

波形鋼板ウェブ橋梁解析のはり要素

広島大学学 〇吉田 直人広島大学大学院 正 藤井 堅

広島大学大学院 フェロー 中村 秀治オリエンタル建設 正 浦川 洋介

1．まえがき

波形ウェブ橋梁の解析には、ウェブを無視したはり理論や3次元FEM解析が用いられている．しかし、はり要素による簡易な解析ができれば実用的な解析が可能となる．そこで本研究では、波形ウェブ橋梁の解析のためのはり要素を開発した．

2．波形ウェブ橋梁の剛性マトリクス

波形ウェブ橋梁の剛性マトリクスは次のようになる．

$$\mathbf{f} = \mathbf{K} \mathbf{u} \quad \mathbf{u} = \{u \quad v \quad v' \quad \gamma\}^T$$
$$\mathbf{K} = \mathbf{K}_f + \mathbf{K}_w = \begin{bmatrix} \frac{(EA)_f}{L} & 0 & -\frac{(EA)_f}{L} & \frac{h_w (EA)_f}{L} & -\frac{(EA)_f}{L} & 0 & \frac{(EA)_f}{L} & -\frac{h_w (EA)_f}{L} \\ 0 & \frac{12(EI)_f}{L^3} & \frac{6(EI)_f}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{12(EI)_f}{L^3} & \frac{6(EI)_f}{L^2} & 0 \\ -\frac{(EA)_f}{L} & \frac{6(EI)_f}{L^2} & \frac{4(EI)_f}{L} + \frac{(EI)_w}{L} & -\frac{h_w (EI)_f}{L} & \frac{(EA)_f}{L} & -\frac{6(EI)_f}{L^2} & \frac{2(EI)_f}{L} - \frac{(EI)_w}{L} & \frac{h_w (EI)_f}{L} \\ \frac{h_w (EA)_f}{L} & 0 & -\frac{h_w (EI)_f}{L} & \left(\frac{h_w}{b_d}\right)^2 \frac{(EA)_f}{L} & -\frac{h_w (EA)_f}{L} & 0 & \frac{h_w (EI)_f}{L} & -\left(\frac{h_w}{b_d}\right)^2 \frac{(EA)_f}{L} \\ -\frac{(EA)_f}{L} & 0 & \frac{(EA)_f}{L} & -\frac{h_w (EA)_f}{L} & \frac{(EA)_f}{L} & 0 & -\frac{(EA)_f}{L} & \frac{h_w (EA)_f}{L} \\ 0 & -\frac{12(EI)_f}{L^3} & -\frac{6(EI)_f}{L^2} & 0 & 0 & \frac{12(EI)_f}{L^3} & -\frac{6(EI)_f}{L^2} & 0 \\ \frac{(EA)_f}{L} & \frac{6(EI)_f}{L^2} & \frac{2(EI)_f}{L} - \frac{(EI)_w}{L} & \frac{h_w (EI)_f}{L} & -\frac{(EA)_f}{L} & -\frac{6(EI)_f}{L^2} & \frac{4(EI)_f}{L} + \frac{(EI)_w}{L} & -\frac{h_w (EI)_f}{L} \\ -\frac{h_w (EA)_f}{L} & 0 & \frac{h_w (EI)_f}{L} & -\left(\frac{h_w}{b_d}\right)^2 \frac{(EA)_f}{L} & \frac{h_w (EA)_f}{L} & 0 & -\frac{h_w (EI)_f}{L} & \left(\frac{h_w}{b_d}\right)^2 \frac{(EA)_f}{L} \end{bmatrix}$$
$$+ \begin{bmatrix} \frac{E_w A_w}{L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{E_w A_w}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12 E_w I_w}{L^3} & \frac{6 E_w I_w}{L^2} & 0 & 0 & -\frac{12 E_w I_w}{L^3} & \frac{6 E_w I_w}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{6 E_w I_w}{L^2} & \frac{4 E_w I_w}{L} & -\frac{E_w I_w}{L} & 0 & -\frac{6 E_w I_w}{L^2} & \frac{2 E_w I_w}{L} & \frac{E_w I_w}{L} \\ 0 & 0 & -\frac{E_w I_w}{L} & \frac{G_w A_w L}{3} + \frac{E_w I_w}{L} & 0 & 0 & \frac{E_w I_w}{L} & \frac{G_w A_w L}{6} - \frac{E_w I_w}{L} \\ -\frac{E_w A_w}{L} & 0 & 0 & 0 & \frac{E_w A_w}{L} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12 E_w I_w}{L^3} & -\frac{6 E_w I_w}{L^2} & 0 & 0 & \frac{12 E_w I_w}{L^3} & -\frac{6 E_w I_w}{L^2} & 0 \\ 0 & \frac{6 E_w I_w}{L^2} & \frac{2 E_w I_w}{L} & -\frac{E_w I_w}{L} & 0 & -\frac{6 E_w I_w}{L^2} & \frac{4 E_w I_w}{L} & -\frac{E_w I_w}{L} \\ 0 & 0 & \frac{E_w I_w}{L} & \frac{G_w A_w L}{6} - \frac{E_w I_w}{L} & 0 & 0 & -\frac{E_w I_w}{L} & \frac{G_w A_w L}{3} + \frac{E_w I_w}{L} \end{bmatrix}$$

Fig.1 変位場

ここで、 K_f :上下床版剛性マトリクス、 K_w :波形ウェブ剛性マトリクス、 K :波形ウェブ橋梁剛性マトリクスである．変位場は Fig.1 に示すように仮定した．

3．解析結果

Fig.2 に示す供試体の実験結果¹⁾，解析結果および3次元FEM解析の結果を Table.1 に比較して示す．

Table.1 たわみの比較

たわみ(P=1314kN)	L/2点(mm)	L/4点(mm)
実験	2.7	1.7
3次元FEM解析	2.7	1.7
解析結果	2.85	1.73
解析結果 (鋼フランジ考慮)	2.85	1.73
はり理論	0.2	0.1

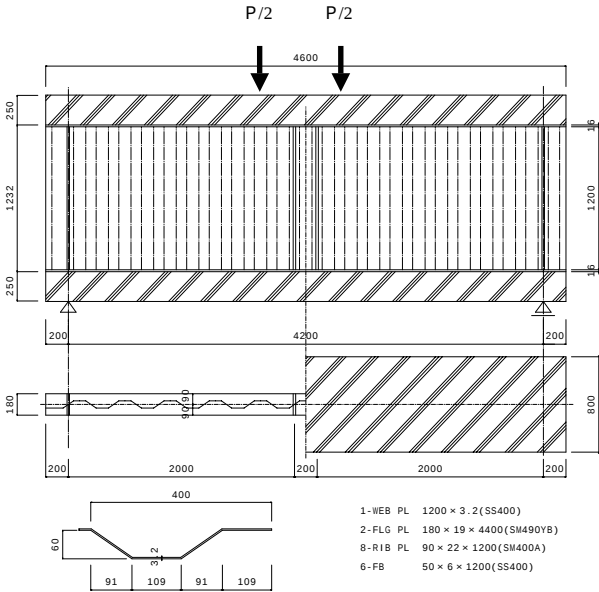


Fig.2 解析モデル

キーワード 波形鋼板ウェブ橋梁，はり理論，有限要素解析

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1，Phone & Fax.0824-24-7790

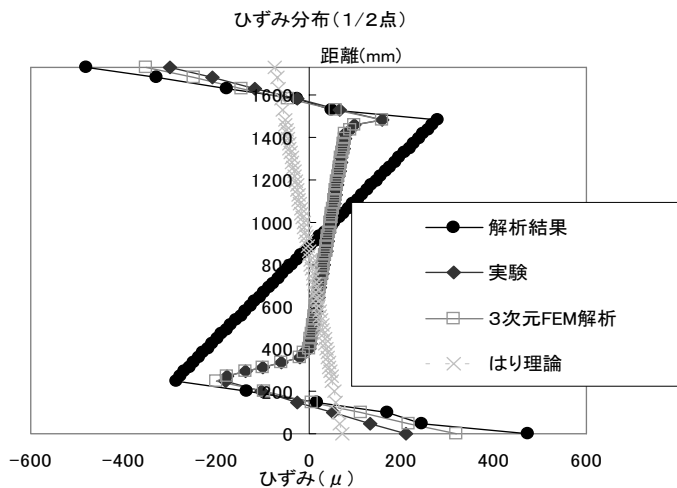


Fig.3 ひずみ分布

表は荷重 $P = 1314 \text{ kN}$ の時の $L/2$ 点(中央), $L/4$ 点のたわみである。表中のはり理論は、ウェブを無視した断面 2 次モーメントを用いて求めた値である。表から、本解析結果と実験、3 次元 F E M 解析によるたわみはよく一致していることがわかる。はり理論によるたわみは、本解析の約 $1/20$ 程度で大きな誤差がある。これは波形ウェブのせん断変形の影響である。また、波形ウェブの鋼フランジを上下床版に換算断面積として考慮して解析を行ったが、たわみに違いはほとんどなく、波形ウェブの鋼フランジの影響はほとんどないと考えられる。Fig.3 に、 $L/2$ 点(中央)の断面のひずみ分布を示す。図から、本解析結果と実験および

3 次元 F E M 解析を比較すると若干誤差が認められるが、よく似た分布が得られていることがわかる。また、はり理論では、実際のひずみ分布を表現できていないことがわかる。

4. 4 径間連続梁の解析

本解析手法を用いて、Fig.4 に示す等分布荷重の作用した 4 径間連続梁を用いて解析した。Fig.5 に桁の断面を示す。

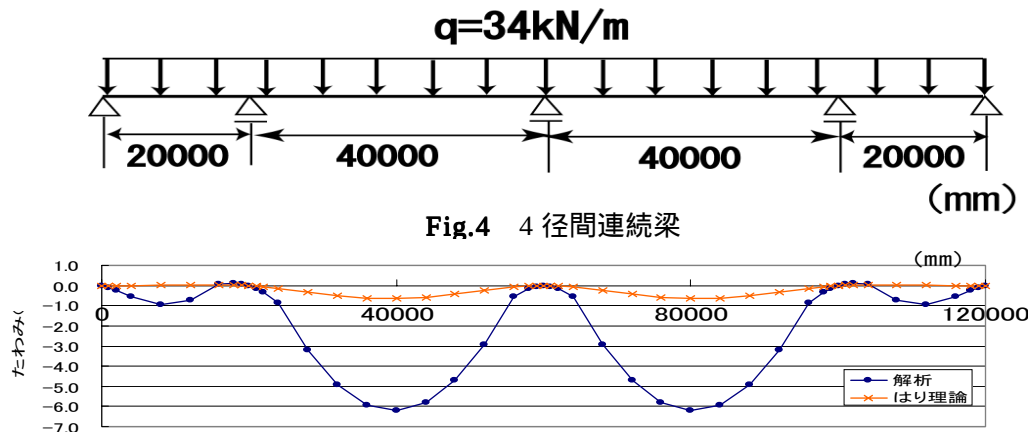


Fig.6 4 径間連続梁 たわみ曲線

Fig.6 に、4 径間連続梁の本解析結果とはり理論によるたわみ曲線を比較して示す。本解析では、はり要素を用いているので、この種の問題を容易に解析できる。また、本解析結果とはり理論によるたわみを比較すると、はり理論よりも大きなたわみが得られた。

5. あとがき

- 1) 本解析結果は、既往の実験および 3 次元 F E M 解析結果から得られたたわみ、ひずみ分布と比較すると、よく一致しており、本解析手法は波形ウェブ橋梁の解析に有用である。ただし、ひずみ分布において誤差が生じており、今後さらに検討が必要である。
- 2) 本解析手法は、実橋梁のような多径間連続梁の解析も、短時間で容易に解析を行うことができ、実用的であるといえる。

参考文献 1) 高速道路技術センター：波形鋼板ウェブを有する鋼コンクリート複合構造橋梁の長支間化に伴う技術検討，報告書，2001.3 2) 加藤久人・川畑篤敬・西村宣男：波形鋼板ウェブを有する鋼・コンクリート複合構造橋梁の変位と断面力の実用計算法，土木工学論文集，No. 703/I-59, 293-300, 2002.4 3) John T.Easley: Buckling formulas for corrugated metal shear diaphragms, 1975.7