

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

○日本鋼管(株) 正会員 加藤久人

大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. はじめに

波形鋼板ウェブ橋の鉛直荷重による曲げ変形は、プレストレスコンクリート版を上下フランジとする梁的挙動に波形鋼板ウェブのせん断変形が強く影響を与え複雑な挙動となることが有限要素解析結果からも推測される¹⁾。せん断変形を考慮したはりの曲げ理論を拡張し、簡便な構造解析手法を紹介するとともに、外荷重の違いによる断面力の特性を示す。

2. 弾性方程式の誘導とその解

図-1 のようにコンクリート床版には軸力 N_1 、 N_2 、せん断力 Q_1 、 Q_2 、モーメント M_1 、 M_2 、ウェブはせん断力 Q_w のみ分担するものとする。

$$M_g = (M_1 + M_2) - N_1 \eta_1 + N_2 \eta_2 \quad (1)$$

考慮する変位は鉛直変位 v 、ウェブの水平軸周りの回転角 θ で、ウェブのせん断ひずみ γ との間に以下の関係がある。

$$\gamma = v' - \theta \quad (2)$$

図-2 の変位場において上下コンクリート床版のそれぞれの図心を結ぶ直線の回転角 ϕ とウェブの回転角 θ の間には以下の関係がある。

$$h' \phi = (e_1 + e_2) v' + h \theta \quad (3)$$

上下コンクリート床版に作用する軸力、曲げモーメントおよびせん断力は

$$\begin{aligned} N_1 &= EA_1 \eta_1 \phi', M_1 = -EI_1 v'', Q_1 = -EI_1 v''' \\ N_2 &= -EA_2 \eta_2 \phi', M_2 = -EI_2 v'', Q_2 = -EI_2 v''' \end{aligned} \quad (4) \sim (5)$$

$E A_i$ 、 $E I_i$ は床版の鋼換算伸びおよび曲げ剛性
ウェブのせん断力はせん断剛性を $G A_w$ として

$$Q_w = G A_w \gamma \quad (6)$$

分布荷重を q として、断面力と外力のつりあいは

$$M_g'' = -q \quad (7)$$

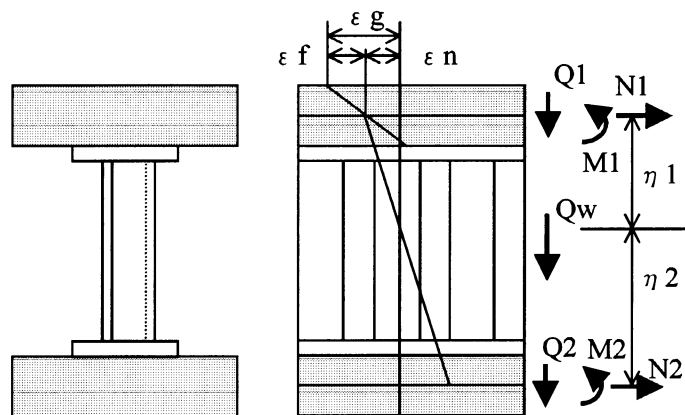


図-1 内力分布

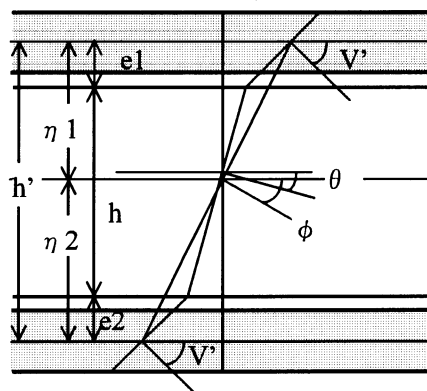


図-2 変位場

これらより v に関する 6 階の微分方程式が得られる。

$$v^{VI} - \frac{I_g h' G A_w}{I_n h E I_f} E I_g v^{IV} = -\frac{1}{E I_n h} \frac{G A_w}{E I_f} q + \frac{1}{E I_f} q'' \quad (8)$$

(8)

この微分方程式の解は下記となる。

$$v = c_1 + c_2 x + c_3 x^2 + c_4 x^3 + c_5 \cosh(\alpha x) + c_6 \sinh(\alpha x) + c_0 x^4 \quad (9)$$

(9)

$c_0 \sim c_6$ は境界条件から決定され常数である。

キーワード: 波形ウェブ、せん断変形、重ね梁

〒532-0006 大阪市淀川区西三国 1-8-41 TEL 06-6350-5471 FAX 06-6350-5475

3. 梁理論との比較

図-3 に示すモデルについて梁理論と弾性方程式による歪分布とたわみの結果をそれぞれ図-4、表-1 に示す。弾性方程式では、全モーメントを上下各床版の軸力によるモーメントと各床版内のモーメントで分担するが、梁理論では軸力みのモーメントで負担するため、床版重心での歪は弾性方程式の方が梁理論より小さくなる。たわみは弾性方程式の場合、重ね梁の挙動が強く、梁理論の約 10 倍となった。尚、ウェブ厚については文献 2) に示される換算板厚によっても計算したが、換算を行わない場合に対して大きな変化は無かった。

4. 外力のちがいによる断面力の分担率

図-5 に中央集中時および分布荷重全載時の桁全断面に生じるモーメントのうち床版で負担される分担比 ($M_f / M_g = (M_1 + M_2) / M_g$) および発生する全直歪のうち床版で負担されるモーメントによる歪との比 ($\epsilon_f / \epsilon_g = \epsilon_f / (\epsilon_f + \epsilon_n)$)、(図-1 参照) を示す。各々のケースについて桁高を一定とし、スパンを 2 倍、3 倍に変化させた。集中荷重の場合は支間中央部で床版の分担比が高く、支点部に比べてより重ね梁的傾向が強かつその傾向は支間が短いほど顕著である。分布荷重の場合、重ね梁の傾向は集中荷重ほど明確

ではないが、集中荷重の場合とは逆に支点部でその傾向が現れた。これらの現象は連続桁の支点あるいは斜張橋のケーブル定着点に生じることが予想され、設計において考慮されるべきことを示唆するものである。

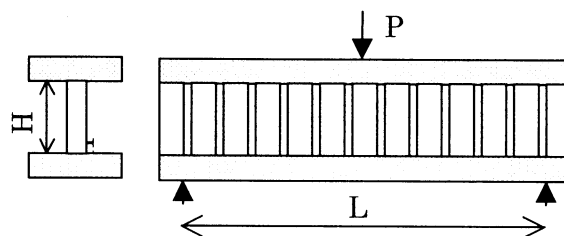


図-3 検討モデル

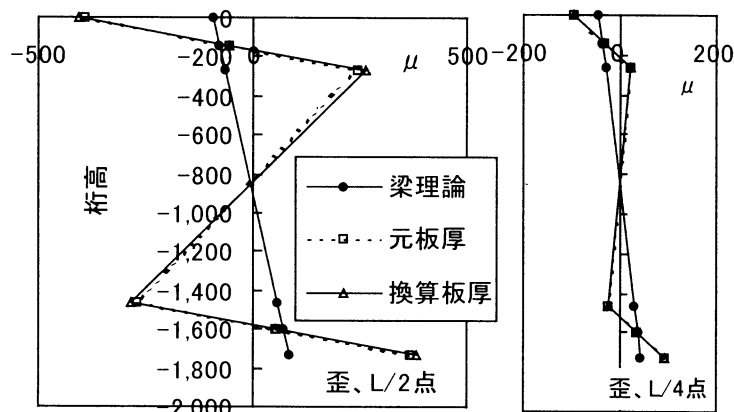


図-4 検討モデル歪分布

たわみ mm	L/2点	L/4点
梁理論	0.015	0.010
元板厚	0.214	0.135
換算板厚	0.230	0.146

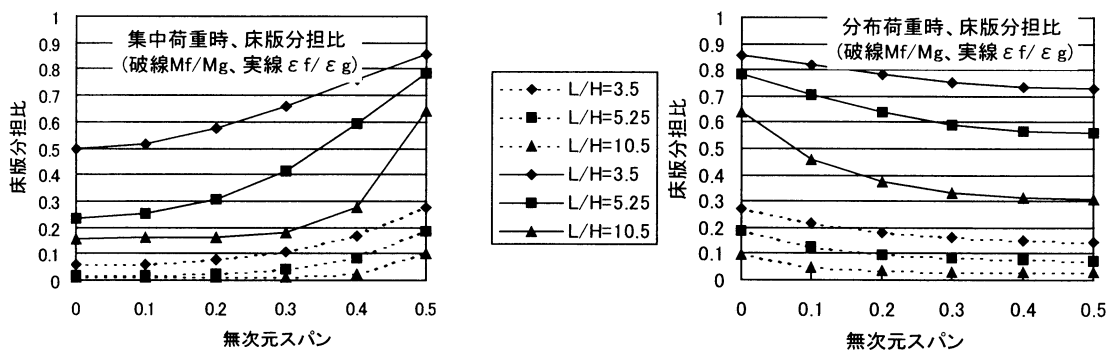


図-5 床版の曲げモーメントおよび曲げ歪の分担比

5. まとめ

- 1) 波形ウェブを有する桁の変位と断面力を算定できる弾性方程式を示した。
- 2) 波形ウェブを有する桁では重ね梁の傾向を有し、桁長が短く中間支点やケーブル定着点の様に荷重が集中する近傍でその傾向がより顕著であり、設計において考慮されるべきことが判った。

参考文献

- 1) 山口恒太他: 波形鋼板をウェブに用いた複合プレストレストコンクリート桁の力学的挙動に関する研究, コンクリート工学論文集第8巻第1号, 1997
- 2) 上平謙也: ウェブに波形鋼板を有するPC箱桁橋の鋼板の継手方法に関する研究, コンクリート工学論文集第8巻第1号, 1998