

I-635

鋼曲線部材の構成要素としての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 市藏  
 関西大学大学院 学生員 ○辻 省悟  
 京都大学工学部 正会員 渡邊 英一

1. まえがき 三上ら<sup>1)2)</sup>は, DRM (Dynamic Relaxation Method)

を用いて円周方向面内荷重を受け, 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も考慮する必要がある<sup>3)</sup>。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検討し, 設計への適用を考察する。

2. 弾塑性有限変位解析 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  $\sigma_y$  が作用する。パネルは等方性・完全弾塑性材料より成る。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  $w_0 = w_{0\max} \cos(\pi x/b) \cos(\pi y/a)$  に対して行った。残留応力分布は, 文献 2) のものを用いた。無次元量として,  $\alpha = a/b$ ,  $\beta = b/h$ ,  $Z = b^2/Rh$ ,  $\bar{w} = w/h$ ,  $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_y$  を用いる。1つの解析例を図-2に示す。

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-3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(じん性率)  $\bar{w}_u/\bar{w}_f$ , 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  $\bar{\sigma}_f/\bar{w}_f$  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-4はたわみ比と換算幅厚比  $\lambda$  の関係を示す。ここに  $\lambda$  は  $k = 4$  に対して次式で求められる。

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

たわみ比は, ①曲率の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-5は強度比と  $\lambda$  の関係を示す。強度比は, ①板厚の影響を受けない, ②曲率の大きいほど大きくなる, ことがわかる。

図-6は傾き  $I_{f-u}$  と  $\lambda$  の関係を示す。  $I_{f-u}$  は, ①  $\lambda < 0.7$  の範

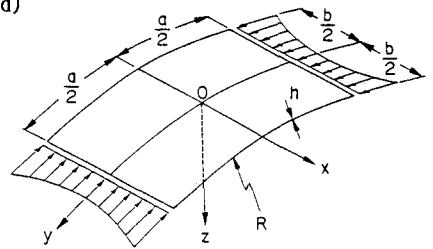


図-1

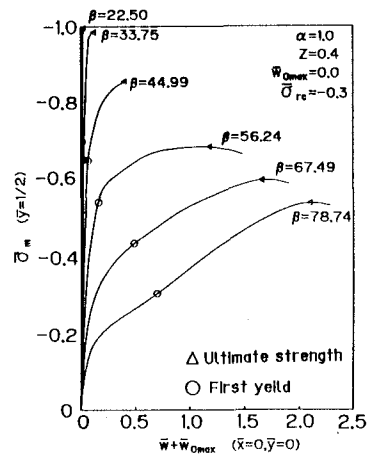


図-2

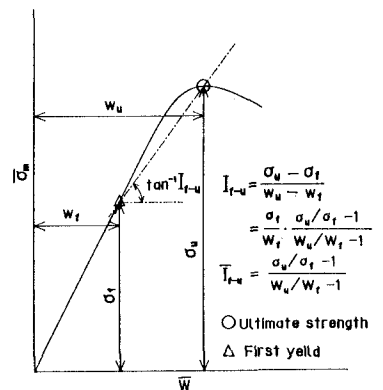


図-3

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  $\lambda > 0.7$  の範囲では曲率や板厚の影響を受けない、ことがわかる。傾き  $I_{f-u}$  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-7は傾き  $I_{f-u}$  と  $\lambda$  の関係を示す。傾き  $I_{f-u}$  は、①曲率が大きいほど大きくなる、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  $I_{f-u}$  は、傾き  $I_{f-u}$  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。  $I_{f-u}$  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  $I_{f-u}$  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多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  $I_{f-u}$  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ほど初期降伏後のエネルギー吸収量が多いこととなり、  $I_{f-u}$  の値が小さいことになる。  $\lambda < 0.7$  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粘りは期待できないが、あまり変形しないことを利点とできる。

5. 設計への適用  $\alpha = 1$ ,  $\bar{w}_{0max} = 0$ ,  $Z = 0.4$  の円筒パネルを例にとる。

$\lambda > 0.7$  の範囲ではじん性抵抗型（図-6）となるが、中でも  $\lambda = 1$  程度を採用すると、図-4よりじん性率が高く、図-7よりエネルギー吸収量も大きいことがわかる。また、図-5より初期降伏強度もそれほど低下しない。しかし、図-2からわかるように、終局強度が下がるので、耐力は期待できない。 $\lambda = 1$  よりも板厚を薄くすると、じん性率、強度、エネルギー吸収量、耐力など、全ての面で不利になる。

$\lambda < 0.7$  の範囲では剛性抵抗型（図-6）となるが、板厚が厚くなるほどじん性率が乏しくなり、エネルギー吸収量も少なくなる。初期降伏強度も低下する。しかし、図-2からわかるように、終局強度は高くなる。

以上で述べたじん性率をより正確に議論するためには、終局状態以降を解析する必要がある。

6. 謝辞 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：渡邊英一 京大教授）から討議を頂いた。

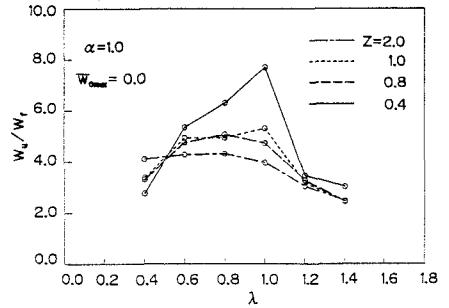


図-4

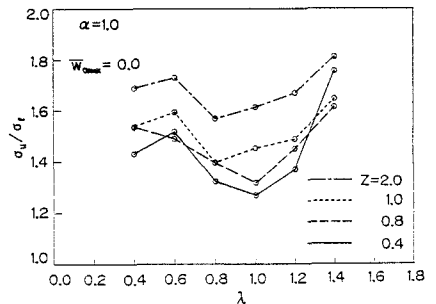


図-5

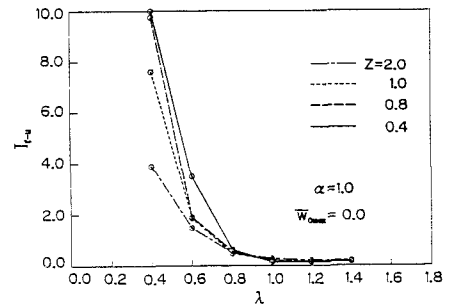


図-6

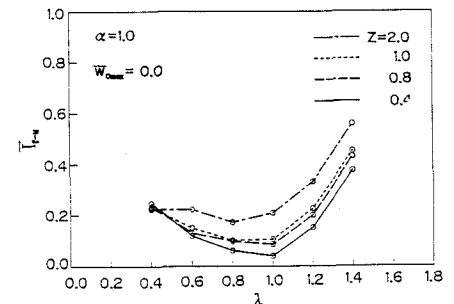


図-7