

北見工業大学 正員 ○ 三上 修一
同 同 大島 俊之
日本道路公団 長野 直樹
北大工学部 正員 能町 純雄

1. ま え か き

本研究では、橋軸方向に連続支持された閉リブ鋼床版を対象として、折板理論を用いて解析した。解析は、橋軸直角方向に有限フーリエ変換¹⁾を用い、橋軸方向には有限フーリエ変換と逆変換により閉じた関数形を数値的に決定する方法を用いた。数値計算では、横断剛性、リブ断面などの変化が、変形・応力に与える影響などを、三径間連続鋼床版について検討した。

2. 基礎微分方程式の誘導

解析は、鋼床版のリブとデッキを、長軸方向の面外曲げ剛性を無視した折板要素でモデル化し、節点でのつりあいを考える。次に、折板要素の関係式を節点の断面力に代入する。ここで変形に対する仮定として、折板の深さ方向、厚さ方向の変位分布は一変とし、リブ下側の変位成分をデッキプレート上の変位で表わすものとして整理すると、8元の連立微分方程式の形で基礎式が得られる²⁾。さらに、リブ上側の断面方向のたわみ角の和と差 $\nabla \theta_r, \Delta \theta_r$ 、および長軸方向の歪の和と差 $\nabla \dot{u}_r, \Delta \dot{u}_r$ を基礎式より消去、 x に着目して整理すると、次のような4元連立微分方程式となる。

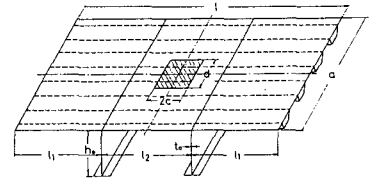


図1 三径間連続閉リブ鋼床版

$$\begin{bmatrix} b_{11}D_x^4 + b_{12}D_x^2 + b_{13} & b_{14}D_x^4 + b_{15}D_x^2 + b_{16} & b_{17}D_x^4 + b_{18}D_x^2 + b_{19} & b_{1,10}D_x^4 + b_{1,11}D_x^2 + b_{1,12} \\ b_{21}D_x^4 + b_{22}D_x^2 + b_{23} & b_{24}D_x^4 + b_{25}D_x^2 + b_{26} & b_{27}D_x^4 + b_{28}D_x^2 + b_{29} & b_{2,10}D_x^4 + b_{2,11}D_x^2 + b_{2,12} \\ b_{31}D_x^4 + b_{32}D_x^2 + b_{33} & b_{34}D_x^4 + b_{35}D_x^2 + b_{36} & b_{37}D_x^4 + b_{38}D_x^2 + b_{39} & b_{3,10}D_x^4 + b_{3,11}D_x^2 + b_{3,12} \\ b_{41}D_x^4 + b_{42}D_x^2 + b_{43} & b_{44}D_x^4 + b_{45}D_x^2 + b_{46} & b_{47}D_x^4 + b_{48}D_x^2 + b_{49} & b_{4,10}D_x^4 + b_{4,11}D_x^2 + b_{4,12} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \nabla V_r \\ \nabla W_r \\ \Delta W_r \\ R_r \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

3. 閉じた関数形の決定

式(1)に有限フーリエ変換と逆変換、および有限フーリエ変換を行ない、端支点の単純支持の条件より、有限フーリエ変換による境界値は消失するものと考ええる。故に式(1)は次のように表わせる。 $[D]\{u\} = \{P\}$ (2)

$[D]$ は、4行4列の行列式で、その要素は、 $d_{ij} = (b_{i,3(j-1)+1}M^4 - b_{i,3(j-1)+2}M^2 + b_{i,3(j-1)+3})$ 、 $i, j = 1, 4$ となっているので、 $[D_{ij}]$ を d_{ij} の全因数とすれば、解の一つは、 M について着目すれば、次の形の係数となる。

$$(-1)^{i+j} \frac{D_{ij}}{|D|} = \frac{s_1 M^{14} + s_2 M^{12} + \dots + s_7 M^2 + s_8}{r_1 M^{16} + r_2 M^{14} + \dots + r_8 M^2 + r_9} \quad (3)$$

これは、分母=0とする M^2 に関する8次方程式の根を求め、部分分数に展開し、未定係数法により、各係数を決定すると次のように変形できる。

$$(-1)^{i+j} \frac{D_{ij}}{|D|} = \frac{1}{r_1} \left\{ \sum_{s=1}^{\alpha^*} \frac{k_{2s-1} M^2 + k_{2s}}{(M^2 + \alpha_s^2)^2 + y_s^2} + \sum_{z=1}^{\beta^*} \frac{k_z}{M^2 + \alpha_z^2} \right\} \quad (4)$$

ただし、 α^*, β^* は前述の高次方程式のそれぞれ共役複素数の組数、実根の数を意味する。また、根の一组を複素根について $\lambda_1 \pm i\lambda_2$ 、実根について

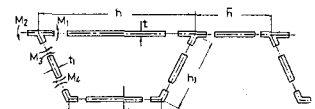


図2 閉リブの折板要素

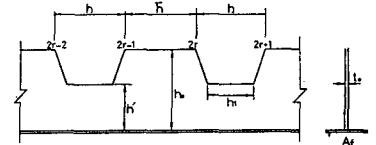


図3-a Actual Structure

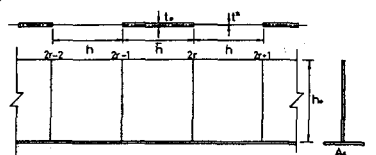


図3-b Model

入とすると、式(4)において、 $z_s = -\lambda_1$, $y_s = -\lambda_2$, $\alpha_z = -\lambda$ となる。ただし、 ψ^* は虚数単位とする。また、このようにして、数値的に部分分数の各係数が決定できれば、無限級数和の公式を用いて、橋軸方向には閉じた関数形で表示できる。

4. 横桁剛性の評価

横桁は、図3-6のようにモデル化した。ただし、 $\psi^* = k^* t_o h / h_o$ とし、 k^* は補正係数である。 $(k^* = 1$ とする)横桁のねじり剛性は無視できるものと仮定して、横桁上下に節点をもつ、四角形有限要素式によりモデル化する。従って、横桁剛性は横桁の軸方向および鉛直方向の力により評価し、横桁位置での変形の適合条件からその大きさを決定する方法で計算する。

5. 数値計算結果

ここでは、横桁剛性の变化に伴う、変形・応力の影響について検討した。図には中央支間を支間長とする単純鋼床版の結果についても一部比較のため示している。

計算は、リフ本数7本で、荷重は中央に $50 \times 20 \text{ cm}^2$ の面積に 8 kg/cm^2 の強度の部分分布荷重をリフ断面中央に載せた場合に、横桁剛性を変えて行なった。

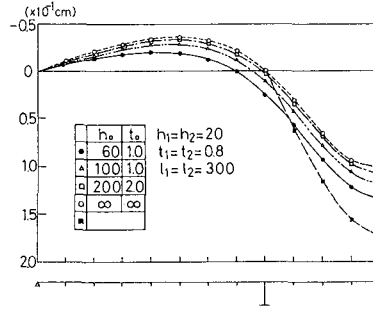


図4 橋軸方向のたわみ

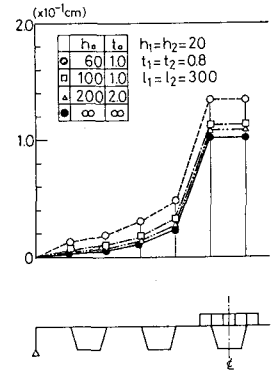


図5 橋軸直角方向のたわみ

図4は、剛性が増すと、横桁の沈下が小さくなるのに伴ない、オ2径間のたわみが小さくなり、オ1径間のたわみが大きくなることわかる。

図5は、オ2径間中央の橋軸直角方向のたわみを表わしている。この図より、荷重を受けるリフ以外のたわみは、 $1/2 \sim 1/5$ 以下となる。また剛性が増加するとたわみは減小しているが、 $h_o = 200$ 以上の場合、ほとんど変化していないことがわかる。

図6、図7は、リフ上側、およびリフ下側の橋軸方向応力を図示したものである。図6では、剛性の増加に伴ない横桁位置での応力は、引張から圧縮に変化し、また、図7では、横桁位置での応力は、剛性の増加に伴ない、圧縮応力が増している。また両図とも、支間中央での応力は、剛性の变化によって、数% ぐらいの変化しかみられないことがわかる。

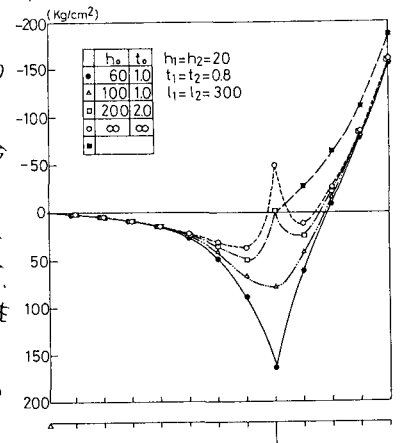


図6 リフ上側の応力 σ_z

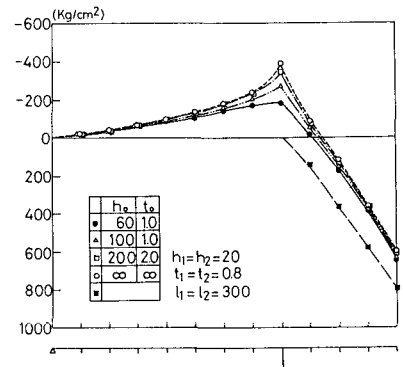


図7 リフ下側の応力 σ_z

6. 参考文献

- 1) Nomachi, S.G. and K.G. Matsuoka: Applications of Finite Fourier Integration Transform for Structural Mechanics, Proc. of the 20th Japan National Congress for Applied Mechanics, 1970.
- 2) 大島, 能町: 折板構造解析による閉リフ鋼床版の弾性挙動の研究, 土木学会論文報告集, オ278号, 1978. 10
- 3) 井口鹿象遺稿集, 室工大土木工学科, 1967.
- 4) 山村, 若林: 任意の支持条件をもつ閉断面リフ鋼床版の更用計算法, 橋梁と基礎, 1971, 2月号.
- 5) 三上, 大島, 能町: 長軸方向に連続支持されに閉リフ鋼床版の折板理論による応力解析, 土木学会北海道支部論文報告集, 1982, 2.