

有限帯板法による鋼床板の解析

広島大学工学部 正員 大村 祇
 復建調査設計KTK 正員 吉塚 康行
 島根県 正員 〇江田 功

有限帯板法による鋼床板の解析に関して、有効幅の概念を利用する従来の方法¹⁾と比較してより厳密に横リブの偏心の影響を考慮した解析を行なう、ためて報告する。

1. 解析理論

有限帯板法による板 (deck plate) の剛性マトリックスの評価に関してはすでに、の研究²⁾があるから、ここではリブに関してのみ述べる。

図-1のように板の片面にのみ取り付けられたリブを考慮してみる。ここで、リブ、本研究所は断面面リブを解析対象とした。板要素の境界に沿って存在しているものと仮定し、 x - y 平面を板中央面にとるものとする。リブを一面のみ力状態と仮定すると、 u - w 変位の関係は

$$c_0 = \frac{\partial u}{\partial y} - z \frac{\partial w}{\partial y} \quad (1)$$

となり、 c_0 と w の関係は

$$c_0 = E_s \left(\frac{\partial u}{\partial y} - z \frac{\partial w}{\partial y} \right) \quad (2)$$

となる。したがって、リブ部分の力と変位の関係は

$$N_s = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_s dA = E_s A_s \frac{\partial u}{\partial y} - E_s S_y \frac{\partial w}{\partial y} \quad (3)$$

$$M_s = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_s z dA = E_s S_y \frac{\partial u}{\partial y} - E_s I_y \frac{\partial w}{\partial y} \quad (4)$$

となる。ここで、 u と w は板の中央面に関する変位成分、 E_s はリブの弾性定数、 A_s はリブの断面積、 S_y と I_y はそれぞれ x - y 平面に関するリブの断面一次モーメントと断面二次モーメントである。

リブの全ポテンシャルエネルギーは

$$U = \int_{-L/2}^{L/2} \left(N_s \frac{\partial u}{\partial y} - M_s \frac{\partial w}{\partial y} \right) dy - \int_{-L/2}^{L/2} (k_u u + k_w w) dy \quad (5)$$

となり、ポテンシャルエネルギー最小の原理により次の連立方程式が得られる。

$$\frac{\partial U}{\partial S_{sm}} = \left\{ \frac{\partial U}{\partial u_{sm}} \quad \frac{\partial U}{\partial w_{sm}} \right\}^T = S_{sm} S_{sm} - F_{sm} = 0 \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} S_{sm} &= E_s k_m \frac{1}{2} \begin{bmatrix} A_s & -S_y k_m \\ -S_y k_m & I_y k_m \end{bmatrix} \\ k_m &= \frac{m\pi}{L} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

S_{sm} はリブに関する 2×2 の正方対称剛性マトリックスで、

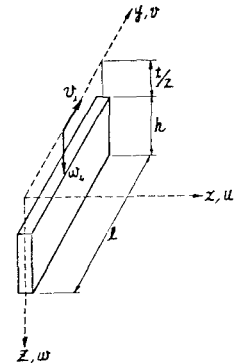
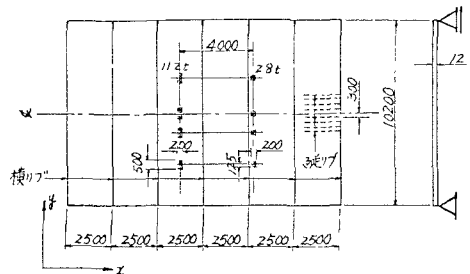


図-1 開断面リブ

輪荷重ケース① 縦リブ交間中央載荷



輪荷重ケース② 横リブ交間中央載荷

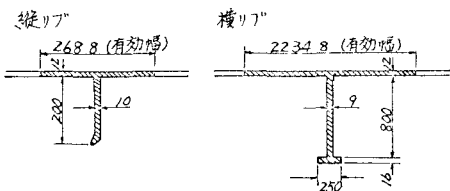
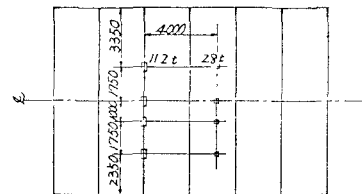


図-2 鋼床板解析例

あり、 S_{20} , F_{20} はフーリエ級数の第20項の振幅とフーリエ衝撃ベクトルである。

鋼床板全体の剛性マトリックスは、スリットを取り除いた板の剛性とスリットノドを組み立て、それにより剛性マトリックスを対応する成分に分解することにより得られる。このようにして得られるフーリエ級数の各項に課する剛性マトリックスの板とリブとの力の相互作用が厳密に考慮され、またその適合条件も完全に満足されていることになる。最終的に解はフーリエ級数の直交項の和として各項に関する結果を重ね合わせることにより簡単に求まることになる。

表-1 解析結果

荷重 条件	着目点 解析法	$y=\frac{1}{4}l$			$y=\frac{1}{2}l$			$y=\frac{3}{4}l$		
		A	B	比率	A	B	比率	A	B	比率
縦向き 変位	たわみ (cm)	0.532	0.519	1.039	0.708	0.679	1.043	0.444	0.424	1.047
	縦リブ曲げモーメント ($\frac{kg}{cm}$)	5.556	5.493	1.011	5.943	5.854	1.015	1.858	1.794	1.036
	横リブエッジ部応力 ($\frac{kg}{cm^2}$)	-0.146	-0.131	1.115	-0.199	-0.173	1.146	-0.122	-0.095	1.284
横向き 変位	たわみ (cm)	0.488	0.467	1.045	0.678	0.647	1.048	0.462	0.440	1.050
	横リブ下フランジ部応力 ($\frac{kg}{cm^2}$)	0.685	0.665	1.030	0.924	0.898	1.030	0.538	0.525	1.025
	横リブエッジ部応力 ($\frac{kg}{cm^2}$)	-0.169	-0.147	1.150	-0.228	-0.193	1.180	-0.133	-0.095	1.400
l = 横リブ変位長, ポアソン比 = 0.3, 鋼のヤング係数 = $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 解析法 A は 多田による解析法, B は 本解析法, 比率 = A/B										

鋼床板の剛性マトリックスの板とリブとの力の相互作用が厳密に考慮され、またその適合条件も完全に満足されていることになる。最終的に解はフーリエ級数の直交項の和として各項に関する結果を重ね合わせることにより簡単に求まることになる。

6. 鋼床板の解析結果及び考察

解析対象となる鋼床板を図-1に示す。これは文献(1)で多田が解析を行なっているものであり、鋼床板は2本のスリットを含む単純支持梁の形状とする。ここで直交する2方向のリブのうち、縦リブに対してはその取りどきに既述する実験結果があるので直交梁の板理論を適用し、横リブに対しては本報告で述べた理論を適用する。従って本報は道路橋梁の橋脚に於て、 $T=20$ 衝撃を考慮 ($\lambda=0.4$) したものを扱い、①縦リブ変位中央集中荷重、②横リブ変位中央集中荷重 (横リブの支間中央点で応力が最大となる荷重) の2ケースについて解析を行なう。

収束判定はたわみ値で行ない各級数間の最大誤差を0.1% とし、メッシュ数としては各横リブ間で10個として解析を行なう。解析結果の一例を表-1に示す。

本解析法の結果は、たわみ、縦リブの曲げモーメント、横リブのエ・下フランジの応力等すべてにおいて多田の解析法による結果よりも小さい値を与えている。たわみ、縦リブの曲げモーメントおよび横リブの下フランジ部力における結果では、両解析法の間の差は小さいが、横リブのエ・下フランジ部力においては大きな差を生じている。これは多田の解析法における横リブの有効幅の値が適切でないことに起因するものと思われる。あるいは、一般に与えられた有効幅はその断面形状および荷重状態により大きく影響されるものであろうが、多田の解析法ではこれを既述の仮定に統一義理に決定しており、これにより上記のような差が生じたものと思われる。

なお、他の計算例、計算時間等詳細は講演当日に述べ予定である。

参考文献

- (1) 多田和夫; Finite Strip Method による鋼床板の実用的計算法, 橋梁と基礎 5-5, p6~p14, 5月 1971
- (2) Cheung Y.K.; Folded plate structures by finite strip method, ASCE, Vol 95, ST 12, p2963~p2978, Dec. 1969