

新しいトンネルの先受け注入材の原位置試験結果について

鹿島建設 正会員 ○岩野圭太 山本拓治 伊達健介 日比谷啓介
ケミカルグラウト 非会員 関政男

1 はじめに

トンネル先受け工に用いられる注入材は、透水性が高いが比較的地山が良好な場合はセメント系が、固結度の低い地山にはウレタン系注入材が適用されることが多い。しかし、ウレタン系はコストが高く、安全面、環境面の影響を払拭しきれない状況である。筆者らは、通常、都市域の地盤改良や止水に適用されてきた水ガラス系薬液の安全性、環境に対する低負荷、高浸透性に着目し、溶液型であるにもかかわらず、早期強度の発現と、長期耐久性を有する材料を開発した。実現場への適用性を確認するため、現場注入実験を2回にわたり実施し、良好な結果を得たので報告する。

2 現場注入試験(その1)

(1) 試験概要

実地盤における改良体の寸法、分布及びサンプリングした供試体の強度・

透水性を確認する目的で現場注入試験を行った。注入工法は二重管ストレーナー工法複相式を採用した。注入対象地盤の物性を表-1に、また試験概要を表-2に示す。密な砂質地盤に高強度の改良体を造成するため、注入材として今回開発した溶液型水ガラス系注入材を採用した。これは均一な砂質土にも浸透注入が可能で、早期のサンドゲル強度が高く、長期耐久性を有しており、取り扱いが安全で逸走時の環境負荷も小さいことが特長である。注入状況を写真-1に示す。

表-1 注入前の地盤物性

粒度構成	礫12%、砂83%、シルト・粘土5%
均等係数 U_c	2.6
曲率係数 U_c	0.9
含水比(%)	7.9

表-2 試験概要

試験材料	溶液型水ガラス系注入材	
削孔方法	φ45mmの二重管ロッドによるロータリーボーリング	
計画注入量	注入率30%、改良径1.2m、注入区間長3mとして削孔1本当たり0.960 m ³	
計画注入速度	0.01 m ³ /min	
注入材の配合	A液	B液
	特殊水ガラス 0.5 m ³	有機硬化材 0.1 m ³ 水 0.4 m ³
	計 0.5 m ³	計 0.5 m ³
	目標サンドゲル強度 1.8 N/mm ² (3時間後の強)	

(2) 試験結果

a) 注入結果

表-3に注入結果を示す。非常に密な砂質地盤であったにもかかわらず、注入圧が上昇することもなく、所定量の注入材を定注入速度にて注入することができた。

表-3 注入結果(注入量と注入圧)

削孔長(m)	15
注入区間長(m)	3.0
ステップ数	12
注入速度	0.01 m ³ /min
注入量(m ³)	0.96
注入圧力(MPa)	0.6~1.0

b) 掘出し試験結果

掘出し試験を行った結果を写真-2、3に示す。改良径はφ100~150 cm程度のもが多く、目標改良径がφ120 cmであったことから考えると非常に良好な結果と言える。特に注入孔先端では、φ120 cmの球形の極めて理想に近い改良体が造成されていることを確認した。

c) 室内試験結果

掘出した改良体から採取した試料について一軸圧縮試験と透水試験を行った結果を表-4に示す。所定の改良目標強度が1.8 N/mm²であったことから考えると、平均して9割程度の値を示していることが分かる。また、変形係数 E_{50}

表-4 室内試験結果

ブロックNo\	一軸圧縮強さ (N/mm ²)	E_{50} (N/mm ²)	含水比 (%)	湿潤密度 (kg/m ³)	透水係数 (m/s)
No.1	1.81	449.7	13.8	2,000	
No.2	2.58	272.8	17.3	1,950	1.84E-06
No.3	1.57	250.3	12.9	2,080	3.94E-06
No.4	0.80	138.5	13.7	1,950	3.82E-06
No.5	1.77	343.8	13.6	2,000	1.37E-06
No.6	1.34	256.7	13.5	1,960	
No.7	1.49	286.4	14.7	1,990	
No.8	1.45	338.2	14.3	1,910	
No.9	1.73	278.2	13.4	2,010	
平均値	1.61	290.5	14.1	2,000	2.74E-06

については、約300 N/mm²となった。また、透水係数については、揚水試験などを基にした既往調査では平均して 1.5×10^{-5} m/sとなっており、注入の結果、遮水性が1オーダー向上したと言える。

キーワード：先受け工法、地盤改良、薬液注入工

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7062 FAX 0424-89-7060



写真-1 注入状況

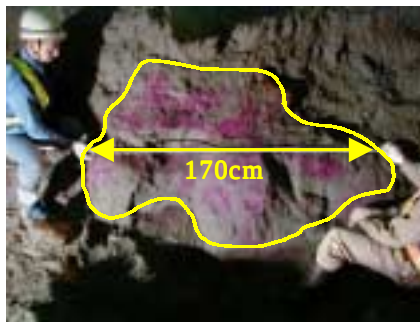


写真-2 掘出し状況 1

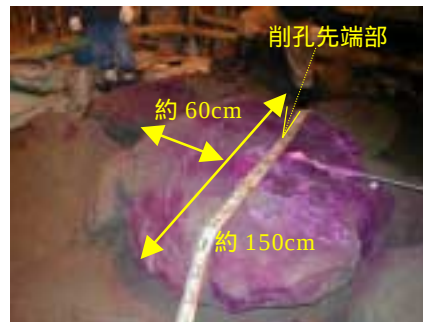


写真-3 掘出し状況 2

3 現場注入試験(その2)

(1) 試験概要

上記結果より、密な砂質地盤においてほぼ目標の改良体の造成が確認できたので、実際の先受け工を想定し、鋼管内からの地山注入における施工性の確認のため、再度、現場注入実験を実施した。このとき、注入工は新材料に対応して、新たに開発した工法を採用した。同工法は、中結注入材を注入する前に、一次注入として瞬結材で口元周辺からのリークを防止するという特長を有している。さらに、鋼管内からのリークをエアパッカーにより防止しているので、多くの従来工法と異なりリサイクル可能な注入システムとなっている。鋼管からの注入イメージを写真-4 に示す。また、注入対象地盤の物性を表-5 に、試験概要を表-6 に示す。

表-5 注入前の地盤物性

粒度構成	礫 0%、砂90%、粘土 10%
均等係数 U_c	2.0
曲率係数 U'_c	1.0
含水比(%)	15

表-6 試験概要

試験材料	溶液型水ガラス系注入材
削孔方法	水平ボーリングマシンによる 無水ロータリー掘削
計画注入速度	0.01~0.02 m ³ /min
配合	特殊水ガラス 0.5 m ³ 、有機硬化材 0.1 m ³ 水 0.4 m ³ 目標サンドゲル強度 1.8 N/mm ²

(2) 試験結果

同工法を用いて注入を行った結果、リークもほとんどなく、ほぼ予定の注入速度・注入圧力で所定量の注入を行うことができた。表-7 にその結果を示す。また、注入の一日後に掘出した状況を写真-5、写真-6 に示す。掘出し状況から溶液型水ガラス系注入材により、棒状の均一な固化体が造成されていることが分かる。60~80 cmの目標改良径に対し、逸走せずに鋼管近傍に薬液が浸透し、予定通りの注入ができた。また掘出した供試体について一軸圧縮試験を行った結果、一軸圧縮強さは設定強度を中心に $\pm 0.5 \text{ N/mm}^2$ に分布しており、ほぼ所定の改良目標を達成していることを確認した。

表-7 現場注入試験結果

注入圧力(MPa)	0.5~0.6
注入速度(m ³ /min)	0.012
一軸圧縮強度(N/mm ²)	1.4~2.3

4 まとめ

- ・ 新注入材を用いた現場注入実験において、密な砂質地盤にもかかわらず、所定注入量を定注入速度で注入でき、その結果、所定通りの位置に計画改良径に近い施工が行えた。また、改良体の強度も事前の配合検討による目標強度にほぼ一致しており、遮水性も原地盤に対し1オーダー向上した。
- ・ 実際の先受け工を想定した現場注入実験においても、出来形、強度ともに計画通りの注入が達成できた。
- ・ この結果、新しく開発した水ガラス系注入材によって、一般的に低強度で長期耐久性がないという欠点を補い、ウレタン系より安全で環境負荷も少なく、安価で浸透性の良い注入材料の提供が可能となった。



写真-4 注入イメージ(鋼管より)



写真-5 掘出し状況 1



写真-6 掘出し状況 2