

1-28 アーチ橋の耐震性について

東北大学工学部 正員 樋浦大三
 同上 正員 倉西 茂
 東北大学大学院 学生員 野地幹雄

長至向アーチ橋に地震が作用した場合たわみは無視できず、これを震度法を用いて設計することは妥当ではない。この場合にはアーチを可とう性構造物と考てアーチの耐震性を振動論で取扱うことが必要である。

本研究はアーチ橋の耐震的な設計をする際に必要な事項(固有振動数、振動モード、ダンピング等)を取扱い、合わせてデーパーの動的効果を実験的に考察したものである。

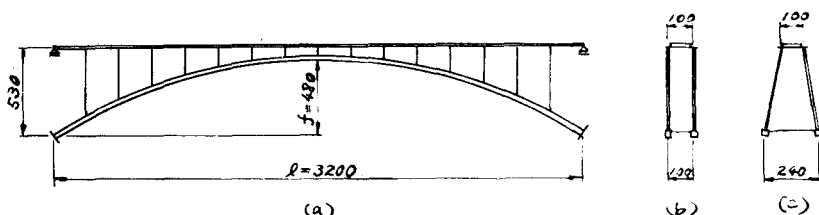


図-1 実験用模型

模型

横断面が図-1(b),(c)のような二種類の模型を真鍮で作成した。主桁の支点はアタッチメントを用いることによりヒンジ、無ヒンジのいずれにもなり、補剛桁の支点は面内変形に与えられるピン及びローラー、面外変形に対してはピンとなるようにした。この模型を振動台上に設置し、橋軸方向及橋軸直角方向の振動を与えた。

固有振動数及モード

エネルギー法により求める。図-2のような放物線アーチが面内に振動をする際、アーチリブは x 方向、 y 方向にそれぞれ ξ 、 η 、補剛桁は y 方向に η だけ変位するものとする。この場合のエネルギーは次式で表わされる。

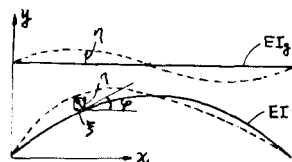


図-2

$$T-V = \frac{1}{2g} \int_0^l W(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) dx - \frac{1}{2} \int_0^l EI \left\{ 1 - \frac{1}{2} (\gamma')^2 \right\} (\eta'')^2 dx - \frac{1}{2} \int_0^l EI_2 (\eta'')^2 dx - \frac{1}{2} \int_0^l \frac{\Delta H^2 \sec^2 \phi}{EA} dx + \frac{1}{2} \int_0^l H \sec^2 \phi (\eta')^2 dx$$

ここで H は水平反力、 ΔH は振動によって増加した水平反力、 W は死荷重、又 $\sec$ は γ について、 $\dot{}$ は時間 t についての偏微分を表わす。従来はアーチリブの x 方向の変位は無視されていたが、上路式の場合これを無視することはできず、又 ϕ の値が大きくなると x 方向の変位が振動数に及ぼす影響は大きくなる。

捕縛される流量量が平均的にバランスしていると考え。図-1に示した非対称流れのモデルは、Bourque, Dodds, Sawyer などの一連の実験に用いられたものを修正し、比較測径比 (β_*) の小さい開水路急流部の流れに適用したものである。

解析にあたりつぎのような仮定を行なう。

- (1). 急流部における弯曲した噴流においても、流速分布や進行特性などについては、2次元理想噴流の性質が保持される。
- (2). 剥離領域内の水深は一一定である。
- (3). 圧力差と遠心力とのバランスは平均的に取り換い得る。

いま (1) の仮定から流速分布を (1) 式で与え、混合領域の中を (2) 式で与える。

$$\frac{u_m - u}{u_m} = f(\eta) = (1 - \eta^2)^2 \quad (1)$$

ここに、 u_m : 中心線上の流速、 $\eta = (y - y_0)/\delta$ 。

δ : 混合領域の中。

y : 噴流中心線に垂直な中方向の座標。

$$\delta = \frac{S}{\sigma} \quad (2)$$

ここに、 S は噴流中心線に沿った流れ方向の座標。 σ はいわゆる turbulent constant の逆数で、Sawyer などの用いた spread parameter に対応する常数とする。つぎに単位深さ当りの運動量を M とし、流量を Q とすると、(1), (2) 式から (3), (4) 式が得られる。

$$M = 2 \int_0^{\delta} \rho u^2 dy = 2C_1 \rho u_m^2 \frac{S}{\sigma} \quad (3)$$

$$Q = 2 \int_0^{\delta} u dy = 2C_2 u_m \frac{S}{\sigma} \quad (4)$$

$$\text{ただし } C_1 = \int_0^1 \{1 - (1 - \eta^2)^2\}^2 d\eta = \text{const.}$$

$$C_2 = \int_0^1 \{1 - (1 - \eta^2)^2\} d\eta = \text{const.}$$

$$\text{したがって、(3), (4) 式から } u_m = \sqrt{\frac{1}{2C_1} \frac{M\sigma}{\rho S}} \quad (5)$$

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2^2}{C_1} \frac{M S}{\sigma \rho}} \quad (6)$$

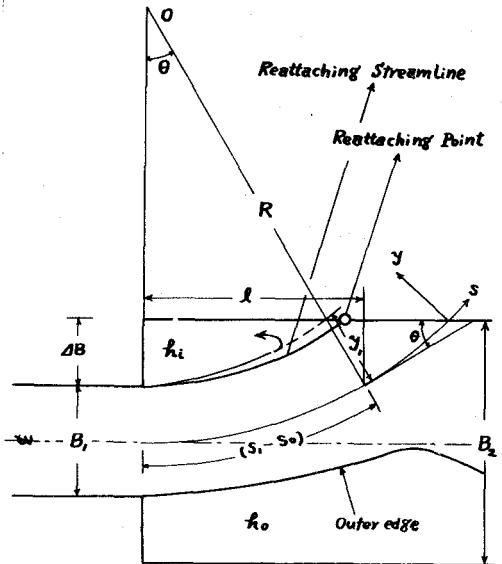
さらに (2), (3) の仮定から、噴流に作用する圧力差と噴流の弯曲による遠心力との釣り合いの関係は近似的に

$$\Delta P = \rho g (h_0 - h_i) = \frac{M}{R} \quad (7)$$

となる。

4. Reattaching と剥離領域の形状

流量および運動量の配分を考えるために必要な Reattaching point の近傍の状態を代表する S 座標 (図-1, $S=S_*$ 断面) として、どこを選ぶかという問題が生じる。この S_* 断面では流速分布は Established flow のものであり、しかも流速分布や流向に対し Reattaching の影響がないという条件を満足しているといわれる。これに関しては Sawyer と同様に考えて、便宜的に $y/u_m = 0.1$ となるような流線 (図-1 破線) が下流側水路側壁と交叉する断面とする。



Flow model assumed in analysis

Fig - 1