

|       |    |      |
|-------|----|------|
| 九州大学  | 正員 | 小坪清真 |
| 九州工大  | 同  | 高西照彦 |
| 佐賀大学  | 同  | 荒牧軍治 |
| ○九州大学 | 同  | 吉浦正文 |

## 1. 緒言

本四連橋などの長大スパン橋梁では橋脚の耐震設計法がきわめて重要な問題となるが、その基礎型式としての鋼管橋脚やケーソンの設計において、周囲の地盤の地盤係数をどのようにとるか、橋脚の耐震設計上重要な課題である。すなわち、地中構造物に付らく地盤反力は、地中構造物の寸法や振動数、変位振中の大きさによって変化し、未だ明白な結論が出ていない。本論文は、地盤係数に及ぼす種々の因子のうち、振動数による地盤係数の変化を理論的ならびに実験的に、研究したものである。

## 2. 理論

実際の地盤は弾塑性の性質をもつが、ここでは一応弾性体として取り扱う。

図-1に示すように、半径 $r_0$ の円筒が半無限弾性地盤内で水平振動を行う場合に円筒に付らく地盤反力が円筒の振動数によってどのように変化するかを求めらるには、円筒座標 $(r, \theta, z)$ を図-1のように設け、 $r, \theta$ 方向の地盤変位を $u, v$ とすれば、次の波動方程式を円筒表面の境界条件によって求めればよい。

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \Delta}{\partial r} - \frac{2\mu}{r} \frac{\partial w_r}{\partial \theta} + 2\mu \frac{\partial w_\theta}{\partial z} \\ \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} &= (\lambda + 2\mu) \frac{1}{r} \frac{\partial \Delta}{\partial \theta} - 2\mu \frac{\partial w_r}{\partial r} + 2\mu \frac{\partial w_\theta}{\partial z} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta &= \frac{1}{r} \left( \frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) \\ 2w_r &= -\frac{\partial v}{\partial z}, \quad 2w_\theta = \frac{\partial u}{\partial z}, \\ 2w_z &= \frac{1}{r} \left( \frac{\partial(rv)}{\partial r} - \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) \end{aligned} \right\} (2)$$

ここで、 $\lambda, \mu$ はLaméの定数、 $\rho$ は地盤の密度である。

円筒の変位を $x$ 方向に $X = X_0 \exp(-nz + i\omega t)$ と置いて、(1)式の解を求め、円筒に付らく地盤係数を求めると次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{r_0 k_{rr}}{\mu} &= 2 \frac{\lambda + 2\mu}{\mu} l_0 \frac{H_2^{(2)}(k_0) H_1^{(2)}(l_0)}{D}, \quad D = H_2^{(2)}(k_0) H_0^{(2)}(l_0) + H_0^{(2)}(k_0) H_2^{(2)}(l_0) \\ \frac{r_0 k_{r\theta}}{\mu} &= 2 k_0 \frac{H_1^{(2)}(k_0) H_2^{(2)}(l_0)}{D} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} L_s &\text{はせん断波の波長} \\ k_0 &= \sqrt{4\pi^2 \left(\frac{r_0}{L_s}\right)^2 + n^2 r_0^2}, \quad l_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\lambda + 2\mu}} k_0 \end{aligned} \right\} (3)$$

$k_{rr}$ は半径方向地盤係数、 $k_{r\theta}$ は円筒表面円周方向に付らく地盤係数である。第1項は円筒の変位と同一位相で付らく地盤反力、第2項は円筒の速度と同一位相で付らく抵抗力(減衰力)に関係する。

図-2は横軸に $r_0/L_s$ をとり、縦軸に $r_0 k_{rr}/\mu$ および $r_0 k_{r\theta}/\mu$ をとって、地盤係数の周波数特性を示したものである。図中、 $n r_0$ は円筒の水平変位の深さ方向の変化を示す量である。図から明らかに、 $r_0/L_s$ が0.1と1.0の間で地盤係数が急激に変化する点がある。また、 $r_0/L_s$ がそれ以下

では、地盤係数の周波数特性は、ほとんど平坦である。

図-3 は円筒の単位深さ当りに付く地盤反力係数  $k_p$  を示したものである。 $k_{rr}$  と  $k_{ro}$  の周波数特性が相反する傾向をもっているので、 $k_p$  の周波数特性は広い振動数領域にわたって平坦となっている。

### 3. 実験

理論解析結果を検証するために、図-4 に示すような鋼製ケーソンの前面に土圧計を取り付け、これを砂地盤中に埋設し、振動台より鋼管棒でケーソンの天端を加振し、ケーソンの変位と土圧との関係を求めた。砂地盤は塑性的性質が大きいので、ケーソンの変位をできるだけ小さくし、砂地盤が弾性地盤と考えられる範囲の微小振動で実験を行った。変位測定は勝島製作所製の動線輪型地震計の出力を積分して変位計として使用し、ケーソンの水平変位を一変にして行った。土圧計は共和電業製の BE-2KF である。ケーソン天端の地震計とケーソン底の地震計より、土圧計の設置点における変位を求めることができる。本実験においては、ケーソン底の地震計の振れはほとんどゼロで、ケーソンは底面を中心として Rocking していることがわかった。

図-5 は土圧の周波数特性を示したものである。

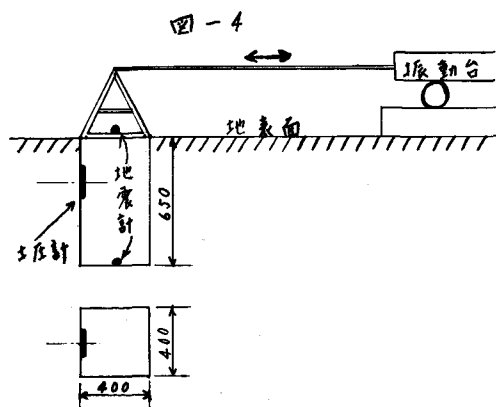


図-2-a  $r_0 k_{rr} / \mu$

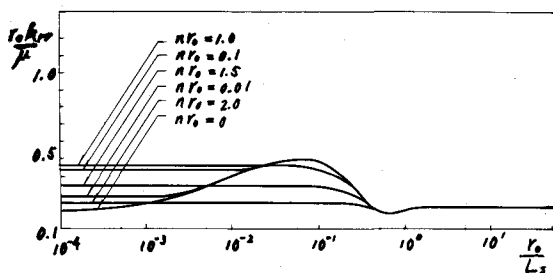


図-2-b  $r_0 k_{ro} / \mu$

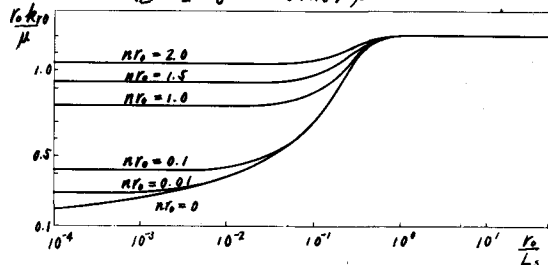


図-3  $k_p / \mu$

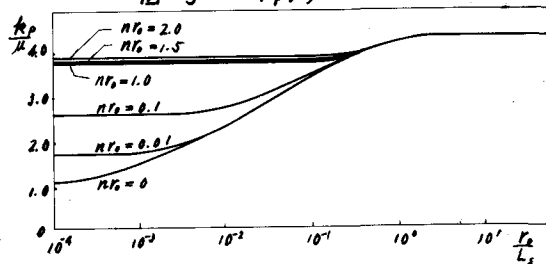


図-5

