

北大工 学生員 高橋 義裕

北大工 正員 能町 純雄

北大工 正員 角田 与史雄

1. まえがき.

補剛材を有する補剛版構造は、橋梁、水門などの土木構造物のほか船舶、航空機、鉄骨構造のデッキプレートなどの広い分野に應用され効果を上げてゐる。この様な構造物は、格子型モデルまたは、直交異方性版型モデルにモデル化し解析が行なわれている。本論文では、鋼床版のデッキプレートと閉縦リブに折板構造解析を適用し、鋼床版の構造特性を知ろうとするものである。また、横リブ区間及び縦リブ区間を無限に小さくしていった場合の様な微分方程式になるか検討した。

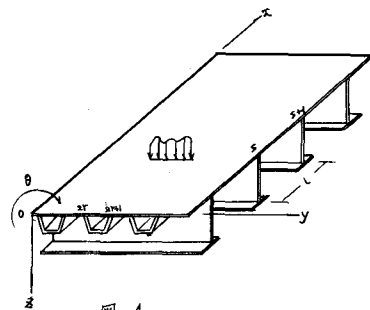


図-1

2. 解析方法

図-1に示されている鋼床版に対し、横リブ区間でとり出し図-2で示される力及び曲げモーメントを文献^{(1),(2)}を参照し求める。次に各接合線での力のつりあいをすると次の様になる。

2r 接合線に沿う力のつり合い:

$$M_{2r, 2r+1} + M_{2r, 2r-1} + M_{2r, 2r} = 0 \quad \text{--- (1)}$$

$$T_{2r, 2r+1} + T_{2r, 2r-1} + T_{2r, 2r} = 0 \quad \text{--- (2)}$$

$$S_{2r, 2r+1} - S_{2r, 2r-1} + S_{2r, 2r} \sin \alpha - X_{2r, 2r} \cos \alpha = 0 \quad \text{--- (3)}$$

$$X_{2r, 2r+1} - X_{2r, 2r-1} + X_{2r, 2r} \sin \alpha + S_{2r, 2r} \cos \alpha + p_{2r} = 0 \quad \text{--- (4)}$$

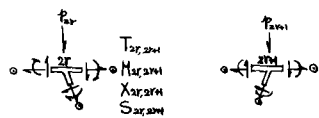


図-2

同様に 2r+1, 2r', 2r'+1 の各接合線に沿っての関係式も得られる。次に θ, u, v, w を横リブ区間で次の様に仮定し

$$\theta = \theta_s (1-\eta) + \theta_{s+1} \eta \quad \text{--- (5)}, \quad u = u_s (1-\eta) + u_{s+1} \eta \quad \text{--- (6)}, \quad v = v_s (1-\eta) + v_{s+1} \eta \quad \text{--- (7)}$$

$$w = w_s f_1(\eta) + w_{s+1} f_2(\eta) + \dot{w}_s f_3(\eta) + \dot{w}_{s+1} f_4(\eta) \quad \text{--- (8)}$$

ただし

$$\eta = \frac{x}{l}, \quad f_1(\eta) = 1 - 3\eta^2 + 2\eta^3, \quad f_2(\eta) = 3\eta^2 - 2\eta^3, \quad f_3(\eta) = l(\eta - 2\eta^2 + \eta^3)$$

$$f_4(\eta) = l(-\eta^2 + \eta^3), \quad \dot{w} = \frac{\partial w}{\partial x}$$

(1)~(4)の各式に Galerkin 法を適用し横リブ区間端での断面力を求め横リブとの力のつりあいをとる。横リブと縦リブとの接合部は、図-3の様にモデル化した。得られる偏差分方程式は、次の様になる。式は合計20本できるから5本のみ示す。(係数の具体的な形は、省略する)

$$a_{10} \nabla \theta_{r,s} + a_{12} \nabla U_{r,s} + a_{14} \nabla W_{r,s} + a_{15} \nabla \dot{W}_{r,s} + a_{16} \Delta \theta_{r,s} + a_{19} \Delta W_{r,s} + a_{110} \Delta \dot{W}_{r,s} \\ + a_{111} \nabla \theta'_{r,s} + a_{113} \nabla U'_{r,s} + a_{119} \Delta W'_{r,s} + a_{120} \Delta \dot{W}'_{r,s} = 0 \quad \text{--- (9)}$$

$$a_{22} \nabla U_{r,s} + a_{23} \nabla W_{r,s} + a_{24} \nabla \dot{W}_{r,s} + a_{25} \nabla \theta_{r,s} + a_{27} \Delta U_{r,s} + a_{28} \Delta W_{r,s} + a_{212} \nabla U'_{r,s} \\ + a_{214} \nabla W'_{r,s} + a_{215} \nabla \dot{W}'_{r,s} + a_{218} \Delta U'_{r,s} = 0 \quad \text{--- (10)}$$

$$a_{31} \nabla \theta_{r,s} + a_{32} \nabla U_{r,s} + a_{33} \nabla W_{r,s} + a_{37} \Delta U_{r,s} + a_{38} \Delta W_{r,s} + a_{39} \Delta \dot{W}_{r,s} \\ + a_{311} \nabla \theta'_{r,s} + a_{313} \nabla U'_{r,s} + a_{317} \Delta U'_{r,s} + a_{319} \Delta W'_{r,s} + a_{320} \Delta \dot{W}'_{r,s} = 0 \quad \text{--- (11)}$$

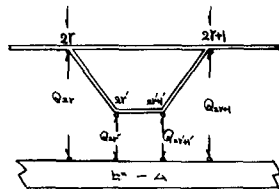


図-3

$$\Delta f_r = f_{2r+1} - f_{2r} \\ \Delta f_r = f_{2r+1} - f_{2r}$$

$$A_{41} \nabla \theta_{r,s} + A_{42} \nabla U_{r,s} + A_{43} \nabla W_{r,s} + A_{45} \nabla \dot{W}_{r,s} + A_{46} \Delta \theta_{r,s} + A_{47} \Delta U_{r,s} + A_{49} \Delta W_{r,s} + A_{410} \Delta \dot{W}_{r,s} \\ + A_{412} \nabla U_{r,s} + A_{414} \nabla W_{r,s} + A_{415} \nabla \dot{W}_{r,s} + A_{416} \Delta \theta_{r,s} + A_{418} \Delta U_{r,s} + A_{419} \Delta W_{r,s} = \nabla \theta_r \quad (12)$$

$$A_{51} \nabla \theta_{r,s} + A_{52} \nabla U_{r,s} + A_{54} \nabla W_{r,s} + A_{55} \nabla \dot{W}_{r,s} + A_{58} \Delta \theta_{r,s} + A_{59} \Delta U_{r,s} + A_{59} \Delta W_{r,s} + A_{510} \Delta \dot{W}_{r,s} \\ + A_{512} \nabla U_{r,s} + A_{514} \nabla W_{r,s} + A_{515} \nabla \dot{W}_{r,s} + A_{516} \Delta \theta_{r,s} + A_{518} \Delta U_{r,s} = 0 \quad (13)$$

以上得られた20本の偏差分方程式にフーリエ変換を行ない u, v, w, θ を求める。

3. 微分方程式へのおきかえ

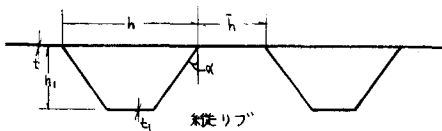
今、横リブ区間及び閉リブ区間を無限小とした場合の様な方程式になるか検討する。得られた偏差分方程式に対し、差分を平均化し、微分値におきかえることにより次に示される等価な微分方程式が得られる。

$$A \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + B \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + C \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 \quad (14)$$

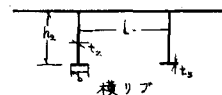
係数A, B, C, Dは、与えられた構造物の断面形状や寸法のパラメーターにより決定される。一般には、平板のため w の満たすべき微分方程式として4階の微分方程式が用いられているため一辺につき2個の境界条件が付けられるとき解は、一義的に決定されるがそれ以上の境界条件を与えられるときは、決定できない。しかし、(14)式で示される微分方程式を用いる事により、たとえば自由縁における w の境界条件式をそのまま用いても解 w を決定することかできる。従って(14)式は、より精度よく閉リブ鋼床版を表現する直交異方性版の方程式という事ができる。

4. 数値計算例

断面形状として次の量を用いた。境界条件は、固定単純支持とした。

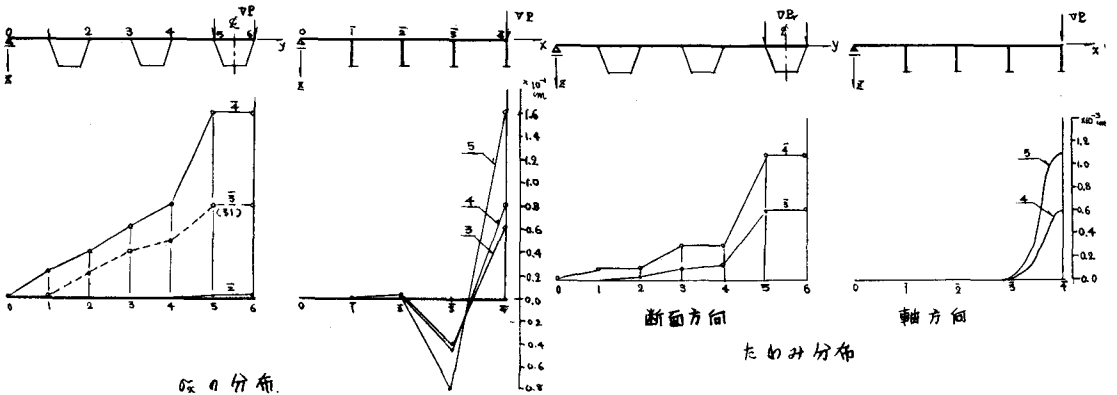


$$t = t_1 = 1.0 \text{ cm} \\ h = \bar{h} = 15.0 \text{ cm}, h_1 = 10.0 \text{ cm} \\ \alpha = 15.0 \text{ 度}$$



$$t_2 = t_3 = 1.0 \text{ cm} \\ l = 100.0 \text{ cm} \\ b = 6.0 \text{ cm}$$

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0.3$, 縦リブ5本, 横リブ7本, 中央集中荷重 $VP = 1.0^t$



5. あとがき

以上閉リブと比較的に横リブを有する鋼床版について折板理論から理論式を導き数値計算例により応力、変位を求め、その構造特性を調べた。数値計算の結果載荷点隣の横リブデッキプレート上に軸方向の引張応力が発生している。また、たわみ w は、載荷点を離れると急激に減少している。区間長を無限小にして、基本微分方程式を求めた所6階の微分方程式になることかわかり理論式を検討する事ができた。

参考文献 1) 高橋, 能町, 角田; 土木学会第31回年次学術講演集 I-106 (1976)

2) 能町, 大島 ; 土木学会北海道支部論文報告集 (1976-2)