I ～ 1

組合せ荷重を受ける円板の極限荷重

京都大学工学部　正員　小西一郎
京都大学工学部　正員　○守　國夫

1 まえがき

構造部材強度の向上あるいは合理的設計法の要求に伴って、部材の薄肉軽量化が進み極限設計においてもその解析に際して有限変位を考慮に入れる必要が生じ、従来取扱われてきたように膜力 せん断力の影響を無視できなくなってきた。

ここでは中央半径 α に剛なボス（boss）を有する円板に面外荷重を作用させ、曲げモーメントに対する膜力 せん断力の影響を、全板塑性域を仮定して検討を行う。

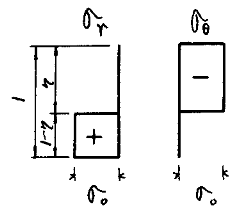
2. 曲げモーメントと膜力の組合せ荷重による極限荷重

i) 相互作用曲線

応力分布を図−1のように仮定する。m, n をそれぞれ曲げモーメント，膜力として

$$m_r = 2\eta(1-\eta) \quad , \quad n_r = 1-\eta$$

$$m_\theta = 2\eta(1-\eta) \quad , \quad n_\theta = -\eta$$



図−1

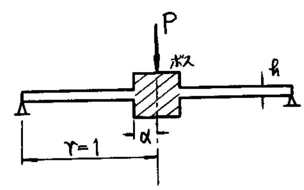
流れ法則を満足するような相互作用曲線として次式を得る。

$$f_1 = m_r + m_\theta + (n_r + n_\theta)^2 - 1 = 0 \tag{1}$$

ii) 釣合式

$$\frac{d(rn_r)}{dr} - n_\theta = 0 \ , \tag{3}$$

$$\frac{d(rm_r)}{dr} - m_\theta = -n_0 n_r r\frac{dw}{dr} - \frac{rS}{M_0} \tag{4}$$



図−2

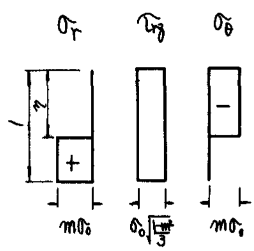
今 周辺単純支持とし、m_r を近似的に

$$m_r = 1 - \frac{r-\alpha}{r}\cdot\frac{P}{2\pi} \tag{5}$$

とおき、式(1),(3)より m_θ, n_r を求めて(4)式に代入し積分を行うと、曲げモーメント・膜力による耐荷力の近似解として次式を得る。

$$\frac{P}{P_L} = \frac{1-\alpha}{1-\alpha-\frac{\alpha}{2}(\ln\alpha)^2}\left\{1+\alpha\ln\alpha + \frac{1+\alpha}{4(1-\alpha)}(1+\alpha+\alpha\ln\alpha)\left(\frac{w_0}{h}\right)^2\right\} \tag{6}$$

3. 曲げモーメント・膜力およびせん断力の組合せ荷重による極限荷重



図−3

図−3を参照して

$$m_r = 2m\eta(1-\eta) \ , \quad n_r = m(1-\eta)$$

$$m_\theta = 2m\eta(1-\eta), \quad n_\theta = -m\eta, \quad q_{rz} = \sqrt{1-m^2} \qquad ここに\ q_{rz} = \frac{\tau_{rz}}{\tau_0}$$

相互作用曲線式は

$$f_2 = \sqrt{1-q_{rz}^2}\,(m_r+m_\theta) + (n_r+n_\theta)^2 - 1 + q_{rz}^2 = 0 \tag{7}$$

2. の場合と同様にして、

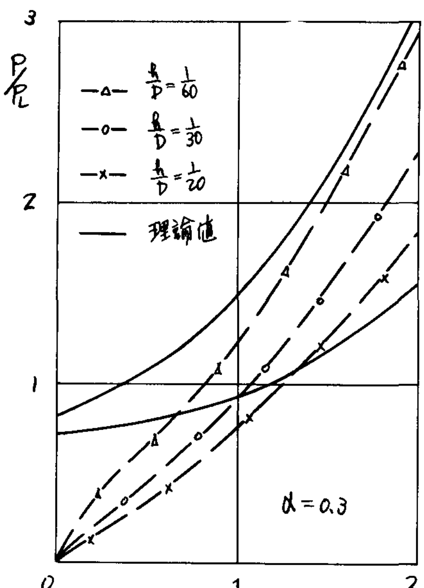
$$\frac{1}{6}\left(1-\frac{1}{\alpha^3}\right)X^4 + \left(1-\frac{1}{\alpha}\right)\left(2a^2+\frac{1}{2}\right)X^2 - \frac{2}{\sqrt{3}}\left\{2(1-\alpha) - \alpha(\ln\alpha)^2\right\}X$$
$$+1+\alpha\ln\alpha - \frac{a}{1-\alpha}\left(\frac{w_0}{h}\right)\left\{1-\alpha^2-2\alpha^2\ln\alpha\right\} = 0$$

$$ここに\ X = \frac{P}{2\pi\tau_0}, \quad a = -\frac{1+\alpha}{4(1-\alpha)}\cdot\frac{w_0}{h}$$

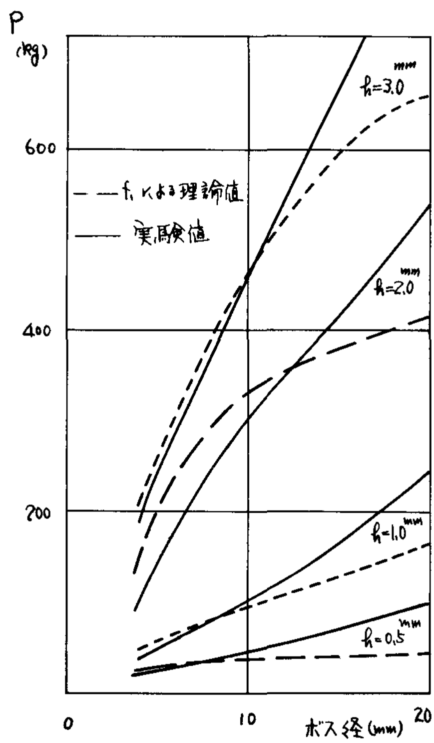
$P/P_L - w_0/h$ は上記4次方程式より求まる。

4. 実験結果および検討

径50^{mm}のアルミニウム円板による実験結果を下図に示す。図－4に荷重－変位，図－5にボス径－終局荷重を附した。理論曲線は、完全剛塑体材料とみなした値で、弾性変位を加えれば、多少勾配は変化する。これによると $w_0/h > 1$ の場合は曲げモーメントと膜力のみを考慮した解で、かなりの近似が期待できそうである。図－5では、ボス径の増大と共に、軸力の影響が減退し剪断力を考慮しなければならないと思われるが、ボス径との関連については今後追求する予定である。



図－4



図－5