

締固め時のロッド貫入と砂杭拡径にともなう地盤内 k 値に関する遠心模型実験

東洋建設(株) 正会員 佐藤 毅  
 山内 亜沙子  
 正会員 三宅 達夫

1.まえがき

液状化対策におけるサンドコンパクションなどの改良効果は、ロッドの振動や砂杭の拡径による地盤密度増加の他に、砂杭の拡径にともなう水平方向土圧の増加による地盤の拘束力の増加があるといわれている<sup>1)</sup>。さらに、レベル2地震動に対する設計に対して、この拘束力(以後 k 値と呼ぶ)の増加を加味することが提案されている<sup>2)</sup>。このような状況に合わせて締固め地盤における k 値の増加を現場計測で検証した結果のとりまとめ<sup>3)</sup>や数値解析などによるメカニズムの解明<sup>4)</sup>などが行われている。筆者らは、締固め地盤における k 値の増加を調べるため遠心実験を行い、ロッド貫入から一定体積を拡径した場合の地盤内応力変化や拘束力の評価を行ったので報告する。

2.実験装置および条件

遠心実験は、すべてのケースにおいて遠心加速度 30g で実施した。実験では、実施工で行う振動によるロッドの貫入・砂杭の拡径を砂杭の拡径による k 値の増加に着目するため、ロッドの貫入は静的に行い、さらに砂杭の拡径は一定体積を拡径させるため剛性の高い杭を強制的に拡径する方法で行った。また、実施工に習い、改良位置は四角形配置で4カ所を改良するものとし、一連の実験は遠心場を 30g に保ったまま行った。ロッド貫入と拡径順序の概略を図-1 に示す。貫入されるロッドは4分割型の杭である。実験装置の詳細は文献 5)を参照されたい。ロッド径は実物換算で 51cm、拡径時の径は 81cm であり、一般的な地盤改良施工(ロッド 40cm、拡径 70cm)に比べ多少大きい。また、貫入速度は実物換算で 2.8m/min で行った。表-1 に実験ケースと実験条件の一覧を示す。実験は標準砂で行い、地盤は相対密度 30%を目標に作製し、水によって飽和させた。地盤深さは実物換算で 4.5m を目標にした。実験では、地盤改良時の地盤内土圧を一カ所当たり鉛直 1、水平方向 2 の3方向で計測し、その他間隙水圧も計測した。各ピッチ毎の計測位置を図-2 に示す。図中の No. は改良順序を示しており、この No.に従って杭を貫入・拡径した。なお、計測位置の深さは、地盤の中央付近とした。

3.実験結果

図-3 に四角形配置で改良した際の土圧の発生挙動を改良経過時間として時刻歴で示している。土圧の位置は、各ピッチとも四角形配置の中心部(図-2の )である。図より、四角形配置の各改良位置での貫入および拡径によって徐々に地盤の土圧が大きくなっており、地盤の拘束力が高まって行く状況が確認できる。また、図中に示される様なピーク値は各改良位置での貫入・拡径ごとに発生していることが分かる。図-4 に実験 1、4 に関するロッド貫入および拡径時における地盤内の水平有効土圧の増分を示す。図の縦軸は貫入および拡径用ロッドの貫入深さを表している。また図上に四角形配置における改良位置を で示し、左から右に改良が進んでいることを表している。各ピッチともロッドが計測器設置位置(2.25m 付近)を通過するあたりまで土圧が上昇し、その後減少する傾向を示し、ロッドの貫入・拡径により拘束力の一時的な増加と応力緩和が改良位置ごとに起きているこ

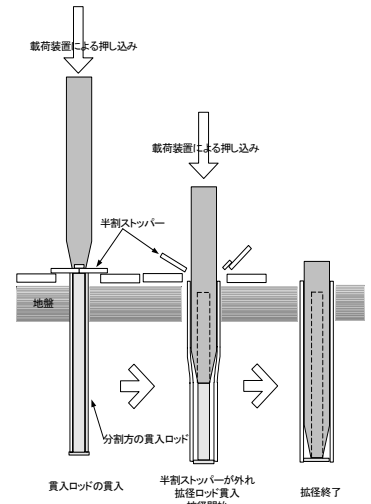


図-1 ロッド貫入と拡径順序

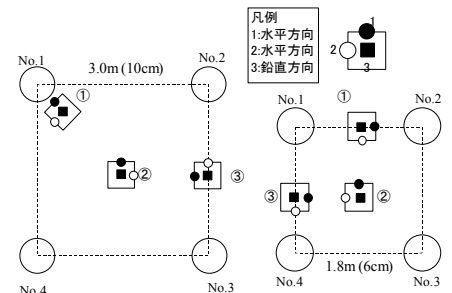


図-2 計測位置

表-1 実験ケース一覧

実験No.	杭間距離		地盤密度(自重圧密後)	
	模型サイズ	実物規模	gf/cm3	Dr (%)
1	10.0cm	300cm	1.400	25.041
2	10.0cm	300cm	1.401	25.430
3	6.0cm	180cm	1.442	40.925
4	6.0cm	180cm	1.413	30.059

Key words: サンドコンパクション、締固め、液状化、遠心模型実験、砂杭拡径、k 値

西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株) 鳴尾研究所、電話 0798-43-5903、Fax0798-43-5916

とを示している。また、改良が進むにつれて水平有効土圧増分のピーク値も大きくなっており、改良によって土圧が上昇する状況が表れており、この傾向は 1.8m ピッチで顕著である。しかし、No.4 の位置を改良したあとの応力緩和後の水平有効土圧増分は 1.8m ピッチと 3.0m ピッチで余り大きな差にはなっていない。また、横軸の数値は、改良位置の No. を示し、1 から 4 に向かって改良が進んでいることを示している。図より、3.0m ピッチでは  $k$  値の変化は改良の進行に伴ってほとんどなく一定であるのに対して、1.8m ピッチでは改良の進行に伴う  $k$  値の増加が表れている。最終的に改良が終了した時点での  $k$  値の平均値は、1.8m ピッチで 1.37、3.0m ピッチ 1.15 であり、ピッチが狭くなることでの地盤の拘束力が増加していることが分かる。これらの  $k$  値を既往の文献 3) における現場で計測された改良地盤の  $k$  値と改良率の関係と比較すると図-6 の様になり、現場計測の平均値的な位置にプロットされる。現段階で実験値を定量的なものと評価することはできないが  $k$  値は地盤の破壊と関連するものであり、あまり大きくなることはないと思われる。この点に関しては、今後、さらに詳細な検討を行う必要がある。

4.まとめ

本実験の結果をまとめると、貫入・拡径に際しての地盤内応力は、ピークを持ちながら徐々に拘束応力を高めていく。3.0m および 1.8m ピッチでの  $k$  値は既往の計測結果の平均的な位置にプロットされる。この点に関しては、今後、さらに詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 安田、地盤の液状化および流動講習会講演資料 液状化対策と流動に対する設計法、地盤工学会、1998
- 2) 原田ら、大地震における建築構造物の締固めによる直接基礎改良地盤の評価に関する実証的研究、実務にみる地盤改良工法の技術的諸問題シンポジウム、1999
- 3) 原田ら、静的締固め砂杭工法の改良効果 - 佐原試験工事、第 32 回地盤工学研究発表会
- 4) 例えば、浅岡ら、水～土連成解析を用いた砂杭拡径による砂地盤の締固め効果の解明、第 34 回地盤工学研究発表会
- 5) 佐藤ら、締固めにおけるロッド貫入および砂杭拡径にともなう地盤内応力変化に関する研究、第 35 回地盤工学研究発表会（投稿中）

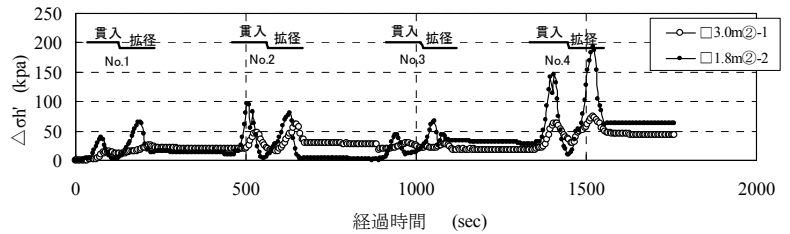


図-3 四角形配置での改良時土圧変化時刻歴

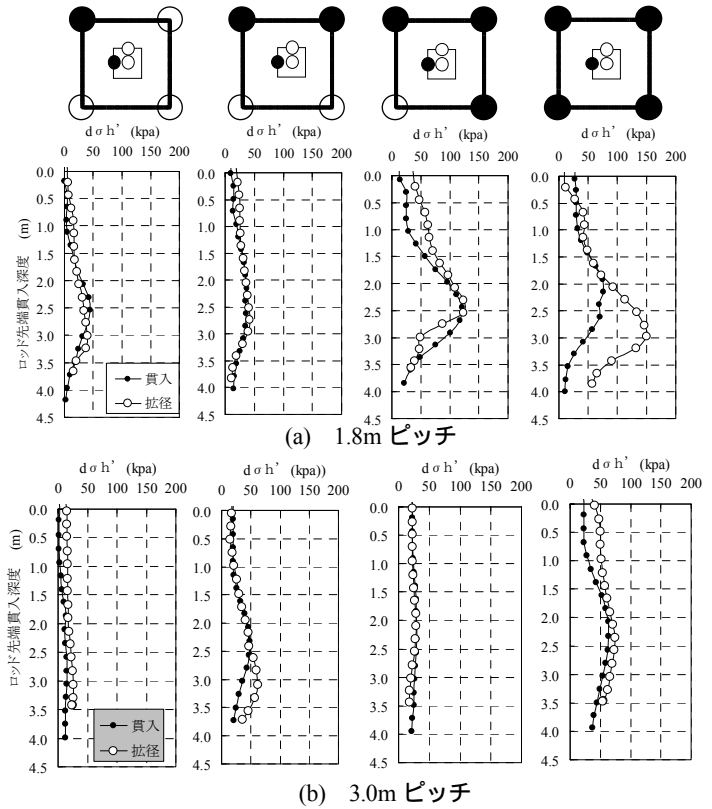


図-4 貫入・拡径時地盤内水平有効土圧増分（実験 1、4）

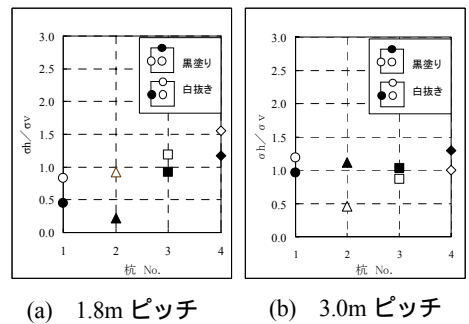


図-5 拡径終了時の  $k$  値 ( $\sigma_h / \sigma_v$ ) (実験 1,4)

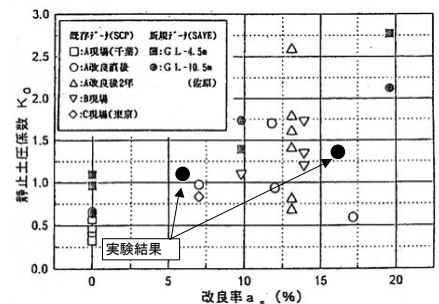


図-6 現場計測による  $k$  値と改良率の関係と実験結果の比較(文献 3)より引用)