁橋では標準積算に従っている。提案橋については、その製作に関する積算基準がないため、図－1を基に積算を行った。省力化鋼床版桁橋の製作では接合用ボルト孔明け加工が主となる。提案橋の鋼重は単純非合成鉄桁橋の約2倍となるが、溶接箇所と材片数が少ないため製作コストを1割り程度減少させることができる。

3. 実験概要

3.1 供試体概要

試設計を行った上部工の約1/3にスケールダウンした実験供試体について、1本主桁（No.1 供試体）と3本主桁（No.2 供試体）の2種類を製作した。各供試体の形状を図－2に示す。主桁には□350×350×t9（STKR490）の角形鋼管、デッキプレートには板厚6mm（SM490A）、高力ボルトはTCB・M16×40（S10T）を使用した。No.2

供試体の横桁にはH・200×200×8×12（SS400）を使用し主桁との接合にはTCB・M16×45（S10T）を使用した。また支間長は8mとした。

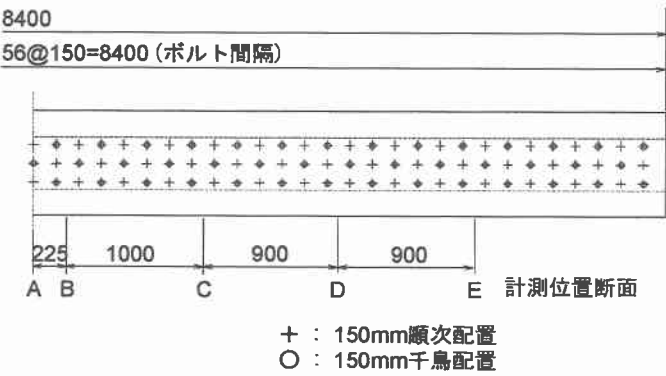
No.1供試体は、高力ボルト接合される主桁である角形鋼管とデッキプレートが複合構造として断面剛性を有するかを確認するために製作した。また、ボルトピッチの影響を検討するため150mmの順次配置（図－3）と千鳥配置の2種類のボルトピッチにて載荷実験を行った。No.2供試体は、横桁の分配効果を確認するために製作した。横桁を2m間隔で配置し、ボルトピッチは150mmの順次配置とした。（図－4）

それぞれの供試体の鋼管内には作業条件により各点位置となる箇所にはダイヤフラムを設置することが出来ず省略した。ボルトピッチに関しては、道路橋示方書の規定値で配列した場合、ボルト本数が多くなるため、規定値の約2倍の間隔を取った。

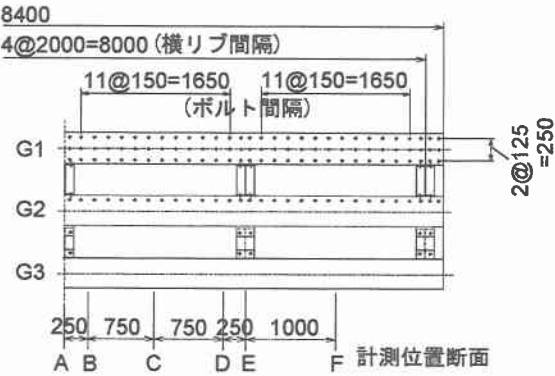
供試体に使用した鋼材の機械的性質を表－3に、また高力ボルトの機械的性質を表－4に示す。

表－2 施工コストの比較

橋梁形式	単純非合成 鉄桁橋	単純省力化 鋼床版橋
鋼 重(t)	62.6	120.9
工事原価(千円)	60,894	54,196



(a) No.1 供試体



(b) No.2 供試体

図－2 実験供試体の形状

3.2 実験方法

実験は、供試体の両端を反力台にセットし、支間中央を油圧ジャッキにより載荷板（200×200mm）を介して載荷する方法で行った。載荷は、許容応力に相当する荷重（No.1:154kN、No.2:420kN）まで行った。計測は、図－2に示す位置において載荷荷重、変位およびひずみについて行った。

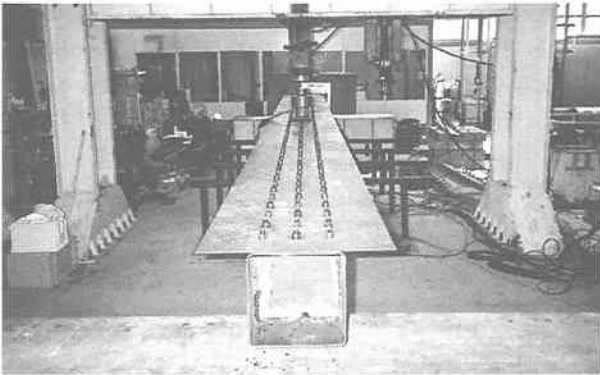
4. 実験結果

4.1 No.1 供試体（1主桁）の実験結果

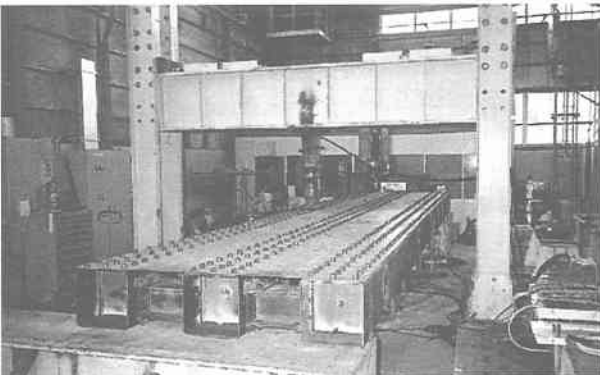
図－5および図－6に実験および格子計算から得られた荷重－変位曲線（A断面）とたわみ曲線（荷重140kN時）をそれぞれ比較して示す。たわみ曲線は、ボルトのピッチの千鳥配置が格子計算より小さめになり、順次配置は格子計算とほぼ一致している。

図7に鋼管下面の分布（荷重140kN時）を実験および格子計算で比較して示すが、ボルトが順次配置の実験結果が格子計算の結果とほぼ一致している。

したがって、ボルトピッチが150mmの順次配置の場合



図－3 No.1 供試体（150mm 順次配置）



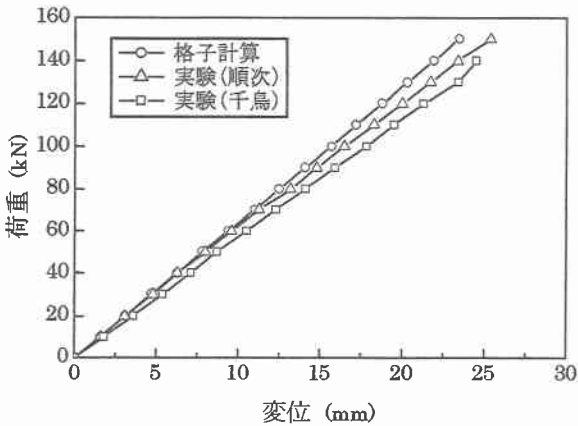
図－4 No.2 供試体

表－3 鋼材の機械的性質

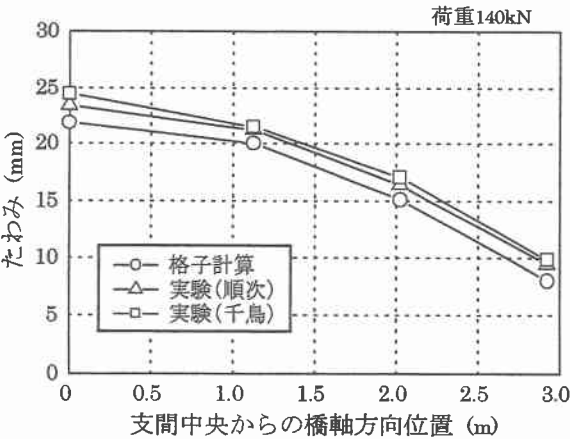
項 目		角形鋼管	デッキプレート	H形鋼
適用規格		JIS G 3466 (STKR490)	JIS G 3106 (SM490A)	JIS G 3192 (SS400)
断面寸法		□－350×350 ×9	t 9	H－200×200 ×8×12
材料 強度	降伏点 (MPa)	470>325	465>325	309>245
	引張強さ (MPa)	546>490	565>490	456>400

表－4 鋼材効力ボルトの締付け条件

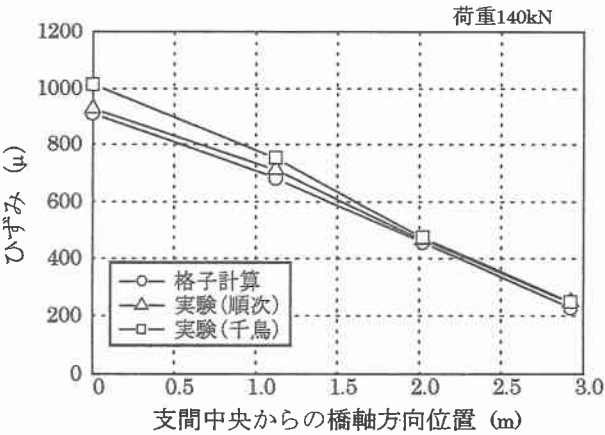
使用ボルト	S10T	
サイズ	M16×40	M16×45
締付け軸力 kN	120	118
締付けトルク N・m	260	263



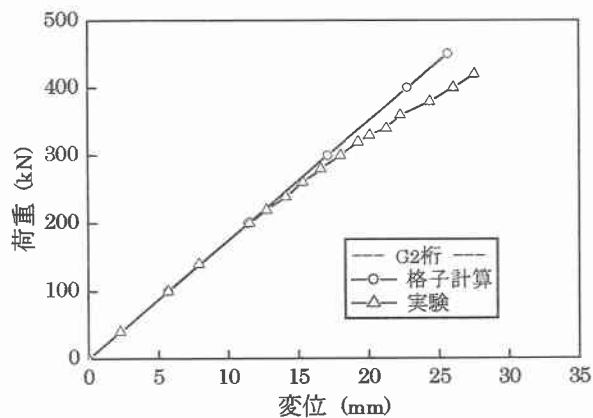
図－5 荷重－変位曲線（No.1 供試体）



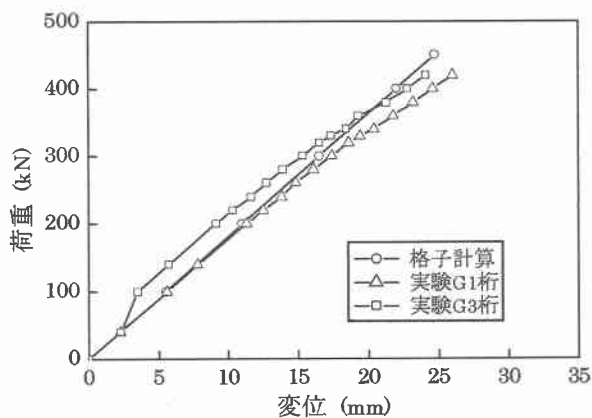
図－6 たわみ曲線（No.1 供試体）



図－7 鋼管下面のひずみ分布（No.1 供試体）

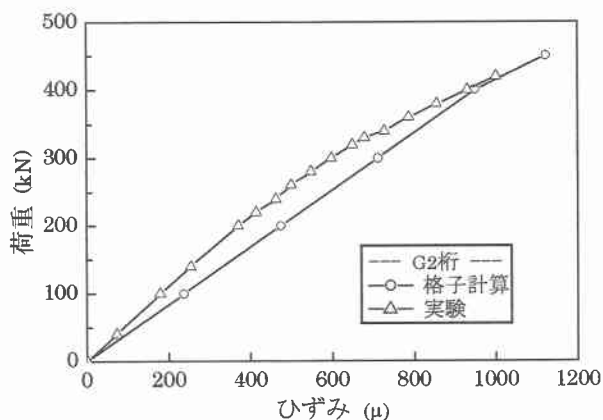


(a) G2桁

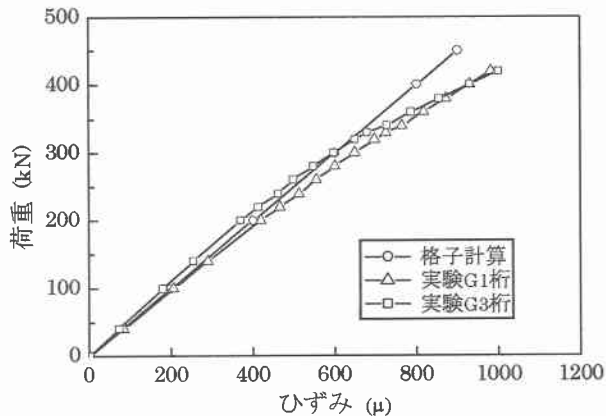


(b) G1,3桁

図-8 荷重-変位曲線 (No.2 供試体)



(a) G2桁



(b) G1,3桁

図-8 荷重とひずみの関係 (No.2 供試体)

合は、ボルト接合により十分な断面剛性を有していると考えられる。

4.2 No.2 供試体 (3 主桁) の実験結果

図-8にA断面における荷重-変位曲線を実験と格子計算で比較して示す。同図のG2桁は載荷した中央桁を示し、G1とG3桁は横桁であるH形鋼を介して荷重分配される外桁である。

また、図-9にA断面における荷重と鋼管下面のひずみの関係を示す。

変位およびひずみとも実験値はほぼ格子計算結果一致した挙動を示していることから、横桁の分配効果は十分であり、許容応力内での設計が可能と判断される。

5. まとめ

実験結果より、以下のことが推定される。

- (1) 施工コストを試算した結果、単純非合成鋼桁橋に比べ10%程度削減可能である。
- (2) 角形鋼管とデッキプレートは高力ボルトによる摩擦接合で一体化を図れるものとしており、比較的粗いピッチ(150mmの千鳥配置)でもたわみ等が若干下回っている。

ものの、一体の構造として剛性効果を発揮すると考えられる。

- (3) 角形鋼管を数本並べ橋梁として設計する際には、格子計算による方法が考えられる。本実験では3本の範囲内ではあるが十分な精度が得られ、多本数にも適用が可能と考えられる。

今後の課題としては、本実験データを基に実模型(角形鋼管サイズ1.0m)について高力ボルトの必要配置等をFEM解析により推定し標準化を図ること。ミニマムメンテナンスを考慮した耐候性鋼材の使用や溶融亜鉛めっき施工の検討を行うことの2点を挙げ、研究を進めて行くことを考えている。

参考文献

- 1) 日本道路協会、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編、1996.12.
- 2) 大島、山崎、熱海、小枝、佐藤: 合理化に対応した鋼床版構造の提案、鋼構造年次論文報告集 No.24, pp175-182, 1997.11.