

砂地盤におけるアンカー体形成時の繰り返し注入特性

九州大学大学院 学 ○早田賢治 九州大学大学院 落合英俊 正 安福規之
ライト工業株式会社 正 和田 弘 九州大学大学院 正 大嶺 聖

1.はじめに

従来、緩い砂質土および粘性土地盤はアンカー体の定着地盤として不適とされてきた。これらの地盤にアンカー体を設置させる特殊な注入工法として繰り返し注入型アンカー工法が開発されている。通常のグラウトアンカー工法では1回のみの注入でアンカー体を造成することが一般的であるが、繰り返し注入型アンカー工法ではグラウトを繰り返し圧力注入をすることにより、砂質土および粘性土地盤においてアンカー体の引抜き力を増大させることが、原位置試験から既に実証されている¹⁾。しかし、注入を繰り返すことにより、注入範囲の拡大にどのような効果を及ぼしているのかが解明されていないのが実状である。

この工法において、注入圧と注入量がグラウトの注入効果を大きく左右する要因となっており、注入工事における重要な管理項目として施工中には必ず測定されている。そのため、特に注入圧の測定結果を注入効果の予測や評価に活用することが望まれている。

本研究では、新たに開発した室内注入試験機においてセメントミルクが砂質地盤に圧縮注入²⁾される現象の再現性を確認した後に、繰り返し注入の効果について注入圧 p と累積注入量 q の関係より考察を行った。

2.一回注入試験

2.1.一回注入試験の概要

繰り返し注入試験を行う前段階として一回注入試験を行った。試験に用いた三軸注入試験機の概要図を図-1に示す。試験機の特徴としては、注入孔に逆止弁を取り付けることにより繰り返し注入を可能としている。また、試料として用いた岡垣砂の物理特性を表-1に示す。試験手順としては、スリーブグラウトを固結させた後に、供試体として岡垣砂を空中落下法により径300mm×高さ500mm、初期の相対密度40%に調整し、拘束圧 σ としてそれぞれ50、100、150kPaをメンブレンを介して载荷した。ここで言うスリーブグラウトとは、セメントミルクが注入管に沿って逸走することを防止するために注入管の周囲を円柱状に覆うものである。供試体の圧密終了後、乾燥状態の供試体に一定速度($q=100\text{cc/min}$)で水セメント比0.55(水、普通ポルトランドセメント、減水剤を配合)のセメントミルクの注入を行い、注入速度制御による注入圧 p と注入量 q の変化を測定した。

2.2.極限圧 p_u の存在

注入圧 p と累積注入量 q の関係を図-2に示す。本研究に用いた試験機の境界条件においては、供試体の密度の増加が微小であると考えられるため、累積注入量 q がある程度増加すると注入圧 p がほぼ一定値に収束する傾向にある。この一定値を限界圧 p_u と称し、拘束圧 σ との関係を図-3に示す。図-3より限界圧 p_u と拘束圧 σ は、ほぼ比例関係にあることが確認できる。一方、一般的には注入時にグラウト径の拡大に伴う密度増加が生じることが要因となり、限界圧 p_u の値が増加傾向を示すことが和田らの研究³⁾で分かっている。

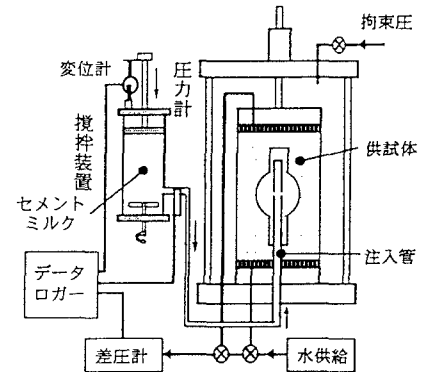


図-1 三軸注入試験機の概要図

表-1 岡垣砂の物理的特性

土粒子密度 $\rho_s(\text{Mg/m}^3)$	2.63
最大間隙比 $e_{\max}$	0.97
最小間隙比 $e_{\min}$	0.60
平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.25
有効粒径 $D_{10}(\text{mm})$	0.16
均等係数 U_c	1.69

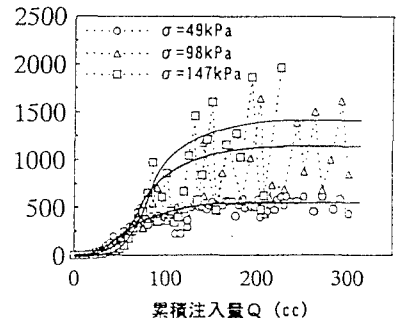


図-2 一回注入試験の p - q 関係

3. 繰り返し注入試験

3.1. 繰り返し注入試験の概要

一回注入試験の結果より限界圧 p_u と拘束圧 σ との比例関係が確認されたので、繰り返し(2回)注入試験では拘束圧が $\sigma = 50\text{kPa}$ の1ケースのみについて考察を行っている。また試験手順としては、一回目の注入までは上述した一回注入試験と同様であり、その後供試体中に注入されたグラウトが十分な止水性を持つ程度に養生・固結させ、二回目の注入を行った。

3.2. 結果と考察

繰り返し(2回)注入試験の注入圧 p と累積注入量 q の関係と固結体断面図を図-4に示す。一回目の注入開始直後にピークが現れるのは、スリーブグラウトの割裂が原因である。その後はほぼ一定の注入圧 $p=p_u$ (限界圧)で注入範囲が拡大することが読みとれる。このように、均一な砂地盤において理想的に圧縮注入を行えるケースについては、 p - q 曲線が $p=p_u$ (限界圧)で推移する限り、注入を停止することなく注入範囲を拡大させることが可能である。一方、二回目の注入に関しては、グラウトにより押し広げられる砂地盤の空洞が一回目の注入時よりも増加しているために、若干高い限界に収束しながらアンカー体径が拡大すると考えられる。ただし、注入圧 p の測定値が限界圧 p_u より低い値を示しているのは、写真-1に示すような注入範囲の偏りが原因と考えられる。このように、地盤の不均一が原因となり p - q 曲線が明確に $p<p_u$ (限界圧)で推移するケースでは、一旦注入を停止し養生後に繰り返し注入を行うことで、一回目の注入同様に放射状に注入範囲を拡大させることが、現場で経験的に知られている。

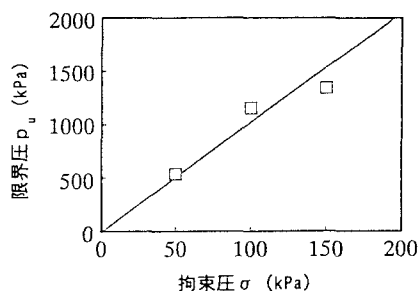


図-3 限界圧 p_u と拘束圧 σ の関係

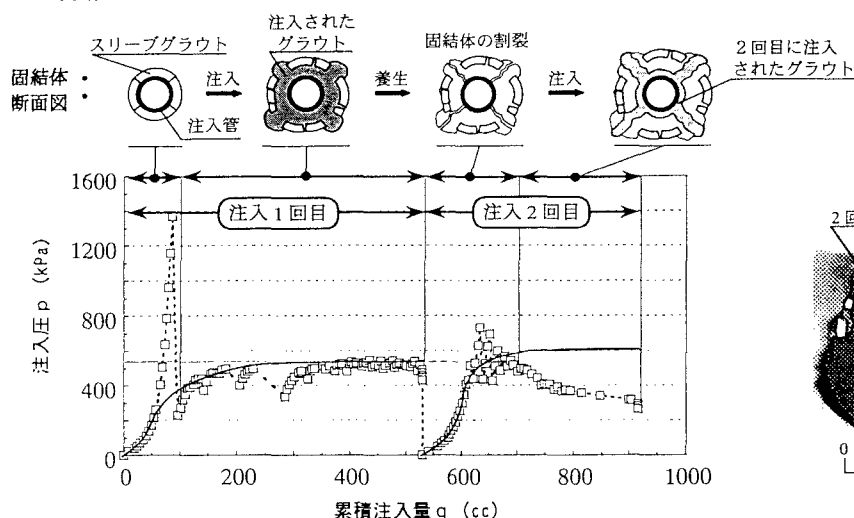


図-4 繰り返し注入試験の p - q 関係と固結体断面図

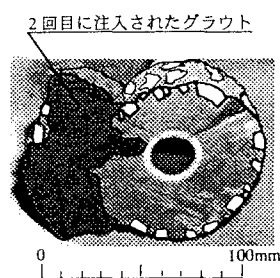


写真-1 注入固結体断面図

4. まとめ

本研究では、繰り返し注入型アンカー工法においてセメントミルクが均一な砂地盤に繰り返し注入される現象を室内試験により再現した。それにより、限界圧 p_u の存在と、注入圧の測定値とそれの比較により繰り返し注入の効果を判定できる可能性を示唆した。今後は、 p - q 曲線の推移に着目した注入効果の管理手法を確立することを検討している。

<参考文献>

- 1) 和田弘, 末吉達郎, 落合英俊, 安福規之: 地盤工学会グラウンドアンカー設計施工に関するシンポジウム発表論文集 No.111/IV-3, 1998. 6.
- 2) 地盤工学会: 薬液注入工法の調査・設計から施工まで, 1985.
- 3) 和田弘, 前田良刀, 落合英俊, 安福規之: 土木学会西部支部研究発表会概要集投稿中, 2000. 3.