

## II-38 弾性質量基礎上の橋脚の模型振動実験とその解析

京都大学工学部 正員 後藤尚男

大阪鉄道教習所 正員 ○西頭常彦

橋脚の動的な性状を正確に把握するためには、橋脚の振動にともなう生ずる基礎地盤の振動質量をも考慮することが望ましい。こうした場合の工学的な理論的取扱についてすでに報告したが<sup>\*</sup>、そのとき仮定したいわゆる *soil prism* が実際上妥当なものであるかどうかを知るために引続いて本研究を実施した。

### 1. 模型橋脚(鋼製杭)の振動実験とその解析

(1) 振動実験とその結果 京大土木教室の現地盤において  $94\text{mm} \times 94\text{mm} \times 755\text{mm}$  (肉厚  $7\text{mm}$  の中空、正方形断面) の鋼製杭2個を貫入試験機で上部  $15\text{cm}$  残すまで打ち込み、これを模型橋脚とみなし、その頭部に小型起振器をとりつけて、図-1 のごとき水平振動実験を行なった。実験によつて得られた共振曲線からその固有周期は西側模型で  $T = 3.75 \times 10^{-2} \text{sec}$  ( $26.7\%$ ), 東側模型で  $T = 4.18 \times 10^{-2} \text{sec}$  ( $24.0\%$ ) となった。

(2) 実験結果の解析 本実験による模型橋脚の振動は並進振動と回転振動とが混成したものであるから、前回わかれわれが求めた連成振動の式で検討すればよい<sup>\*</sup>。すなわち土の振動質量を考慮した場合の連成振動数  $n_{1,2}(m)$  は、

$$n_{1,2}(m) = \frac{1}{2J_g} \left( \beta(m) \mp \sqrt{\beta^2(m) \mp 4T^2 r(m)} \right) \quad (1)$$

なる形で与えられる。ただし記号の説明は省略する<sup>\*</sup>。起振器による加振実験ではこのうち/次の振動が生じているものと考えられるので、上式の( )内の記号が負である  $n_{1,2}(m)$  を計算の対象とする。しかし *soil prism* の水平方向の深さは  $d_h = \frac{E}{K_h}$  ですが<sup>\*</sup>に与えられている。本実験ではこのうちの  $K_h$  (水平方向の地盤係数) の値は模型の水平引張試験によつて得られた荷重-変位の繰返し曲線から求めた。すなわち西側模型で  $K_h = 13.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ , 東側模型で  $K_h = 12.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  となった。これに土のヤング率  $E$  の値を適宜に用いれば  $d_h = \frac{E}{K_h}$  の値が算出できる。ここでは便宜上実験固有周期(共振周期)に計算上相当する *soil prism* の水平深さ  $d_h$  を逆算することにした。上記の測定値  $K_h$  を用い、 $E$  としたがつて  $d_h$  を仮定して  $d_h - n_{1,2}(m)$  の関係を計算した結果、図-2 が得られた。これより上述の実験固有周期したがつて実験固有振動数に計算上合致する  $d_h$  は同図にみるとおり  $173\text{cm}$  および  $246\text{cm}$  となった。ところで地表面の上下方向における地盤係数  $K$  とヤング率  $E$  との間には周知のとおり、

$$\frac{E}{K} = \frac{C(1-\sigma^2)D}{2} \quad \text{または} \quad \frac{E}{K} = \frac{8}{3\pi}(1-\sigma^2)D \quad (2)$$

ただし、 $\sigma$ : 土のポアソン比、 $D$ : 載荷面の直径、 $C$ : 定数などの式がある。この  $\frac{E}{K}$  を水平方向に書き直したのが  $\frac{E}{K_h} = d_h$  であるが、図-2 で求めた  $d_h$  の値は上式などから算出される値よりもかなり大きい。これは模型の打ち込みその他による影響など検討すべき点も多いようであるのでさらに実験を続行中である。

## 2. コンクリートブロックの振動実験とその解析

(1) 振動実験とその結果 模型橋脚の振動実験後その同一場所に深さ70cmのあなを掘り25cm×60cm×60cmのコンクリートブロックを打設した。このコンクリート表面に小型振動計2個と電磁型の上下振動変位計を設置し、図-3のように上下に加振してその振動を電磁オシログラフに記録させた。これより得られた共振振動数は西側で3.2%sec(固有周期 $T=3.1 \times 10^{-2}$ sec)、東側で3.1%sec(固有周期 $T=3.2 \times 10^{-2}$ sec)となった。

(2) 実験結果の解析 土の振動質量を考慮した場合の上下振動の固有振動数 $n_{v(cm)}$ は著者のノ人がすでに発表したので、\*

$$n_{v(cm)}^2 = \frac{g}{W} \alpha n_{v(cm)} \sqrt{\frac{EW}{g}} \tan \left\{ \frac{n_{v(cm)}}{K_v} \sqrt{\frac{EW}{g}} \right\} \quad (3)$$

で算出される。この式の妥当性を図-3の実験結果から検討するためには、地盤係数 $K_v$ と土のヤング率 $E$ を知らねばならない。そこで平板載荷試験によって西側と東側のブロック下の位置でそれぞれ $K_v=8.2, 7.7 \text{ kg/cm}^2$ が測定された。一方 $\alpha = \frac{E}{K_v} = \frac{1}{2} \cdot (1-\sigma^2) D$ においてこの場合の $C=1.76, \sigma=1/3, D=30 \text{ cm}$ を代入すると、 $\alpha_v=23.5 \text{ cm}$ が得られ、 $E=K_v \cdot \alpha_v=190 \text{ kg/cm}^2, 180 \text{ kg/cm}^2$ が求まる。これらの値を式(3)に代入すると西側ブロックの固有振動数は3.3%sec、同じく東側ブロックは3.1%secとなった。これらと上記の西側の実験値3.2%sec、東側の3.1%secとがかなりよく一致している。さらに西側の実験固有周期に合致する $\alpha_v$ を式(3)から算出すると $\alpha_v=4.4 \text{ cm}$ となった。いずれにしても本実験に関する限りでは式(3)したがって土の振動質量を考慮したものの計算式が工学的に意義があり、その妥当性が一応裏付けられたものと考えられる。なお土の振動重量はこの場合約130kgとなるので、soil prismの深さの約1/2の土が見掛け上ブロックと完全に一体となって振動していることに相当していることになる。

## 3. 結 言

以上のことからコンクリートブロック基礎の上下振動のように比較的単純な場合にはsoil prismを考えたものの計算式が工学的に妥当であることを検証できた。しかし模型橋脚の連成振動の場合には現象が若干複雑であるためか、十分な成果を収めるに至らなかった。引き続き研究を進めてこれらの結果を講演時に報告したい。

図-1 模型橋脚振動実験

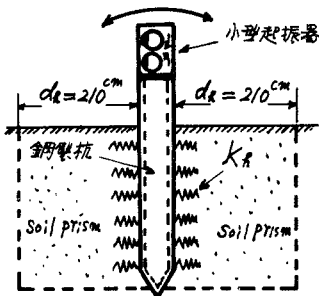


図-2  $d_k - n_{v(cm)}$

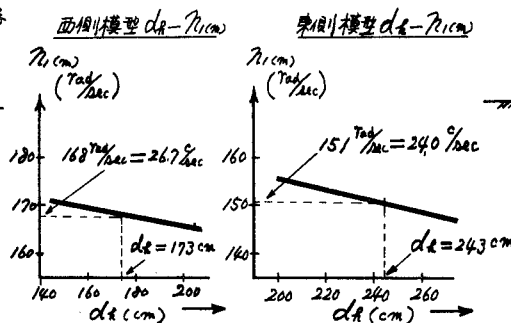
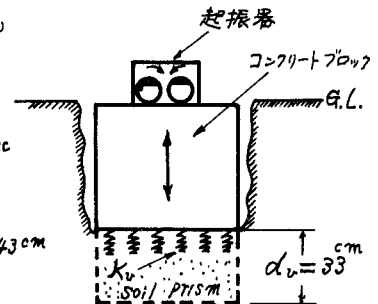


図-3 コンクリートブロック振動実験



注) \* BB.35.土木学会, 関西支部年次講演会 (BB35.11.13.)