

セメント系材料を用いないダブルパッカー薬液注入工法の検討 (大型土槽実証試験)

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○石原 匠 正会員 佐々木 敦司
ライト工業株式会社 正会員 大西 高明

1. はじめに

鉄道営業線近接工事に用いる薬液注入工法は、一般的に注入による軌道への影響が小さいダブルパッカー工法が多く採用されている。ダブルパッカー工法の特徴として、注入管の孔壁保護するためのスリーブグラウトや地盤内の荒詰め作業である一次注入等にセメントベントナイト系注入材を使用している。その結果、改良土内に高い強度のセメントベントナイトがコンクリートがらとして混在することで、改良土全体が産業廃棄物として分類される。そこで、筆者らは、産業廃棄物減容化を目的に、ダブルパッカー工法に使用する薬液を全て水ガラス系溶液にして、従来の工法と同等の性能を確保できる薬液注入工法の検討を行った。本稿では、筆者ら¹⁾により検討した注入材を用いて、実際の施工を想定した大型土槽試験を行い、改良体の品質および施工性の検証を行ったので、試験結果について報告する。

2. 大型土槽試験

2.1 試験概要

本試験の目的は、筆者ら¹⁾より一定のスリーブグラウト性能および粗詰め性能が確認されたダブルパッカー工法(以下、新型工法という)が、従来のダブルパッカー工法(以下、従来工法という)に対して、改良体としての品質および施工性が同等程度であることを確認するものである。各工法の薬液の組合せを表1に示す。新型工法のスリーブ材は筆者らによるドラム缶試験¹⁾で確認した薬材を用い、二次注入材は、従来工法、新型工法共に同じ薬材を使用した。試験概要図を図1に示す。土槽の形状は幅4m×5m、深さ5mであり、新型工法と従来工法による薬液注入の離隔が確保できるように配置した。地下水位は、隣接水槽を設け水を供給することで土槽内を一定に保った。地盤試料は中砂(鬼怒川砂：D50=780 μ m、Uc=6.3)、削孔方向は鉛直、削孔間隔は0.87m、注入孔配置は正三角形配置とした。試験工程は、各工法の各種作業を同じステップで行うこととした。セメントベントナイトの固化時間を考慮して、スリーブグラウト構築から一次注入材、二次注入材までの施工間隔は3日間空けることとし、スリーブグラウト打設から二次注入完了まで7日間で行った。その後、改良体の養生期間を7日間とすることとした。

2.2 性能確認方法

従来工法との性能を比較するため、品質は止水性、強度、シリカ含有量、改良体形状に着目し、また、施工性については、近接する鉄道への影響を考慮して、施工時の注入圧力や注入時の地盤変位量について比較検討した。

表1 薬液の組合せ

	従来工法	新型工法
スリーブ材	セメントベントナイト	キサンタン増粘性シリカゾル薬液
1次注入材	セメントベントナイト	溶液1次注入材(5秒タイプ)
2次注入材	溶液2次注入材	

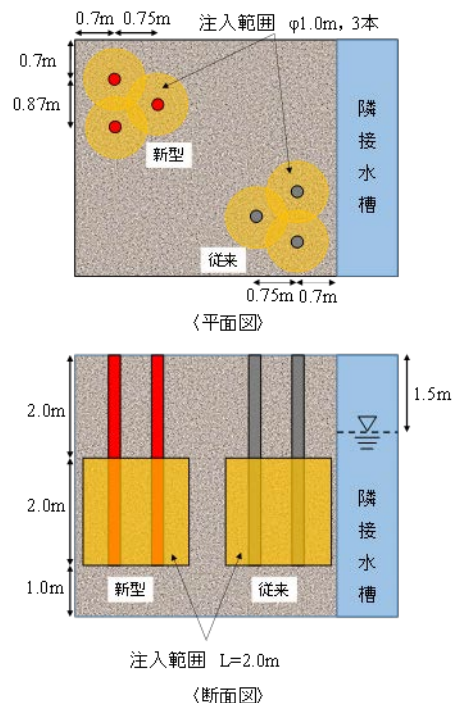


図1 大型土槽試験配置図

キーワード 薬液注入, ダブルパッカー, 水ガラス系溶液, 大型土槽試験
連絡先 〒450-6101 名古屋市中村区名駅 1-1-4 JR セントラルタワーズ
東海旅客鉄道株式会社 建設工事部 TEL 052-564-1724

2.3 試験結果

大型土槽試験の結果を表2に示す。改良体の品質について、掘出した改良体からブロックサンプルを採取して、確認項目を評価するための室内試験を行った。透水係数は、従来工法より開発工法より良好な結果となった。強度に関しては開発工法が少し小さいが、大きな差異はなく、一般的な地盤強化の改良強度としても、文献²⁾より粘着力 c と一軸圧縮強度 q_u の関係($c=q_u/2$)から $80\sim 200\text{kN/m}^2$ 程度を示すことが確認できるため、問題ないと判断した。シリカ含有量は、一軸圧縮試験用のブロックサンプルおよび改良体周辺部から測定した。測定した結果を図2に示す。縦軸がシリカ含有率(実測/理論値比)、横軸が採取した供試体の間隙率を示す。結果として、従来工法と概ね同程度のシリカ含有量が新型工法で確認できたが、新型工法の改良体周辺部の1箇所においてシリカ含有率48%と、従来工法と比べて低い結果となった。原因の一つとして、注入中心からの距離に応じたシリカ含有率の低下が考えられる。ただし、過去のシリカ含有率と一軸圧縮強度の関係結果²⁾より、シリカ含有率が注入中心の50%程度になっても、一軸圧縮強度は中心部の半分以上にはならないことから、本試験においても周辺部で一定の強度(80kN/m^2 以上)が確保されていると判断できるため品質上問題ないとした。また、出来形形状は、図3に示す通り、それぞれの改良体がラップしており、横方向への拡がり方などの地盤改良効果について、従来工法と新型工法の両者に大きな差異はみられなかった。

次に、施工性の確認について、最大注入圧力は、従来工法、新型工法ともに 0.5MPa であった。一般的な二重管ダブルパッカー工法の注入圧力が $0.1\sim 0.7\text{MPa}$ 程度であることから、鉄道営業線近接工事において問題ないと判断できる。地盤変位は、削孔から二次注入までの全工程において、従来工法と新型工法共に $\pm 2\text{mm}$ 以内であった。以上の結果より、本試験においては、新型工法は従来工法と同程度の性能および施工性を有していると判断できる。

一方で、本試験において新型工法の二次注入作業時に薬液が地表面上に一部リークすることがあった。原因としては、経時変化に伴いスリーブグラウト材および一次注入材とマンシエットチューブとの付着力が部分的に低下していると推察した。そこで、スリーブグラウトと一次注入材の付着力の経時変化を確認するために真鍮管に一次注入材を充填した供試体を作成し材齢1~3日毎の耐圧試験を行った。試験概要図を図4に示す。結果として、一次注入材の付着強度は3日程度で低下することが確認された。よって今回の新型工法では、一次注入実施日から二次注入実施日の間隔は1~2日程度とすることが望ましいと考えられる。

3. まとめ

各種試験結果より、水ガラス系溶液を用いた新型工法が従来工法と同等の施工性および品質を確保していることを確認した。施工条件として、水ガラス系溶液の付着強度がセメントベントナイトに比べて経時変化により低下するため、一次注入から二次注入までの実施日の間隔に留意する必要があることが確認できた。今後の課題として、適用地盤の検討や実現場における検証を行い、工法の確立に向けて取り組んでいく。

参考文献 1) 大西高明, 石原匠, 佐々木敦司: 掘削処理方法を考慮した薬液注入工法の検討(薬液の検討), 第73回土木学会年次学術講演会(投稿中), 2) (公財)鉄道総合技術研究所: 注入の設計施工マニュアル, 平成23年10月

表2 試験結果

確認項目	新型工法	従来工法
一軸圧縮強度	161kN/m^2	180kN/m^2
透水係数	$9.53 \times 10^{-8}\text{m/s}$	$8.33 \times 10^{-8}\text{m/s}$
シリカ含有率	48~100%	66~86%
出来形(図3)	ラップあり	ラップあり
最大注入圧力	0.5MPa	0.5MPa
地盤変位	$\pm 2\text{mm}$	$\pm 2\text{mm}$

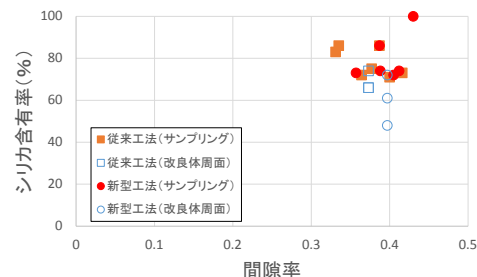


図2 シリカ含有量結果



図3 出来形形状(左: 新型, 右: 従来)

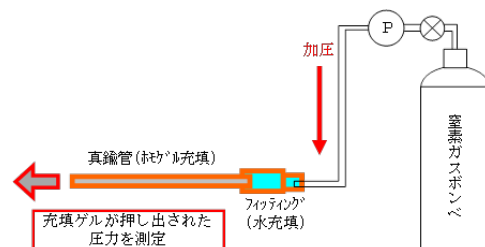


図4 薬液耐圧試験概要図