

砂質土を対象とした動的小よび静的注入工法における固結形態について

薬液注入 動的小注入 静的注入

早稲田大学 学生会員 ○佐藤 友彦
早稲田大学 国際会員 赤木 寛一

1. はじめに

薬液注入工法は、地盤の間に薬液を充填させることで不透水性や地盤の強度増加のために使用する地盤改良工法の一つである。薬液注入工法は地盤改良工法としては準備・設備が簡単、小規模で狭い場所での施工が可能であり、短期間での工事が可能であるため都市土木において有利な工法であり、都市部で用いられることが多い¹⁾。薬液注入工法の課題としては、設計範囲に所要量の薬液を注入しても未固結部分が相当に残る、もしくは注入の際に設計範囲外に薬液が逸散する場合があることであり、固結すべき地盤のほぼ100%近くまで薬液を浸透させる確実な手法を確立する必要がある。動的小注入工法では、注入圧力および注入速度に緩急をつけることで薬液の浸透領域を変化させ、設計範囲外への薬液の逸散を低減しうることが示されている¹⁾。

ここでは、大型注入試験装置を用いて注入方法が異なる動的小注入と静的注入を懸濁型・溶液型薬液の2種類を用いて実施し、それぞれの条件における固結形態の違いについて調査した。

2. 試料および試験方法

2.1 使用試料と使用薬液

本研究では実験試料として硅砂7号(D₅₀=0.18mm)を用い、注入剤としてセメント系懸濁型薬液と水ガラス系溶液型薬液を用いた。表1に本研究における実験ケースを示す。

2.2 試験方法

実験には、図1に示す拘束圧をかけることが可能な大型注入試験装置を使用した。供試体寸法は(φ600mm×h650mm)であり、水中落下法の要領で相対密度がDr=65%になるように供試体を作成し、有効拘束圧30kPaを作用させた。その後、動的小ポンプもしくはシリンダーポンプにて供試体下部より薬液注入を行い、2日間養生した。養生後、供試体の解体を行い目視で固結形態を観察した。なお溶液型薬液ではゲルタイムが24時間、懸濁型薬液では1時間になるよう配合し、供試体全体の体積の10%となる注入量とした。

3. 試験結果と考察

3.1 限界注入速度について

図2は本試験と同じ条件で作成した供試体に、注入速度を段階的に変化させながら水を注入し、その際の圧力を測定することで求めた限界注入速度試験の結果である。この結果から本試験の実験ケースにおける注入速度について考えると、注入速度が4もしくは4±10/minのケースは浸透割裂注入の範囲となり、2±10/minの注入速度においては浸透注入と浸透割裂注入をまたがる注入速度領域となっている。動的小注入においては浸透注入と浸透割裂注入とが共存する注入速度領域の中での注入速度を変動させることでより均一な固結形態が得られるとされているが、2±10/minの注入速度はこの範囲となる¹⁾。

表1 実験ケース

実験ケース	懸濁型(セメント)	溶液型(水ガラス)
動的小注入(4±10 /min)	ケース①	ケース④
静的注入(4 /min)	ケース②	ケース⑤
動的小注入(2±10 /min)	ケース③	ケース⑥

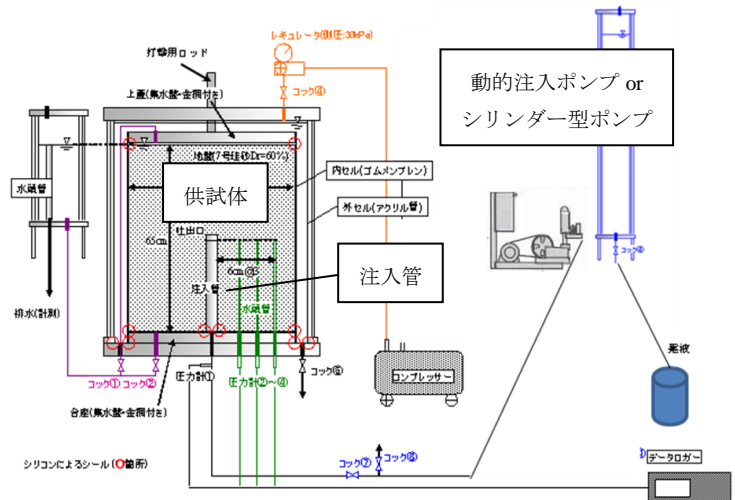


図1 大型注入試験装置概要

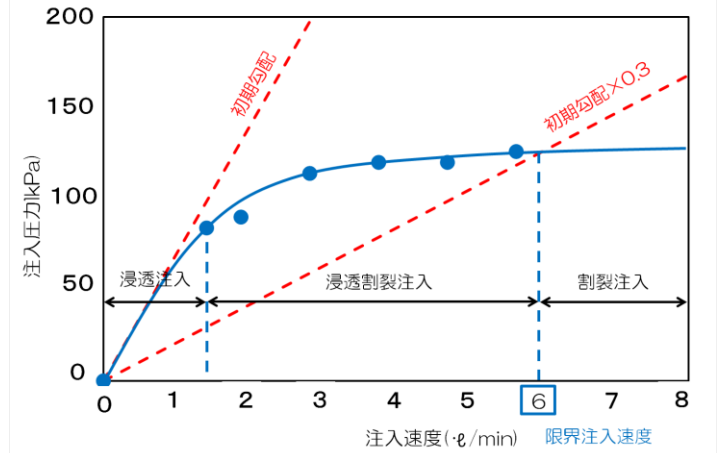


図2 限界注入速度試験結果



図3 固結物の写真 (ケース①)



図4 固結物の写真 (ケース②)

3.2 固結形態について

3.2.1 注入方法の違いによる固結形態の比較

図3、図4は試験装置解体後に観察した、ケース①(動的注入 4 ± 10 /min、懸濁型)とケース②(静的注入 40 /min、懸濁型)における固結物の写真であり、図5、6はその全体スケッチである。図3、5の動的注入のケースにおいては、注入ロッド付近にこぶのようなまとまった形状の固結物が確認できたが、図4、6の静的注入のケースにおいては注入ロッドから上方に向かって拡散するような形の固結物が確認され、中心部での均一な固結物を得ることができなかった。

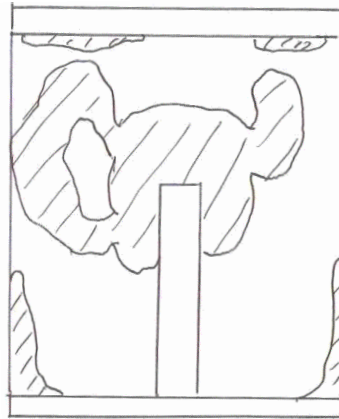


図5 全体スケッチ(ケース①)

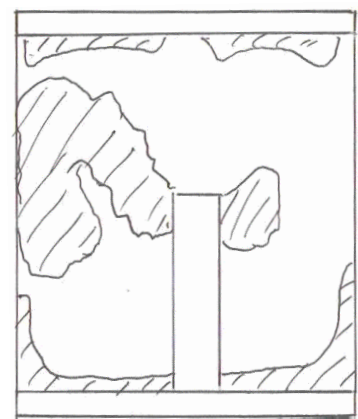


図6 全体スケッチ(ケース②)

溶液型薬液においても、動的注入条件下の方がより注入ロッド付近に均一な固結物が観察された。動的注入条件下で中心部に均一な固結物が観察された理由としては、先述したように動的な注入によって、薬液の割裂浸透領域が変化し、注入ロッド近傍外への薬液の逸散が減少したためであると考えられる。

3.2.2 注入速度の違いによる固結形態の比較

図7はケース⑥(動的注入 2 ± 10 /min、溶液型)における、注入ロッド周辺に形成された固結物を半分切断して撮影した写真である。注入ロッドを中心に均一な固結物が形成されていることが分かるが、この固結物の方がケース④(動的注入 4 ± 10 /min、溶液型)の場合と比較して注入ロッド近傍で均一な形態となっている。この理由としては、ケース⑥における注入速度 2 ± 10 /min が、動的注入において特に効果が高いとされる、浸透注入と浸透割裂注入とが共存する注入速度領域の範囲で変動する注入速度であるためだと考えられる。



図7 固結物の写真 (ケース⑥)

4. まとめ

本研究で得られた成果を要約すると、以下のとおりである。

- (1) 静的注入よりも動的注入において、より注入ロッドを中心とした均一な固結形態が観察された。これは従来から言われているように、動的な注入によって薬液の浸透割裂領域が変化するためであると考えられる。
- (2) 溶液型薬液の場合には、浸透注入と割裂注入形態とが共存する注入速度領域の範囲で注入速度を変動させることによって、より均一な固結形態を得ることができる。

本研究の実施にあたり、動的注入工法協会のご援助をいただいた。記して、謝意を表す。

5. 参考文献

- 1) 薬液注入工法の理論・設計・施工, (社)地盤工学会, 2009年5月
- 2) 浸透固化処理工法技術マニュアル, (財)沿岸技術研究センター, 2003年3月