

谷川橋 (波形鋼板ウェブPC箱桁橋) のウェブと上床版の接合方法の比較

ドーピー建設工業 (株) 東日本プロジェクト設計部 正会員 ○ 高橋 宏明
 ドーピー建設工業 (株) 技術センター 正会員 蛭名 貴之
 群馬県 沼田土木事務所 建設課 湯浅 一光
 群馬県 沼田土木事務所 小林 博

1. はじめに

谷川橋は、(主) 沼田水上線の一部として、水上駅や温泉街と谷川、湯陰曾、藤原方面を結び利根川に架る橋梁である。本橋は、群馬県で初めて採用された波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋であり、川にかかる虹を想像させる桁高変断面構造を有する。

波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋では、波形鋼板ウェブと上床版コンクリートの接合方法に、従来スタッドジベルを用いることが一般的であったが、本橋では、首振り挙動に抵抗する構造として、図-1 に示す日本で初めてのツインパーフォボンドリブ接合 (以下 Twin-PBL ジベル) が採用され、Twin-PBL ジベルの耐久性を確認するための実橋載荷試験を行った¹⁾。本稿では、波形鋼板ウェブと上床版コンクリートの接合部についてスタッドジベルと Twin-PBL ジベル 2 種類の FEM 解析モデルを作成し、実橋載荷試験の結果とともに 2 種類のモデルを比較、検討した結果について述べる。

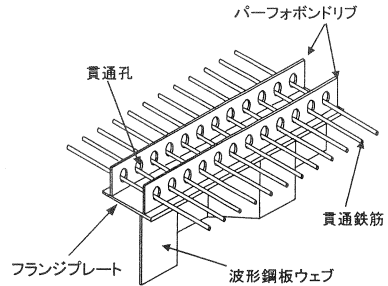


図-1 ツインパーフォボンドリブ概略図

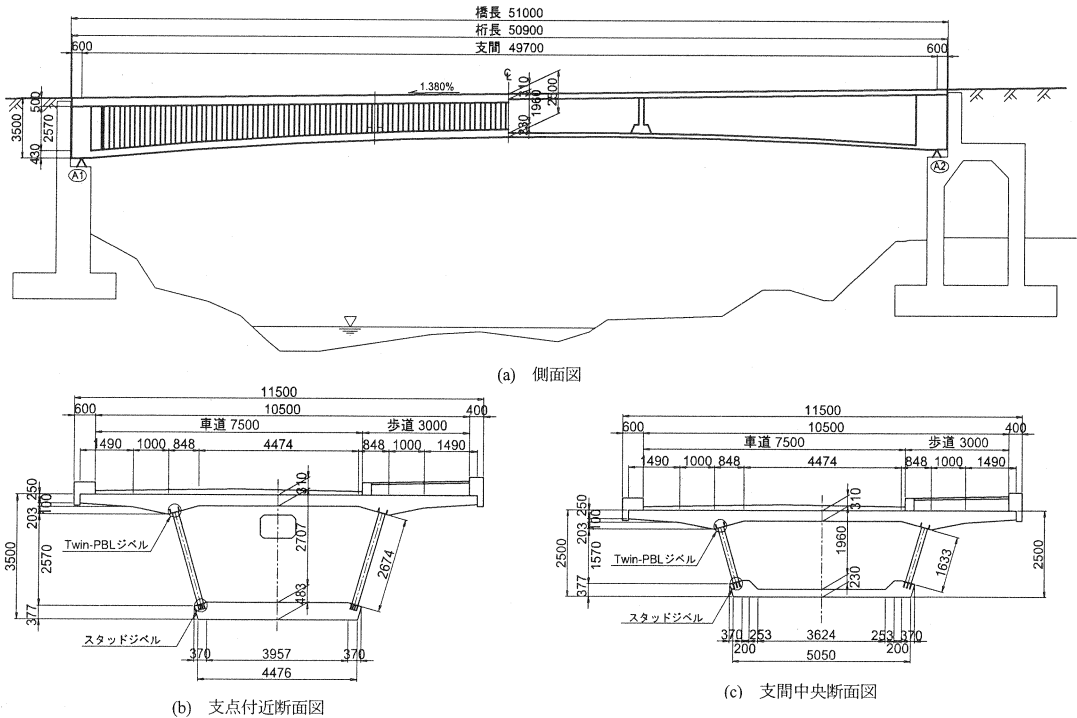


図-2 一般図

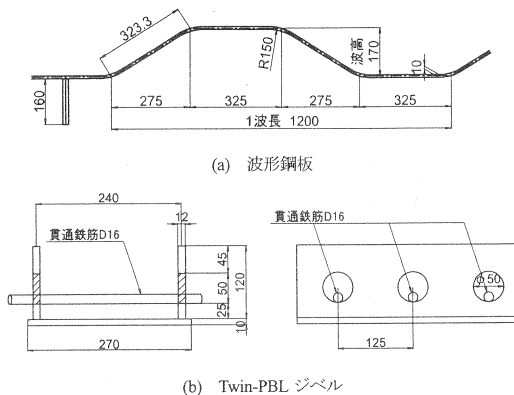


図-3 波形鋼板詳細図

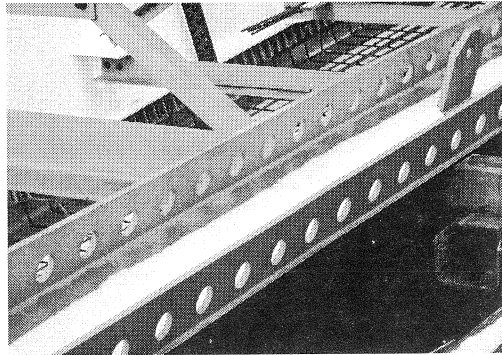


写真-1 Twin-PBL ジベル (上床版)

2. 谷川橋の構造概要

図-2 に示すように、本橋は、波形鋼板高さが変化する変断面構造である。波形鋼板同士の接合は、波形鋼板の端部に溶接された鋼板を高力ボルトで結合する1面摩擦接合とした(図-3(a))。これは、力学的に波形鋼板に軸方向剛性がなくアコーディオンのように伸縮する性質を利用したものである。また、接合面を箱断面内部にすることにより、波形の連続性を保つよう景観に配慮した接合方法である。

波形鋼板ウェブと上床版コンクリートとの接合は、先に述べたとおり Twin-PBL ジベル(図-3(b)、写真-1)、波形鋼板ウェブと下床版コンクリートとの接合は、施工性を考慮して、スタッドジベル(写真-2)を用いた。パーフォンドリブ²⁾による接合は、フランジに溶接した孔あき鋼板がコンクリート床版に埋設され、孔に充填されたコンクリートと貫通鉄筋の拘束効果により、せん断力に抵抗する。本橋では、2枚の孔あき鋼板を用いることにより、接合部における輪荷重の首振り作用にも抵抗できる構造とした。

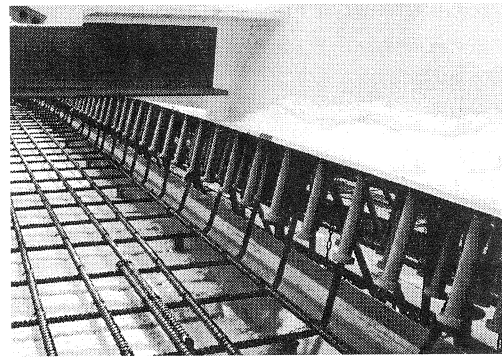


写真-2 スタッドジベル (下床版)

3. 接合方法の比較

(1) FEM 解析モデル

波形鋼板ウェブと上床版コンクリートとの接合方法において、本橋では Twin-PBL ジベルが採用され、その力学的挙動を確認するために実橋載荷試験を行った。その際、コンクリートをソリッド要素、波形鋼板をシェル要素で構築した全体モデル(図-4(a))およびコンクリート、波形鋼板そして接合部構造をソリッド要素で忠実に再現した局部モデル(図-4(b)、(c))を作成し、まず、実橋載荷試験と Twin-PBL ジベルを接合部とした局部 FEM モデルの比較を行い、FEM 解析モデルの妥当性を確認する。そして、Twin-PBL ジベルとスタッドジベルを FEM 解析にて比較し、その挙動の特徴についても述べる。なお、スタッドジベルは橋軸方向に 125mm 間隔、橋軸直角方向に 60mm 間隔とし 1 列に 4 本配置する構造とした。ここで注意すべきことは、スタッドを配置可能なほぼ最大本数配置している点である。局部モデルの境界条件は、ともに全体モデルの解析により求まる変形量を強制変位として入力した。

(2) 上床版接合部の力学的挙動

まず、図-5 に示すように実橋における Twin-PBL ジベルの挙動を確認するため、2 台のトラック(200kN/台)を支間中央に 2 台載荷し接合部に首振りモーメントを発生させた。首振り挙動は、接合部における鉛直

方向ひずみ量で確認を行い、その測定結果を表-1、表-2に示す。ひずみ測定位置は図-6(a), (b)に示される位置であり、斜め方向ひずみゲージの値は表中では割愛した。Twin-PBL ジベルに発生した鉛直ひずみは、 2μ 程度であったが、FEM 解析値と非常に良く一致した。また、Twin-PBL ジベルにおいて、波形鋼板ウエブの凹凸側でそれぞれ圧縮ひずみと引張ひずみが発生していることから、首振り挙動が再現されていたと判断できる。Twin-PBL ジベルの鉛直方向以外のひずみにおいても測定値と FEM 解析値は一致した傾向が確認されたため、FEM モデルの妥当性が確認された。

続いて、スタッドジベルの局部モデルについても同様に FEM 解析を行い首振り挙動について Twin-PBL ジベルと比較する。ひずみ測定位置は Twin-PBL ジベルに貼付したひずみゲージの位置に可能な限り近づけるため、中央の両外側にあるジベルとした。FEM 解析の結果、波形鋼板に発生した鉛直方向ひずみは、Twin-PBL ジベルのときと同様の傾向が得られたため、首振り挙動が再現されていたと判断できる。ツイーパーフォボンドリブ張出側には最大で 4μ 程度の鉛直方向引張ひずみが発生したのに対し、スタッドジベルには最大で 15μ 程度生じていた(図-7(a), (b))。張出側パーフォボンドリブとスタッドジベルの鉛直方向ひずみに差が生じたのは、首振りモーメントに抵抗しているスタッドジベルの断面積が Twin-PBL ジベルで抵抗する埋込み鋼板の断面積より小さく、スタッド1本あたりの首振りモーメントに対する負担が大きくなったためであると考え

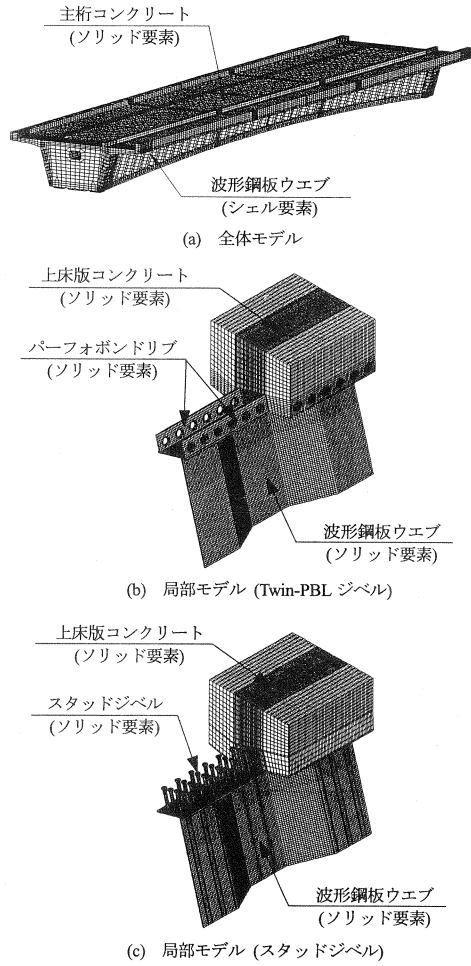


図-4 FEM 解析モデル

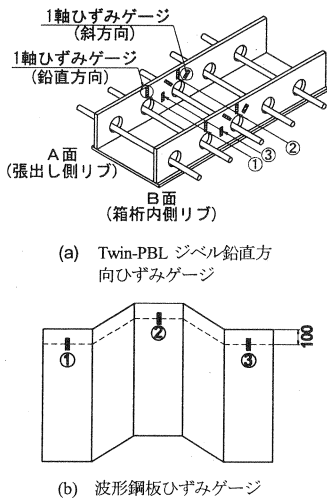


図-5 ひずみゲージ貼付位置

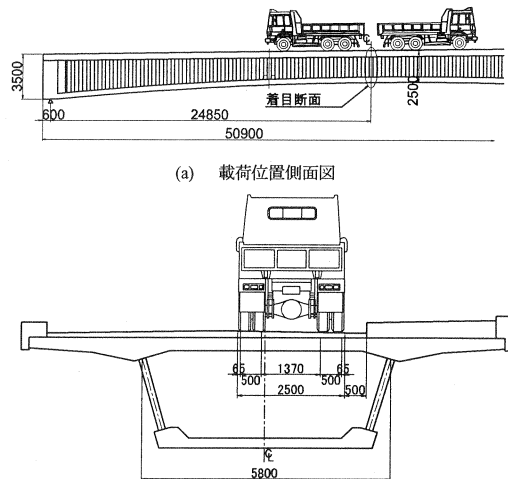


図-6 車両載荷位置図

表-1 接合部の鉛直ひずみ
(+: 引張, -: 圧縮) 単位: μ

ϵ_z	Twin-PBL ジベル				FEM 解析値	Stud FEM 解析値
	測定値					
	1回目	2回目	3回目	平均		
A-①	1.9	1.9	1.9	1.9	3.7	15.0
A-②	2.9	1.9	2.9	2.6	3.6	
A-③	1.9	2.8	1.9	2.2	4.0	
B-①	1.0	1.0	1.9	1.3	2.1	1.0
B-②	1.0	1.0	1.0	1.0	2.1	
B-③	0.0	1.9	0.0	0.6	0.9	

表-2 波形鋼板の鉛直ひずみ
(+: 引張, -: 圧縮) 単位: μ

ϵ_z	Twin-PBL ジベル				FEM 解析値	Stud FEM 解析値
	測定値					
	1回目	2回目	3回目	平均		
①	-21.1	-20.1	-21.1	-20.8	-27.0	-22.0
②	10.5	11.5	10.5	10.8	17.9	18.0
③	-24.9	-24.9	-25.8	-25.2	-26.8	-23.0

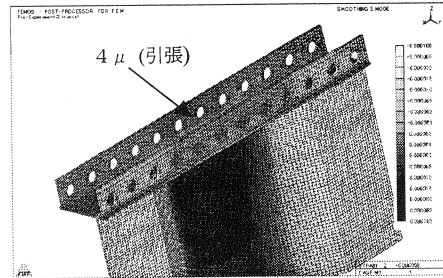
られる。ただ、スタッドに発生していた 15μ のひずみは、応力度に換算すると $3.0\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であるため、2つの接合方法とも首振りモーメントに対する安全性には問題はない。

4. まとめ

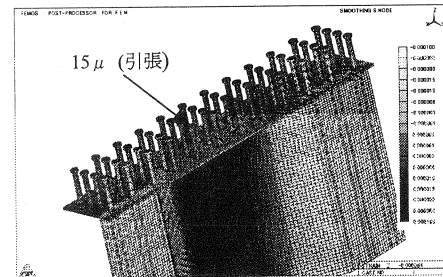
波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋は、コンクリートと鋼の特徴を活かした複合構造であり、近年、施工実績も増え、研究も盛んに行われている。本橋では、波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋の上床版コンクリートと波形鋼板ウェブの接合方法において Twin-PBL ジベルを採用し、実橋載荷試験で接合部が十分安全であることが確認された。上床版との接合方法に関して本橋で採用した Twin-PBL ジベルと一般的なスタッドジベル2種類の局部 FEM 解析モデルを作成し、それぞれの首振り挙動に対する抵抗性を確認したが、どちらも実橋載荷程度の荷重状態では安全性には問題はなく十分な耐力があるといえる。ただ、Twin-PBL ジベルはスタッドジベルと比較して首振りモーメントにより生じるひずみが小さく、スタッドジベルよりも首振りに対する抵抗性が高いことが確認された。本稿が、波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋の上床版コンクリートと波形鋼板ウェブの接合方法の検討において一助になれば幸いである。最後に、本橋の検討にあたり助力を頂きました大阪工業大学園田恵一郎教授および本工事に関係された皆様はこの場を借りて深く感謝いたします。

参考文献

- 湯浅一光, 小林博, 蛭名貴之, 高橋宏明: 谷川橋の設計・施工および実橋載荷試験, 橋梁と基礎, 建設図書(株), pp.11~16, 2003年6月
- Fritz Leonhardt, Wolfhart Andrä, Hans-Peter Andrä und Wolfgang Harre: Neues, vorteilhaftes Verbundemittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, BETON-UND STAHLBETONBAU, pp.325~331, 1987
- 立神久雄, 田村聖, 蛭名貴之, 上平謙二: 波形鋼板ウェブ橋に用いるずれ止め構造のせん断特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol23, No3, pp.691~696, 2001年6月



(a) Twin-PBL ジベル接合部鉛直方向ひずみ分布



(b) スタッドジベル接合部鉛直方向ひずみ分布

図-7 局部 FEM モデル解析結果