

初期たわみと残留応力を有する円筒パネルの圧縮強度曲線

関西大学工学部 正会員 三上 市蔵 日本電子計算機 正会員 田中 克弘
 関西大学大学院 学生員 ○松本 浩徳 関西大学大学院 学生員 辻 省悟

1. まえがき 著者ら¹⁾は、動的緩和法 (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った。円筒パネルの終局強度を算定できる近似式に関しては、別の研究^{2) 3)}があるが、残留応力が考慮されていない。ここでは、その理論¹⁾を用いて数値計算を行い、初期たわみと残留応力を考慮した圧縮強度の近似算定式を検討する。

2. 終局強度 解析した円筒パネルは図-1に示すような弧に沿った長さ 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 が作用する。パネルは等方性・完全弾塑性材料よりなる。

数値計算は降伏応力 $\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ 、Young 率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、Poisson 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。残留応力については別報¹⁾を参照のこと。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。

曲率と初期たわみを変化させて数値解析を行った。図-2に示すように、 λ が小さい領域では、初期たわみが負のとき、終局強度が最も低くなる。しかし、 $\lambda > 1$ では、初期たわみが無いときに低くなる。初期たわみが負のとき、残留応力の影響を調べると、図-3のようになる。この場合は、残留応力の影響はほとんど現れていない。しかし、初期たわみがない場合は図-4のように、残留応力によって終局強度が低下することがわかる。

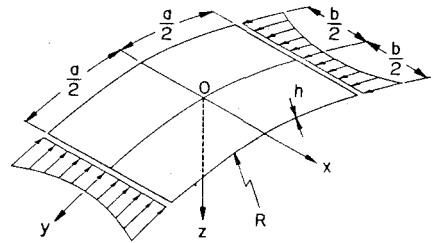


図-1

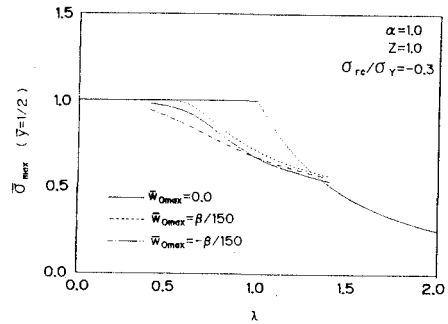


図-2

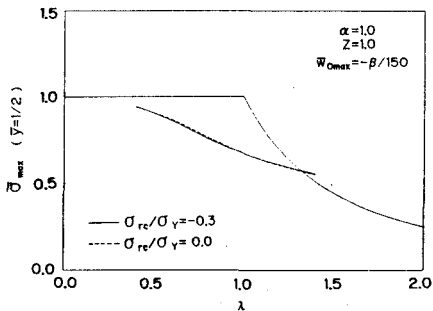


図-3

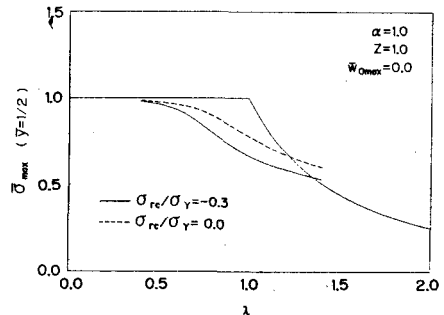


図-4

Ichizou MIKAMI, Katsuhiro TANAKA, Hironori MATSUMOTO, Syougo TSUJI

3. 終局強度式 応力たわみ曲線から、直線辺における平均圧縮膜応力の最大値を終局強度 σ_m として求める。

$Z=0$ の場合の終局強度式として次の三上⁴⁾の提案式を用いる。

$$\sigma_m / \sigma_y = (0.526 / \lambda)^{0.7} \leq 1 \quad (1)$$

ただし、 $\lambda = (b/h) \sqrt{(\sigma_y/E) 12(1-\nu^2)/\pi^2 k}$ ，
 $k=4$ である。

1) 初期たわみがない場合 曲率がある場合、 $\lambda=0$ に対する終局強度の上限値 $\Psi = (\sigma_m / \sigma_y)$ が低下する。数値計算結果から Ψ と Z の関係を図示すると図-5の×のようになる。この低域を表す式として、三上⁵⁾やMaquoi⁶⁾の提案があるが、いずれも Z が大きくなるほど誤差が大きくなる。そこで、三上の式を次のように改良する。

$$\Psi = 1 - Z^{1.2} (1 - \nu^2) / 30 \quad (2)$$

終局強度は次式から算定できる。

$$\sigma_m / \sigma_y = \Psi (0.526 / \Psi \lambda)^{0.7} \leq \Psi \quad (3)$$

$Z=1.0$ の円筒パネルについて、DRM解と式(3)を比較すると図-6のようになる。

2) 初期たわみがある場合 初期たわみによって実質的に曲率が変化したものと考え⁷⁾、曲率パラメータ Z が Z' になるものとする。

$$Z' = \frac{2 (\bar{r} - \bar{w}_{0\max}) \beta^2}{(\bar{r} - \bar{w}_{0\max})^2 + (\alpha \beta)^2 / 4} \quad (4)$$

ただし、 $\bar{r}$ はライズである。

初期たわみ $\bar{w}_{0\max} = -\beta/150$ 、 $Z=1.0$ の円筒パネルの場合、換算曲率パラメータ Z' に対して式(2)、(3)から定まる終局強度をDRM解と比較すると図-7のようになる。

4. あとがき 曲率の小さい場合は、式(2)、(3)による終局強度は安全側の値をとるが、曲率が大きい場合は、 $\lambda=0.5$ 付近で危険側にくる値を示した。これは、ひずみ硬化を考慮すると問題にならないと思われる。

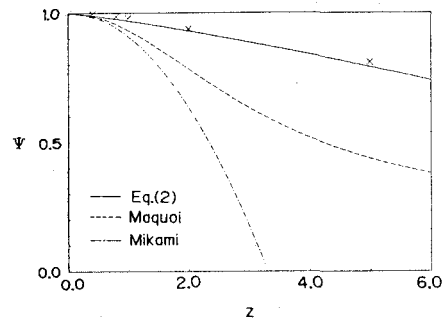


図-5

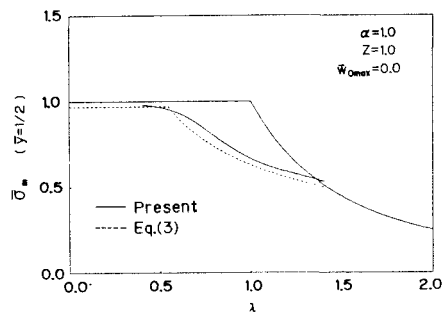


図-6

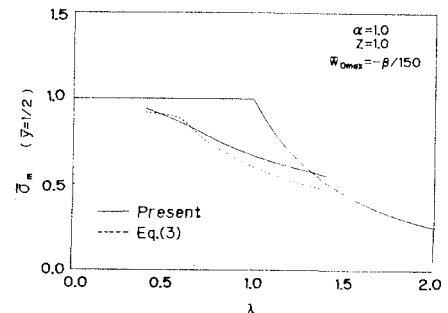


図-7

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・田中・藤井・柿田：土木学会関西支部年次学術講演会，1987。3) 三上・出口・豊田・山村：土木学会関西支部年次学術講演会，1988。4) 三上・堂垣・米澤：土木学会論文報告集，No.334，1983。5) 三上・森澤：構造工学論文集，No.3 2A，1986。6) Jetteur, P., and Maquoi, R : Construction Metaallique, No.2, 1987。7) 三上・矢部：構造工学論文集，Vol.31A，1985。