

杭頭における鉛直方向復元力

九州大学 正会員 小坪清真
九州大学 正会員 鳥野 清
○九州大学 学生会員 東矢英二

1). 緒論

最近、巨大な構造物の建設が実施され始め、今後、ますます増加の傾向にある。その基礎として、多柱基礎が地中深く埋設されるようになった。地震時における地盤の動きは、堅い地盤を通して来た地震波により、地表地盤が微細振動をうけるセン断振動であると考えられる。しかし、凝灰や、杭基礎におけるロッキングによる縦振動の影響も無視できない。杭基礎の水平方向の振動は、理論及び実験において、ある程度解析されているが、縦方向の振動は、あまり解析されていない。そこで、本研究では、その第一段階として、図-1に示すような模型を用いて、杭の縦方向反力係数および減衰係数の特性を調べた。一方、杭の縦振動を理論的に解析し、実験と理論の両面から前記特性を明らかにしようとした。

2). 模型実験

実験をする上での仮定を2〜3記す。

- I. 杭は、完全に弾性的で、垂直になつていて、先端が固定されている。杭の断面は、円形で、完全に土と接している。
- II. 土の自由表面において、各種応力は働かず、土層下部において変位はゼロ。土は、等質、等方性を有する。
- III. 杭の水平変位は、無視できる程小さい。

図-1は4本の細杭を用いた実験装置である。

実験方法としては、頂板に取り付けたサーボ加速度計によりその変位を測定し、起振器と頂板の間の歪リングにより加振力を測定し、オシロに記録すると共に、オシロスコープの横軸に変位、縦軸に起振力を入力して、ヒステリシス曲線を描かせた。このヒステリシス曲線を描かせることにより、減衰係数と、反力係数の振動数特性を求めた。振動数領域は、起振器の性能から、10Hz〜40Hzの領域にとどめた。又起振力は、大や小の3段階に分け各々の違いを比べた。最後に、杭の側面の土を取り除き、杭のみで実験を行ない杭自身の反力係数および減衰係数を求め、地盤の効果のみを分離した。

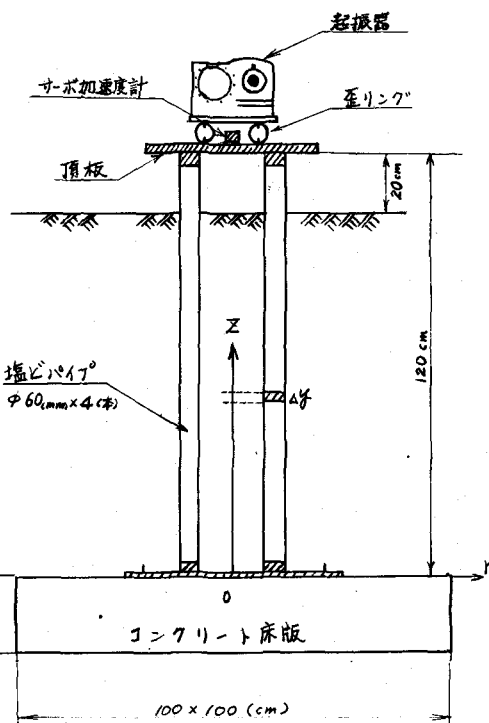


図 - 1

3). 実験結果

減衰係数 C と、反力係数 R は、ヒステリシス曲線から次のようにして求めることができる。(図-2参照)

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = P_0 \cos \omega t \quad \text{----- (1)}$$

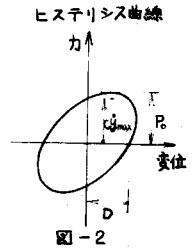
の解を、 $y = D \cos(\omega t - \phi)$

として(1)式に代入して、Dを求める。

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

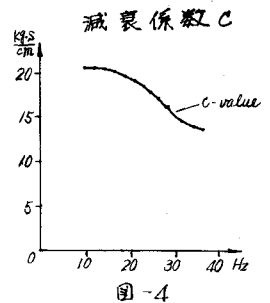
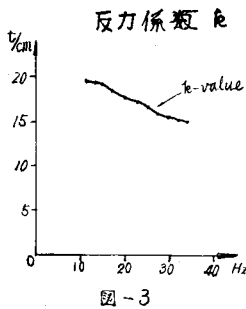
$c\dot{y}_{\max}$ を、オシロ記録により求め、 $c\dot{y}_{\max} = C\omega D$ より、Cを各サイクルについて求める。

$$(2) \text{式を变形して、} k = \sqrt{\left(\frac{P_0}{D}\right)^2 - \omega^2 c^2} + m\omega^2 \quad \text{----- (3)} \quad \text{が求まる。}$$



このようにして、各サイクルについて、k及びCを表わしたグラフが、図-3から

図-6に示されるグラフである。ここに、各々起振力によるk, Cの特性の変化は見られない。又各サイクルによるk及びCの変化は、振動数の増加と共に減少している。杭のみの場合は、k, C共に、振動数の影響は受けず、ほぼ一定である。



4). 理論的考察

端固定の杭の縦振動方程式は、次のように示される。

$$3. \frac{\omega_0 A}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = EA \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} + q_1(z) + q_2(z) \quad \text{----- (4)}$$

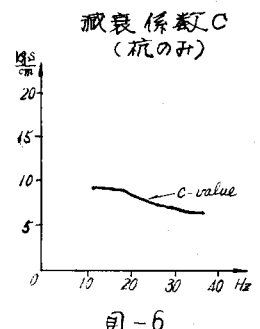
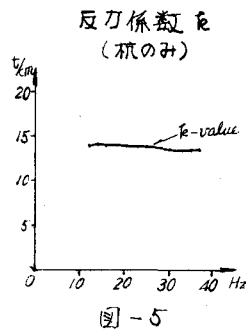
ここに、 ω_0 =杭材料の単位体積重量

A=杭の断面積、E=杭材料のヤング率

y=杭の軸方向変位。

$q_1(z)$ =杭に働く軸方向外力(杭頭荷重)

$q_2(z)$ =杭周囲地盤反力



ここで、杭頭荷重(上向正)を、 $\sin\left(\frac{n\pi z}{2H}\right)$ の

級数に展開すれば、 $q_1(z)$ は、杭頭でのみ、与えられているという条件より、

$$q_1(z) = \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{2P}{H} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{n\pi z}{2H}\right) \cdot e^{ipt} \quad \text{----- (5)} \quad \text{と与えられる。}$$

次に $q_2(z)$ は、

$$q_2(z) = \pi d G \left(\frac{\partial w}{\partial r} \right)_{r=r_0} \quad \text{----- (6)} \quad \text{と与えられる。}$$

ここに、wは地盤の鉛直変位である。ここで杭変位を、 $y = \sum_{n=1,3,5,\dots} D_n \sin\left(\frac{n\pi z}{2H}\right) \cdot e^{ipt}$ とおき(4)式に

代入し、(5)(6)式と、境界条件より、変位yは、次式で与えられる。

$$y = \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{2P(-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \sin\left(\frac{n\pi z}{2H}\right) \cdot e^{ipt}}{\left[EA \left(\frac{n\pi}{2H} \right)^2 - \frac{\omega_0 A P^2}{g} - \pi d G \cdot \frac{K_0(r_0)}{K_0(r_0)} \right] \cdot H} \quad \text{----- (7)} \quad \text{但し、} d=\text{杭の直径、} H=\text{杭の長さ}$$

また(7)式より、反力係数kが、(8)式が、負の値をとる時、減衰係数Cが、 $\checkmark$ 実数

$$k_n = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\mu} \left(\frac{n\pi}{2H} \right)^2 - \frac{PP}{g\mu}} \quad \text{--- (8)}$$

*参考文献 (1) Nogami T and Norak M: Soil-Pile INTERACTION in VERTICAL VIBRATION, E.E. & S.D. Vol. 4, No. 3