

九州大学 学生員 ○岩 本 和 美
九州大学 正 員 島 野 清
九州大学 正 員 小 坪 清 真

1). まえがき

本研究は支持杭の水平方向杭頭復元力の特性を模型実験によって調べるとともに、杭と地盤の連成振動として求められた理論解析結果と比較して、その特性を明らかにしようとしたものである。

2). 模型実験

実験概要図を図-1に示す。模型杭として直径114 mm 長さ120 cm の強ビバパイプを使用した。単杭では起振しにくいので4本の群杭とし、また群杭効果が生じないように杭間隔を十分に取って約50 cm とした。この杭を砂地盤に設置したのち、頂板に歪リングを介して起振機を設置し、頂板に取り付けたサーボ加速度計（明石製作所製、容量±3 G、感度3.03 V/G）により頂板の水平加速度を測定し、 ω^2 で除しその変位を求めた。歪リング、サーボ加速度計の出力を電磁オシロに記録すると同時に、オシロスコープの横軸にサーボ加速度、縦軸に歪リングの歪を入力して、ヒステリシス曲線を描かせた。このヒステリシス曲線より減衰力の最大値 $C\dot{y}_{\max}$ を求めた。なお、起振力は振動数に対して一定に保った。

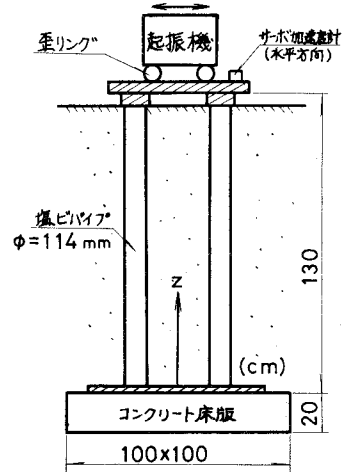


図-1

減衰係数 C はヒステリシス曲線より $C\dot{y}_{\max} = C\omega D$ から求められる。ここに D は頂板の変位振中でオシロの記録から得られる。次に、この系の振動方程式

$$\ddot{y} + C\dot{y} + ky = P_0 \cos \omega t \quad (1)$$

の解は、 $y = D \cos(\omega t - \phi)$ とおくと次のように得られる。

$$D = \frac{P_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + \omega^2 C^2}} \quad (2)$$

これを变形して次式が得られる。

$$k = \sqrt{\left(\frac{P_0}{D}\right)^2 - \omega^2 C^2} + m\omega^2 \quad (3)$$

これより k の値が各振動数に対して求まる。各振動数に対して減衰係数 C および反力係数 k の変化を表わしたものが、それぞれ図-3と図-4の○印である。

4). 理論解析

解析を行なうに当り次のような仮定を設ける。

- (イ) 地盤は単一の弾性表層と基盤とからなる。杭は円形断面で完全に土と接していて、その尖端は基盤に支持されているとする。
- (ロ) 杭頭は構造物に固定され、その回転角は0とする。
- (ハ) 構造物は水平にのみ移動し、ロッキング振動による効果は無視できるものとする。
- (ニ) 構造物の慣性力はすべて杭頭に伝えられるものとする。

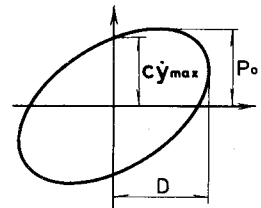


図-2

三次元波動論より得られる地盤変位と杭自身の変位とが、杭の側面で連続であるという条件から、杭変位は、次式で表わされる。

$$U_p = \frac{1}{EI} \left(\frac{2H}{\pi} \right)^4 \frac{2V}{H} \sum_{n=1,3,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n^4 - \alpha_2 \frac{\rho_p}{\rho} \left(\frac{\omega}{\omega_g} \right)^2 + \alpha_2 \beta_n^2 \Omega_n} \sin \frac{n\pi z}{2H} e^{i\omega t} \quad (4)$$

$$\alpha_2 = \frac{\rho \pi a^2}{EI} \left(\frac{2H}{\pi} \right)^4 \omega_g^2$$

$$\Omega_n = \frac{K_i(\beta_n) + K_i(\beta_m) \frac{2K_i(\beta_n) + 2\beta_n K_0(\beta_n)}{2K_i(\beta_m) + 2\beta_m K_0(\beta_m)}}{K_i(\beta_n) + 2\beta_n K_0(\beta_n) - K_i(\beta_m) \frac{2K_i(\beta_n) + 2\beta_n K_0(\beta_n)}{2K_i(\beta_m) + 2\beta_m K_0(\beta_m)}}, \quad \beta_n = \frac{\beta_n \omega_g a}{C_L}, \quad \beta_m = \frac{\beta_m \omega_g a}{C_T}$$

上式において次の記号を用いる。

$$\frac{\lambda + 2\mu}{\rho} = C_L^2, \quad \frac{\mu}{\rho} = C_T^2, \quad \omega_g = C_T \frac{\pi}{2H}, \quad \frac{\mu'}{\mu} = \frac{2h_g}{\omega_g}, \quad \sqrt{n^2(1 + i2h_g \frac{\omega}{\omega_g}) - \left(\frac{\omega}{\omega_g} \right)^2} = \beta_n$$

ここで、 λ, μ は Lamé の定数、 μ' は粘性係数、 ρ は表層の密度、 ρ_p は内実断面の杭に換算された単位体積質量、 EI 、 H 、 a はそれぞれ杭の曲げ剛性、長さ、半径、 V は杭頭に働く水平力である。また、 C_L, C_T はそれぞれ水表面の縦波および横波の速度であり、 ω_g は表層の一次固有振動数に相当する。

表層の剛性 G の値を 50, 100, 150 kg/cm² とした場合の、(4) 式より求めた減衰係数および反力係数の理論値を図-3、図-4に示す。また、 S 波速度から地盤の G を求めると約 150 kg/cm² が得られた。

実験値と理論値を比較すると図-3、図-4からわかるように、減衰係数、反力係数共に $G=50$ kg/cm² の場合に当たり、実際の地盤の G よりかなり小さい値を示している。さらに、反力係数が振動数の高い所で小さくなってきている。以上の原因として次のことが考えられる。

i) 杭を起振させた時、杭と地盤の間に隙間が生じた。

ii) 振動数に対して変位一定ではなく、起振力一定で実験を行なったため、非線型性が入った。

また、表層の内部粘性減衰を示す h_g は、図-3からはバラつきが多いため明らかではないが、図-4から 0.1 に近いことが云える。

参考文献

田治見 宏：深い基礎を有する構造物の
地震応答について

第2回日本地震シンポジウム 1966, 10

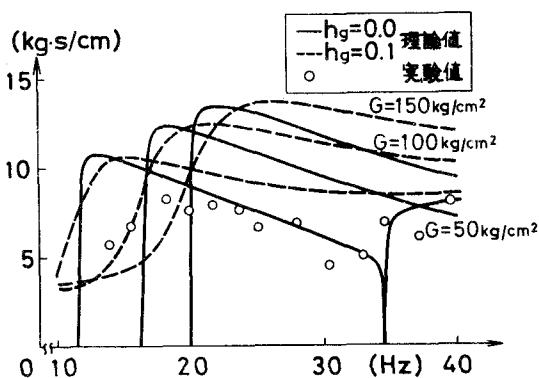


図-3 減衰係数の変化

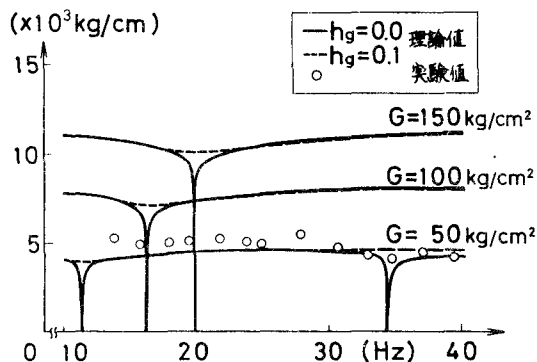


図-4 反力係数の変化