

扇形鋼床版の曲げ耐荷力

関西大学工学部	正会員	米沢	博
関西大学工学部	正会員	三上	市蔵
関西大学工学部	正会員	堂垣	正博
(株)栗本鉄工所	正会員	○星尾	司

1. まえがき 長方形鋼床版の曲げ耐荷力に関する研究は多少見受けられるが、扇形鋼床版に対してはほとんどなされていないようである。そこで、ここでは円周方向に補剛材を有する扇形鋼床版を対象に、等分布横荷重を満載した場合の弾塑性解析を行い、曲げ耐荷力を明らかにする。解析は扇形鋼床版をそれと等価な極異方性扇形板に置換し、微小変形理論に基づく方程式に差分法を適用して行う。

2. 解析上の仮定

- 1) 平面保持の仮定。
- 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) 降伏判定は、半径方向および円周方向の応力 (σ_r , σ_θ , $\tau_{r\theta}$) により個々に行う。

3. 基礎微分方程式と境界条件 図-1に示すような等分布横荷重を満載した極異方性扇形板を考える。微小変形理論に基づく基礎微分方程式を増分形式で表わすと、つぎのようになる。

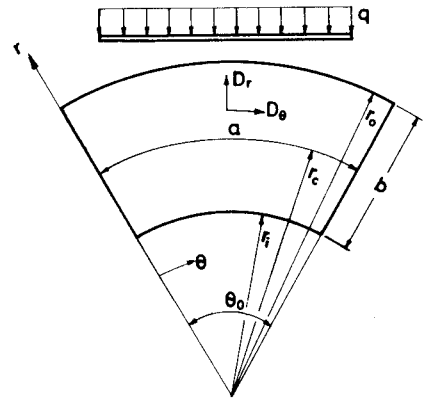


図-1

$$D_r' \left(\Delta w_{rrrr} + \frac{2}{r} \Delta w_{rrr} \right) + \frac{2}{r^2} (D_r' + 2D_\theta') \left(\Delta w_{rr\theta\theta} - \frac{1}{r} \Delta w_{r\theta\theta} + \frac{1}{r^2} \Delta w_{\theta\theta\theta} \right) + \frac{D_\theta'}{r^2} \left(\frac{1}{r^2} \Delta w_{\theta\theta\theta\theta} - \Delta w_{rr} + \frac{1}{r} \Delta w_{r\theta} + \frac{2}{r^2} \Delta w_{\theta\theta} \right) = \Delta \delta \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \delta$, Δw は荷重増分量およびそれに対するたわみである。 D_r' , D_θ' , D_θ' は弾塑性域での半径方向、円周方向の曲げ剛さおよびねじり剛さである。 D_θ' は主板と補剛材から成るT断面を対象に板厚方向の塑性領域を取り除いた弾性領域のみの断面で計算され、 D_r' , D_θ' は主板の弾性領域を用いて計算される。また、 $D_\theta' = \nu D_r'$ とし、 ν はポアソン比である。なお、コマの後の添字はそれに関する微分を表わす。

境界条件としては、周辺単純支持および周辺固定を考える。

4. 数値計算 基礎微分方程式と境界条件式に差分法を適用し、つぎのような手順により計算を行う(図-2参照)。

- 1) 弾性限界荷重 δ_0 を求める。弾性時の剛度を用いて、単位荷重に対するたわみ、モーメント (M_r , M_θ , $M_{r\theta}$) を求め、 M_r/M_r^* , M_θ/M_θ^* , $M_{r\theta}/M_{r\theta}^*$ のうち最も大きい値で単位荷重を

Yonezawa Hiroshi, Mikami Ichizou, Dogaki Masahiro, Hoshio Tsukasa

除すると、 δ_e が求められる。ここに、 M_r^* , M_θ^* , $M_{r\theta}^*$ は断面固有の弾性限界モーメントである。

2) r の剛度を式(1)に適用し、 δ_{r1} に対する Δw を求める。 ΔM_r^1 , ΔM_θ^1 , $\Delta M_{r\theta}^1$ および $M_r^1 = M_r^e + \Delta M_r^1$, $M_\theta^1 = M_\theta^e + \Delta M_\theta^1$, $M_{r\theta}^1 = M_{r\theta}^e + \Delta M_{r\theta}^1$ の計算後、板厚方向の塑性深さを r , θ 方向に対してそれぞれ求め、 δ_{r1} での剛度 D_r^1 , D_θ^1 , $D_{r\theta}^1$, D_ϕ^1 を計算する。ここに、 M_r^e , M_θ^e , $M_{r\theta}^e$ は δ_e でのモーメントである。

3) 点0, 1でのたわみから δ_{r2} でのたわみを外挿し、このたわみを用いて剛度 D_r^1 , D_θ^1 , $D_{r\theta}^1$, D_ϕ^1 を計算する。この剛度を式(1)に適用し、 δ_{r2} に対する Δw を求める。 ΔM_r^2 , ΔM_θ^2 , $\Delta M_{r\theta}^2$ は2)の剛度を用いて計算される。 $M_r^2 = M_r^1 + \Delta M_r^2$, $M_\theta^2 = M_\theta^1 + \Delta M_\theta^2$, $M_{r\theta}^2 = M_{r\theta}^1 + \Delta M_{r\theta}^2$ を用いて塑性深さ、 δ_{r2} での剛度を計算する。

4) δ_{r3} に対する Δw は、3)と同様に計算するが、3)と異なる点は点0, 1, 2でのたわみから δ_{r3} でのたわみを外挿する点にある。

5) δ_{r4} に対する Δw の計算には4)と同様の計算手順を用いる。

周辺固定の場合、境界边上の括点でモーメントが全塑性モーメントに達すると、それ以降の荷重増分に対してその点の境界条件を固定から単純支持に変えて解析する。なお、半径方向に20, 円周方向に10分割した。

5. 計算結果とその考察 周辺単純支持された場合の数値計算結果の一例を図-3, 4に示す。曲率半径比 $P = r_c/r_0$ が曲げ耐荷力に及ぼす影響を調べるために、図-3に板中央の荷重-たわみ曲線を示した。図中には参考までに降伏線理論により求めた荷重を一点鎖線で示す。

図より曲率半径比 P が変化しても曲げ耐荷力にはほとんど影響のないことが分る。しかし、弾性限界荷重 δ_e は P が小さくなると下がる傾向にある。

図-4にA-A断面における板厚方向の塑性域の広がりを見る。図より曲率半径比 P が小さくなると、塑性域の広がり外側曲線側で顕著となる。また、円周方向の塑性域の広がり、板中央部から境界辺に向かって進展している。

本計算結果では、ほとんど補剛材の崩壊により曲げ耐荷力が支配された。

なお、周辺固定の場合、講演当日に発表する。また、現在輪荷重のような部分分布荷重が作用する場合の解析を行っている。

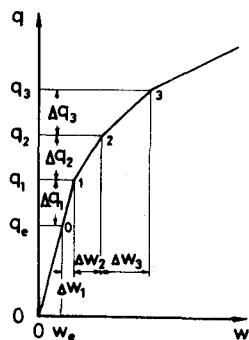


図-2

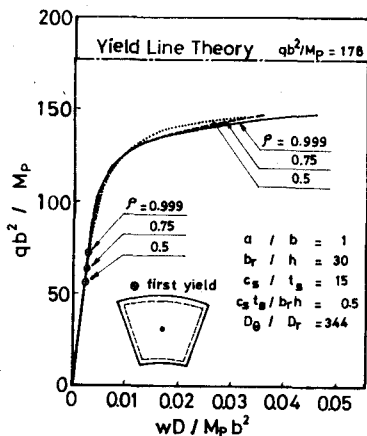


図-3

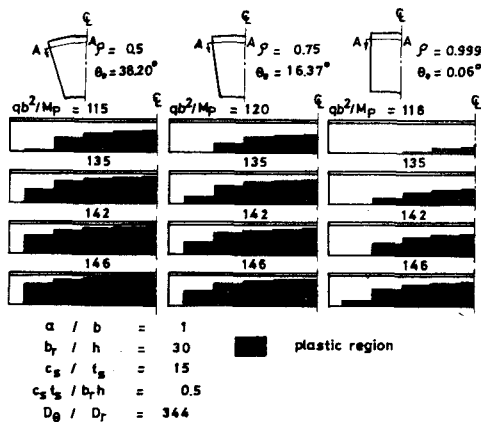


図-4