I-155 側方荷重の影響を考慮した鋼アーチの面内耐荷力

東北大学 正員 矢吹 哲哉

東北大学 正員 倉西 茂

1 まえがき

本論文は2主桁鋼アーチの面内耐荷力を、側方荷重の影響を付加応力の形で考慮することにより求めた。従って変形の影響は面内変形のみ考慮している。微小荷重増分間では荷重と変形との関係は線形関係にあると仮定して求め、変形後のつりあいを満足するまで逐次近似計算法により変位を修正することにより変形の影響および変形に伴う部材剛性の変化の影響を計算している。

2 解析の基本式

解析は一般的に用いられる変形法をもとにして行った。要素内に貯えられるポテンシャルエネルギーの増分量を次式の形で与える。

$$\Delta U = \int_0^l \int_A \sigma_0 \Delta\varepsilon \, dA\, dx + \frac{1}{2}\int_0^l \int_A \Delta\sigma \Delta\varepsilon \, dA\, dx \quad ここに \quad \left.\begin{aligned} \Delta\varepsilon &= \Delta u' + v_0' \Delta v' - y\Delta v'' + \frac{1}{2}\Delta v'^2 \\ \Delta\sigma &= E(1-e)(\Delta\varepsilon_0 - \Delta v'' y) \quad ※1 \\ e &= \frac{\sigma_0^2}{9\tau_0^2/2(1+\nu) + \sigma_0^2} \end{aligned}\right\} \quad — ①$$

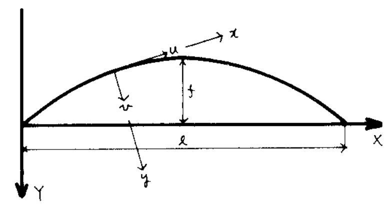
ここに σ_0, τ_0 は前段階での直応力および剪断応力を示し、側方荷重による変形量に応じた応力を初期応力として考慮する。

変位関数として次式を仮定し

$$\Delta u = d_1 + d_2 x, \quad \Delta v = d_3 + d_4 x + d_5 x^2 + d_6 x^3 \quad — ②$$

①式に代入してまとめ、次式により部材剛性マトリックスを求める。

$$K_{ij} = \frac{\partial^2 \Delta U}{\partial \delta_i \partial \delta_j}, \quad (\delta: 節点変位増分) \quad — ③$$



3 側方荷重による変形量に応じた応力

側方の変形に対してはアーチ軸線は円弧に近似して取り扱う。側方荷重 q による端モーメント M_A は次式で与えられる。※2

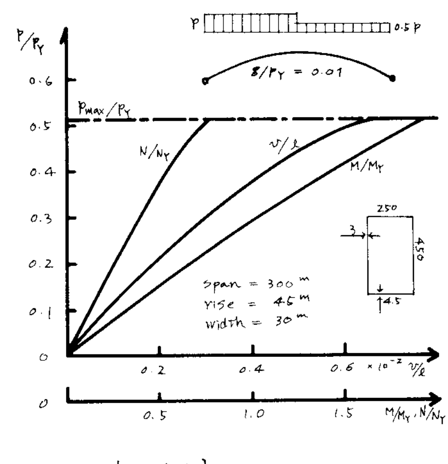
$$M_A = m\, q R^2 \quad — ④$$

ここに m はアーチの面外剛性および幾何形状で決まる定数で、閉じた断面の場合で $m = 0.10 \sim 0.15$ 程度の値である。アーチリブに働く y 軸まわりの曲げによる直応力 σ_n とねじり変形による直応力 σ_w および剪断応力 q_τ は次式で与えられる。

$$\sigma_n = \pm \frac{qR^2}{A b \sin\alpha}\left[(1-m)\{\sin(\alpha-\varphi)+\sin\varphi\} - \sin\alpha\right]$$

$$\sigma_w = \pm \frac{qR^2}{Ab}\left[C_1(1-m)\left\{\frac{\sinh\mu(\alpha-\varphi)+\sinh\mu\varphi}{\sinh\mu\alpha} - \frac{\sin(\alpha-\varphi)+\sin\varphi}{\sin\alpha}\right\} + C_2\left\{1 - \frac{\sinh\mu(\alpha-\varphi)+\sinh\mu\varphi}{\sinh\mu\alpha}\right\} + m\frac{\sinh\mu(\alpha-\varphi)+\sinh\mu\varphi}{\sinh\mu\alpha} + \frac{(1-m)\{\sin(\alpha-\varphi)+\sin\varphi\} - \sin\alpha}{\sin\alpha}\right]$$

$$q_\tau = \pm \frac{qR^2 C_3}{b^2 F}\left[C_3(m-1)\left\{\frac{\cosh\mu(\alpha-\varphi)-\cosh\mu\varphi}{\mu\sinh\mu\alpha} + \frac{\cos(\alpha-\varphi)-\cos\varphi}{\sin\alpha}\right\} + C_2\left\{\varphi + \frac{\cosh\mu(\alpha-\varphi)-\cosh\mu\varphi}{\mu\sinh\mu\alpha}\right\} + m\frac{\cosh\mu\varphi-\cosh\mu(\alpha-\varphi)}{\mu\sinh\mu\alpha} + \frac{(1-m)\{\cos(\alpha-\varphi)-\cos\varphi\} - \varphi\sin\alpha}{\sin\alpha} - \frac{C_2+\alpha}{2}\right]$$



$$C_1 = (1+4GJ_T/EAb^2 + I/AR^2)/(I/R^2A + 4GJ_T/EAb^2), \quad C_2 = 1 + EAb^2/4GJ_T, \quad C_3 = GJ_T/EA$$

これらの応力を初期応力として取り扱うことにより計算は線形近似して行うことができる。図−2に面内半載、面外等分布荷重が載ったときの計算例を示す。《参考文献：※1 第30回講演概要集 I−74，※2 土木学会論文集 No.73》