

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 正会員 依田照彦

1. はじめに

PC橋の耐久性向上,コスト削減に効果があると期待されている橋梁形式に波形鋼板ウェブを有する鋼コンクリート複合構造橋梁があげられている.現在この形式の橋梁の設計・施工について多くの検討が活発になされている.本研究では,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うとともに,波形鋼板ウェブの後座屈強度について検討する.

2. 解析モデル

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解析モデル図を図1に示す.波形ウェブの波数は11.5波であり,波形ウェブには鋼製フランジが付いており,さらにウェブには4組のリブが付いている.また鋼上下フランジにはコンクリート床版がずれ止めを介して接合されているが,解析においては上床版コンクリートは完全弾性体とし,下床版については,PC鋼材のプレストレスによる引張力を配慮したコンクリートの構成則を用いている.したがって,波形鋼板ウェブが座屈した後も上下のコンクリート床版は健全であると仮定していることになる.

解析モデルの作成にあ

たっては,鋼板・コンクリートともに8節点シェル要素(S8R)を用いた.また,コンクリート床版とフランジとはずれ止めにより接合されている.ずれ止めは解析では橋軸方向と鉛直方向,奥行き方向の3方向のばね要素(比較的剛なばね)を用いてモデル化した.

3. 解析手法

波高 $d=20,30,40,60\text{mm}$ の4パターンのモデルにおいて,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,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,横倒れ防止措置として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た.

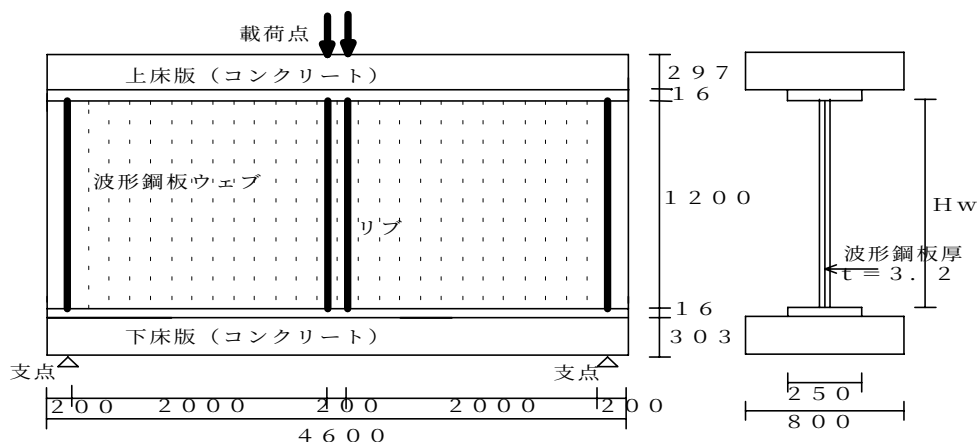


図1 解析対象図 単位: mm

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
フランジ	圧縮強度	355(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	圧縮強度	弾性体
	ヤング係数	36000(N/mm ²)
	ポアソン比	0.2
下床版	圧縮強度	19.35(N/mm ²)
	ヤング係数	38700(N/mm ²)
	ポアソン比	0.2

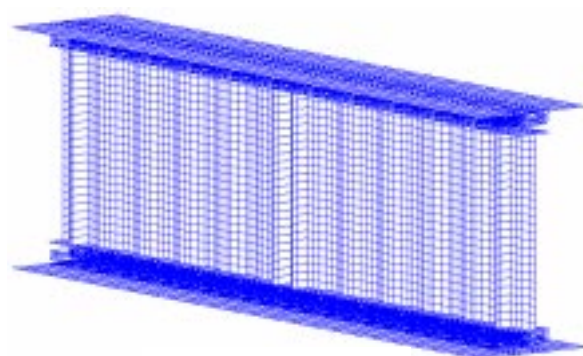


図2 解析モデル

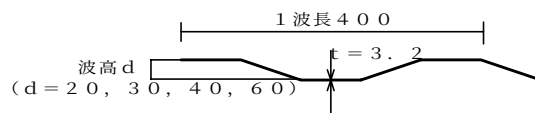


図3 波形詳細図 単位: mm

キーワード: 波形鋼板, 複合構造橋梁, 弾塑性非線形解析, せん断耐力

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

3. 解析結果

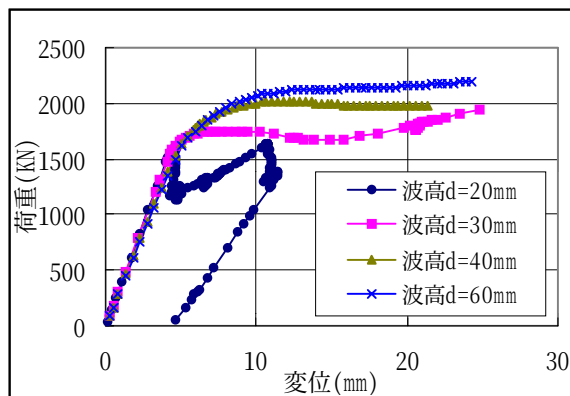


図4 荷重—鉛直方向変位曲線

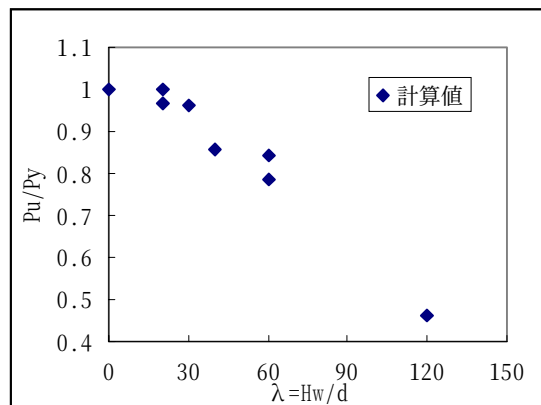


図5 座屈強度の計算値

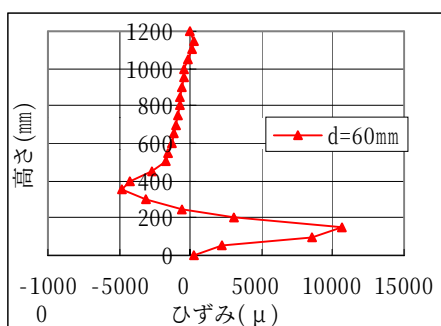


図6 波形鋼板ウェブ(d=60mm)の軸方向ひずみ

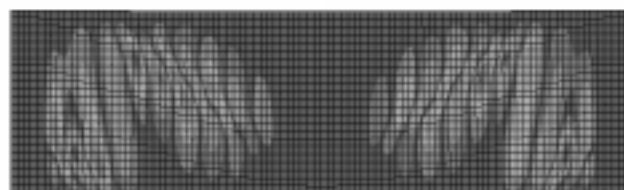


図7 波高 d=60mm の面外方向変位図

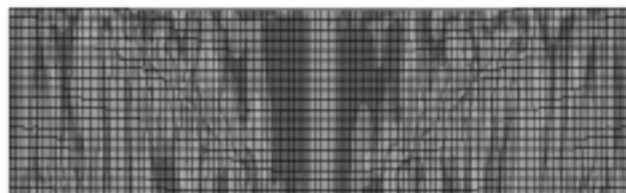


図8 波高 d=60mm の最大主応力図

図4の荷重—変位曲線より、波高 $d=30, 40, 60\text{mm}$ の波形鋼板ウェブは座屈後、急激な耐力低下が見られないのに対し、波高 $d=20\text{mm}$ の波形鋼板では座屈後に急激な耐力低下が生じている。したがって、波形鋼板ウェブにおいては波高によっては、後座屈強度が期待できないこともあり得るので注意が必要である。そこで、桁高波高比 ($\lambda = Hw/d$) と座屈荷重降伏荷重比 (Pu/Py) をパラメータにとり、座屈強度を計算した。その結果が図5である。

図5において、 λ が 0 に近づくことはせん断降伏が先行し、座屈はしないということになる。また、 λ が ∞ に近づくことは波形の鋼板が薄板構造になることを意味し、せん断降伏荷重に達する前に座屈が起きることになる。この図の傾向は通常の平板ウェブの座屈と似ているものの内容は大きく異なる。どちらかという、シェルの座屈に近いと思われる。また、図6に中心から 500mm ずれた断面座屈後の軸方向ひずみを例示する。

図7、図8に波高 $d=60\text{mm}$ の面外方向変位図および最大主応力図を示すが、これらの図より、鋼板ウェブにせん断座屈が生じていることが分かる。

4. まとめ

波形鋼板ウェブのせん断耐荷力については、桁高波高比 $\lambda = Hw/d$ によって、せん断パネルとしての後座屈強度が期待できるかどうかの判別が可能である。本解析では $\lambda=60, 40, 30$ のものは耐力が落ちたが、 $\lambda=20$ のものは耐力が落ちなかった。

本解析結果から、桁高波高比 λ 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と判断できる。それゆえ、設計の段階では λ を 20 以下とすることで問題ない。さらに実際の構造では箱桁橋（波形鋼板 2 枚）となるため、せん断座屈が崩壊につながる可能性は減るものと考えられる。また、 λ が大きくなれば波形鋼板は基本的には薄板シェル構造とみなさなければならないので注意が必要である。

参考文献

- 1) 青木, 渡邊, 角谷, 富本: 有限変位解析による波形ウェブの耐荷力評価, 土木学会第 55 回年次学術講演会, 平成 12 年 9 月