

1. まえがき. アーチの基礎地盤には通常強固な岩盤が坐せられるから、一般に基礎の変形の影響に及ぼす影響は小さいとしてこれを無視してゐる。しかしどんな場合でも基礎の変形を無視できるとは限らないから、どのような条件下でこれを無視でき、またどのような程度で水の影響するかのおよその目安を数値的につねにすることは重要な問題である。アーチの基礎地盤の変形を考慮した解法としては、すでにアーチの設計および K. Osladen, B. Gooch⁽¹⁾ などの提案したものが厳密な解法であるが、ここでは、基礎地盤の変形性状を示すパラメーターとして反力係数を用いた解法および基礎の変形がアーチの応力に及ぼす影響の程度を判断する簡便な方法について述べる。

2. 解法概要. 図-1のようには弾性重心で切

断されに突出したばり基本静定系に置き、弾

性重心での静定断面力を M_0, N_0, S_0 とし、

基礎の回転、水平、垂直変位を $\delta_\theta, \delta_H, \delta_V$ と

する。任意の断面力は次のように与える。

$$M = M_0 + M_0' - N_0' y - S_0' z, \quad N = N_0 + N_0' \cos \theta + S_0' \sin \theta,$$

$$S = S_0 - N_0' \sin \theta + S_0' \cos \theta. \quad \text{ここに } M_0, N_0, S_0$$

は基本静定系の荷重による断面力である。

この解法における未知量は弾性重心での静定断面力 M_0, N_0, S_0 と基礎の変位 $\delta_\theta, \delta_H, \delta_V$ と $\delta_{\theta A}, \delta_{\theta B}, \delta_{H A}, \delta_{H B}, \delta_{V A}, \delta_{V B}$ の計9個である。これらの未知量を決定する6つの弾性方程式は図-1を参照して次の式とされる。

$$\frac{\partial W}{\partial M_0} = -(\delta_{\theta A} + \delta_{\theta B}), \quad \frac{\partial W}{\partial N_0} = -(\delta_{H A} + \delta_{H B} - y_A \delta_{\theta A} - y_B \delta_{\theta B} - E \delta_\theta), \quad \frac{\partial W}{\partial S_0} = -(\delta_{V A} + \delta_{V B} - z_A \delta_{\theta A} - z_B \delta_{\theta B}),$$

$$M_A = R_A J_A \delta_{\theta A}, \quad M_B = R_B J_B \delta_{\theta B}, \quad R_{H A} = R_{H A} A_{H A} \delta_{H A}, \quad R_{H B} = R_{H B} A_{H B} \delta_{H B}, \quad R_{V A} = R_{V A} A_{V A} \delta_{V A}, \quad R_{V B} = R_{V B} A_{V B} \delta_{V B}.$$

ここに、 $W = \int \frac{M^2}{2EI} ds$, E : 弾性係数, t : 温度, R : 基礎座面に直前方向の地盤の反力係数 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$),

J : 基礎座面の断面二次モーメント, R_H : 基礎地盤の水平方向の反力係数 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $\frac{\text{kg}}{\text{cm}}$),

A_H : 基礎座面の水平投影面積, R_V : 基礎地盤の垂直方向の反力係数 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$), A_V : 基礎座面の垂直投影面積,

EI : アーチの曲げ剛性, R_H, R_V : 反力の水平、垂直反力。これらの弾性方程式をまとめると表-1に示すような3元連立方程式となる。ただし $\beta = \frac{EI}{EI}$, E, I : C 点の曲げ剛性とす。

表-1

M_0	N_0	S_0	右辺
$\int \beta ds + E I_0 \left(\frac{1}{R_A J_A} + \frac{1}{R_B J_B} \right)$	$-E I_0 \left(\frac{y_A}{R_A J_A} + \frac{y_B}{R_B J_B} \right)$	$-E I_0 \left(\frac{z_A}{R_A J_A} + \frac{z_B}{R_B J_B} \right)$	$-\int \beta M_0 ds - E I_0 \left(\frac{M_{\theta A}}{R_A J_A} + \frac{M_{\theta B}}{R_B J_B} \right)$
$-E I_0 \left(\frac{y_A}{R_A J_A} + \frac{y_B}{R_B J_B} \right)$	$\int \beta y ds + E I_0 \left(\frac{1}{R_{H A} A_{H A}} + \frac{1}{R_{H B} A_{H B}} + \frac{y_A^2}{R_A J_A} + \frac{y_B^2}{R_B J_B} \right)$	$E I_0 \left(\frac{z_A y_A}{R_A J_A} + \frac{z_B y_B}{R_B J_B} \right)$	$\int \beta y M_0 ds - E I_0 \left(\frac{R_{H A}}{R_{H A} A_{H A}} + \frac{R_{H B}}{R_{H B} A_{H B}} - \frac{y_A M_A}{R_A J_A} - \frac{y_B M_B}{R_B J_B} \right)$
$-E I_0 \left(\frac{z_A}{R_A J_A} + \frac{z_B}{R_B J_B} \right)$	$E I_0 \left(\frac{z_A y_A}{R_A J_A} + \frac{z_B y_B}{R_B J_B} \right)$	$\int \beta z ds + E I_0 \left(\frac{1}{R_{V A} A_{V A}} + \frac{1}{R_{V B} A_{V B}} + \frac{z_A^2}{R_A J_A} + \frac{z_B^2}{R_B J_B} \right)$	$\int \beta z M_0 ds - E I_0 \left(\frac{R_{V A}}{R_{V A} A_{V A}} + \frac{R_{V B}}{R_{V B} A_{V B}} - \frac{z_A M_A}{R_A J_A} - \frac{z_B M_B}{R_B J_B} \right)$

なおこの解法において、 $R = R_H = R_V = \infty$ とおけば支束が固定、 $R = 0$, $R_H = R_V = \infty$ とおけば支束がヒンジの条件となる。

3. 対称パラボラアーチ. 図-2に示すような対称パラボラアーチの任意点 ($x = \xi$) に単位垂直

荷重が作用したとき、および一様温度変化時の連立方程式は表-2, 3 のようになる。一様温度変化時についで解いて、変位におけるモーメントの固定時のモーメントに対する比 ν を求めるとき次式のようになる。

$$\nu = \frac{1}{1 + \frac{12}{p} \left\{ 1 + \frac{15(p+2)J}{8f^2 A_H B P} \right\}}$$

ここに、 $p = \frac{EJ}{E_0 I_0}$, $\rho = \frac{E_0 I_0}{EJ}$ である。この式において一般

に $f^2 A_H \gg J$, $p+2 \approx 8p$ であるから $\nu = \frac{p}{12+p}$ となる。

すなわち基礎の回転変位が応力に及ぼす影響に比べて水

平変位の影響は無視できるといえる。したがってパラボラアーチの一様温度変化時に基礎地盤の変形が変位のモーメントにどのように影響するかは、地盤の反力係数、基礎の寸法、アーチの曲げ剛性をおよびスパン長によって定まる無次元数 p を用いて ν の値から簡単に判断できる。これをグラフに示すと、図-2 のようになる。これより $p=100 \sim 200$ 以下になると基礎の変形が応力に大きな影響を与えることがわかる。

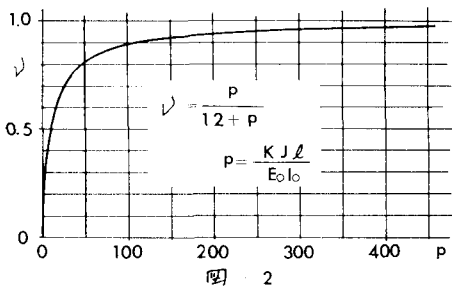


図-2

図-3には橋脚の断面寸法 1.5^m (高さ) $\times$ 3^m (巾)、基礎寸法 $3^m \times 6^m$ の鉄筋コンクリートアーチについて、 $E = E_H = E_0 = 5000 \text{ kg/cm}^2$ として、中央定単位等直荷重時および一様温度変化時のモーメント分布を基礎固定時と比較して示す。なおこの計算例は $p=19$, $\nu \approx 0.6$ である。

4. 結論 上記 ν はパラボラアーチの一様温

度変化時にける基礎地盤の変形の影響を数値係数とあるが、どのような形状をとったアーチにおける基礎地盤の変形の影響を知るためにもこの ν を利用すれば、およそその影響度合い目安は得られるものと思われる。したがってまず ν によって判断し、影響がどのくらいあれば2.9方法で計算する。

参考文献 (1) アメリカ合衆国内務省開港局編、井田至春訳：アーチ橋、辰島出版部、1958。

(2) K. Cpladen: Über den Biegespanngrad einer Stütze im Fundament, Beton und Stahlbetonbau, Feb. 1960

(3) L. Horchy und Balazs, Z. Beitrag zur elastischen Stützung von Bauwerken, Beton und Stahlbetonbau, Jan. 1961

表-2

M_G	N_G	S_G	T_G	L_G
$l + \frac{2E_0 I_0}{EJ}$	$\frac{4E_0 I_0 f}{3EJ}$		$(\frac{l}{2} - f)(\frac{l}{4} - \frac{f}{2} + \frac{E_0 I_0}{EJ})$	
$\frac{4E_0 I_0 f}{3EJ}$	$\frac{4f^2}{45} + 2E_0 I_0 (\frac{1}{E_0 I_0} + \frac{4f^2}{EJ})$		$\frac{f}{3} (\frac{l}{4} - \frac{f}{2}) - \frac{2E_0 I_0 f}{3EJ} (\frac{l}{2} - f)$	
		$\frac{E_0 I_0}{12} (l^2 - \frac{2}{3} l f + \frac{f^2}{3}) + \frac{E_0 I_0}{3EJ} (\frac{l^2}{2} - \frac{2}{3} l f + \frac{f^2}{3})$	$-\frac{1}{12} (l^2 - \frac{2}{3} l f + \frac{f^2}{3}) + \frac{E_0 I_0}{EJ} - \frac{E_0 I_0 f}{3EJ} (\frac{l}{2} - f)$	

表-3

M_G	N_G	T_G
$l + \frac{2E_0 I_0}{EJ}$	$\frac{4E_0 I_0 f}{3EJ}$	
$\frac{4E_0 I_0 f}{3EJ}$	$\frac{4f^2}{45} + 2E_0 I_0 (\frac{1}{E_0 I_0} + \frac{4f^2}{EJ})$	$E_0 I_0 l$

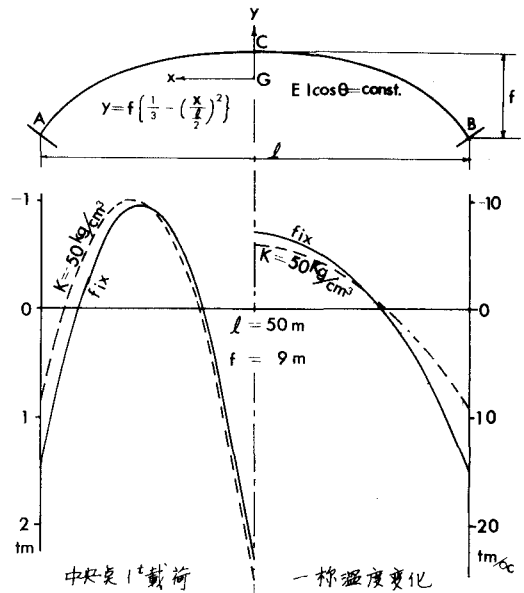


図-3