

砂地盤を対象としたセメントグラウト注入による締固め効果

九州大学工学部 学 ○朝長 菜美
九州大学大学院 正 陳 光斉

九州大学大学院 正 善 功企
九州大学大学院 正 笠間 清伸

1. はじめに

現在、砂地盤の液状化対策に用いられている密度増大工法に、静的締固め杭工法、コンパクショングラウチング(CPG)工法等の工法がある。これらは、静的な締固めであるため、従来液状化対策として用いられてきたサンドコンパクション(SCP)工法と比較すると、騒音や振動が低減される利点を持つ。さらに、静的に地盤中に杭状の改良体を形成し、水平方向からの圧力により地盤の締固めを行うため、「密度の増大」、「拘束圧の増加」等の改良効果が見られ、実施工においても充分なN値、および液状化強度の増加があると報告されている¹⁾。これら密度増大工法の改良メカニズムを解明するには、改良体の注入形状の把握、周辺地盤の長期的応力変化および密度増加を調べる必要がある。

そこで著者らは、実際のセメントグラウトを注入できる実験装置の開発を行った。本文では、開発した実験装置の特徴を述べるとともに、実験結果を報告する。

2. 実験概要

実験装置の概略図を図-1に示した。実験手順を説明する。

- ①幅約10mm、長さ200mmのスリットが4箇所あいている、直径20mmの金属製のパイプを、実験装置中央に設置した。このスリットを通してセメントグラウトが注入される。
- ②空中落下法を用いて、高さ200mm×直径489mmの円柱の地盤を、豊浦珪砂を用いて作製した。作製した地盤の相対密度は50%である。その際、土圧計および変位計を図-2で示す位置に設置した。
- ③注入するセメントグラウトは表-1に示す配合を用いた。セメントグラウトのスランプ値は29mm、フロー値は178mmであった。

- ④空気圧によりセメントグラウトを注入し、同時に地盤表面に上載圧を作用させた。

実験中の測定項目は、セメント注入圧、地盤内の水平土圧および変位である。上載圧は0.01MPaとし、セメントグラウト注入圧は、セメントグラウトが注入されるまで一気に上げた。今回は、注入圧を0.28MPaまで上げたときに、セメントグラウトは注入された。

3. 実験結果および考察

写真-1は実験装置と注入されたセメントグラウトの様子を真上から撮ったものである。スリットが4箇所開いているので、十字型のように広がっているのが確認できる。

写真-2は注入されたセメントグラウトの形状である。拘束圧のため、下に行くほどセメントグラウトの注入量が少なくなっているのがわかる。また、セメントグラウトの中には空洞ができていた。

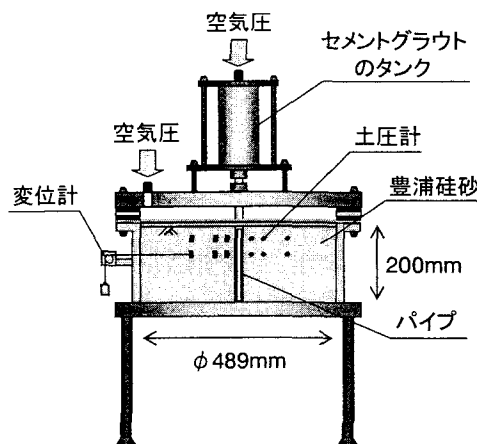


図-1 実験装置

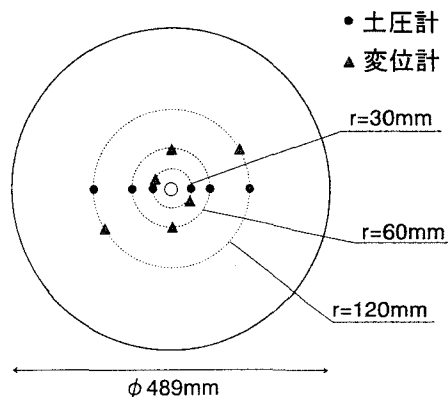


図-2 土圧計と変位計の配置

表-1 セメントの配合

材料	骨材	セメント	ベントナイト	水
割合[%]	52.5	15	7.5	25

セメントグラウト注入による地盤の水平変形を調べるために、図-3は、変位計の設置半径 r と、セメントグラウト注入後の最終的な変位の関係を示した。中心に近いほど変位量大きい。変位計の設置深度の影響により若干変位量が異なるのは、セメントグラウトの広がりか円柱状ではなく十字型であること、深さによって注入半径が違うことの2点に起因すると考えられる。

中心からの距離による、側圧係数の時間的推移の違いを調べるため、図-4は、深さ $h=80\text{mm}$ における、半径 $r=30\text{mm}$ 、 60mm 、 120mm での時間と側圧係数 K の関係を示したものである。

側圧係数とは、セメントグラウト注入により発生した土圧を、初期の水直土圧により割ったものである。セメントグラウトの注入時に一気に K は増加し、その後すぐ減少した。その後 K は時間とともに徐々に減少し、ある値に収束した。側圧係数の値は、セメントグラウト注入直後は半径が小さいほど大きい、最終的には、 $K_{r=60\text{mm}} > K_{r=30\text{mm}} > K_{r=120\text{mm}}$ となった。

図-5は、各時間における、半径 $r=30\text{mm}$ 、 60mm 、 120mm の土圧の値を比較するために、土圧計の設置半径 r と土圧の関係を示したグラフである。セメントグラウト注入直後 ($t=21$) には、半径 r が小さいほど土圧は大きく、半径 r と土圧は比例関係にあるように見える。時間経過と共に、各位置の土圧は減少する。半径が小さいほど減少率は大きく、最終的にはほぼ横ばいとなった。 $r=30\text{mm}$ 、 60mm の位置における最終的な土圧は、セメントグラウト注入前より大きい値となったが、 $r=120\text{mm}$ においては、最初の値より小さい値となった。

セメントグラウト注入後の周辺地盤の応力緩和を調べるために、図-6は、縦軸に $\sigma_{ht}/\sigma_{hmax}$ 、横軸に時間を取り、深さ $h=80\text{mm}$ における、半径 $r=30\text{mm}$ 、 60mm 、 120mm の応力緩和の様子を示した。 $\sigma_{ht}/\sigma_{hmax}$ は応力緩和率を表しており、 σ_{ht} は任意の時間での水平応力、 σ_{hmax} はセメントグラウトの注入時の水平応力である。 $r=30\text{mm}$ と $r=60\text{mm}$ の位置について、注入直後に $\sigma_{ht}/\sigma_{hmax}$ はそれぞれ、0.2、0.3 まで減少する。その後、 $t=300$ あたりまでに、時間とともに徐々に減少し、それぞれある一定の値に収束した。 $r=30\text{mm}$ 、 60mm の位置が減少のみをたどっているのに対し、 $r=120\text{mm}$ の位置については、 $t=44$ のときに最小値 0.05 をとり、その後徐々に増加して、最終的には 0.096 に収束した。

4. 結論

- ① セメントグラウトの注入により水平応力が増加し、その後の応力緩和過程では、注入直後に応力緩和が顕著に表れるが、ある値に収束する。
- ② 土槽中心からの距離によって、応力緩和の過程および側圧係数の時間的推移は異なる。
- ③ 中心付近で最も大きな水平方向の変化が見られ、中心から離れるに従って変化も小さくなる。

【参考文献】

- 1) 山田隆、野津光夫；非振動式締固め砂杭工法による砂地盤の固め効果、第31回地盤工学研究発表会概要集、pp.49-50, 1996。

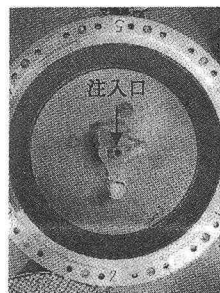


写真-1 注入されたセメント(真上から)

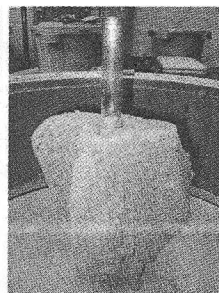


写真-2 注入されたセメント(横から)

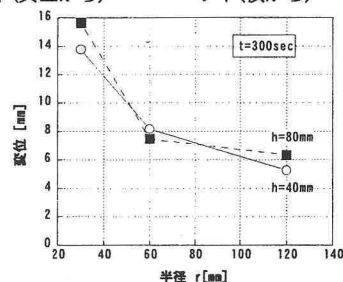


図-3 半径 r と変位の関係

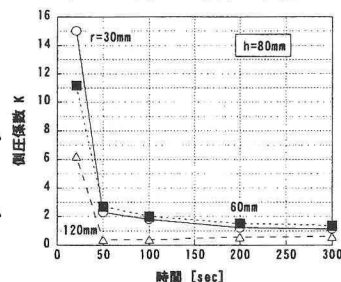


図-4 時間と側圧係数の関係

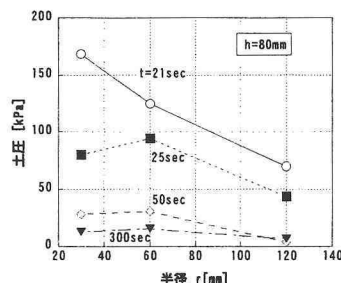


図-5 半径 r と土圧の関係

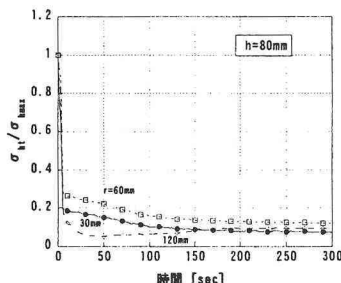


図-6 時間と応力緩和率の関係