

三次元注入試験による薄い介在砂層に対する地盤注入管の技術検証

鹿島建設(株) 正会員 ○田中 俊行 山本 拓治
須田久美子 佐藤 研吾

1. はじめに

高い水圧が作用する大深度地下トンネル等工事の安全性を確保し、周辺環境への影響を最小限にするためには、洪積粘土(土丹)層中の介在砂層から発生する湧水を抑制することが重要である。その湧水対策として一般的に地盤注入工法が用いられるが、薄い砂層が多数存在している複雑な地層では、施工の難易度が高く、十分な止水効果を得ることが難しいのが現状である。そこで、薄い介在砂層に対する止水注入技術として新しい地盤注入工法について実験的に検証した結果を報告する。

2. 試験概要

地盤注入工法は、高い品質が得られるダブルパッカ工法のシールグラウト方式を対象として、規則的な亀裂や細粒分含有率の多い薄い介在砂層に対して、均質に地盤改良できる注入管の適用性について検討した。従来工法のスリーブ注入管(図-1 参照)では、横スリットを有する注入孔を約 33cm 間隔に設置するため、薄い介在砂層に対して、注入孔と砂層の位置が一致しないと注入材の浸透が困難であるという課題があった。しかし、新工法のポリゴン注入管(図-2 参照)では、多角形断面を有する全長約 1m の柱状とし、各頂辺部に縦方向のスリットを設けることで、薄い介在砂層に均等に注入材を浸透することが期待できる¹⁾。なお、注入材は、水ガラス溶液型の中から低透水性や強度特性に優れ、地下水環境への影響度合いが小さい、耐久グラウトの特殊中性・酸性系注入材を選定した²⁾。実験方法は以下のとおりとした。

【Step1】一層の介在砂層を対象にした三次元注入試験(図-1, 2 参照)を実施した。容器内には、土丹層として一軸圧縮強さ約 2,000kN/m²の低アルカリ性グラウトを充填した中に、介在砂層として三河珪砂特7号(細粒分含有率約 20%, 間隙率約 40%)を厚さ 5cm に水締めして模擬地盤を作製した。先行設置した塩ビパイプ(直径 100mm)にシールグラウトを満たしてから注入管を挿入し、塩ビパイプを引き抜いた後に、模擬地盤の表面を無収縮モルタルで被覆した。モルタルの硬化後にドラム缶内を水で飽和させて、シールグラウトをクラッキングした後、薬液を最大 8ℓ/min で注入し、押し出された間隙水は砂層の周囲に設置した 6 箇所のパイプから排水させた。設計注入量は 2ℓ とし、スリーブ注入管は 1ℓ/孔×2 孔、ポリゴン注入管は 2ℓ/孔×1 孔とした。

【step2】介在砂層を二層および三層にした場合の選定した注入管の適用性について検討した。

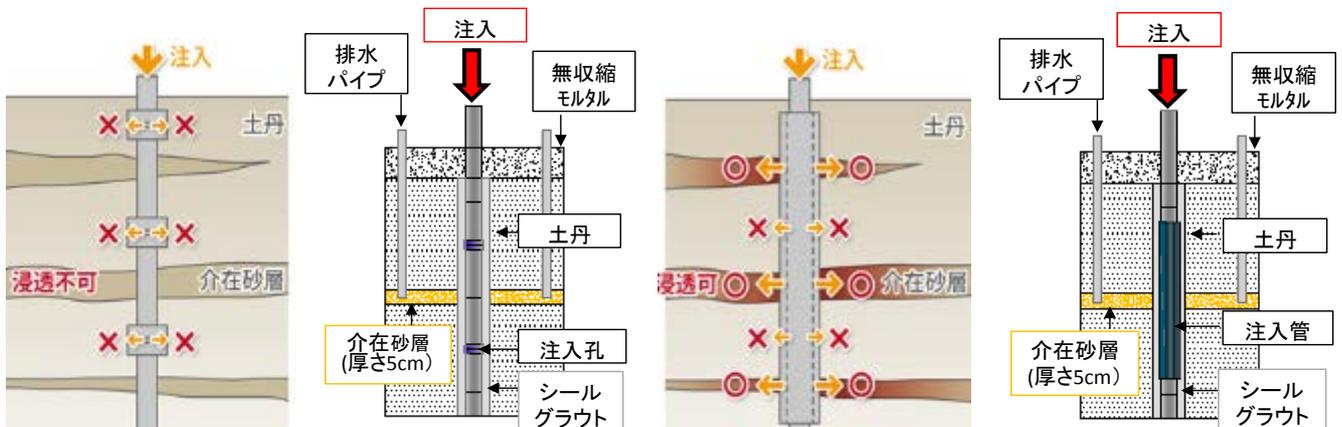


図-1 従来工法のスリーブ注入管

図-2 新工法のポリゴン注入管

キーワード 地盤注入, 介在砂層, ダブルパッカ工法, 注入管, 縦スリット, ポリゴン

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL:042-489-6482

3. 試験結果

【Step1】(表-1 参照) 三次元注入試験から、従来工法のスリーブ注入管は、シールグラウトのクラッキングの方向が不規則であり、薬液の流出や割裂脈が見られ不均一な改良体形状になったのに対して、新工法のポリゴン注入管では、管の形状どおりの六角形状に規則的にシールグラウトがクラッキングされていた。改良体表面の針貫入抵抗値のばらつき(変動係数)は、スリーブ注入管が51%であったが、ポリゴン注入管は31%であり、サンプリングした三軸透水試験によるポリゴン注入管の透水係数(3箇所)の平均値は、スリーブ注入管の約1/3の値であった。以上から、ポリゴン注入管の方がスリーブ注入管に比べて出来形及び品質共に均質な改良体が得られることが確認できた。

【Step2】(表-2 参照) 二層および三層の介在砂層では、各層の改良半径は異なるものの、いずれも六角形状を有する均質な改良体が得られることを確認した。二層の改良半径は、上・下層とも管中心から約20cmであり設計改良半径(20cm)とほぼ同じになった。三層の平均改良半径は19.9cmと設計改良半径とほぼ等しかったが、平均改良半径を100%とすると上層112%(22.3cm)、中層105%(21.0cm)、下層82%(16.3cm)になり、下方ほど土被りの影響を受けて改良半径は小さくなったと考えられる。すなわち、100%に満たない下層について、約18%以上注入率を増やせば、全ての層で平均半径以上の出来形を確保できると推測される。

4. まとめ

薄い介在砂層に対して、ダブルパッカ工法(シールグラウト方式)のポリゴン注入管による地盤注入工法を用いると均質な改良体が得られることを実験的に確認した。今後、流水環境下において大型止水注入試験を実施し止水性を評価する予定である。

謝辞: 試験を実施するにあたり、ご協力を頂いたケミカルグラウト(株)および日特建設(株)に謝意を表します。

表-1 三次元介在砂層試験結果【Step1】

工法	工法イメージ	試験装置	シールグラウトのクラッキング	注入出来形	強度のばらつき(針貫入)	コア透水係数 m/sec
従来工法スリーブ注入管				割裂注入(薬液流出)	51%	3.0E-07
新工法ポリゴン注入管				浸透注入	31%	1.1E-07

表-2 三次元介在砂層試験結果【Step2, 三層】

工法	試験装置	介在砂層(三層)		
		上	中	下
新工法ポリゴン注入管				
	100%(平均改良直径)	112%(22.3cm)	105%(21.0cm)	82%(16.3cm)

参考文献: 1) 竹内他: 多角形縦スリットを用いた地盤注入工法の開発その1, 土木学会第68回年講, 2013.

2) 林他: 地盤改良薬液注入材料(Ecoryon)の海産生物に対する影響評価試験, 鹿島技研年報第55号, 2007.