

北海道大学 正 員 横道 英雄
 “ “ 角田 与史雄
 北海道電力 “ 浜田 賢一

1. 序 言

鉄筋コンクリート版の弾塑性解析法としては一般にJohansenの降伏線理論が用いられている。これは極めて容易に版の曲げ崩壊荷重に対する解を与える点に実用上著しい特長をもっているが、仮定する機構の型式の選び方になお問題を残しているほか、崩壊に至る過程を知ることができない欠点も有している。本研究は、鉄筋コンクリート版の弾塑性解析についての一般式を導き、等分布荷重を受ける4辺単純支持長方形版に対する数値計算をもとに、降伏線理論の再評価を試みたものである。

2. 解析方法

鉄筋コンクリート版の降伏条件としてここではJohansenのものを用いる。いま、 x および y 方向の直交配筋版を考え、各方向の降伏モーメントをそれぞれ $M_x^0 = \mu_x M_0$, $M_y^0 = \mu_y M_0$ とおけば、降伏条件は $|M_1| = M_0$ 。または $|M_2| = M_0$ となる。ここに

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= (M_x/\mu_x + M_y/\mu_y)/2 + \sqrt{(M_x/\mu_x - M_y/\mu_y)^2/4 + M_{xy}^2/\mu_x\mu_y} \\ M_2 &= (M_x/\mu_x + M_y/\mu_y)/2 - \sqrt{(M_x/\mu_x - M_y/\mu_y)^2/4 + M_{xy}^2/\mu_x\mu_y} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

なお、一般には正、負の鉄筋量が異なるので、上の値は正、負の場合について別に求める必要がある点に注意を要する。図-1は正、負の鉄筋量が等しい場合に対する降伏限界線および降伏関数を示したものである。

鉄筋コンクリート版は一般に異方性材料であり、弾性域における基本式は衆知のように

$$B_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y^2} + B_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^4} = \psi \quad (2)$$

また、塑性域における同様の関係は、荷重増分 $\Delta\psi$ に対して次の形の式として導くことができる；

$$\begin{aligned} \bar{B}_x \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^4} + \bar{D}_x \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2 \partial y^2} + 2\bar{H} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2 \partial y^2} + \bar{D}_y \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y^3} \\ + \bar{B}_y \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^4} = \Delta\psi \end{aligned} \quad (3)$$

ここに係数の内容は複雑であるのでここでは省略するが、弾性変形成分と断面力との関係、降伏条件および塑性変形成分に対する塑性ポテンシャル流れ法則より決定することができる。

3. 計算結果および考察

数値計算は、縦、横スパン比 $\alpha = l_y/l_x = 1, 2/3, 1/2$ の3種、および縦、横の降伏モーメント比 $\mu = \mu_y/\mu_x = 1, 1.5, 2$ の3種の組合め9種について行った。

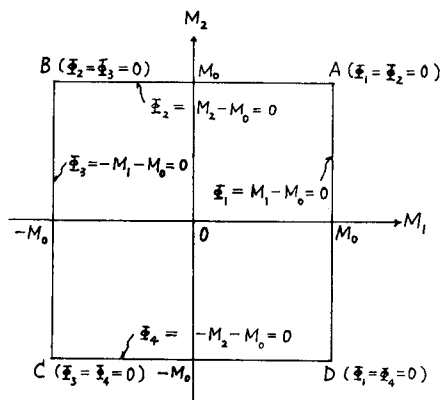


図-1

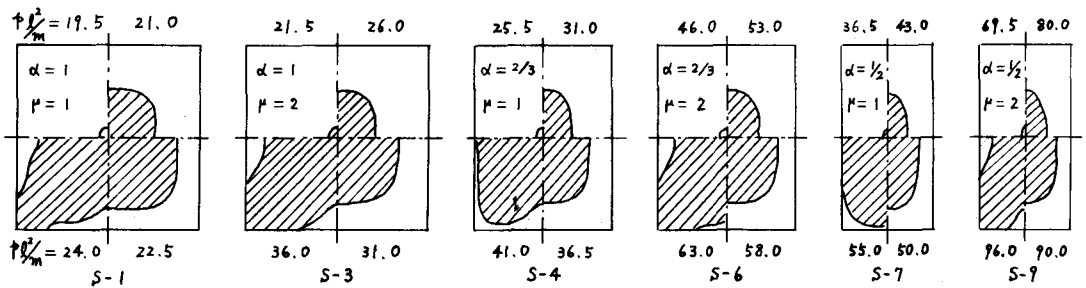


図-2

剛性の計算においては x 方向鉄筋比1%を基準にとり、また、数値解析には差分法を用い、対称性より版の1/4を縦、横5等分割して計算を行った。

版全体が弾性域にあるときの版中央点のモーメント値から推定した差分法による計算誤差は約10%以下であった。

図-2は荷重増加に伴う降伏領域の拡がり状況を示したものである。これより、まず版中央部が降伏した後、塑性領域はほぼ円形状の拡がりを示し、扇状機構に近い状況が見られるが、その後の発展は主として隅角部へ向って進み、一般に降伏線解析において仮定される図-5に示す機構と類似した傾向が見られる。

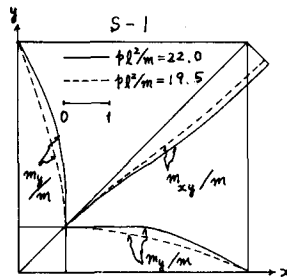


図-3

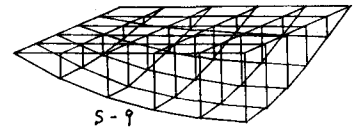


図-4

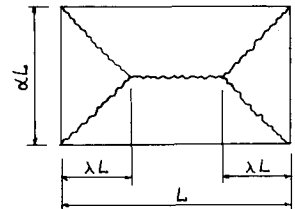


図-5

図-3は降伏後の断面力の分布状況を示した例であり、また、図-4はほぼ版全体に塑性領域が拡大したときのたわみ状況の一例を示したものである。

版全体が降伏したときの荷重は、版中央が最初に降伏したときの荷重の約1.25～1.7倍で達せられ、縦横スパン比に応じて鉄筋量と変えた場合に両者の差が小さい。この崩壊荷重を、図-5に示す機構と仮定するときの降伏線理論解；

$$\frac{p\ell^2}{m} = \frac{24\gamma^2}{(\sqrt{1+3\gamma}-1)^2}, \quad \gamma = \frac{\mu}{\alpha^2} \quad (4)$$

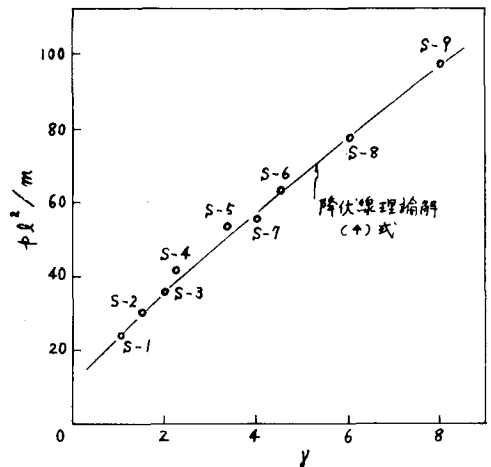


図-6

と比較すれば、図-6に示すように両者の間の差異はほとんど見られない。このように、実際には面的な拡がりをもつ降伏領域を、これらを代表する数本の線に置換するという粗い近似にもかかわらずその崩壊荷重に対する影響が非常に小さいことは、降伏線理論の実用上において非常に有利な性質である。