

I-6

円周方向面内圧縮力を受ける自由突出
円筒パネルの終局強度

関西大学工学部

日本電子計算

東京エンジニアリング

正会員

正会員

三上 市藏

○ 竹原 和夫

今西 実

1. まえがき

I形断面曲り梁のフランジや曲線箱桁に円周方向に設けられる開断面補剛材などは面外に曲率を有する自由突出円筒パネルとみなすことができる。この自由突出円筒パネルは円周方向に圧縮力を受けることに特徴がある。周辺支持された円筒パネルについては種々の研究があるが、自由突出円筒パネルについてはほとんど解明されていない。また、我が国の道路橋示方書¹⁾には自由突出円筒パネルに関する規定は見当たらない。本報告では、三上・辻²⁾の複合非線形理論を自由突出円筒パネルに適用し、動的緩和法 (Dynamic Relaxation Method) を用いて終局圧縮強度を解析し、設計に用いる強度算定式を検討する。

2. 数値計算

解析した自由突出円筒パネル(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 v_m により面内圧縮応力 σ_m が作用する。パネルは等方性・完全弾塑性材料からなるものとし、境界条件は $x=b$ で自由、その他の3辺で単純支持とする。解析は対称性を考慮してパネルの1/2領域について行う。1/2領域を x, y, z 方向に分割し、差分法を適用する。降伏応力 $\sigma_Y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ 、Young 率 $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、Poisson 比 $\nu = 0.3$ 、残留応力分布は図-2のものを用い、最大引張残留応力 $\sigma_{rt} = \sigma_Y$ 、最大圧縮残留応力 $\sigma_{rc} = -0.3\sigma_Y$ とする。初期たわみは最大値 $w_{0max} = -\beta/150 \cdot h$ 、分布 $w_0 = w_{0max} h(x/b) \cos(\pi y/a)$ とする。

無次元量として $\alpha = a/b, \beta = b/h, \bar{w} = w/h, \bar{\sigma} = \sigma/\sigma_Y, \bar{x} = x/b, \bar{y} = y/a, \bar{z} = z/h, V_m = 2v_m/a$ を用い、換算幅厚比は座屈係数 $k=0.425$ に対して次のように定める。

$$\lambda = \beta \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \dots\dots\dots (1)$$

3. 解析結果

解析を進める前に分割数が解に及ぼす影響を検討する。図-3は x 軸方向の分割数と解の精度との関係を調べたものである。厳密解は不明なので外挿法³⁾により推定した。これより x 軸方向の分割数は残留応力分布の影響などを考慮し10分割、また y 及び z 軸方向にはそれぞれ8分割を採用した。次に解(以下、DRM 解と略記する)の妥当性を調べるために、DRM 解と小松・北田による弾塑性有限変位解⁴⁾を比較すると図-4のようになる。図から、DRM 解が妥当であることがわかる。

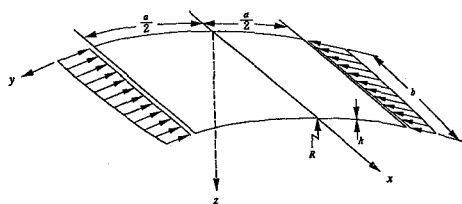


図-1

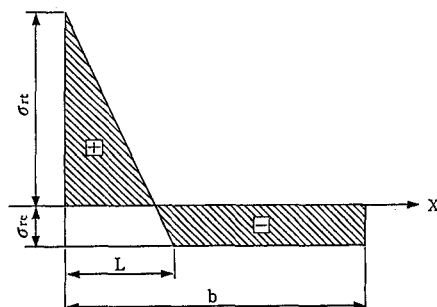


図-2

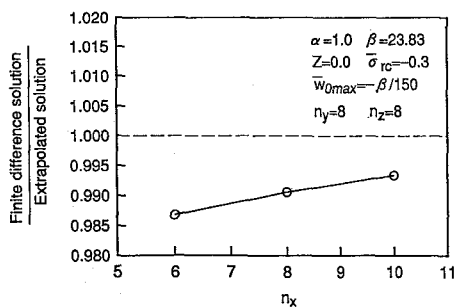


図-3

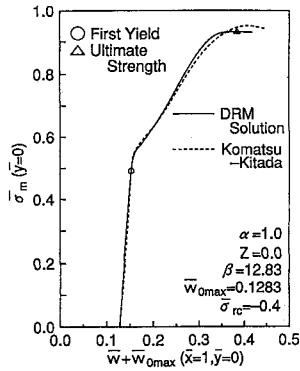


図-4

種々の曲率に対して換算幅厚比と平均面内圧縮応力 $\bar{\sigma}_m$ の関係を求めると図-5のようになる。これから曲率が大きくなると終局圧縮強度が低下することがわかる。

4. 終局強度算定式

解析結果に基づいて、曲率のない場合とある場合について終局強度算定式を検討する。

(1) 曲率のない場合

曲率のない場合 ($Z = 0$) の終局強度算定式として次式を提案する。

$$\bar{\sigma}_m = \left(\frac{0.5}{\lambda} \right)^{0.4} \leq 1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

DRM 解と式 (2)、文献⁵⁾⁶⁾の曲線を図-6 に示す。これから式 (2) は DRM 解をよく表しており、実用算定式として妥当であることがわかる。

(2) 曲率のある場合

曲率の増加とともに終局強度が低下するので、文献⁵⁾の式を改良して次式を提案する。

$$\bar{\sigma}_m = \Psi \left(\frac{0.5}{\Psi \lambda} \right)^{0.4} \leq \Psi \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\Psi = 1 - Z^{1.2} \frac{1 - \nu^2}{6} \quad \dots \dots \dots (4)$$

DRM 解を式 (3) と比較すると図-7 のようになる。式 (3) は DRM 解に近い値を与え、終局強度算定式として実用できることがわかる。

5. あとがき

動的緩和法を用いて自由突出円筒パネルを解析し、終局圧縮強度を求めるとともに、その実用算定式を提案した。なお円弧辺が固定された自由突出円筒パネルも解析したが、別の機会に発表したい。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説, 日本道路協会, 1990.2.
- 2) 三上・辻: 構造工学論文集, 土木学会, Vol.37A, pp.287-298, 1991.3.
- 3) Mikami, I. and Yonezawa, H.: *Theoretical and Applied Mechanics*, Vol.25, pp.567-575, 1977.
- 4) 小松・北田: 土木学会論文報告集, No.314, pp.15-27, 1984.
- 5) 三上・堂垣・米沢: 土木学会論文報告集, No.334, pp.181-184, 1983.6.
- 6) 座屈設計ガイドライン, 1987.

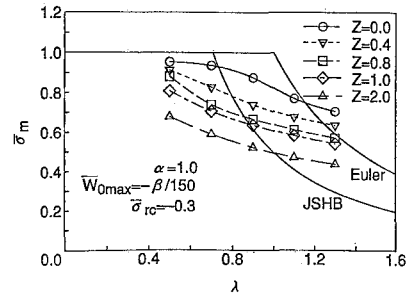


図-5

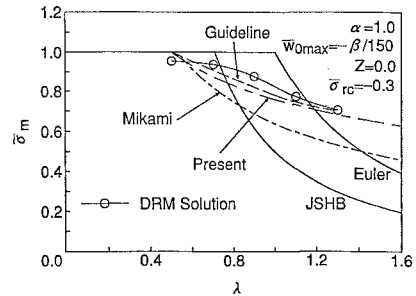


図-6

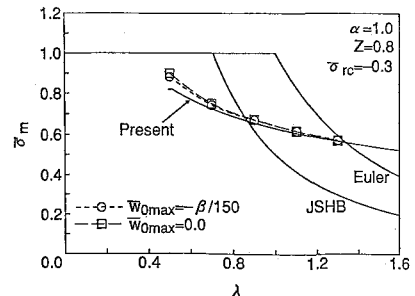


図-7