

名古屋工業大学 正員 松浦 聖
○大学院 森 賢治

まなび 支保構造は固定のいわゆるバスケット・ハンドル型式のアーチに、等分布満載荷重が、鉛直下向きに加えられるとき、かかるアーチの崩壊荷重も、とくにテーパーの角度 α の変化による影響に着目して、解析的に求めた。解析の便宜から、その主構は半弧アーチで、また完全剛塑性体から構成されその断面も一様な長方形断面と考えている。崩壊荷重の算定には降伏状態節を想定して、いわゆる仮想仕事の原理を用いて、その上界を求めた。またとくに断面力として軸力、ねじりモーメント、面内曲げモーメントおよび面外曲げモーメントの4つを考え、したがって4次元降伏多面体なる概念を考慮して算定している。

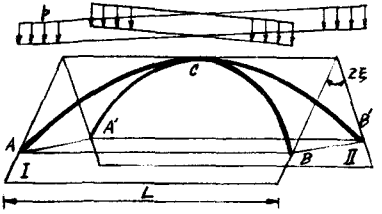


図-1 アーチ見取図

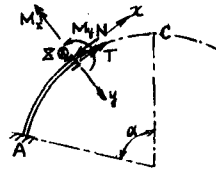
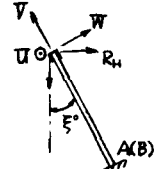


図-2 断面力(面I)



$$\lambda_i = \frac{N_0}{M_{0y}} \Delta_i, \quad \Delta_i = \frac{M_{0y}}{N_0} \lambda_i = 2Lh\lambda_i; \quad q_i = \frac{M_{0x}}{M_{0y}} \phi_i, \quad \phi_i = \frac{M_{0x}}{M_{0z}} q_i = \kappa q_i; \quad \psi_i = \frac{T_0}{M_{0y}} \psi_i, \quad \psi_i = \frac{M_{0y}}{T_0} \psi_i = \delta \psi_i \quad (5)$$

$$z = 1, \quad h = H/4L, \quad \kappa = H/B = H/L \cdot L/B, \quad \delta = 3\kappa^2/3\kappa - 1 \quad (6) \quad \text{さて、内部仕事 } W_i \text{ は式(7)}$$

$$W_i = M_{0y} [4(m_{y1}\theta_1 + m_{y2}\phi_1 + n_{y1}\lambda_1 + t_{y1}\psi_1) + 4(m_{y2}\theta_2 + m_{y3}\phi_2 + n_{y2}\lambda_2 + t_{y2}\psi_2) + 2(m_{y3}\theta_3 + m_{y4}\phi_3 + n_{y3}\lambda_3 + t_{y3}\psi_3)] \quad (7)$$

一方また負載される等分布荷重の強度を p とすると、外部仕事 W_e はつぎの式(8)で算定される。

$$W_e = 2pL^2 [-\theta_1 \sin \alpha \cos \xi + \kappa \phi_1 \sin \alpha \{\sin(\alpha - \beta) + \sin \beta\} \sin \xi + \frac{2Lh}{p} \lambda_1 \cos \xi \sin \alpha (\sin \alpha + \sin \beta) - \theta_2 \sin \beta \cos \xi + \kappa \phi_2 \sin \beta \sin \xi + \frac{4Lh}{p} \lambda_2 \sin \beta \cos \xi] \quad (8)$$

よって仮想仕事の原理により、式(7)と式(8)から崩壊荷重 p は算定される。ここで $\theta_i, \phi_i, \lambda_i$ および ψ_i の間には降伏条件を満足し、さらに塑性の応力ひずみ法則すなわち塑性流動の法則式(9)を考慮する必要がある。

$$\theta_i = \mu_i \frac{\partial F}{\partial m_{yi}}, \quad \phi_i = \mu_i \frac{\partial F}{\partial m_{xi}}, \quad \lambda_i = \mu_i \frac{\partial F}{\partial n_{yi}}, \quad \psi_i = \mu_i \frac{\partial F}{\partial t_{yi}} \quad (9)$$

ここに μ_i は降伏関数、 μ_i は止のスカラ量である。結局崩壊荷重は式(7)と式(8)の曲係を考慮して計算すればよい。

3 降伏条件、降伏関数

m_x, m_y, n および t の断面力4つを考慮するとき、降伏条件は図-5に対し、つぎの式(10)のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} 5-a. \quad m_y \sqrt{1-t^2} + \frac{3}{4} m_x^2 + n^2 t^2 &= 1; & 5-b. \quad \frac{3}{4} m_y^2 + m_x \sqrt{1-t^2} + n^2 t^2 &= 1; \\ 5-c. \quad -m_y \sqrt{1-t^2} + \frac{3}{4} m_x^2 + n^2 t^2 &= 1; & 5-d. \quad \frac{3}{4} m_y^2 - m_x \sqrt{1-t^2} + n^2 t^2 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

4 4次元降伏多面体

(1) 降伏条件の多面体近似 問題を解くのに降伏条件式(10)を折平面近似で置き換えると便利である。さう2次元・降伏曲線は円に、3次元の降伏曲面は球に近いことより、4次元の降伏曲面は $x^2 + y^2 + z^2 + w^2 = 1$ を満足する、いわゆる4次元の球に近いと類推できよう。そこで、さらにその球に内接する近似多面体と近似降伏多面体であるとまず考えることにする。いま第1象限に例

をとり、3次元といえば図-6のように真中のA点と各軸の頂点とをそれぞれ結んでできる平面(1象限に3平面)からなる24面体を、4次元ではこのA点に対応してA'点($x=y=z=w$ の点)、(0.5, 0.5, 0.5, 0.5の点)と4つの各軸の頂点とを結んでできる、いわゆる超平面よりなる64面体(1象限に4平面×16象限)も考慮することとする。

(2) 近似降伏多面体の方程式 (1)では4次元の球に内接する多面体について考察したが、いさ言っている問題の近似降伏多面体の方程式は、実は球に内接するのではなく、球に近いと考えるべきだから、A'点として式(10)より降伏曲面上の点を求めて補正をすれば、降伏曲面に対する近似降伏多面体の64個の超平面の方程式が得られる。

5 数値計算

数値計算をする場合、塑性ヒンジが降伏多面体上のどこにあるか、さらにヒンジ2の位置(β は未定)はどこかを定め、最も上界として画した近似崩壊荷重は電子計算機を使って数多くの試算により決定した。無次元化した崩壊荷重を $F \equiv PL^2/M_{0y}$ とすると、この F に影響を与える独立変数は $h/L, H/L, B/L$ および α の4つである。計算の結果からは、ライズ比 h/L の減少に伴い、また $H/L, B/L$ の増大に伴い、 α 、テーパの角度 α が増大すれば、崩壊荷重は减小傾向にある。

