

上路式補剛アーチ橋におけるクラウンの 水平拘束による水平反力などの挙動

熊本大学 正員 吉村虎蔵

佐伯鶴城高 庄司清美

同 学生員 筒井光男

はじめに

アーチ系の橋梁では多くの場合、逆対称1次の振動数が対称1次の振動数よりも低く、このため活荷重に対しては、 $\frac{l}{2}$ 点のたわみよりも $\frac{l}{4}$ 点付近のたわみの方が大きく、橋の剛性を低下させることが多い。このようであるから、アーチの水平変位を拘束したときの固有値の解析法・固有値の変化・たわみ剛性の変化などについての研究を進めて来た。⁽¹⁾⁽²⁾しかしながらこれまでは、1つの構造モデルについてのみであったので、ここでは、アーチの水平変位の拘束のために、その水平拘束力などどのような挙動を示すか、あるいはたわみ剛性がどのような変化をするかなどについて、必要ないくつかの無次元量をパラメーターに選んで、その挙動を調べた結果について報告する。

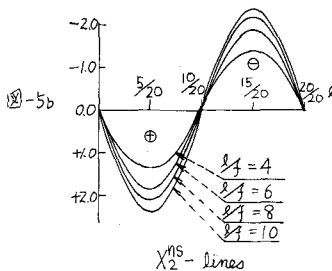
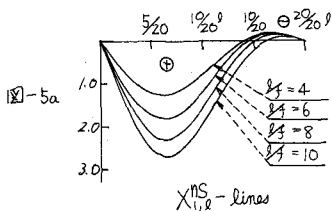
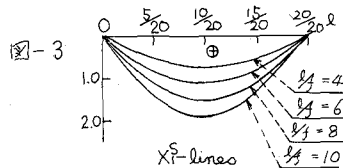
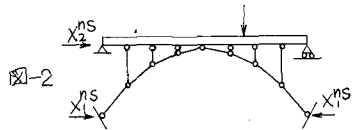
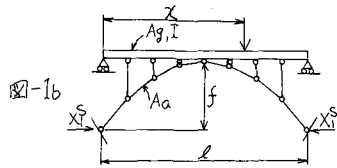
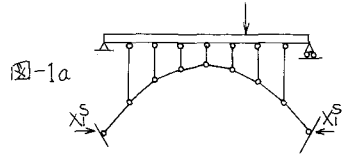
1. 解析の方法

ここでは上路式補剛アーチ橋を取上げるが、このモデルによって得られた結果を、ローゼ橋、2ヒンジアーチ橋、吊橋などへ適用することは容易であろうと思われる。通常の上路式補剛アーチ橋は図-1aあるいは図-1bのモデルによって設計架設される。このモデルではアーチクラウンは、鉛直荷重によって生じる水平変位の拘束をうけない。このときアーチ支点の水平反力を X_1^S と記すことにしよう。 X_1^S の影響線およびたわみの影響線は次式によって示される。

$$X_1^S = \frac{r - 2r^3 + r^4}{\frac{1}{2} \left(\frac{8}{5} + 3 \frac{1}{A_a f^2} \left(\frac{r}{f} \right)^2 \left\{ 1 + 8 \left(\frac{r}{f} \right)^2 + 19.2 \left(\frac{r}{f} \right)^4 \right\} \right)}, \quad y_1^S = y_0 - y_1 X_1^S \quad \dots\dots(1)a, (1)b$$

ただし l : スパン、 f : ライズ、 I : 補剛桁の断面2次モーメント、 A_a : アーチ部
の断面積、 y_0 : 単純1ばりのたわみ、 y_1^S : 水平拘束のない場合の
たわみ、 $r = \frac{x}{l}$ 、 y_1^S : $X_1^S = -1$ のときのたわみ

X_1^S は $(\frac{r}{f})$ と $(\frac{r}{A_a f^2})$ と2つの無次元量をもつが、これら2つパラメーターの代りに、 $(\frac{r}{f})$ と $(\frac{r}{f})^2$ とを用いて X_1^S の挙動をしらべた方が理解が容易なようである。図-1bのモデルの補剛桁の左支点を不動に改造して、アーチクラウンに水平変位の拘束を与えると、図-2のようになる。アーチ支点の水平反力は、左と右では異なるから、それぞれ $X_{1,L}^{NS}$ 、 $X_{1,R}^{NS}$ と記し、補剛桁の左支点における水平反力を X_2^{NS} と記すことにする。力および変



位は図の矢印方向を正とする。このときの水平反力と変形の式は次式で示される。

$$X_2^{ns} = \frac{\pm(R-8R^3+8R^4)}{\frac{2}{5}(\frac{1}{f})\left[1+30(\frac{1}{f})^2\frac{1}{Aa^2}\left\{2\frac{Aa}{A_g}+1+8(\frac{1}{f})^2+19.2(\frac{1}{f})^4\right\}\right]} \quad \dots\dots\dots (2)a$$

$$X_1^{ns} = X_1^s \pm \frac{1}{2}X_2^{ns}, \quad y_2^{ns} = y_1^s - y_2^s X_2^{ns} \quad \dots\dots\dots (2)b, (2)c$$

式(2)a, (2)bの+, -はそれぞれア-4の左, 右で区別する, $y_2^s: X_2^{ns} = -1$ のときのたわみ, y_2^s : 水平変位と拘束する場合のたわみ, A_g : 補剛材の断面積

X_2^{ns} に関する無次元パラメータは式(1)における $\frac{1}{f}, \frac{1}{f}$, の他に $2\frac{Aa}{A_g}$ が加わることになる。

2. 水平反力の挙動について

図-1の X_1^s の影響線の例を図-3に示す。 X_1^s の面積あるいは死荷重反力および等分布活荷重満載時の反力の挙動を図-4aに示す。 $(\frac{1}{f})$ の代りに $(\frac{1}{f})$ を横軸にとると X_1^s と $(\frac{1}{f})$ はほぼ直線的な関係があり, $(\frac{1}{f})$ の影響はほとんどみられない。すなわち式(1)分母2項の効果はよく知られているように極めて小さい。図-2のモデルの $X_{1,2}^{ns}$ と X_2^{ns} の影響線の例を図-5a,bに示す。 $X_{1,2}^{ns}$ -線は X_1^s -線のようにもはや対称にならない。 X_2^{ns} -線は逆対称である。死荷重については $X_1^{ns} = X_1^s$ であり, また $X_2^{ns} = 0$ となる。等分布活荷重については, X_1^{ns} の正の面積, X_2^{ns} の正の面積と上記の3つのパラメータ - $(\frac{1}{f})$, $(\frac{1}{f})^2$, $(2\frac{Aa}{A_g})$ との関係をみればよい。これらを図-4a,b,cに示す。図-4では X_1, X_2 は $\frac{1}{f} = 7$ のときの X_1^s の値を単位としてプロットしてある。

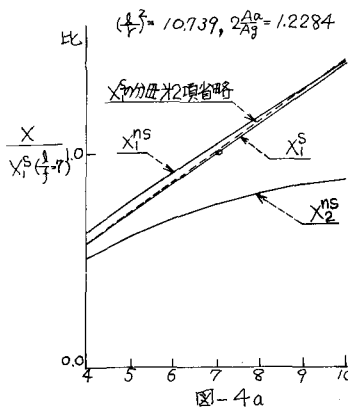


図-4a

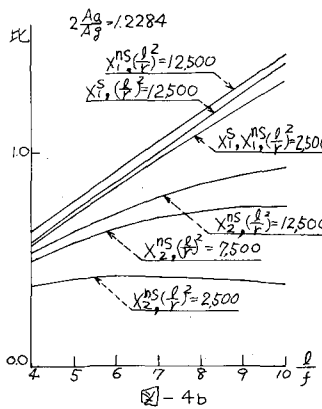


図-4b

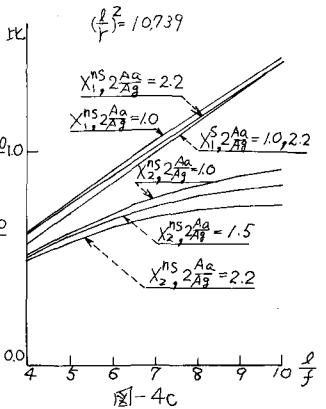


図-4c

3. たわみについて

鉛直たわみ影響線 (V -線) のうち, $\frac{1}{2}$ 点の影響線は図-1と図-2との構造では同じであるが, $\frac{1}{4}$ 点のそれが図-1と図-2とでは著しく変化する。図-1のモデルの橋では $\frac{1}{4}$ 点のたわみが $\frac{1}{2}$ 点のそれよりも通常大きいので重大である。いま $V_{\frac{1}{4}}^s, V_{\frac{1}{4}}^{ns}$ の値と $(\frac{1}{f})$ との関係を示すと図-6のようになる。図-6では, $\frac{1}{f} = 7$ のときの $V_{\frac{1}{4}}^s$ を単位としてプロットした。図で知られるように $\frac{1}{f} = 4$ では V^{ns} は V^s の約 $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{f} = 10$ では V^{ns} は V^s の約 $\frac{1}{2}$ となる。

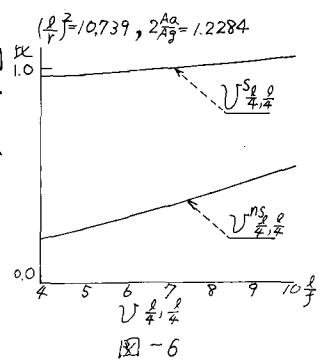


図-6

(注) (1) 上路式補剛ア-4橋を水平に弾性拘束したときの結合法による動的解析とその拘束効果。S.43, 10 土木学会年次講演会
(2) 結合法による中路式補剛ア-4橋の固有値解析とア-4の水平拘束効果。S.47, 10, 土木学会年次講演会