

III-437 軟弱地盤中の杭基礎に作用する側方流動圧に関する数値解析

建設省土木研究所 ○正員 浅井 健一
正員 岡原美知夫
正員 森 浩樹

1. まえがき

軟弱地盤上において偏載荷重を受ける構造物は、地盤の側方移動による土圧(以下:側方流動圧という)により、構造物の側方移動を起こす恐れがある。しかし、これは地盤と構造物の相互作用問題であることから定量的把握には困難が伴い、一般的な推定法を確立していないのが実状である。

本研究は、橋台基礎に作用する側方流動圧の分布を把握するために弾塑性FEM解析に基づく試算を行うとともに、既往の側方流動圧の簡易評価手法との比較検討を行うものである。

2. 解析方法

本解析は、関口・太田¹⁾らが多次元圧密理論に基づき弾・粘塑性構成式を取り入れた弾塑性プログラムにより行った。このプログラムの有効性は、予め当研究室における既往の実験結果²⁾をシュミレートすることにより確認した。なお、入力定数は本来、厳密な力学試験により決定すべきであるが、今回は qu から推定する簡易的手法³⁾によった。軟弱層厚(D)および非排水せん断強度(Cu)は側方移動の判定値の要因を考慮し、それぞれ $D=5m, 10m, 15m, Cu=5tf/m^2$ とした。また、FEMは平面ひずみ状態で行っているため、杭は1列としてモデル化している。

このため、実規模での構造物を考えると1列杭に対する等価剛性を考える必要がある。今回は、2タイプの杭種(SPP杭とCCP杭)で2、3、4列を想定し試算を行った。試算結果により $EI=5 \times 10^6$ (2列杭相当)、 $EI=50 \times 10^6 tf/m^2$ の2ケースを設定した。図-1に解析モデルの寸法及び境界条件を示す。

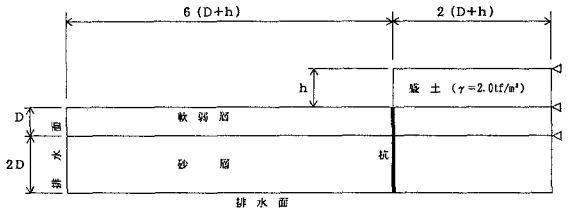


図-1 解析モデルの寸法

3.1 側方流動圧の分布状況

図-2に $D=10m$ の時の各盛土高における側方流動圧(=全応力差 $\Delta \sigma_x$, 図中:破線)および有効応力差($\Delta \sigma_x'$, 図中:実線)の深さ方向分布を示す。同図より盛土荷重載荷直後の側方流動圧としては有効応力分布が $1 \sim 4 tf/m^2$ (盛土高さによってあまり変化しない)程度と小さい値であることより、大部分が過剰間隙水圧によっていることがわかる。また、側方流動圧 $\Delta \sigma_x$ を盛土荷重 γh で正規化した $\Delta \sigma_x / \gamma h$ と地表面からの深さ Z を軟弱層厚 D で正規化した Z/D の関係を図-3に示す。本図より、 D によって多少のばらつきはみられるが、側方流動圧の大きさ及び分布形状は、下式で表現できることがわかる。

$$\Delta \sigma_x / \gamma h = 1.0 \quad (Z/D \leq 0.5 \text{ のとき})$$

$$\Delta \sigma_x / \gamma h = 1.5 - Z/D \quad (Z/D > 0.5 \text{ のとき})$$

ここに、 $\Delta \sigma_x$:側方流動圧(tf/m^2),

γh :盛土荷重(tf/m^2), D :軟弱層厚(m), Z :地表面からの深さ(m)

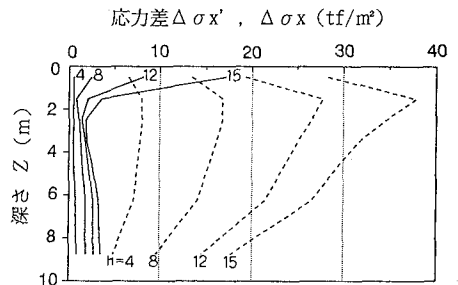


図-2 側方流動圧分布

3.2 変位挙動の推定

側方流動圧推定のための簡易手法によれば、地盤変位は実測値がない場合はBousinesqの解や

FEM解析により推定する。ここでは、前述の結果を基に地盤または杭の変位の推定を行うため、これらに関係が深いと思われる安定係数 $N_b^{4)}$ および D に着目し、 $D \cdot \gamma h/C$ なる指標を仮定した。図-4に $A\delta$ （軟弱層における変形の面積量）と $D \cdot \gamma h/C$ の関係を示す。同図より $A\delta \sim D \cdot \gamma h/C$ 関係が非線形関係にあり、両者の関係は $A\delta = 0.09 \cdot (D \cdot \gamma h/C)^{1.45}$ として表すことができる。このことより、側方流動現象が、単に地表面変位だけではなく軟弱層全体における側方変位量とかかわりがあることを考えると $D \cdot \gamma h/C$ は変位を推定する上で重要な指標となるものと思われる。図-5に杭の水平変位と $D \cdot \gamma h/C$ の関係を示す。同図より杭の場合、杭頭における水平変位量 δp が直接指標 $D \cdot \gamma h/C$ と非線形関係にあり、両者の関係は $\delta p = 0.15 \cdot (D \cdot \gamma h/C)^{0.15}$ と表される。また、この結果は、杭の剛性には依存しないものとなった。

4. まとめ

①側方流動圧の大部分は過剰間隙水圧によっており、その大きさ及び分布形状は、

$$\Delta \sigma_x / \gamma h = 1.0 \quad (Z/D \leq 0.5 \text{ のとき})$$

$$\Delta \sigma_x / \gamma h = 1.5 - Z/D \quad (Z/D > 0.5 \text{ のとき})$$

で表現できる。

②盛土端部付近の地表面変位は、 $A\delta = 0.09 \cdot (D \cdot \gamma h/c)^{1.45}$ の関係より推定できるものと考えられる。

③構造物変位は、 $\delta p = 0.15 \cdot (D \cdot \gamma h/c)^{0.15}$ の関係より推定できるものと考えられる。

参考文献

- 1) Sekiguchi and Ohta: Induced anisotropy and time dependency in clays, 9th ICSMFE.
- 2) 建設省土木研究所: 橋台の側方移動に関する研究, 土木研究所資料第1804号
- 3) 太田ほか: 弾・粘塑性有限要素法解析の入力パラメーター決定における一軸圧縮強度の利用, 土木学会論文報告集, 第400号/Ⅲ-10.
- 4) (財) 高速道路調査会: 軟弱地盤上の橋台基礎に関する調査研究報告書

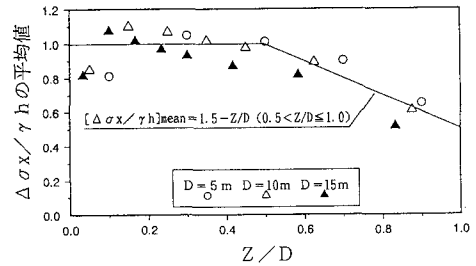


図-3 $\Delta \sigma_x / \gamma h \sim Z/D$ 関係

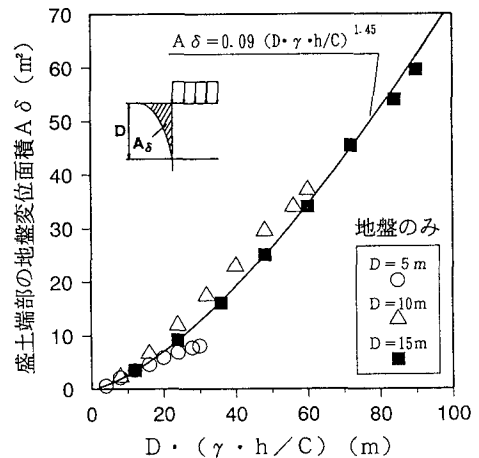


図-4 $A\delta \sim D \cdot \gamma h/C$ 関係

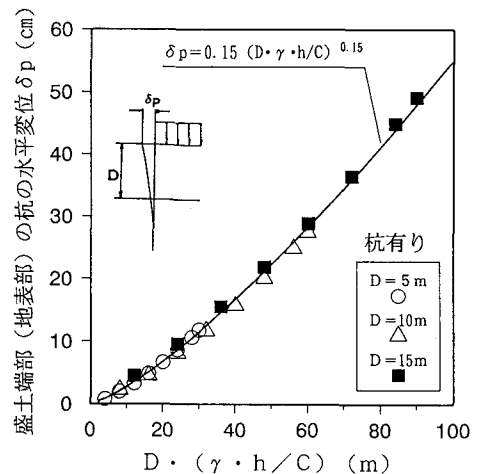


図-4 $\delta p \sim D \cdot \gamma h/C$ 関係