

名古屋工業大学 学生員 ○森本 伸治

名古屋工業大学 正 員 松浦 聖

名古屋工業大学 正 員 長谷川 彰夫

1. はじめに

地震動による地表面の変動は、その地盤の影響を大きく受けており、地震時の構造物-地盤系の挙動は、地盤の動的特性と密接な関係にある。特に杭によつて補強された地盤の挙動は、杭と地盤との相互作用の影響を大きく受ける。そこで、杭地盤を混合体として考え、その運動方程式を差分法を用いて近似して解き、杭地盤の振動特性を解明しようと試みた。

2. 解析モデル¹⁾

Fig-1. のように水平方向に無限に並び、矩形断面の群杭地盤を考え、Fig-2 に示すような単位杭地盤について解析を行なう。

杭の大きさは、 y 方向に $2a_1$ 、 z 方向に $2b_1$ とし、杭の中心間隔は y 方向に $2a_2$ 、 z 方向に $2b_2$ とする。座標軸の原点は $y-z$ 平面上の杭の中心にとり、鉛直方向に x 軸をとる。

杭及び地盤は完全弾性体であり、均質等方であると仮定する。

波は、 x 軸方向に伝わり y 方向の振動をする横波を考える。

3. 変位及び応力の仮定

x 、 y 、 z 軸方向の変位をそれぞれ $u^{(i)}$ 、 $v^{(i)}$ 、 $w^{(i)}$ とする。ここで $i=1$ は杭の、 $i=2$ は地盤のそれを表わす。 $u^{(i)}$ 及び $w^{(i)}$ は y 、 z 軸について反対称、 $v^{(i)}$ は y 、 z 軸について対称と仮定する。応力については、 $y=0, \pm a_2$ において $\sigma_{xx}=0$ 、 $\sigma_{yz}=0$ 、 $\sigma_{zx}=0$ 、 $z=0, \pm b_2$ において $\sigma_{zz}=0$ と仮定する。また、杭及び地盤の境界での連続条件より次のことが言える。

$$y=\pm a_1, z=\pm b_1 \text{ において、 } u^{(1)}=u^{(2)}, v^{(1)}=v^{(2)}, w^{(1)}=w^{(2)}, \sigma_{xx}^{(1)}=\sigma_{xx}^{(2)}, \sigma_{yz}^{(1)}=\sigma_{yz}^{(2)}, \sigma_{zx}^{(1)}=\sigma_{zx}^{(2)}$$

4. 基本式及び解析

微小変位理論により y 方向の運動方程式を立て、上記の変位及び応力についての仮定と連続条件を用いて、杭及び地盤のそれぞれの領域について変位・応力を平均化すると次式を得る。

$$C_1 \frac{\partial^2 v^{(1a)}}{\partial x^2} - \rho_1^{(p)} \frac{\partial^2 v^{(1a)}}{\partial t^2} = F_1 (v^{(1a)} - v^{(2a)}) \quad \text{----- (1)}$$

$$C_2 \frac{\partial^2 v^{(2a)}}{\partial x^2} - \rho_2^{(p)} \frac{\partial^2 v^{(2a)}}{\partial t^2} = -F_2 (v^{(1a)} - v^{(2a)}) \quad \text{----- (2)}$$

ここに $v^{(1a)}$ 及び $v^{(2a)}$ はそれぞれ杭及び地盤の平均変位を示し、 $\rho_1^{(p)}$ 、 $\rho_2^{(p)}$ は杭及び地盤の分密度を示している。また C_1 、 C_2 、 F_1 、 F_2 は、杭及び地盤の大きさ、ポアソン比、せん断弾性係数によって決定される定数である。

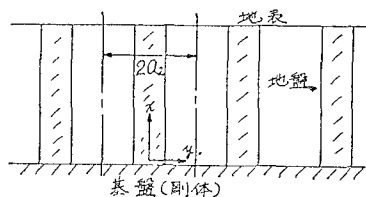


Fig-1 解析モデル

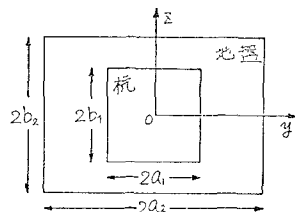


Fig-2 解析モデル

式(1), (2)より $v^{(2a)}$ を消去すると、 $v^{(1a)}$ のみの4次の微分方程式が得られる。

$$\left(C_2 + \frac{F_2}{F_1} C_1\right) \frac{\partial^2 v^{(1a)}}{\partial x^2} - \left(\rho_2^{(p)} + \frac{F_2}{F_1} \rho_1^{(p)}\right) \frac{\partial^2 v^{(1a)}}{\partial t^2} - \frac{C_1 \cdot C_2}{F_1} \frac{\partial^4 v^{(1a)}}{\partial x^4} \\ - \frac{\rho_1^{(p)} \cdot \rho_2^{(p)}}{F_1} \frac{\partial^4 v^{(1a)}}{\partial t^4} + \left(\frac{C_2 \cdot \rho_1^{(p)} + C_1 \cdot \rho_2^{(p)}}{F_1}\right) \frac{\partial^4 v^{(1a)}}{\partial x^2 \cdot \partial t^2} = 0 \quad \text{----- (3)}$$

この式の微分項を差分法を用いて近似をする。以下に数値計算によって得られた結果を示す。

5. 結果及び考察

数値計算にあたり、基盤における振動が正弦波振動をする場合を考えた。Fig-3.に見られるように、地表面での振動特性は、基盤での正弦波の角振動数 α による影響を受ける。差分による解法において、固有振動数の問題は今後の課題である。

Fig-4.では、地盤のせん断弾性係数 μ_2 による影響を示している。

Fig-5.では、地表面での境界条件として、杭表面に慣性力が加わった場合の結果を示している。ここでは、 $\sigma_{xy} = \mu_1 \frac{\partial v^{(1a)}}{\partial x} = -M / 4 \cdot a \cdot b \cdot \frac{\partial^2 v^{(1a)}}{\partial t^2}$ とおき、この式を差分近似して地表面での境界条件としている。(M: 杭一本当りにかかる質量) この場合、地表面での振幅は、杭に加わる慣性力の有無によってかなり違ふものとなっている。これは地表面での振動が、逆方向に働らく慣性力の影響により、振動の打ちおくれが見られ、それにより地表面での振動が押ええられるからであると思われる。

6. あとがき

今回、振動方程式を差分法を用いた近似解法によって解いたわけであるが、その利点としては、支配方程式が既知の場合、比較的単純な数値計算プログラムによって計算ができるという点である。

差分法を用いた場合の問題点としては、精度の問題がある。そのため、差分網目の分割間隔を、できる限り細かくして計算しなければならない。

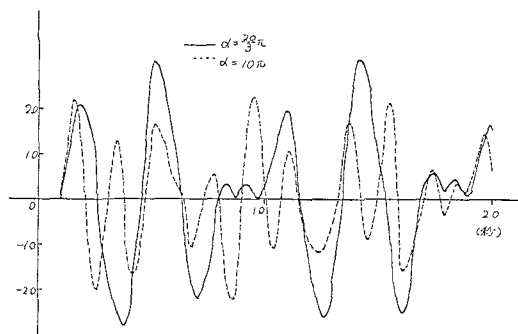


Fig-3. 地表面の振動 (α の変化)

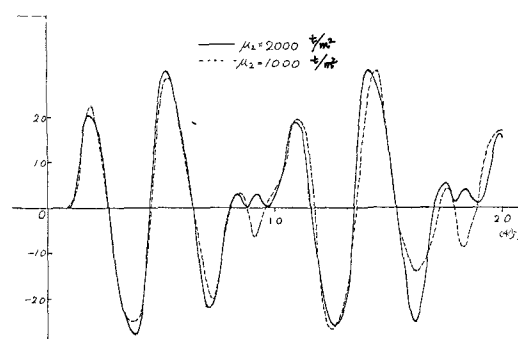


Fig-4 地表面の振動 (μ_2 の変化)

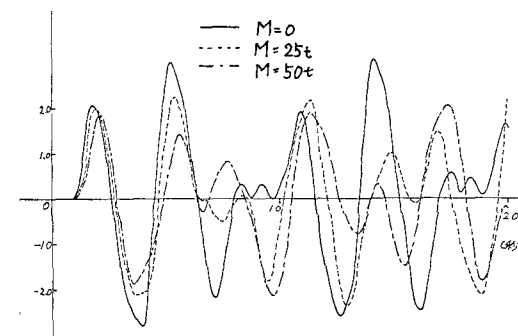


Fig-5 地表面の振動 (Mの変化)

参考文献

多賀、木股、「混合体理論による杭地盤の波動伝播」建築学会東海支部研究報告 9/97~200 昭和50年2月