

I-4

上路式ローゼの行列による解析

石川島播磨重工業株式会社橋梁設計課 正員 ○ 原 公
同 正員 下瀬健雄

1. 概 要

従来高次の不静定構造物を考える場合、一般に近似計算法が用いられ、しかも複雑な計算法であつた。最近デジタル電子計算機が構造物解析に盛んに利用されていることに注目し、この解析においても、電子計算機を使用することを前提にして高次の不静定構造物である上路式ローゼ桁をエネルギー法を用いて解くことを試みた。その際ほとんどすべての式とその誘導を行列の形で表わし、式の意味を視覚的に理解しやすくした。

まず計算の方法を簡単にのべると、

- (1) まず排対称径間を有する3径間の上路式ローゼ桁を第1図のごとく、2つの基本系に分け上部桁とアーチとする。
- (2) 次に不静定力としてこの2つの系を結ぶ支柱の応力とアーチの水平反力を選ぶ。
- (3) 2つの静定系の断面力と変形の影響値をすべてあきらかにしておき、エネルギー法により外力との釣合から不静定力に関する多元連立1次方程式を導き、各荷重に対する解を求め、行列の形で表わしておく。
- (4) この不静定力の行列を各系の断面力、変形の影響値に乗ずることにより、各点の外力に対する断面力、変形の影響値を得る。

2. 計 算 式

まず基本系の断面力、変形影響値を求めておく。例えば基本系上部桁、基本系アーチのたわみは次のように表わされる。

$$\text{上部桁のたわみ } [\delta_{hi}^*] = [M_{hi}^*] \left[\frac{\lambda}{EI} \right] [M_{ih}^*]$$

アーチのたわみ

鉛直荷重に対して

$$[\delta_{hi}^a] = [M_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EI \cos \theta} \right] [M_{ih}^a] + [N_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EA \cos \theta} \right] [N_{ih}^a]$$

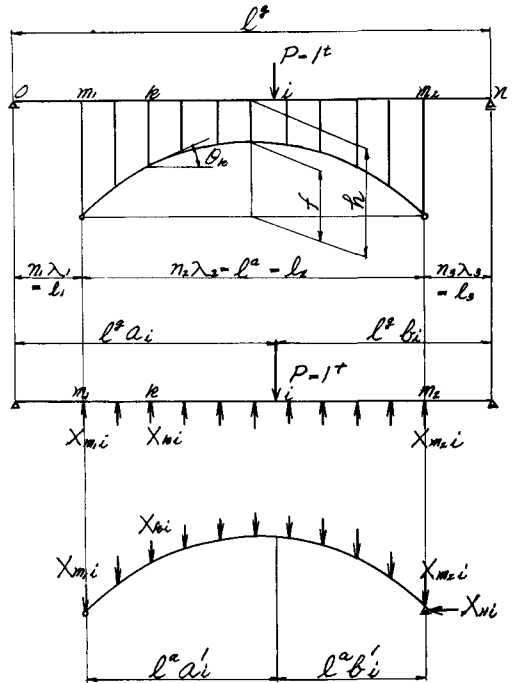
水平荷重に対して

$$[\delta_{hi}^a] = [M_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EI \cos \theta} \right] [M_{ih}^a] + [N_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EA \cos \theta} \right] [N_{ih}^a]$$

基本系アーチの水平荷重による支点の移動量。

$$[\delta_{hi}^a] = [M_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EI \cos \theta} \right] [M_{ih}^a] + [N_{hi}^a] \left[\frac{\lambda_z}{EA \cos \theta} \right] [N_{ih}^a]$$

他の断面力も同様に示される。次にこれらの変形の影響値を用いて不静定力に関する多元連立方程式を導く。即ち



第1図

$$[\delta][X] = P[\delta_{ki}] \quad (\delta = 1, 2, \dots, n)$$

この方程式を解いて不静定力に関する行列を作ると次のようになる。

$$[X_{ki}] = \begin{bmatrix} X_{k1} & \dots & X_{kn-1} \\ \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn-1} \end{bmatrix}, \quad [X_{ki}] = \begin{bmatrix} X_{k1} & \dots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \dots & X_{kn-1} \end{bmatrix}$$

従つて上路式ローゼ桁の断面力，変形はこれらの不静定力の行列 $[X_{ki}]$ ， $[X_{ki}]$ を用いて表わすことができる。次に上部桁曲げモーメント，たわみ，アーチ曲げモーメントを例として示す。

$$\text{上部桁曲げモーメント} \quad [M_{ki}] = [M_{ki}^0] - [0 \dots 0 X_{ki} 0 \dots 0] [M_{ki}^0]$$

$$\text{上部桁たわみ} \quad [\delta_{ki}] = [\delta_{ki}^0] - [0 \dots 0 X_{ki} 0 \dots 0] [\delta_{ki}^0]$$

$$\text{アーチ曲げモーメント} \quad [M_{ki}] = [X_{ki}] \begin{bmatrix} 0 \\ M_{ki}^a \\ 0 \end{bmatrix} + [X_{ki}] \begin{bmatrix} M_{ki}^a \\ \vdots \\ M_{ki}^a \end{bmatrix}$$

3. 計算式

以上上路式ローゼ桁の計算式について述べた。次に基本的に数値を与え電子計算機を用いて計算をした結果を示し，その問題となる点を述べておく。

計算の対象として不等径間を有する3径間の逆ローゼ桁を取りあげる。計算に必要な数値は次のとおりである。

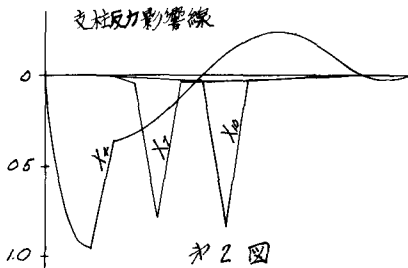
$$n_1 = 4, \quad n_2 = 12, \quad n_3 = 4, \quad \lambda_1 = 515.0 \text{ cm}, \quad \lambda_2 = 966.66 \text{ cm}, \quad \lambda_3 = 565.0 \text{ cm}, \quad E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2,$$

$$f = 1600.0 \text{ cm}, \quad \text{アーチの形状 - 円形}, \quad I = 1,890,252 \text{ cm}^4, \quad I' = 7,467,303 \text{ cm}^4$$

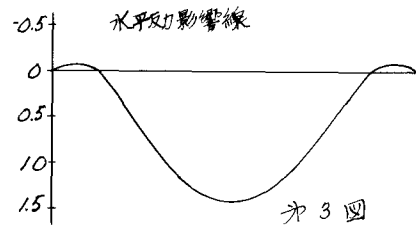
$$A' = 1049.3 \text{ cm}^2, \quad A_{m1}^p = A_{m2}^p = 148.8 \text{ cm}^2, \quad A_{m1+1}^p \sim A_{m2-1}^p = 99.73 \text{ cm}^2, \quad h = 1635.5 \text{ cm},$$

計算結果は代表的なもののみとりあげ，グラフで示すことにする。

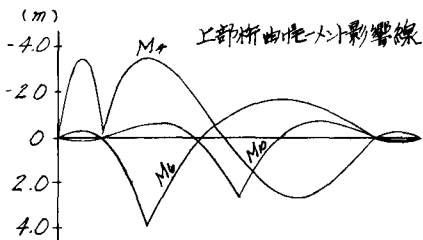
(第2図～第5図) 第2図は不静定力の影響線である。ここで注目すべき点は端柱 X_5 とアーチ支間部の支柱 $X_7 \sim X_{14}$ の曲線の対照的な違いである。端柱の影響線は複雑で全長に亘り変化している，即ち着目位置より離れた点の荷重の作用を受ける。一方中間の支柱に対する荷重の作用はほとんど支柱両側径間からだけでその最大値は0.8位である。



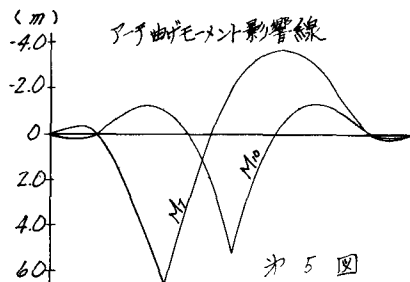
第2図



第3図



第4図



第5図