

シールド掘削工事を対象とした長尺先受け工法の開発 グラウト材の充填率に関する検証

大林組 生産技術本部 正会員 ○三井 仁哉, 足立 邦靖
大林組 技術研究所 正会員 山本 彰, 稲川 雄宣, 粕谷 悠紀

1. はじめに

鉄道や道路直下等を 1D (D:トンネル径) 以下の小土被りでシールドトンネル掘削する場合の補助工法として, 自在ボーリングを用いて地表面から地盤を削孔し, 繊維質の袋材内にグラウト充填した梁状の補強体を造成する長尺先受け工法(ジオフレックスビーム工法)を開発した^{1),2)}(図-1). 本報では, 地中障害物を回避する場合や道路・鉄道などの新設シールドトンネルの縦断勾配に沿って造成する場合を想定し, 補強体の縦断線形やグラウト材の配合をパラメーターとしてグラウト注入実験を実施したので, その結果について報告する.

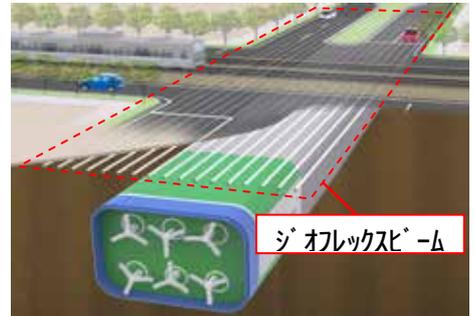


図-1 ジオフレックスビーム工法

2. 実験概要

(1) 実験ケース: 表-1, 2 実験ケースを示す. Case1~3 ではグラウト材の充填状況を目視で確認するため, 150mm の透明管を使用し, グラウト配合をパラメーターとして実施した. なお, 縦断線形の 20mR は, 実施工で使用する自在ボーリングの限界曲率半径 (=40mR) よりも厳しい条件である. Case4 では, 下り勾配でのグラウト充填性を高めるため, 先行してグラウト材の粘性が高い(流動性が低い)配合を注入し, 後追いで標準の配合を注入する組み合わせを試みた. Case5, 6 では, Case1~4 の結果を踏まえて 150mm, 長さ 20m の袋材を使用し, グラウト配合をパラメーターとして実施した. 図-2 に Case5, 6 における縦断線形を示す.

(2) 実験方法: 表-3 に 1m³ あたりのグラウト配合を示す. グラウト材は所定の性状(強度、流動性、ノンブリージング性など)を確保できる配合とし, セメント, 水, 減水剤からなる基材と 3 種類の混和剤を混合攪拌して作製する. 粘性の異なるグラウト配合は混和剤 A 材の重量を変化させており, 表-4 に各配合におけるテーブルフロー試験結果を示す. 図-3 に注入実験方法を示す. 注入延長(注入量)の違いにより, 予備実

表-1 予備実験ケース

ケース	使用材料	縦断線形	延長	グラウト配合	注入速度
Case1	透明管 (150)	20mR(山なり)	4m	配合	15ℓ/min
Case2				配合	
Case3				配合	
Case4				配合	
		下り勾配10%	8m	配合	20ℓ/min

表-2 本実験ケース

ケース	使用材料	縦断線形	延長	グラウト配合	注入速度
Case5	袋材 (150)	水平・下り5%・水平・上り8% 各5m	20m	配合	40ℓ/min
Case6				配合	

表-3 1m³あたりのグラウト配合(配合)

材料名	仕様・規格	重量(kg)	備考
セメント	早強ポルトランド	1,212.00	
水	清水	606	W/C=50%
減水剤	高性能AE減水剤	6.06	C×0.5%
混和剤	A材	0.36	C×0.03%
	B材	6.06	C×0.5%
	C材	2.27	C×

表-4 グラウト配合の特性

	混和剤A材重量(kg)	フロー値	グラウト粘性
配合	0.36	190×190mm	普通
配合	0.48	140×140mm	やや高い
配合	0.6	120×120mm	高い

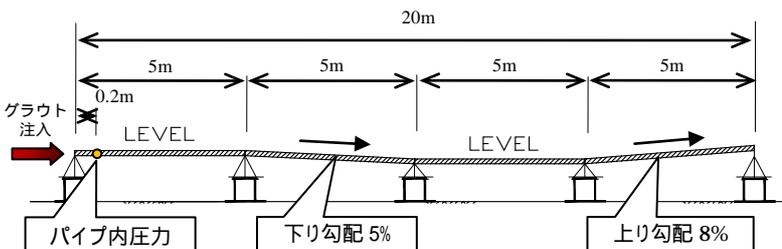


図-2 縦断線形を変化させた注入実験 (Case5,6)

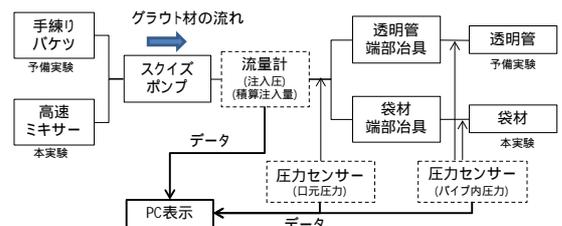


図-3 注入実験方法

キーワード 長尺先受け工法, 縦断勾配, グラウト材, 充填性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2丁目15番2号 大林組 土木本部 生産技術本部 シールド技術部 TEL 03-5769-1318

験ではハンドミキサーを使用し、本実験では高速ミキサーを使用して練り混ぜた。注入時は、注入圧と積算注入量を流量計で計測し、口元圧力と使用する材料内の圧力を計測し、それらのデータをリアルタイムで管理する。注入実験は、エア抜き孔からグラウト材の漏出確認後、段階的に加圧注入(0.1MPa, 0.2MPa)を行って終了とした。

3. 実験結果

(1) グラウト配合と波面角度: Case1~3において、グラウトの粘性の違いによる先頭の波面角度を調査した結果を図-4に示す。写真-1のように、グラウト先端から天端充填までの距離はグラウトの粘性が高くなると短くなり、グラウトの波面角度が大きくなる。これより、グラウトの粘性を高くするとグラウト先端の流動によるエア溜まりが防げ、透明管内におけるグラウト充填性の向上が期待できるが、注入延長が長くなるとポンプ圧の上昇による圧送性の低下が懸念され、プラントが大型化する可能性がある。

(2) 充填性: Case4では、グラウト先端の充填性を確保しつつ、圧送性を低下させないよう、透明管2m程度に相当する部分を粘性が高い配合を使用し、それ以降は標準的な配合を使用する注入方法について検討した。写真-2に示すように、Case4では注入開始からグラウト材が流動し、先端部のエア抜き孔で漏出確認した後に閉塞し、その後注入口元まで空隙を生じることなく充填を完了することができた。Case5では、標準的な配合でグラウト充填したため、注入口元から長さ約5m程度(水平から下り勾配付近)にわたって若干空隙が発生する結果となった。一方、Case6では、Case4と同様な注入方法で実施した結果、全延長にわたって十分にグラウト充填することができた。写真-3は注入実験後に補強体断面を示しており、袋材内にグラウト材が確実に充填されていることが確認できる。

(3) 注入圧と注入速度: 図-5にCase6における注入圧と注入速度の経時変化を示す。この図から、グラウト注入時には概ね0.03MPa以下の注入圧で充填できており、施工時の圧送性能が優れていることがわかる。また、加圧注入時において、口元圧力に比べてパイプ内圧力のほうが若干高くなっているが、概ね同様な挙動を示すことがわかる。

4. まとめ

ジオフレックスビーム工法におけるグラウト注入実験を行い、縦断線形が変化してもグラウト充填できる配合と注入方法を確立した。今後は実用化に向けてさらに開発を進める予定である。

謝辞: 注入実験にあたっては、当該工法に関する(株)大林組との共同研究者である日特建設株式会社、芦森工業株式会社に多大なるご協力をいただきました。関係諸氏に深甚の謝意を表します。

参考文献 1) 山本彰ら: 小土被り非開削掘削工事における長尺先受け工法の開発 - 試験施工による施工性の確認 - , 第46回地盤工学研究発表会, pp1491-1492, 2011.

2) 三井仁哉ら: 小土被り非開削掘削工事における長尺先受け工法の開発—熱可塑性材料を用いた試験施工による施工性の確認—, 土木学会第67回年次学術講演会, pp.669-670, 2012.

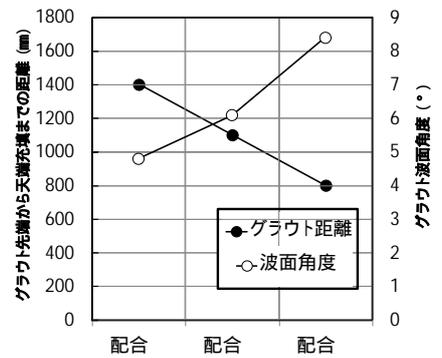


図-4 グラウト配合と波面角度の関係

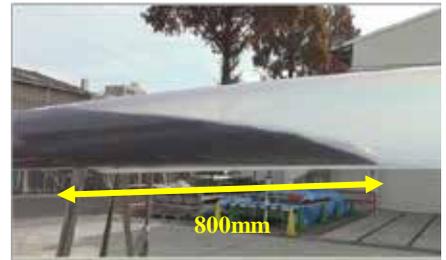


写真-1 グラウト距離 (配合)



写真-2 注入実験状況 (Case4)



写真-3 補強体断面 (Case6)

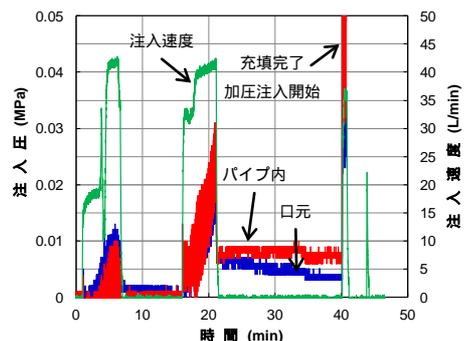


図-5 注入圧・注入速度の経時変化 (Case6)