

D J M工法におけるコンクリート杭の効用

長崎大学 正 伊勢田 哲也 正 棚橋 由彦
 長崎大学 学〇永松 幹雄 学 野口 和彦

1. まえがき 最近、軟弱地盤の改良にあたり、セメント系固結材を用いた深層混合処理工法として粉体噴射攪拌工法(D J M工法)が採用される事例が多い。本工法は、安定材を土と攪拌混合することにより地盤の強度を増加させ、盛土のすべり破壊ならびに側方流動の防止、また沈下量の軽減に効果があることが報告されている。しかしながら設計に関しては、サンドコンパクションパイル工法の手法に準ずるもの¹⁾、また改良体を一体構造物と考える手法²⁾など様々であり、画一的な設計手法は現われていない。本文は、建設省武雄工事事務所が有明海岸恵比須地区で行なった現位置での載荷試験をもとに、事例解析を行ない検討するとともに、改良体杭と杭間の土の關係に着目し、考察を行ないまとめたものである。

2. 試験施工の概要

この試験では改良体が一体構造物として挙動するかどうか調べるために、各盛土載荷(押さえ盛土)による各部の挙動を観測し、限界盛土高ならびに改良体の破壊性状について検討するものである。各観測計器および改良体杭の配置を図-1に示す。なお杭間隔は1.2m×1.3m、杭の直径は1.0mであり改良率は50%である。

3. 改良区域を一体構造物としたときの検討

ここでは改良区域の複合地盤が一体化した挙動をすると仮定し、その側面には節点のJointを設け摩擦力が作用すると考えたbi-linearなFEM 2次元解析を行なった。改良区域の物性値は土と杭の体積配分率を考慮し決定した。図-2はA2-Line(図-1参照)の水平変位量である。図には盛土高6.7mの観測値と計算値を、盛土高8mは未施工のため計算値のみプロットした。図より観測値と計算値が比較的良好な対応を示していることがわかる。次に図-3はA2-LineのB点(黒丸)における盛土高と水平変位量の関係を示している。図から盛土高の増加により水平変位量が增大する割合が多くなることわかる。特に盛土高7mから8mの間では荷重増分が小さいことを考慮するとその傾向が著しい。図-4は盛土高7,8m時の改良区域の解析による破壊状況を示した。盛土高6mでは破壊は見られなかった(図省略)が7mでは左下隅の1要素が破壊し、さらに8mでは破壊要素群となって現われた。このことが改良区域の変位量の増大に係わっているのではないと思われる。

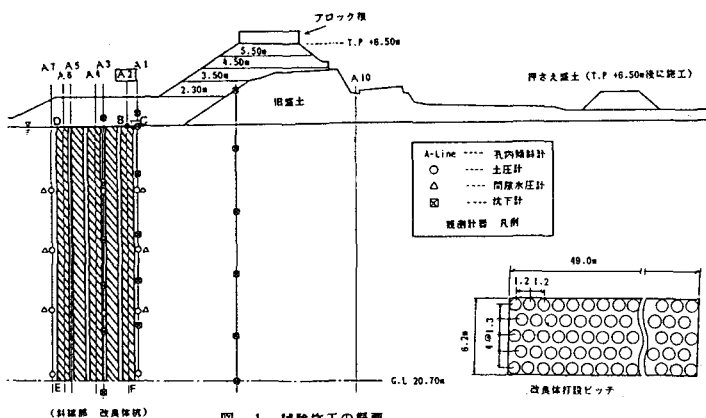


図-1 試験施工の概要

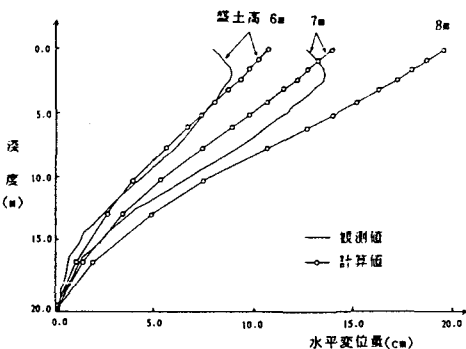


図-2 A2-Lineにおける水平変位

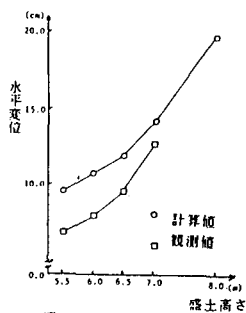


図-3 盛土高と水平変位

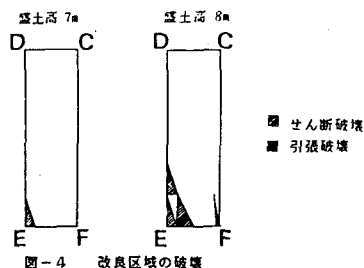


図-4 改良区域の破壊

4. 地盤内における杭の効用

3. で改良区域を一体構造として扱ったが観測によると杭は均一な挙動を示さなかった(図省略)。本工法の特徴である杭の千鳥配置に関する研究報告³⁾は少なく、その機構はあまり知られていない。そこで杭の効用を調べるにあたり 3次元解析を行なう必要があるが、ここでは杭と地盤の關係に着目するために 3次元解析に代わる簡易計算(FEM)として次のような 2次元弾性モデルを試作した。

(1) モデル 基盤から任意の距離にある平板(厚さ 1 m, 平面ひずみ)を考える。ただし座屈荷重および自重については考慮していない。次に 3次元モデル(図-5)を 2次元モデルで代用するために水平荷重あるいは杭の曲げに関する抵抗の仮定を行なう。まず水平荷重および杭の曲げ抵抗の考え方を説明する。改良区域の側方に三角形分布荷重が作用すると仮定すると G 断面では基盤から G 断面までの荷重を受けて変形すると考え、その 2/3 を G 断面, 1/3 を基盤(点 O)に作用させる。さらに、片持梁に集中荷重が作用したときの曲げに対する抵抗は杭の剛性を E, 断面二次モーメントを I, 杭長を L とすると $3EI/L^3$ となり、要素に対して求め、それを節点に加え載荷重の方向に作用させた。

(2) 杭周囲の土のスライド・分離判定

実際には、改良体杭の表面は滑らかではないと思われるが、ここでは杭と杭周囲の土の關係が粘着力およびせん断抵抗力に支配される滑らかな表面を想定したモデルを用い、判定を行なった。なお杭周囲での粘着力は $0.1 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ (杭は 1.0 kgf/cm^2) と想定し、せん断抵抗力を 2/3 に低下させた。

計算には剛性(杭 2000 kgf/cm^2 , 土 30 kgf/cm^2), 改良率 50, 40, 30 %, 杭列を 3, 2, 1, 載荷重 p を $0.10, 0.15, 0.20 \text{ kg/cm}^2$, 深さ方向に 8 層, など様々なパラメータを組み合わせて行なった。図-6 は改良率 50 %, 杭列 3, $p = 0.10 \text{ kg/cm}^2$ の条件での第 1 列杭の任意の深さでの水平変位の挙動である。杭間の土の応力状態を調べたところ、杭の側面(荷重の方向に向かって)に小さい領域が現われることがわかった。また改良率が低下することにより、分離判定が顕著に表われることがわかった。そこで、改良率 50 %, 杭列 3, $p = 0.10 \text{ kg/cm}^2$, 杭周囲の粘着力が 2.0 kgf/cm^2 の条件で第 1, 2, 3 列杭(図-5(a)で杭の太線部)のスライド・分離状況を深さ方向に表示してみた(図-7)。図より杭の前後では剛結, 左前後方ではスライドが、側面では分離が生じやすいこと, および基盤から 10m まではスライドおよび分離は生じないが上部へ行くほどスライドあるいは分離が現われる傾向があることがわかった。いいかえると、改良区域の下部では一体として挙動するが、上部へ行くほど一体として挙動せぬ恐れがあることが予想される。

参考文献 1) 道路土工～軟弱地盤対策工指針: 日本道路協会, 1986.11 2) 畑野・沢田・西中村・野間口: 側方変位抑制に用いた地中固結壁の挙動, 土木学会論文集, 第 361 号, PP.28 ~ 36, 1985 3) 例えば足立・木村: 受動杭の水平土圧に関する模型実験, 第 21 回土質工学研究発表会概要集, PP. 1213 ~ 1214, 1986.6

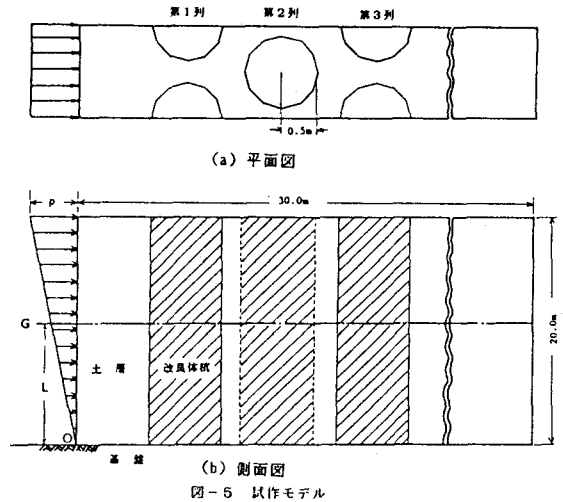


図-5 試作モデル

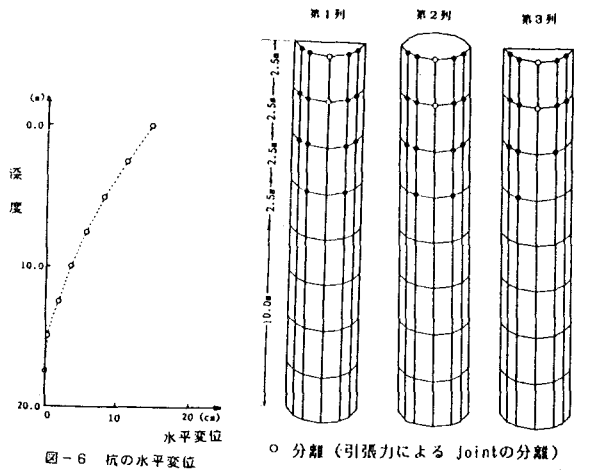


図-6 杭の水平変位

- 分離(引張力による Joint の分離)
- スライド(圧縮力による Joint の分離)

図-7 杭周囲のスライド, 分離状況