

孔あきジベルを有する波形鋼板ウェブのせん断耐荷力に関する数値解析的検討

早稲田大学大学院 学生員 上村知範
 早稲田大学大学院 学生員 松本貴宏
 早稲田大学理工学部 フェロー 依田照彦

1. はじめに

新形式のPC橋として期待されている橋梁形式のひとつとして波形鋼板ウェブを有する鋼コンクリート複合橋梁があげられるが、この形式はコスト削減、耐久性向上に効果があると期待され、橋梁の設計・施工について現在多くの検討が活発になされている。本研究では、現在議論されている、孔あき鋼板ジベルを有する波形鋼板ウェブのせん断耐荷力を数値解析的に求めるために、有限要素法の汎用コードABAQUSを用いて弾塑性非線形解析を行い、その耐荷力を評価することを試みた。

2. 解析モデル

図1に解析対象である上下にコンクリート床版を有する波形鋼板I桁のFEM解析モデル図を示す。波形鋼板の橋軸方向の波数は11.5波であり、1波長は400mmである。

波形鋼板ウェブ、リブについては4節点シェル要素（S4R）を用い、上下コンクリート床版については8節点ソリッド要素（C3D8）を用いた。

それぞれの材料定数を表1に示す。

また、波形鋼板ウェブと上下コンクリート床版とは孔あき鋼板ジベルで接合されているものとする。本解析では過去の研究の結果より¹⁾、橋軸方向と鉛直方向、奥行き方向の3方向にそれぞれ表2に示すバネ定数を持つバネ要素を用いてモデル化した。

今回の解析では、波形鋼板ウェブとコンクリート床版との付着力も考慮に入れ、付着面の各節点において付着力を近似したバネ要素を用いた。その際、バネ要素には図3に示す構成則を与えた。

3. 解析手法

図1に対して、波高 $d=20, 30, 40, 60\text{mm}$ の4パターンのモデルを作成し、それぞれ中央2本のリブ直上の中央2点において鉛直方向に強制変位を与え、両方の支点において反力を計算し、荷重を逆算している。

境界条件としては、両端固定ヒンジとした。ただし、回転に対する支持条件については橋軸および鉛直方向回りの回転は固定し、面外方向回りの回転は可動とした。

また、左右支点上のリブの上端を2点ずつ、合計4点において面外方向を固定し、横倒れ防止措置をとった。

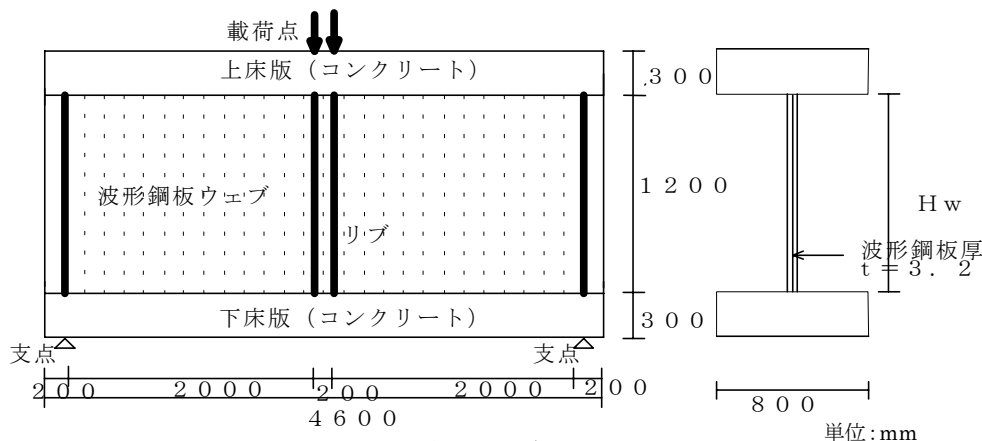


図1 解析モデル概要図

表1 解析に用いた材料定数

ウェブ	圧縮強度	315 (N/mm ²)
	ヤング係数	210000 (N/mm ²)
	ポアソン比	0.3
リブ	圧縮強度	235 (N/mm ²)
	ヤング係数	210000 (N/mm ²)
	ポアソン比	0.3
上床版 (コンクリート)	圧縮強度	300 (N/mm ²)
	ヤング係数	36000 (N/mm ²)
	ポアソン比	0.2
下床版 (コンクリート)	引張強度	19.35 (N/mm ²)
	ヤング係数	38700 (N/mm ²)
	ポアソン比	0.2

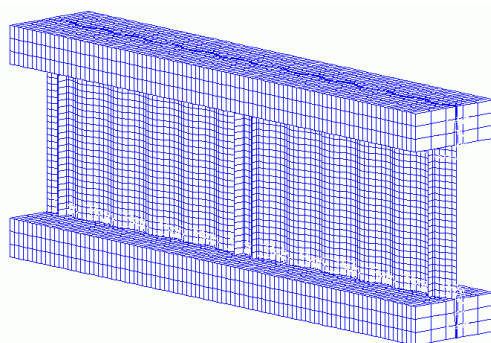


図2 FEMモデル図

表2 バネ定数

	孔あき鋼板ジベル のバネ定数
橋軸方向	1.1×10^6 (N/mm)
奥行き方	1.0×10^8 (N/mm)
鉛直方向	1.1×10^6 (N/mm)

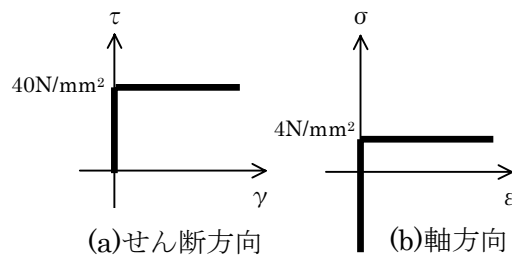


図3 付着バネに与えた構成則

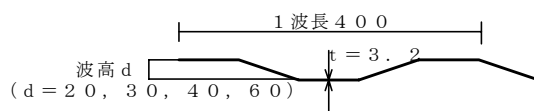


図4 波形詳細図 単位：mm

キーワード：波形鋼板、複合構造橋梁、孔あき鋼板ジベル、弾塑性非線形解析

連絡先：早稲田大学理工学部 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 Tel&Fax 03-5286-3399

4. 解析結果

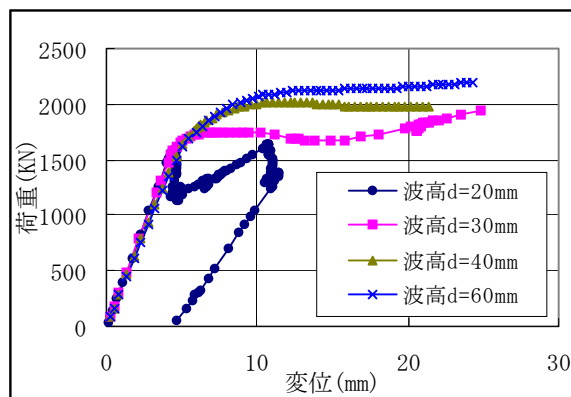


図5 鋼フランジを有するスタッドジベルによるモデルの荷重－変位曲線

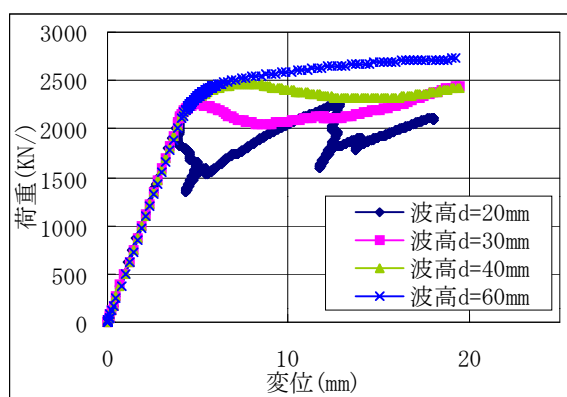


図6 孔あき鋼板ジベルを有するモデルの荷重－変位曲線

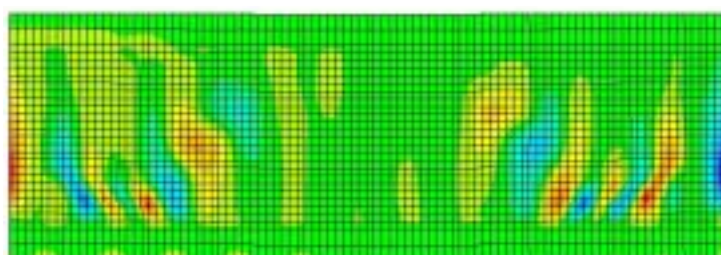


図7 波高 d=60mm の面外方向変位図

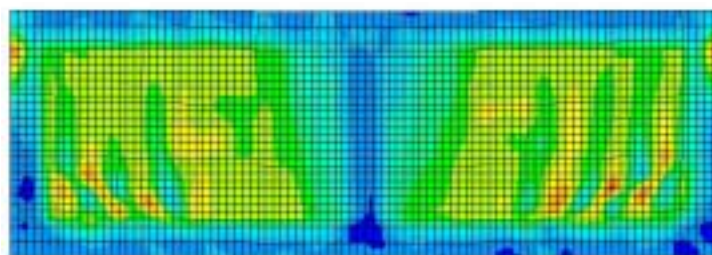


図8 波高 d=60mm の最大主応力図

図5は、既往の研究である、波形鋼板ウェブに鋼製フランジを介してスタッドジベルによりコンクリート床版を接合したモデルの荷重－変位曲線である。また、図6は、今回のモデルによる荷重－変位曲線である。

図6の荷重－変位曲線より、今回のモデルにおいても、波高 $d=30, 40, 60\text{mm}$ の波形鋼板ウェブにおいては、座屈後も急激な耐力の低下が見られない。しかし、波高 $d=20\text{mm}$ の波形鋼板ウェブにおいては、座屈後に急激な耐力の低下が見られる。

また、図7に波高 $d=60\text{mm}$ の波形鋼板ウェブの面外方向変位図を、図8に波高 $d=60\text{mm}$ の波形鋼板ウェブの最大主応力図を示す。

鋼フランジを持つ解析モデルにおける結果と比較すると、今回のモデルでは、降伏荷重が大きいにもかかわらず、主応力分布においてピーク値が小さくなっている。これに伴い、面外方向の変位量も小さくなっている。また、鋼フランジを持つモデルでは、波形鋼板ウェブと鋼フランジとの接合部分付近にまで主応力のピーク値が見られたが、今回のモデルでは孔あき鋼板ジベルを採用し、鋼フランジを用いなかったために、特にコンクリート床版付近の波形鋼板ウェブに応力が集中するといった傾向は見られなかった。

5. まとめ

- ① 波形鋼板ウェブとコンクリート床版とを、スタッドジベルを有する鋼フランジを介して接合したモデルに対して、孔あき鋼板ジベルにより波形鋼板ウェブとコンクリート床版とを接合したモデルでは、波形鋼板ウェブにおいて、床版と波形鋼板接合部付近での応力の集中が見られなかった。
- ② 孔あき鋼板ジベルを有する今回のモデルにおいても、波高 d が 60mm 以上、つまり、桁高波高比 ($\lambda = H_w/d$) が 20 以下であれば、耐力が落ちず、急激な崩壊も防ぐことができる。
- ③ 今回のモデルに関しては、終局限界状態においても孔あき鋼板ジベルは全く健全であることが分かった。

参考文献

- 1) 依田、保坂、堀地、橋、辻角：鉄道複線 2 主 I 断面合成桁橋のずれ止め配置に関する解析的検討、土木学会第 53 回年次学術講演会、平成 10 年 10 月
- 2) 依田、小玉、松本：FEM 解析を用いた孔鋼板の 3 次元的挙動に関する研究、土木学会関東支部技術研究発表会、平成 12 年 3 月