

円周方向面内圧縮力を受ける円筒パネルのダクティリティーについて

関西大学工学部 正会員 三上 市蔵
 関西大学大学院 学生員 辻 省悟
 飛島建設(株) 正会員 ○中山 佳久

1. まえがき 三上¹⁾²⁾は, DRM(Dynamic Relaxation Method)を用いて円周方向面内荷重を受ける初期たわみと残留応力を有する円筒パネルの弾塑性有限変位解析を行い, 円筒パネルの静的終局強度について論じている. 耐震設計においては, 終局強度とともにダクティリティーを考慮する必要がある. 本報告では, 円筒パネルの弾塑性有限変位解析の結果に基づいて, ダクティリティーの評価方法を提案する.

2. 数値計算 解析した円筒パネル(図-1)は弧に沿った長さ a , 幅 b , 厚さ h , 中央面の曲率半径 R で, 直線辺に一樣な強制変位により面内圧縮応力 σ_y^m が作用する. パネルは等方性・完全弾塑性材料よりなる. 解析は, 対称性を考慮してパネルの $1/4$ 領域について行う. $1/4$ 領域を x 方向に6分割, y 方向に6分割, z 方向に8分割し, 差分法を適用する.

数値計算は降伏応力 $\sigma_y=2400 \text{ Kg/cm}^2$, Young率 $E=2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$, ポアソン比 $\nu=0.3$, 初期たわみ $w_0 = w_{\max} \cos(\pi x/b) \cos(\pi y/a)$ に対して行った. 残留応力分布は, 文献2)のものをを用いた. 無次元量 $\alpha = a/b$, $\beta = b/h$, $Z = b^2/Rh$, $\bar{w} = w/h$, $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_y$ を用いる.

3. 評価のための諸量 ダクティリティーを評価するため, 以下の諸量を考える. 図-2に示すパネル中央のたわみ $\bar{w}$ と端辺の平均圧縮応力 $\bar{\sigma}_m$ の関係において, 初期降伏状態のたわみと強度を $\bar{w}_f$ と $\bar{\sigma}_f$ とし, 終局強度状態のたわみと強度を $\bar{w}_u$ と $\bar{\sigma}_u$ とする. 粘りを示す量としてたわみの比 $\bar{w}_u/\bar{w}_f$, 強度を示す量として $\bar{\sigma}_u/\bar{\sigma}_f$, 初期降伏状態と終局強度状態の関係を示す量として I_{f-u} , I_{f-u} を $\bar{w}_f/\bar{\sigma}_f$ で除した量 $\bar{I}_{f-u}$ を考える.

4. 評価の例 縦横比 $\alpha = 1$, 最大初期たわみ $\bar{w}_{0\max} = 0$ に対する結果を示す. 図-3はたわみ比と換算幅厚比 λ の関係を示す. ここに λ は $k = 4$ に対して次式で求められる.

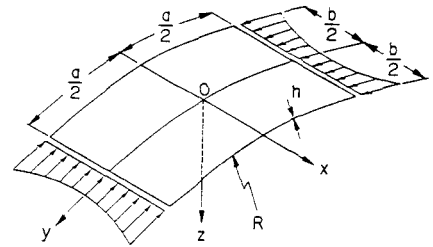


図-1

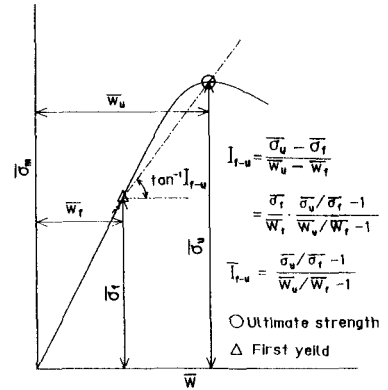


図-2

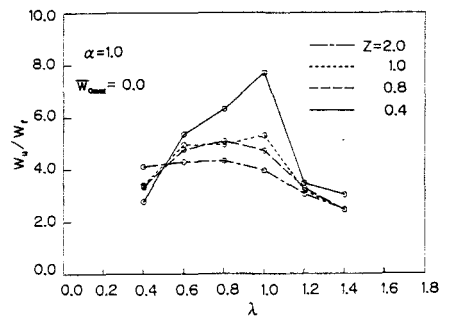


図-3

$$\lambda = (b/h) \sqrt{(\sigma_y/E)12(1-\nu^2)/(\pi^2 k)}$$

たわみ比は(1)曲率が大きいと板厚の影響を受けない、(2)板厚が薄いと曲率の影響を受けないことがわかる。

図-4は強度比と λ の関係を示す。強度比は(1)板厚の影響を受けない、(2)曲率が大きいのほど大きくなることわかる。

図-5は傾き $\bar{I}_{r-u}$ と λ の関係を示す。 $\bar{I}_{r-u}$ は(1) $\lambda < 0.8$ の範囲では曲率が小さいほど大きくなり、板厚が厚いほど大きくなる、(2) $\lambda > 0.8$ の範囲では曲率、板厚の影響を受けないことがわかる。傾き $\bar{I}_{r-u}$ は、ダクティリティーの性質をあらわし、値が大きいと剛性抵抗型、小さいとじん性抵抗型であると考えられる。

図-6は傾き $\bar{I}_{r-u}$ と λ の関係を示す。傾き $\bar{I}_{r-u}$ は(1)曲率が大きいのほど大きくなる、(2) $\lambda < 1$ の範囲では、板厚が小さくなると傾きが減少し、 $\lambda > 1$ の範囲では、板厚が小さくなると傾きが増大することがわかる。

傾き $\bar{I}_{r-u}$ は、傾き $\bar{I}_{r-u}$ では検討できなかった、初期状態から初期降伏状態までの変化と初期降伏状態から終局状態までの変化とを比較することができる。 $\bar{I}_{r-u}$ の値が小さいということは、初期状態と初期降伏状態とを結んだ直線の傾きと、傾き $\bar{I}_{r-u}$ とを比べると変化が大きいということである。これは、初期降伏後のエネルギー吸収量が大きいことを示していると考えられる。特に $\lambda > 0.8$ の範囲では、傾き $\bar{I}_{r-u}$ はほぼ一定値となるので、初期降伏状態までの傾きが大きいのほど初期降伏後のエネルギー吸収量が大きいことになり、 $\bar{I}_{r-u}$ の値が小さいほど初期降伏状態までの傾きは大きいことになるので、 $\bar{I}_{r-u}$ の値が小さいほど初期降伏後のエネルギー吸収量が大きいことになる。 $\lambda < 0.8$ の範囲では、剛性抵抗型であり、初期降伏後のエネルギー吸収や、大きなたわみ比は期待できないが、あまり変形しないことを利点とできる。

5. あとがき 円筒パネルの終局状態までの荷重-たわみ曲線からダクティリティーを評価する方法について検討した。

今後、終局状態以降を解析し、ダクティリティーについて詳細に検討したい。

なお、土木学会関西支部「鋼構造物のダクティリティー評価に関する調査研究グループ」(代表者 渡辺 英一 京大教授)から討議を頂いた。

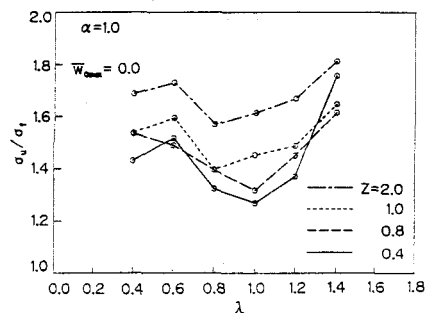


図-4

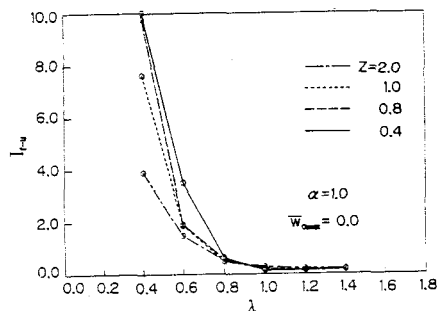


図-5

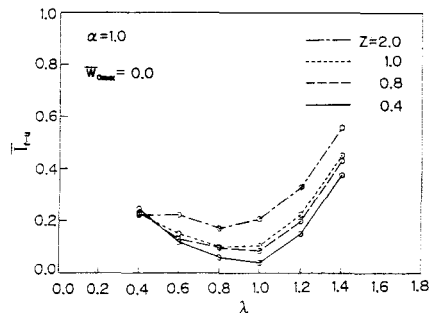


図-6

1) 三上・田中・辻・松本：土木学会関西支部年次学術講演会，1989。 2) 三上・松本・辻・田中：構造工学論文集，1990。