

Ⅲ-A415

急速水平載荷試験時の群杭の三次元有限要素解析

京都大学 正会員 木村 亮, 足立 紀尚

京都大学 学生員 ○ Tirawat Boonyatee

熊谷組 正会員 水野 恭行

1. はじめに

急速載荷試験が静的水平載荷試験の代用としての適用性を調べるために、急速水平載荷の模型実験を行ない¹⁾。この実験に対し、単杭の有限要素解析を行なった²⁾。本稿では、その解析を群杭（2本群杭）に適用し、急速載荷解析（STN 解析）及び静的載荷解析（SLT 解析）を実験結果と比較するとともにその適用性を検討した。

2. 解析の概要

本解析に用いたメッシュを図1に示す。8節点 Brick 要素と6節点5面体要素を用い、対称性を考慮し、模型実験の半分を対象として解析を実施する。全節点数は3181、全要素数は2592である。地盤の降伏規準としてDrucker-Prager理論を適用し、non-associated 弾塑性解析を行なった。Drucker-Prager の降伏関数および塑性ポテンシャル関数は式（1）、（2）のように表される。

$$f = \sqrt{J_2} - \alpha \sigma_m - \kappa \quad (1)$$

$$g = \sqrt{J_2} - \beta \sigma_m \quad (2)$$

$$\text{ここに, } \alpha = \frac{3 \sin \phi}{\sqrt{9 + 3 \sin^2 \phi}}, \kappa = \frac{3c \cos \phi}{\sqrt{9 + 3 \sin^2 \phi}}$$

$$\beta = \frac{3 \sin \psi}{\sqrt{9 + 3 \sin^2 \psi}}$$

地盤の弾性係数は、静的試験の結果から逆計算した。地盤の弾性係数は地表面においてゼロとし深さに比例して増加するとし、その増加率を変化させて解析を行なった。杭のモデル化に関しては、曲げ剛性 EI が等価な密実杭と仮定した。実験杭の弾性係数 E は、曲げ試験の結果から算出した。解析に用いた実験杭及び実験地盤の諸元を表1に示す。

一方、本解析は室内実験の解析であるため、無反射境界は設けていない。杭の周囲と杭端部には Joint 要素を配している。この Joint 要素の破壊条件は Mohr-Coulomb の基準に従うこととし、杭周辺

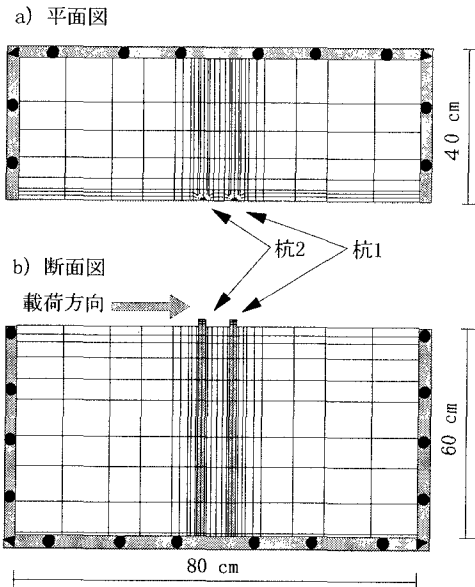


図-1 有限要素メッシュ

表1 杭の曲げ剛性および地盤係数

杭の曲げ剛性 $E_p I$ (Nm ²)	1390
杭の重さ (g)	440
弾性係数 $\Delta E_s / \Delta z$ (MPa/m)	350
単位体積重量 γ (kg/m ³)	1464
ポアソン比 ν	0.333
静止土圧係数 K_0	0.5
内部摩擦角 (°)	30

Keywords: FEM, Statnamic, Lateral loading, Three dimensional

京都大学大学院土木研究科地盤工学専攻, 606-8501 京都市左京区吉田本町

Tel. 075-753-5106, Fax. 075-753-5104

地盤には大きな引張り応力を発生させないようにした。

STN 解析を行なう際、室内実験で測定された杭頭での荷重の時間変化を杭頭での荷重境界条件として与え、Newmark 法によって解析を行った。また、動的の地盤定数は単杭の解析を参考に、減衰係数は $5 \times 10^{-4} \text{Ns/m}^3$ とした。

3. FEM 解析結果

図2に静的載荷時の荷重-変位関係を示す。載荷の段階において解析結果が実験結果を若干過大評価しているが杭の位置による支持力の違いが表現出来ている。ただし、本解析では単杭と同様に²⁾除荷時の挙動を説明できない。解析曲線では直線的に変化しているが、実験では、除荷後ただちに初期勾配と同じ傾きを示している。その後は、見掛上塑性挙動を示しているものと考ええる。

図3はSTN および実験結果の荷重-変位関係を比較したものである。実験では、杭1、杭2に強制変位を与えたが、本解析は荷重境界を杭頭に与えたので、杭1と杭2の最大変位は一致しない。STN 解析の場合、載荷過程において解析結果と計測値にわずかの差異が生じているが、解析は、杭の挙動を表現出来ているものと考ええる。ただし、最大荷重から除荷点までの減衰効果は、解析値と計測値は一致せず、動的効果の構成式を改良する必要がある。

4. おわりに

空気圧を利用した室内スタナミック試験について FEM 解析を行った。解析では、載荷過程で実験値と多少の差異は生ずるものの、概ね群杭の挙動を表現している。これに対し、除荷時の杭の挙動を十分表現できず、この点について改良する必要がある。

参考文献

- 1) 木村ら：室内模型実験システムを用いた杭の急速水平載荷試験，第34回地盤工学研究発表会，1999（投稿中）。
- 2) 木村ら：急速水平載荷模型試験の三次元有限要素解析，第34回地盤工学研究発表会，1999（投稿中）。

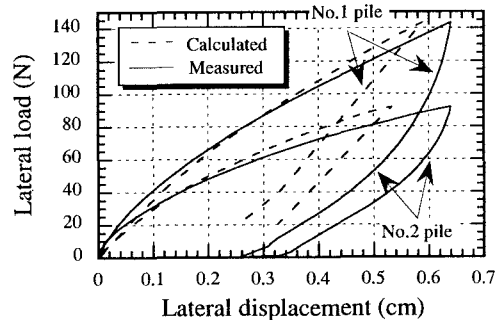


図2 SLT解析および実験における荷重変位曲線

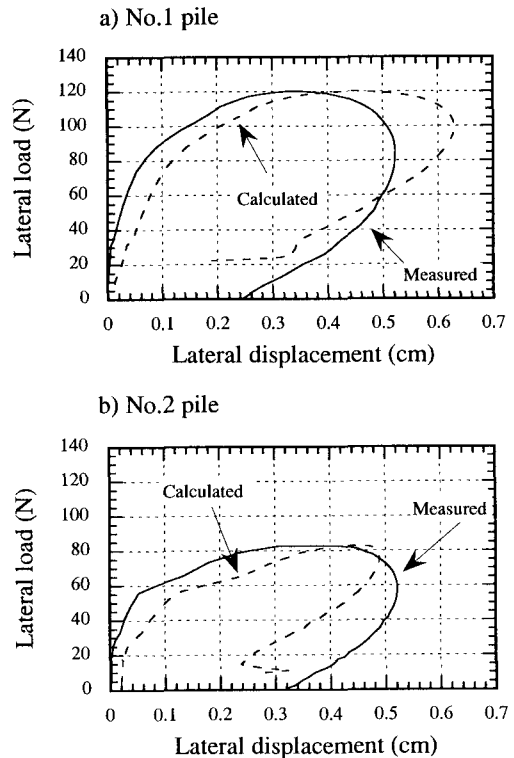


図3 STN解析および実験における荷重変位曲線