

首都高速道路公団

正員 西山哲伸

・ 〇 矢作 彰

日本構造橋梁研究所

星川明男

1. まえがき

橋梁の基礎構造物として最近杭基礎が広く使われ、計算では弾性床上の梁として地盤の横方向係数 K 値がしばしば問題となる。基礎の振動時にあける見かけ上の弾性の係数は、静的弾性係数とは異っており、動的 K 値」とか「動視質量」という問題で耐震設計上の重要な問題のひとつになっている。

見かけ上の動的 K 値については、加振時の加速度、試験体の接地面積、土質性などによって違ってきて、同一地盤、同一試験体でも加速度が大きくなれば K 値は減り、同一地盤でも接地面積が増せば K 値はやはり減っていくといわれているが、ここでは静的 K 値としては、直径 10m の場所打ちコンクリート杭頭に水平載荷を行って得た K 値と、動的 K 値としては、同じ杭と 4 本使用した橋脚の共振時の K 値を比較してみることとした。

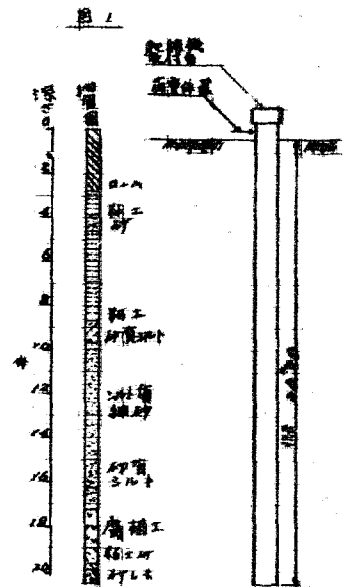
2. 実験経過

最初に静的水平載荷試験では、図 1 のような地質に直径 10m、長さ 20m のカルウェルド杭を打ち、頭部には 48^ト まで載荷し、杭中の鉄筋計、杭頭のダイヤルゲージ、及び土圧計によってしらべてみると $19 \sim 24 \text{ kg/cm}^2$ のかなり大きな値が得られた。次に杭頭に起振機と載せ車杭としての振動実験を行うと結果 14 cps まで加振したが共振はいらなかった。3 番目に図 2 のような橋脚が完成後（鉄筋コンクリート橋脚）、梁中央部に起振機と据え、片桁梁として加振し、結果 6.2 cps 前後に共振振動数と得た。

3. 基礎構造に対する考え方

橋脚の振動モデルを図 3 のように考え、基礎杭をバネで置きかえると次の 3 個の式がつけられる、ここに計算には次の仮定を導入した。

- 1) 橋脚及び杭は弾性振動する。
- 2) 基礎の復元力は杭からのみ受ける。
- 3) 杭の鉛直方向のバネ係数は杭の弾性変と杭先端での杭軸方向の土とを考慮して既往の資料より推定する。
- 4) 杭の水平方向のバネ係数は地盤の横方向 K 値を使用し、杭を弾性床上の梁として荷重と変位の関係より求める。
- 5) 杭頭は完全にフーケンゲに固定されている。
- 6) 橋脚躯体部の質量は上下部質量に分割される。
- 7) 下部質量については慣性モーメントを考慮する。



$$\begin{cases} m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + K_2(x_2 - x_1 - \varphi l) = 0 \quad (1) \\ m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} - K_2(x_2 - x_1 - \varphi l) + K_{2H} x_1 \\ + K_{2H} \cdot \varphi = 0 \quad (2) \\ J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + K_{2H} \varphi + K_{2H} x_1 \\ - K_2 l(x_2 - x_1 - \varphi l) = 0 \quad (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_2 = X_2 \sin \omega t \\ x_1 = X_1 \sin \omega t \\ \varphi = \theta \sin \omega t \end{cases} \quad \text{代入し}$$

基礎杭が全て垂直でフー
＝グ重心位置に打して打杭に
設置されているという条件を
入めると、次の振動数方程式
が得られる。

$$\begin{vmatrix} a_{11} - a_{10} \omega^2 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} - a_{20} \omega^2 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} - a_{30} \omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

又 K_{2H} , K_{2H} , K_{2H} , K_{2H} について

これはフー＝グの変位と力

$$\begin{cases} \sum [-2E_f I_f \beta^3 \alpha + 4E_f I_f \beta^3 \delta_x] = H \\ \sum K_v \delta_y = V \\ \sum [(K_v X_i^* + 2E_f I_f \beta) \alpha - 2E_f I_f \beta^3 \delta_x] = M \end{cases} \quad (5)$$

$$(5) \text{式において, } \alpha = 1, \delta_x = \delta_y = 0 \text{ において } \begin{cases} K_{2H} = -\sum 2E_f I_f \beta^3 \\ K_{2H} = \sum [K_v X_i^* + 2E_f I_f \beta] \end{cases} \quad (6)$$

$$\alpha = 0, \delta_x = 1, \delta_y = 0 \text{ において } \begin{cases} K_{2H} = \sum 4E_f I_f \beta^3 \\ K_{2H} = -\sum 2E_f I_f \beta^3 \end{cases} \quad (7)$$

が得られる。記号: m_2 = 上部質量, m_1 = 下部質量, $K_2 = \frac{3EI}{l^3}$,

$x_2 = m_2$ の全変位, $x_1 = m_1$ の水平変位, φ = フー＝グの回転角, J = フー＝グ

の慣性モーメント。 $a_{11} = K_2$, $a_{12} = -K_2$, $a_{13} = -K_2 l$, $a_{21} = -K_2$, $a_{22} = K_2 + K_{2H}$, $a_{23} = K_2 l + K_{2H}$

$a_{31} = -K_2 l$, $a_{32} = K_2 l + K_{2H}$, $a_{33} = K_2 l^2 + K_{2H}$, $a_{10} = m_2$, $a_{20} = m_1$, $a_{30} = J$

以上のことから K 値は共振振動数の関係と計算しなすのが図4, 5である。

$$\begin{cases} W_2 = 50 \text{ ton}, m_2 = 5 \times 10^4 \text{ kg}, W_1 = 216 \text{ ton}, m_1 = 22 \times 10^4 \text{ kg}, l = 6.7, E = 3.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2, I = 0.4694 \text{ m}^4 \\ E_f = 2.34 \times 10^{10} \text{ N/m}^2, I_f = 0.0573 \text{ m}^4, \beta = \sqrt{\frac{KD}{4E_f I_f}} (D = 10), \frac{1}{K_v} = \frac{1}{k_{p1}} + \frac{1}{k_p}, k_1 = \frac{E_f A_f}{L_f} \\ k_{p1} = A_f k_{pv} (A_f \text{ 杭断面面積 } 0.785 \text{ m}^2, L_f = 20 \text{ m}, k_{pv} = 24 \text{ N/mm}^2 \sim \infty) K_v: \text{杭軸方向のバネ係数,} \\ l: \text{上部質量重心と下部質量重心間距離 } \delta \text{ とす} \end{cases}$$

図 2

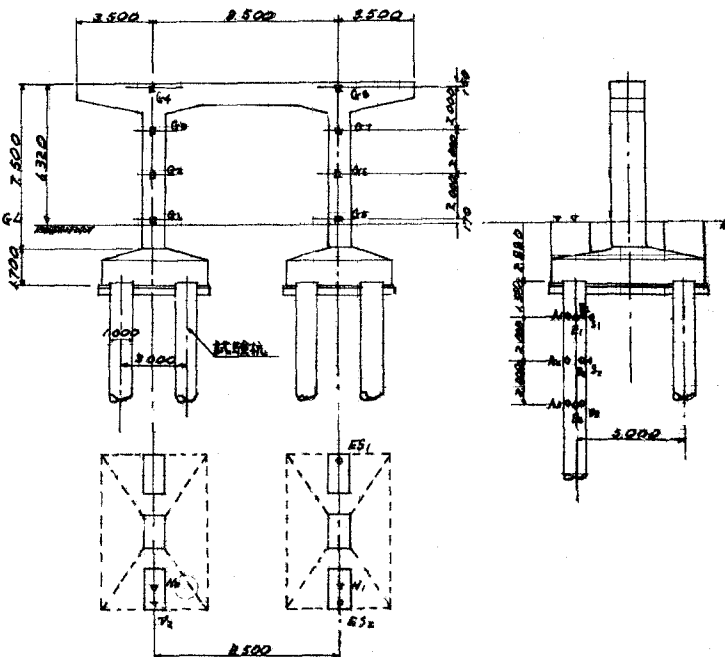
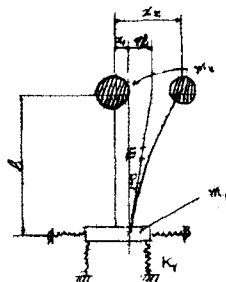


図 3



4 結 び

実験結果と計算値と比較して次のことがいえるのである。

- 1) 静的K値と動的K値が同じなら仮設質量(フーチングに揺動する土)は、フーチング重量の2~3倍の値であろう。
- 2) 動的K値が静的K値より大きい場合は仮設質量は3倍以上である。

今回の実験では静的水中載荷試験におけるK値が19~24 kg/cm という値でこれよりいわれてきた値と実験設計に使われていた値とは相当差があるので現在再検討する実験を計画中である。

最後に今回の実験で直接

師指導下さった兵庫県高速度道路公団神奈川建設部設計調査課長 岩崎昭二氏並びに建設省土木研究所栗林氏に感謝の意を表します。

