

断面が急変する扇形補剛板の曲げ耐荷力

関西大学工学部 正会員 米沢 博
 関西大学工学部 正会員 堂垣 正博
 鹿島建設(株) 正会員 ○青藤 慎二

ま え が き 円周方向にのみ補剛材を有する扇形板に横荷重が作用する場合を対象に、それと等価な極異方性扇形板の増分形式の基礎微分方程式に差分法を適用して弾塑性解析を著者らは行ってきた。^{1),2)} その際、荷重増加に伴う塑性域の拡大を考慮し、逐次板剛度を修正して計算し、扇形板の弾塑性挙動と曲げ耐荷力を明らかにした。ここでは、この研究を発展させ、扇形補剛板の断面が円周方向に急変する場合の弾塑性解析を行い、曲率半径比、曲げ剛度比および補剛板の急変断面位置などが扇形補剛板の弾塑性挙動と曲げ耐荷力に及ぼす影響について調べるとともに、一樣断面の補剛板の場合との相違について明らかにする。

解析上の仮定 1)平面保持の仮定が成り立つ。 2)材料は完全弾塑性体とする。
 3)微小変形理論が成立する。 4)主板あるいは補剛材に生ずる応力が降伏応力に達する時点を降伏とする。

基礎微分方程式と境界条件 図-1に示すように左端から長さ a_1 の位置で断面が急変する極異方性扇形板に等分布あるいは集中荷重が作用する場合を考える。極異方性扇形板の曲げモーメント M_r 、 M_θ およびねじりモーメント $M_{r\theta}$ を増分表示するとPlate- i に対して次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \Delta M_{ri} &= - \left\{ D'_{ri} \frac{\partial^2 \Delta w_i}{\partial r^2} + \frac{D'_{i\theta}}{r} \left(\frac{\partial \Delta w_i}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Delta w_i}{\partial \theta^2} \right) \right\} \\ \Delta M_{\theta i} &= - \left\{ D'_{i\theta} \frac{\partial^2 \Delta w_i}{\partial r^2} + \frac{D'_{ri}}{r} \left(\frac{\partial \Delta w_i}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Delta w_i}{\partial \theta^2} \right) \right\} \\ \Delta M_{r\theta i} &= - \frac{2D'_{r\theta i}}{r} \left(\frac{\partial^2 \Delta w_i}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Delta w_i}{\partial \theta} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

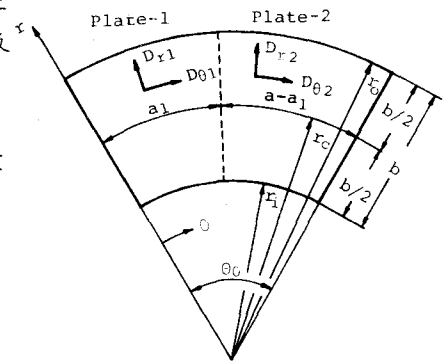


図-1

ここに、 Δw_i は荷重増分量 Δq_i に対するたわみ増分量である。 D'_{ri} 、 $D'_{i\theta}$ はPlate- i における弾塑性状態での半径方向および円周方向の曲げ剛度、 $D'_{r\theta i}$ は弾塑性状態でのねじり剛度である。 $D'_{i\theta}$ は主板と補剛材からなる丁断面部材を対象に板厚方向の塑性域を取り除いた弾性部分のみの断面で計算し、 D'_{ri} 、 $D'_{r\theta i}$ は主板の塑性域を取り除いた弾性部分のみの断面を用いて計算する。また、 $D'_{i\theta} = \nu D'_{ri}$ とし、 ν はポアソン比である。なお、添字 i は1あるいは2でPlate-1かPlate-2のいずれかを表わす。

Plate- i における鉛直方向のつり合い条件式から基礎微分方程式は次のように求められる。
 Hiroshi YONEZAWA, Masahiro DÖGAKI, ○Shinzi SAITOU

$$-\frac{2}{r} \frac{\partial \Delta M_{ri}}{\partial r} - \frac{\partial^2 \Delta M_{ri}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Delta M_{\theta i}}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Delta M_{\theta i}}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial \Delta M_{r\theta i}}{\partial \theta} - \frac{2}{r} \frac{\partial \Delta M_{r\theta i}}{\partial r \partial \theta} = 4g \quad (2)$$

境界条件として、周辺単純支持および周辺固定支持を考える。

数値計算 基礎微分方程式(2)と境界条件式に差分法を適用して計算する。式(2)を差分表示したものに式(1)を代入し両辺たわみに関して差分表示する方法(half station method)^{3), 4)}を用いる。初期降伏後の変形の道跡は荷重増分法により行う。数値計算手順は、文献1), 2)の方法に準ずる。

計算結果とその考察 周辺が単純支持され、等分布荷重を受ける場合の数値計算結果の一例として、Plate-1および2の曲げ剛度比がそれぞれ234と344で、断面の急変位置が $a_1/a = 0.429$ の場合の曲率半径比 r_i/r_o の違いによる板中央点の荷重-たわみ曲線を図-2に示す。 r_i/r_o が小さくなるほどたわみは大きくなり、初期降伏荷重、最初に補剛材全断面が降伏する荷重および終局荷重はともに低下する。なお、参考までに正方形補剛板($a/b=1$, $r_i/r_o=0.999$)に対してねじり剛度を無視した格子桁に置きかえて極限解析した場合の終局荷重 $qb^2/M_p=122$ を点線で示す。

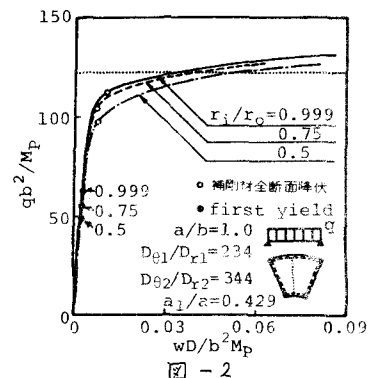


図-2

図-3には断面の急変位置と終局荷重との関係を示す。ここで q_{max} は $r_i/r_o=0.999$ で、曲げ剛度比が344の一樣断面の補剛板の場合における終局荷重であり、この q_{max} を1としたときの関係である。 r_i/r_o がいずれの場合も断面の急変位置が0.25~0.5の範囲では断面が急変する補剛板として解析し、他の範囲では一樣断面の補剛板の結果を準用してよいと思われる。

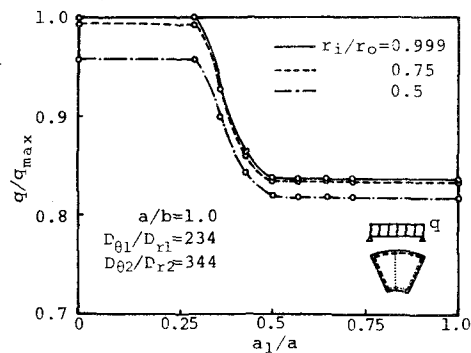


図-3

図-4には断面の急変位置と終局荷重との関係を示す。ここで q_{max} は $r_i/r_o=0.999$ で、曲げ剛度比が344の一樣断面の補剛板の場合における終局荷重であり、この q_{max} を1としたときの関係である。 r_i/r_o がいずれの場合も断面の急変位置が0.25~0.5の範囲では断面が急変する補剛板として解析し、他の範囲では一樣断面の補剛板の結果を準用してよいと思われる。

周辺が単純支持され、板中央に集中荷重を受ける場合の例として、 r_i/r_o の違いによる板中央点の荷重-たわみ曲線を図-4に示す。等分布荷重の場合とは逆に r_i/r_o が小さくなるほどたわみはわずかながらあるが小さく、1あり、初期降伏荷重、最初に補剛材全断面が降伏する荷重および終局荷重はともに高くなる。なお、正方形補剛板に対してねじり剛度を無視した格子桁に置きかえて極限解析した場合の終局荷重は $P/M_p=30.6$ である。

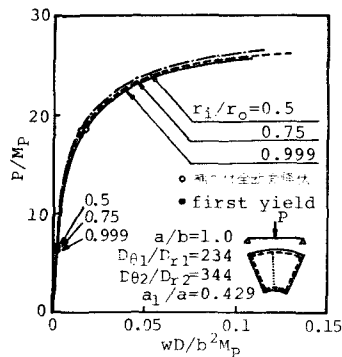


図-4

- 1) 堂垣・三上・米沢: 横荷重を受ける扇形鋼床板の弾塑性解析, 第35回年次学術講演会講演概要集, I-37, 1980-9.
- 2) 堂垣・米沢: 横荷重を受ける扇形補剛板の弾塑性解析, 第30回応用力学連合講演会講演論文抄録集, D3, 1980-11.
- 3) Cyrus, N.J. and R.E. Fulton: Finite difference accuracy in structural analysis, Proc. ASCE, Vol. 92, No. ST6, pp. 459-471, Dec., 1966.
- 4) 成岡: 構造力学要論, 丸善, pp. 208-210, 1974.