

九州大学 工学部 正員 小坪 清真
 九州大学 工学部 正員 烏野 清
 九州大学 工学部 学生員 〇市塚 修一

I まえがき

本研究は深い地盤中のケーソンの根入れ深さが、その固有振動数、減衰定数、および地震応答に及ぼす影響を理論的に検討したものである。実験との対比を明らかにするため、模型ケーソンが振動台上砂地盤中に築造された場合を対象に考察した。

II 砂地盤の性質

2.5 m × 1.5 m × 1.0 m の鋼製砂箱に乾燥砂を入れ、これを振動台上にて、振動台加速度 10 Hz, 200 gal で 10 分間加振して締め固めた後、共振試験を行い、あらかじめ砂層中に設置していた至ゲージ式水平加速度計により砂層変位の深さ方向分布と共振振動数とを求め、これより砂地盤の性質を調べた。砂地盤に加速度計と同じ層に分け、地盤の各層において代表点法により、せん断方程式を立て、固有振動数および変位の分布から各層のせん断弾性定数 $G_1 \sim G_6$ の値を求めたところ、地盤の深さ按比例する G の分布が得られた。図-1 にこの分布を示す。

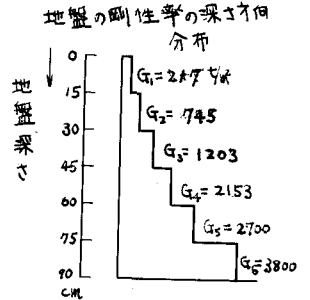


図 1

III 理論

(1) 地盤の固有値とモード

図-1 の地盤剛性率 G の分布に対して前と同じく代表点法により各層のせん断方程式を立てて固有値とモードを求めた。このモードを図-2 に示す。

(2) 3次元波動論によるせん断弾性定数と地盤反力係数との関係

円筒コンクリートケーソンを単位厚円盤に分割したとき、半径方向の地盤反力係数を k_{rr} 、接線方向の地盤反力係数を $k_{\theta\theta}$ 、とすると、3次元波動論より、 $k_{rr} = 4G/r_0$ 、 $k_{\theta\theta} = 3G/r_0$ (r_0 : ケーソンの半径、ポアソン比 $1/4$) 水平地盤反力係数を k_h とすると、

$$k_h = \frac{1}{2}(k_{rr} + k_{\theta\theta}) \quad \therefore k_h = 7G/4r_0$$

ここに垂直地盤反力係数を k_v と底面の水平地盤反力係数を k_s とし k_h と比例関係があると仮定した。

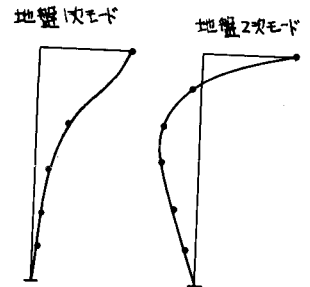


図 2

(3) 応答計算

本研究を対象にしたケーソンは図-3 に示すような半径 10 cm で、地盤上 15 cm 突出したコンクリート円筒ケーソンで、根入れ部分を 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm と変化した。ケーソンの絶対変位は、地盤の変位と地盤が静変位するときのケーソンの変位と、強制振動によるケーソンの変位、以上3つの変位を加えたものである。ここに図-3 に示すようなケーソンの根入れ部分を4つに分けて、ケーソン側面の地盤反力係数を深さ方向に変化させた。

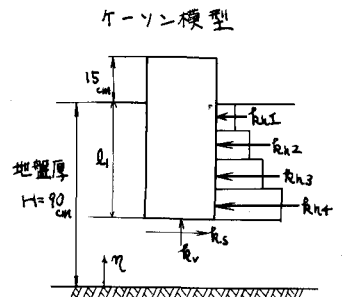


図 3

i) 地盤が静変位するときのケーソンの変位: \bar{u}

$$\bar{U} = \sum_{r=1}^n \phi_r \{ \bar{Y}_r + \bar{\Theta}_r \{ \gamma - (H - l_r + z_0) \} \} \quad \phi_r: \text{地盤の } r \text{ 次の基準座標, } z_0 = l_1/2$$

(ここで ϕ_r は, $\phi_r + z^2 \bar{h}_r \cdot \bar{m}_r \cdot \phi_r + \bar{m}_r^2 \phi_r = -\rho_r \phi_r$ の解である)

\bar{Y}_r はケーソン重心の水平変位, $\bar{\Theta}_r$ は回転角である。水平方向の力の釣り合いと, 重心まわりのモーメントの釣り合いより

$$\begin{cases} A_1 \cdot \bar{Y}_r + B_1 \cdot \bar{\Theta}_r = C_1 \\ A_2 \cdot \bar{Y}_r + B_2 \cdot \bar{\Theta}_r = C_2 \end{cases} \quad (A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2 \text{ は定数})$$

この解が $\bar{Y}_r, \bar{\Theta}_r$ である。

ii) 強制振動による変位: U

$$U = \sum_{s=1}^n \phi_s \{ Y_s + \Theta_s (z - z_0) \} \quad (\phi_s \text{ は強制振動によるケーソンの } s \text{ 次の振動型である。})$$

(4) 減衰定数

共振時における減衰定数は次式で与えられる。

$$h = (1/4D) \times (V_i/V)$$

ここで V_i は逸散エネルギー, V は歪エネルギーである。

i) 逸散エネルギー: V_i

逸散エネルギーは, ケーソン側面からの逸散エネルギー V_p と, ケーソン底面からの逸散エネルギーの和となる。ここでケーソン底面からの逸散エネルギーは, ケーソンの水平動による底面からの逸散エネルギー V_b と, ケーソンのロッキングによる底面からの逸散エネルギー V_H の和となる。これらから元弾性論の解より導かれたものである。

$\therefore V_i = V_p + V_b + V_H$ ただしここで V_b, V_H と省略した。

ii) ケーソンの歪エネルギー: V

ケーソンの歪エネルギーは, 側面の歪エネルギー V_h と, 底面の歪エネルギーの和である。更に底面の歪エネルギーは, 水平方向力による歪エネルギー V_b と鉛直方向力による歪エネルギー V_v の和である。

ゆえに全歪エネルギーは, $V = V_h + V_b + V_v$ となる。

II 結果及び結果に対する考察

ケーソンの根入れ深さと変化させたときのケーソンの固有値の変化を図4, 減衰定数の変化を図5, 応答変位の変化を図6を示す。ここでケーソンの応答変位は, 地盤の共振時のケーソン天端の応答変位を示している。根入れ深さが大きくなるにつれ, ケーソンの固有値, 減衰定数は大きくなり応答変位は小さくなる。本研究では定常的に入力を与えた場合の応答計算であるが, 今後ランダム入力による応答の計算を行うととゞき, 振動台による応答実験を行う予定である。

参考文献

- 田治見宏: 建築振動学
- 小坪清真: 土木振動学

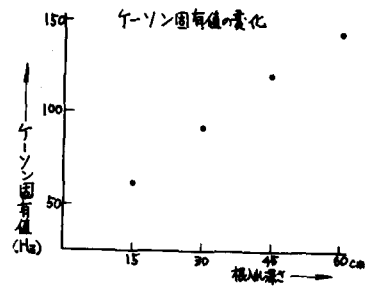


図 4

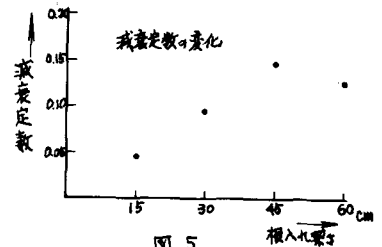


図 5

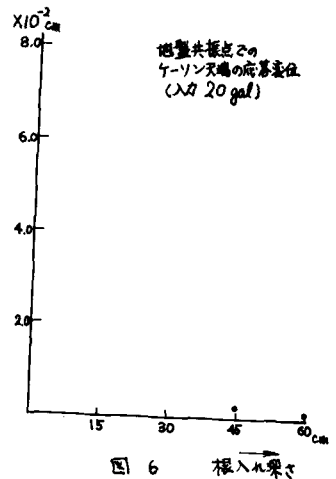


図 6