

地下水位低下に伴う薬液注入速度の上昇効果に関する実験的検討

東日本旅客鉄道 正会員 ○池本 宏文
 東日本旅客鉄道 正会員 高橋 泰之
 アース技研 非会員 大久保 知憲

1. はじめに

線路に近接した位置での薬液注入工事では、注入時の地盤隆起を抑制するため、現場で注入試験を実施して割裂圧を確認し、浸透注入となる範囲で注入速度（以下、限界注入速度）を設定している（図-1）。この限界注入速度を高く設定できれば1日の施工数量が増加するため、工事費縮減・工期短縮につながる。既往の研究¹⁾から、割裂圧を高めるには有効応力を増加させることが効果的であることが分かっている。そこで、本稿では地下水位の低下により地盤内の有効応力を増加させることで、限界注入速度が上昇する効果を模型実験により確認したことから、その内容について報告する。

2. 実験方法

模型実験装置は、図-2に示す円形土槽（内径φ900mm、高さ4m）、地下水タンク、および注入装置で構成する。円形土槽は、底部に注入管（内径φ6mm）を設けた構造とし、注入装置から薬液を模した水の注入を行う。注入管先端は砂の流入防止のために不織布で防護する。また、地盤内を飽和させるために、地下水タンクと土槽底面を管路で接続し、管路内への砂の流入防止のため土槽底部にポーラスストーンを設置した。なお、地盤内の間隙水圧および地表面変位の計測のため、注入管先端の深度に間隙水圧計および地表面に変位計を設置した。

図-3に実験の一連のステップを示す。模型地盤は、気乾状態の東北硅砂6号を用いて、相対密度が $D_r=60\%$ となるように1層25cmの層厚管理にて作製した。地盤内の飽和化は真空ポンプを用いた真空通水法により行い、地盤内を脱気した後に、下端より地下水タンクから脱気水を注入した。その後、土槽側面に設置した排水口から目標とする地下水位まで低下させた後に、注入試験を実施した。

注入試験は、注入速度を1ステップ0.2~0.4l/分の間隔で増加させることとし、1ステップあたり1分間の注入を実施した。また、実験結果は、注入管先端での圧力（以下、有効注入圧力）で評価するため、あらかじめ注入管内の摩擦抵抗を計測し、注入試験中の圧力計の数値から摩擦抵抗を差し引いて有効注入圧力を求めた。

実験ケースは、図-4に示すように地表面付近に地下水を設定したCase1と地下水位を2.5m低下させたCase2の2ケースを実施した。Case2の有効応力はCase1に比べて、1.4倍の増加となる。

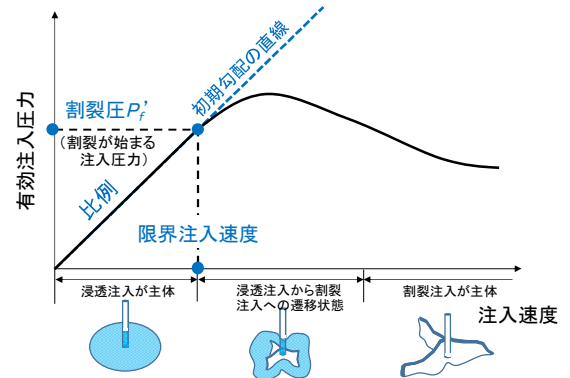


図-1 限界注入試験結果の模式図

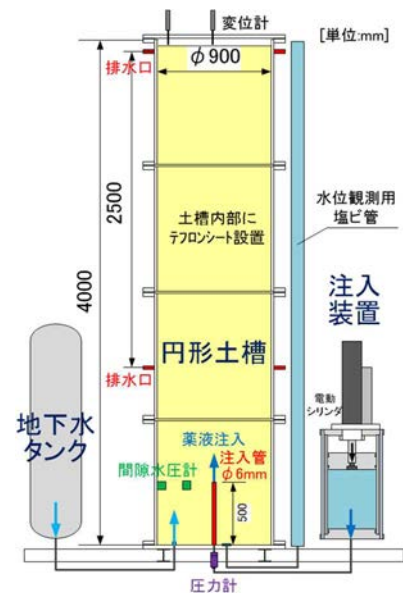


図-2 実験装置

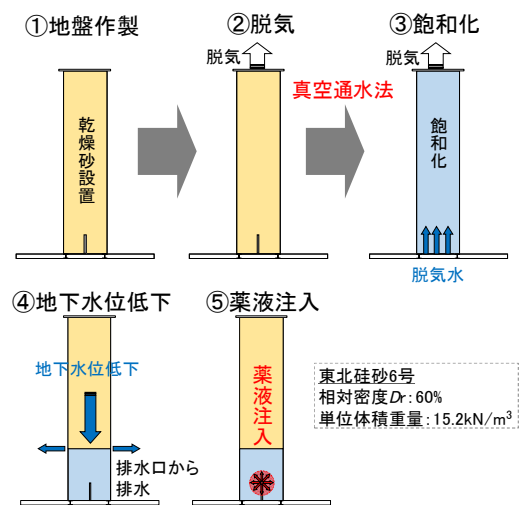


図-3 実験ステップ

キーワード 薬液注入, 地下水位, 模型実験

連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 3-5-8 JR 目黒 MARC ビル 東日本旅客鉄道株式会社 E-mail: ikemoto@jreast.co.jp

3. 実験結果と考察

図-5 は注入時の有効注入圧力と間隙水圧の経時変化の 1 例を示したものである。実験結果として評価する有効注入圧力は、圧力が一定となった時点の数値を用いることとし、その時点における間隙水圧は、増減なく安定した状態であることを確認している。

図-6 は注入速度と有効注入圧力の関係を示したものである。Case1, Case2 とともに注入速度の増加に伴い、同じ初期勾配で有効注入圧力が増加し、最大値を迎えたあとに減少する傾向を示している。有効注入圧力の最大値を比較すると、Case1 よりも Case2 が大きくなる結果となった。一方で、初期勾配の直線から外れる圧力を割裂圧として評価をすると Case1 は 53kPa, Case2 は 95kPa となり、Case2 の割裂圧は Case1 よりも 1.8 倍程度の増加となった。また、そのときの限界注入速度は Case1 では 0.8l/分, Case2 では 1.2l/分となり、1.5 倍の増加となった。以上より、地下水位の低下に伴い、割裂圧および限界注入速度が増加すること、およびその増加の程度は、有効応力の増加量と概ね等しい割合になることを確認した。

図-7 は、間隙水圧の計測値（注入速度 0.4, 0.8l/分）と浸透注入における三次元球形状理論である Magg の理論式を比較したものである。間隙水圧の計測値は、理論式と概ね一致しており、実験では浸透注入の形態で注入されていたことが確認できる。また、浸透注入の範囲では、地表面での変位は認められず、地盤の隆起はないことを確認した。

4. まとめ

本実験により得られた知見を以下に示す。

- ・地下水位の低下により地盤内の有効応力を増加させることで、限界注入速度が上昇する効果を確認した。
- ・有効応力の増加に伴い、割裂圧および限界注入速度の増加の程度は、有効応力の増加量と概ね等しい割合となることを確認した。

参考文献

1)森ら：砂地盤における割裂発生機構，土木学会論文集，III-8，pp.61-70，1987.12.

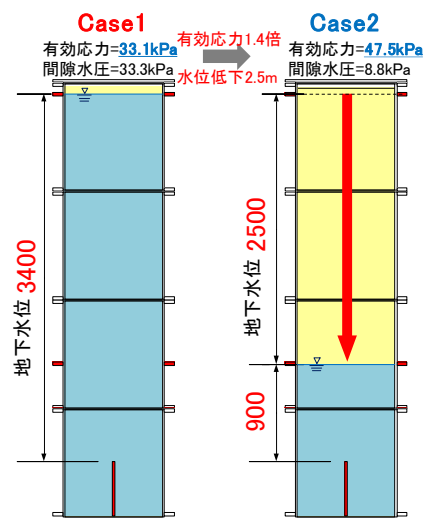


図-4 実験ケース

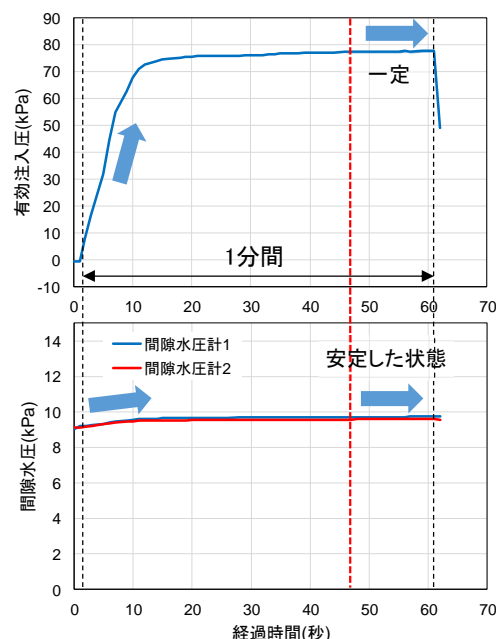


図-5 有効注入圧・間隙水圧の経時変化

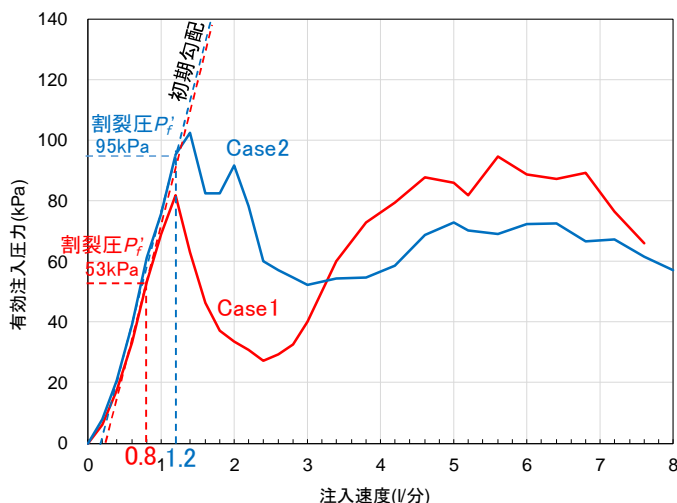


図-6 注入速度と有効注入圧力の関係

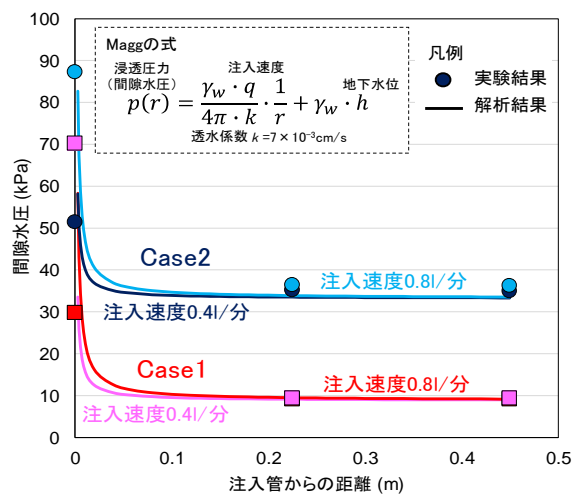


図-7 注入管先端付近での間隙水圧の分布