

武蔵工業大学 正員 星谷 勝
 武蔵工業大学 学生員 ○榎出 正人
 日平産業(株) 堀口 幸弘

1. まえがき

バイブロ(振動杭打ち機)による杭打ちは、杭に垂直振動を与え、その連続的な振動载荷と杭と土の摩擦力軽減によって能率よく杭の打ち込み、あるいは引き抜きを行う工法である。本研究ではバイブロによる杭打ち時の杭の挙動を理論解析的に検討するものであり、時間の経過と共に地中深く移動する杭を首尾一貫して捕えようとするものである。まず初めに問題を簡単化し、杭を剛体杭に、地盤を剛的地盤に設定して打ち込まれる杭に対する地盤の抵抗に主眼を置いて検討を行った。

2. 振動系モデル

いま図1のような振動系モデルを設定する。

この振動系の運動方程式は、

$$\begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C & -C \\ -C & C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 g \\ m_2 g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ P \sin \omega t \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ S(t) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ R(t) \end{bmatrix} \quad \cdots(1)$$

ここで $S(t)$ は杭周面抵抗力、 $R(t)$ は杭先端抵抗力である。 $S(t)$ 、 $R(t)$ は杭の運動方向によってその作用方向が決まり、その大きさは杭の変位量 x_2 と速度 $\dot{x}_2$ によって決定されるものとして次のように設定した。杭先端が第 i 層にあるとき、

$$S(t) = \begin{cases} \lambda(x_2, \dot{x}_2) : \dot{x}_2 \geq 0 \\ -\lambda(x_2, \dot{x}_2) : \dot{x}_2 < 0 \end{cases} \quad \cdots(2)$$

$$R(t) = \begin{cases} r(x_2, \dot{x}_2) : \dot{x}_2 \geq 0 \\ 0 : \dot{x}_2 < 0 \end{cases} \quad \cdots(3)$$

$$\lambda(x_2, \dot{x}_2) = \sum_{i=1}^n a_i l_i + a_i (x_2 - \sum_{i=1}^{i-1} l_i) \quad \cdots(4)$$

$$r(x_2, \dot{x}_2) = r_i(x_2, \dot{x}_2) \quad \cdots(5)$$

ただし、 a_i は第 i 層における単位長さ当たりの杭周面抵抗力である。ここで、 a_i 、 r_i をそれぞれ図2、3のようなモデルに仮定する。

ただし、 a_{0i} :第 i 層における単位長さ当たりの静的最大周面摩擦力

a'_{0i} :第 i 層における単位長さ当たりの動的最小周面摩擦力

$\dot{x}_{si}$:第 i 層の杭周面における限界速度

r_{0i} :第 i 層における静的最大先端抵抗力

r'_{0i} :第 i 層における動的最大先端抵抗力

$\dot{x}_{ri}$:第 i 層の杭先端における限界速度

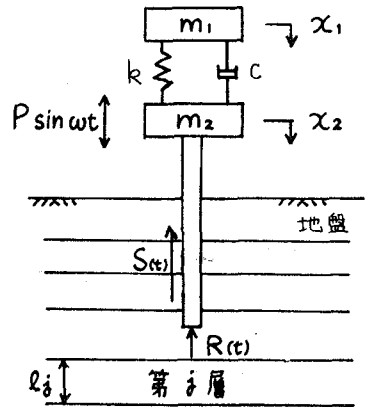


図1 振動系モデル

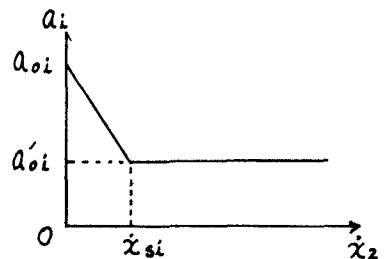


図2 単位長さ当たりの杭周面抵抗力モデル

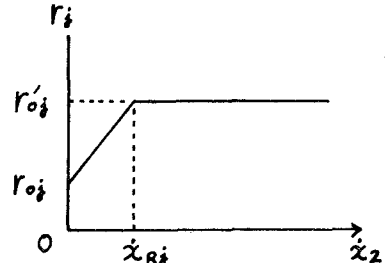


図3 杭先端抵抗力モデル

3. 数値解析例

数値解析例では問題をさらに単純化し、単層の一様地盤について数値解析を行った。解析結果の1例を図4に示す。これは N 値=3の粘土地盤を想定したものであり、この時用いた地盤条件を表わすパラメータは単位体積重量 $=1500 \text{ kg/m}^3$ ³⁾、粘着力 $=2000 \text{ kg/m}^2$ ²⁾、内部摩擦角 $=0^\circ$ ²⁾、杭と土の摩擦係数 $=0.3$ ²⁾、限界速度 $\dot{\epsilon}_s$ $=0.5$ 、限界速度 $\dot{\epsilon}_r=0.1$ 、 $a'_0/a_0=0.5$ 、 $r'_0/r_0=2$ ⁴⁾である。なお数値計算はルンゲ・クッタ・ギル法を用いた。

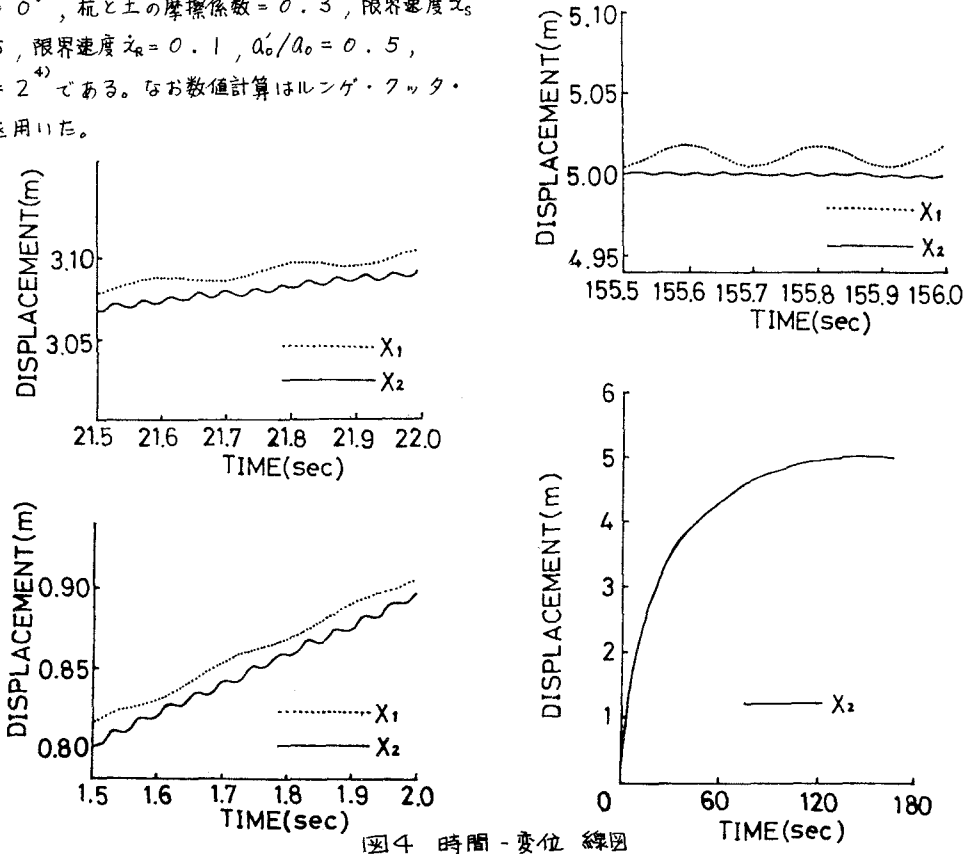


図4 時間-変位線図

4. むすび

この振動解析の精度は地盤の抵抗をいかに的確に捕えるかにかかっており、そのためには土の特性をよく知る必要がある。しかしながら、本研究で仮定したモデルを取り上げると、図2における a'_0 と $\dot{\epsilon}_{si}$ 、図3における r'_0 と $\dot{\epsilon}_{sj}$ などは本研究の中で重要な役割を受け持っているものの、現段階ではまだ手さぐりの状態であることは否めない。これは今後の課題と言えよう。また、この振動解析の進め方としては、実験との対応がとれていないのではっきりとは断言できないが、数値解析結果を見る限りでは妥当な方向にあるのではないかとと思われる。

今後の展開としては、杭を弾性杭として扱った場合、地盤を弾性地盤として扱った場合の解析が必要と思われる。ところで、実際のパイプロの杭打ちでは地盤振動を誘発し、振動公害という問題に発展しているが、打ち込みに有効な振動を抑えてしまえば施工能力が低下するのは必至であり、いかにしてパイプロの振動を有効に使いながら地盤振動を抑えるかという対策が今日迫られている。そのためにも、パイプロの振動と地盤との相互関係の究明が望まれている。

<参考文献> 1)日本建設機械化協会編：仮設鋼板施工ハンドブック，技報堂 2)土木学会編：土木工学ハンドブック中巻，技報堂 3)成瀬勝武，その他：新土木設計データブック上巻，森北出版 4)土質工学会編：土と構造物の動的相互作用，土質工学会