

鋼円筒パネルの残留応力分布に関する考察

関西大学工学部 正会員 三上 市蔵
 関西大学大学院 学生員 松本 浩徳
 鶴 大 林 組 正会員 ○中島 隆

1. はじめに 三上ら¹⁾は, DRM(Dynamic Relaxation Method)を用い, 周辺単純支持され, 初期たわみと残留応力のあ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った。しかし, この解析では, 平板の残留応力分布が, そのまま準用されている。本報告では, 円筒パネルにおける残留応力分布を提案し, 既報の実測値²⁾と比較・検討する。

2. 補剛平板における残留応力分布 図1に示す, 長さ a , 幅 b , 厚さ h , 中央面の曲率半径 R で, パネル中央円周方向に補剛材がある補剛円筒パネルの残留応力分布を考える。その前に平板($R=\infty$)における残留応力分布を以下のように仮定する。

y 方向の残留応力は, 厚さ方向に一定で, 幅方向に図2のような分布を仮定する。ここに, σ_{rc} は最大圧縮残留応力, σ_{rt} は最大引張残留応力である。残留応力が平衡状態を保つという条件から, 長さ L は, 式(1)となり, y 方向の残留応力 σ_{ry}^* は式(2)のようになる。 x 方向の残留応力はポアソン比 ν を用いて式(3)から求められる。

$$L = -\frac{b}{2} \times \frac{\sigma_{rc}}{\sigma_{rt} - \sigma_{rc}} \quad (1)$$

$$\sigma_{ry}^* = -\frac{2(\sigma_{rt} - \sigma_{rc})^2}{b\sigma_{rc}}x + \sigma_{rt} \quad (0 \leq x < L) \quad (2a)$$

$$\sigma_{ry}^* = \sigma_{rc} \quad (L \leq x \leq \frac{b}{2} - L) \quad (2b)$$

$$\sigma_{ry}^* = \frac{2(\sigma_{rt} - \sigma_{rc})^2}{b\sigma_{rc}}x - \frac{(\sigma_{rt} - \sigma_{rc}) - \sigma_{rt}\sigma_{rc}}{\sigma_{rc}} \quad (\frac{b}{2} - L < x \leq \frac{b}{2}) \quad (2c)$$

$$\sigma_{rx}^* = -\nu \sigma_{ry}^* \quad (3)$$

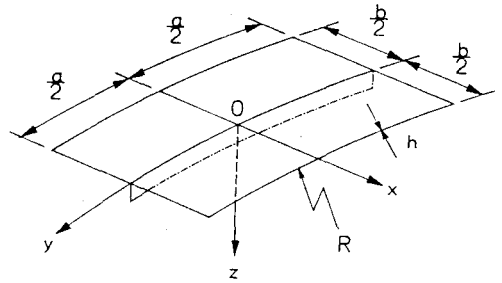


図 1

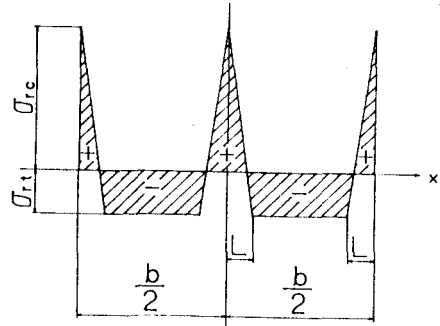


図 2

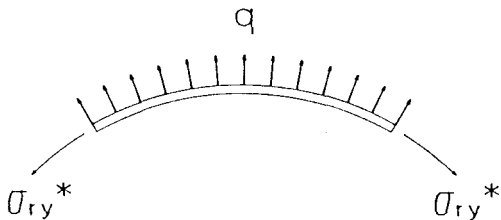


図 3

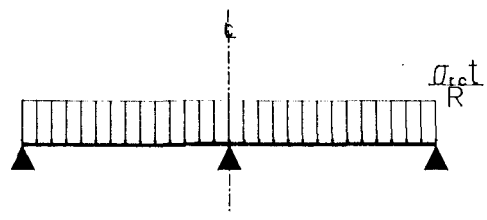


図 4

3. 補剛円筒パネルにおける残留応力分布 円筒パネルは曲率を有するため、図3のように、 y 方向残留応力 σ_{ry}^* によって、鉛直方向に分力 $q = \sigma_{ry}^* h / R$ が発生する。この分力による板曲げ応力 σ_{rx}^{**} は、図2の分布のとうりに図4のような近似等分布荷重を考えると次のようになる。

$$\sigma_{rx}^{**} = \frac{12(1-\nu^2)\sigma_{rc}b^2}{32Rh^2} z \left\{ -1 + 10\left(\frac{x}{b}\right) - 16\left(\frac{x}{b}\right)^2 \right\} \quad (4)$$

したがって、 x 方向残留応力は、式(2)と式(4)とから次のように求められる。

$$\sigma_{rx} = \sigma_{rx}^* + \sigma_{rx}^{**} \leq \sigma_y \quad (5)$$

y 方向残留応力は、式(2)の σ_{ry}^* と、板曲げによる x 方向残留応力 σ_{rx}^{**} から生じる応力 $-\nu\sigma_{rx}^{**}$ とを加えればよいので次式のようにになる。

$$\sigma_{ry} = \sigma_{ry}^* - \nu\sigma_{rx}^{**} \leq \sigma_y \quad (6)$$

4. 提案した残留応力分布の妥当性 提案した円筒パネルの残留応力分布が妥当かどうかを調べてみる。実測モデルの曲率パラメータ $Z (= b^2 / hR) = 0, 15, 23.5$ と、ポアソン比 $\nu = 0.3$ に対して、それぞれの提案式による外面と内面の残留応力を実測値と比較すると図5～図10のようにになる。ただし、 $\sigma_{rc} = -0.3\sigma_y$ 、 $\sigma_{rt} = \sigma_y$ とした。理論値は実験値を若干異なる部分もあるが、全体の傾向はよく表されていることがわかる。

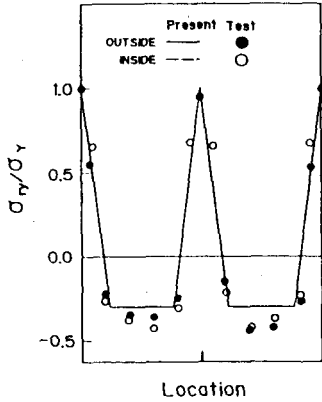


図 5 ($z = 0$)

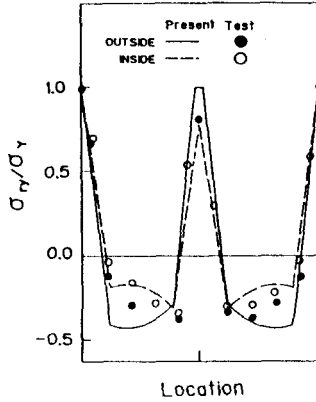


図 7 ($z = 15$)

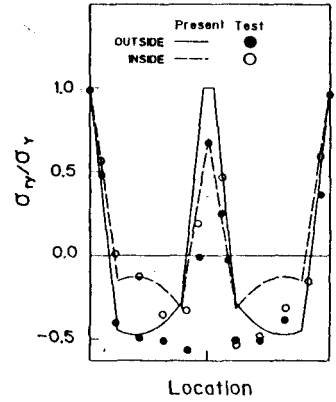


図 9 ($z = 23.5$)

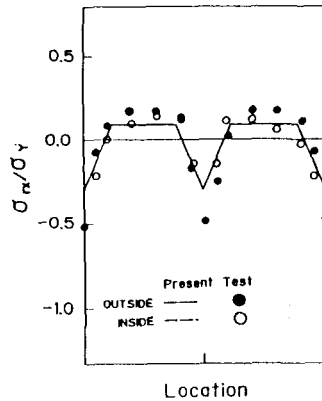


図 6 ($z = 0$)

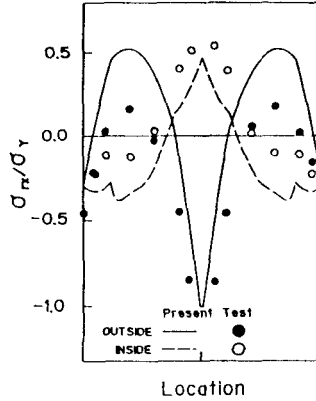


図 8 ($z = 15$)

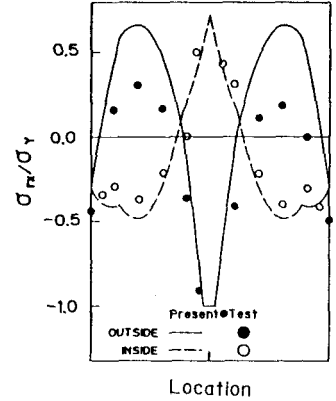


図 10 ($z = 23.5$)

1) 三上・松本・辻・田中：構造工学論文集，1990。

2) 三上・赤松・坂本・今田：土木学会関西支部年次学術講演会，1989。