

鋼円筒パネルの圧縮強度の算定式

関西大学工学部	正会員	三上 市藏
フジタ工業 ㈱	正会員	出口 恒宜
復建調査設計㈱	正会員	○豊田 幸司
高田機工 ㈱	正会員	山村 雄二

1. まえがき 三上ら¹⁾は、D.R.M. (Dynamic Relaxation Method) を用い、周辺単純支持され、初期たわみを有する円筒パネルが、円周方向面内圧縮力を受ける場合について、複合非線型解析を行い、縦横比 $\alpha=1$ に対する計算結果に基づいて設計公式を提案している。しかし、三上らの研究²⁾で、縦横比 $\alpha=2$ の場合に圧縮強度が、最も低くなることがわかっている。縦横比を変化させ、あわせて初期たわみも変化させて解析を行い、計算結果を基に、広範囲の縦横比と初期たわみに対応する設計公式を提案する。

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り、残留応力は考慮しない。

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 $W_0 = w_{0\max} h \cos(\pi x / b) \cos(m_y \pi y / a)$ 、(ただし、 $m_y = 1, 3$) に対して行った。無次元量として $\alpha = a/b$ 、 $\beta = b/h$ 、 $Z = b^2 / Rh$ 、 $w = W/h$ を用いる。

三上らの研究²⁾によれば、 $\alpha > 2$ の場合、平均応力 σ_m は、ほとんど α の影響を受けない。そこで、 $\alpha \leq 2$ について、曲率と初期たわみを変化させ解析を行った。図-2に示すように、 $\alpha = 2$ で初期たわみが負の $m_y = 3$ のとき、終局強度が最も低くなる。これは、3半波の初期たわみが、終局状態の変形モードに近いと考えられる。これを、 $\alpha = 1$ で終局強度の最も小さくなる場合と比較すると、図-3のようになる。したがって、 $\alpha = 2$ 、 $w_{0\max} = -\beta/150$ ($m_y = 3$) の場合の終局強度が最低となることがわかる。

3. 終局強度式 荷重たわみ曲線から、中央断面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

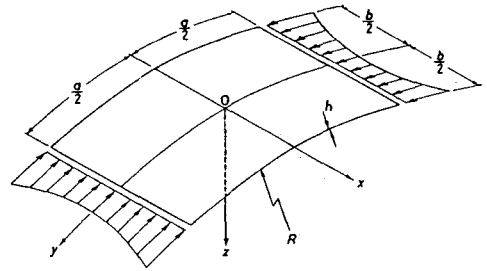


図-1

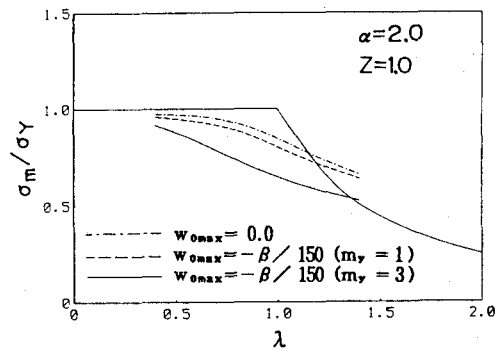


図-2

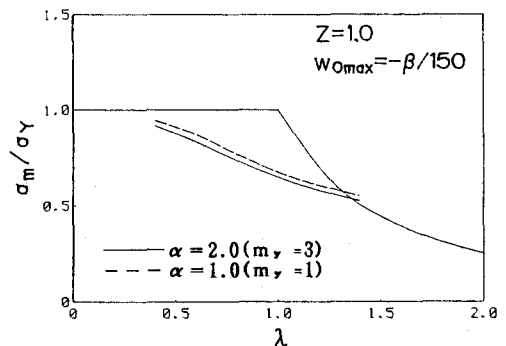


図-3

める。

(1) 初期たわみのない場合 曲率の無い板の場合、三上³⁾ 4) は次式を与えている。

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

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

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。この値として三上⁵⁾ は次式を提案している。

$$\Psi = 1 - Z^2 (1 - \nu^2) / 10 \quad (2)$$

式 (1), (2) を組み合わせて、円筒パネルの終局強度式を次のように与えることができる。

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

$Z = 1.0$ の円筒パネルについて、D.R.M.解と式 (2), (3) による近似値とを比較すると、図-4 のようになる。

(2) 初期たわみの有る場合 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ることができる。⁶⁾ すなわち、パネル中央での元の曲率パラメータ Z が次の Z' になるものとする。

$$Z' = \frac{2 (f - w_{0max}) \beta^2}{(f - w_{0max})^2 + (\alpha \beta)^2 / 4} \quad (4)$$

ただし、 $f h$ はライズである。

初期たわみ $w_{0max} = -\beta / 150$ を有し、 $Z = 1.0$ 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D.R.M.解と比較すると図-5 のようになる。

4. あとがき 初期たわみがない場合は、式 (3) に示す終局強度式は、安全側の値を与える。また、初期たわみの有る場合、換算曲率パラメータを用いて式 (3) から算定を行うと、やや低めの、ほぼ妥当な値が得られた。本解析が残留応力を考慮していないために、やや高めの終局強度を与えているだろうから、提案した近似式が低めの値を与えても問題はない。

円筒パネルの弾塑性挙動、数値計算結果および終局強度式との比較などについての詳細は、講演会にゆずる。

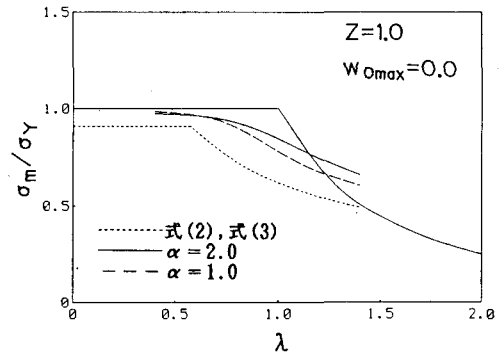


図-4

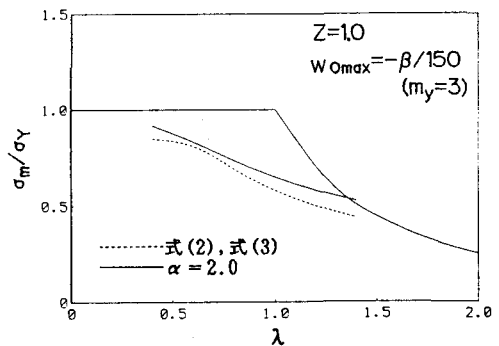


図-5

1) 三上・田中・藤井・柿田：土木学会関西支部年次学術講演会，1987。 2) 三上・米澤：土木学会論文報告集，No.315，1981。 3) 三上・堂垣・米澤：土木学会論文報告集，No.334，1983。 4) Mikami, I.: Earthquake Eng. Vol.2, No.1, 1985。 5) 三上・森澤：構造工学論文集，Vol.32A，1986。 6) 三上・矢部：構造工学論文集，Vol.31A，1985。