

武蔵工業大学 学生員 ○望月 利成  
 " 岡 淳二  
 " 学生員 橋 大介

## I 序論

アーチ系橋の総合的型式と見做される補剛アーチ橋についての固有振動数、固有振動モード、振動数係数、衝撃係数を計算し、さらに補剛アーチ橋の動特性をその自由振動の各モードにおけるエネルギー分布を、媒介変数として細長比・剛比・ライズ比をとり、それらとの関係を調べたものである。

## II 理論

・モードによるエネルギーの展開

振動形(たわみ)は各次数のモードの総和からできているから、各モードに対するエネルギーの総和はその振動形のエネルギーとなる。そこで各モードにおける曲げと軸力によるエネルギーを百分率で求めた。

一般に格点力 $P$ は次の様に求まる。

$$P = [K] \bar{u}_i \quad [K]: \text{剛性マトリックス} \\ \bar{u}_i: i \text{ 次のモーダルコラム}$$

格点力に軸力とモーメントの影響線に乗じることにより、格点の軸力及びモーメントが算出される。

$$S_0 = [T_0] P \quad [T_0]: \text{影響線マトリックス} \\ S_0: \text{格点の軸力及びモーメントを要素とするマトリックス}$$

そして次式により、弾性変形エネルギーが求まる。

$$W = \frac{1}{2} S_0^* (R_0) S_0 \quad (R_0): \text{軸力及び曲げに対する剛性を要素とするマトリックス}$$

以上の様にして得られたエネルギーを振動数係数(アーチ支間長と同長でしかも補剛桁とアーチの剛性之和と等しい剛性をもつ単純桁の固有円振動数との比 $=F. d.$ )と対比させた。

表 1

| 走行速度%    | 側径間比 | ライズ比 | 剛比%   |
|----------|------|------|-------|
| 50.2(A)  | 0.0  | 0.08 | 1000. |
| 70.4     | 0.1  | 0.10 | 100.  |
| 90.0     | 0.2  | 0.15 | 10.   |
| 110.2(B) |      | 0.20 | 1.    |
|          |      | 0.25 | 0.1   |
|          |      |      | 0.01  |
|          |      |      | 0.001 |

## III 数値計算の結果とその考察

### 1) 衝撃係数

表1は計算する際に用いた数値であり、衝撃係数・数値計算結果を図1-1、動的増加率を図1-2に示す。また補剛アーチ橋の桁とアーチ部の断面二次モーメントの和を一定として媒介変数の無次元化をはかった。計算結果より単一走行荷重速度が速い程動的増加率は大きくなり、アーチと比べて桁の要素が強くなるとその傾向が薄れる。また走行速度は格点 $L/4$ においては関連が見られたが、他の格点においては関連がなかった。ライズ比の影響はアーチ支間長が80mの場合剛比0.001~1.0で、110mの場合0.001~10の範囲において見られた。また衝撃係数は側径間を持つ構造様式の方が側径間を持たないそれより小さな値が得られた。さらに衝撃係数は剛比に影響される。衝撃係数と剛比の関係を補剛アーチ橋のエネルギー成分(曲げ及び軸力によるエネルギー)と対比させると、軸力によるエネルギーが増加するにつれ衝撃係数も増加する事がわかった。

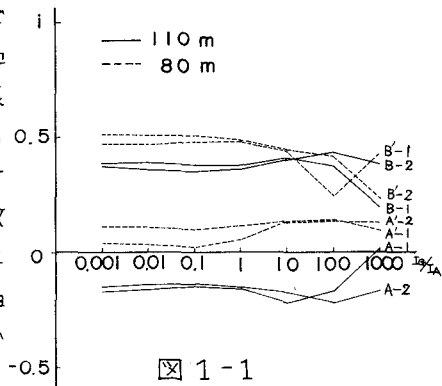


図 1-1

補剛アーチ橋の特徴は曲げモーメントがアーチ部と補剛桁部に分  
配されるので断面構成が容易になる点である。たとえば上下弦材の  
断面二次モーメントの比を任意に設定することが可能であり、さら  
に面内屈曲に対する安全性は単なる2ヒンジアーチより大であるこ  
とを付け加えておく。

## 2) 振動数係数とエネルギー分布

表2は計算する際に用いた剛比とライズ比であり、その結果の一  
部を図2-1、図2-2に示す。また衝撃係数と同様にアーチ部と  
桁部の断面二次モーメントの和を一定として、媒介変数の無次元化  
をはかった。計算結果より逆対称振動は対称振動と比較して剛比や  
ライズ比の影響が小さい。これは逆対称振動の時アーチは働かず補  
剛桁のみの振動となるためであり、同時に曲げによるエネルギー成  
分を持つ。また剛比が大きい場合ライズ比の影響が少ない。図2-1のグラフが水平の時曲げによるエネルギー  
の成分が大であり、大きな勾配を持つ時は多くの軸力によるエネルギーの成分を含む。次にエネルギー分布のグ  
ラフより剛比が小さい程、つまりアーチの要素が強い程軸力によるエネルギーが卓越する。これはアーチの特性  
より明らかであろう。またライズ比の増加につれ逆対称振動に影響が現われてくる。

一方剛比に代わって細長比をとると、剛比が大きい時振動数係数の値には変化が少なく曲げエネルギーの成分  
を持つのにに対して、剛比が小さくなるとア  
ーチの要素が強くなり振動数係数の値の変  
化が大きくなりエネルギー分布に軸力の影  
響が出てきて大きな変化が起こる。またラ  
イズ比の変化に対しては、ライズ比が違っ  
たにより小さな細長比で曲げエネルギー  
の成分が卓越する。

## IV 結論

補剛アーチ橋の振動性状を理解するため  
に衝撃係数を選んだ。衝撃係数を小さくす  
るためには固有振動数を大きくする必要が  
ある。今回の研究で振動エネルギーの面か  
ら曲げ振動は衝撃係数に大きく寄与してい  
ることが明らかとなり、補剛アーチ橋(ア  
ーチ部と共に曲げエネルギーを負担する補  
剛桁を有する)において軸力によるエネ  
ルギーの割合を曲げによるエネルギーに比べ  
て大きくすれば良いことが明らかとなった。

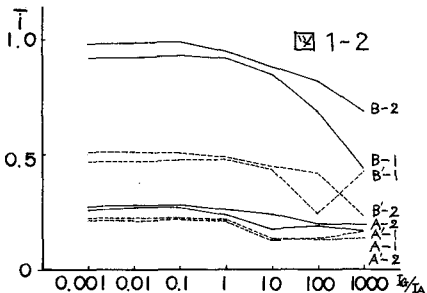


表 2

| 剛比 $I_a/I_A$ | 1000. | 100. | 10.  | 1.   | 0.1  | 0.01 | 0.001 |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| ライズ比 $f/L$   | 0.08  | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |      |       |

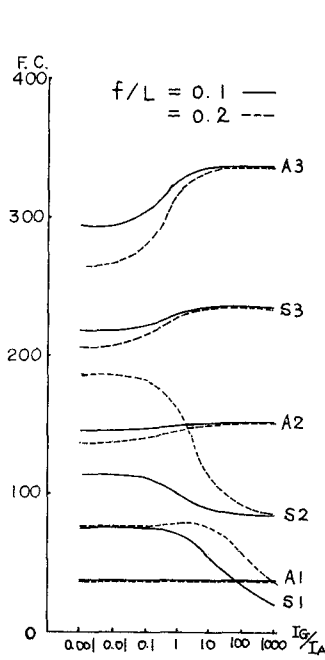


図2-1 振動数係数

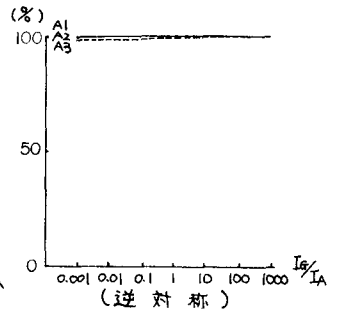
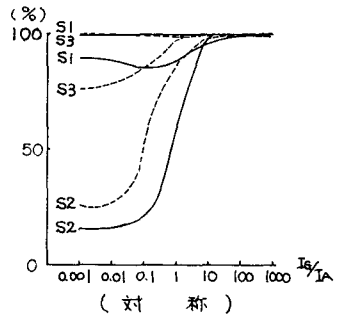


図2-2 曲げ変形における  
エネルギー分布