

鉄道における注入工法の適用事例について

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 岡野 法之 焼田 真司, 澤田 亮 仲山 貴司
中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 ○橘 直毅

1. 概要

鉄道建設工事では作業時間や空間の制約を受けることが多く、補助工法に設備が小型で作業の方向性に自由度がある注入工法が数多く利用されている。鉄道建設工事における注入の指針は、S61年に国鉄より策定された「注入の設計施工指針」が活用されてきたが、近年、複雑化する線路下横断工事や液状化対策に対する適用の増加や、注入工法、注入材に対する技術開発も進んでおり、指針改定に先立ち、鉄道における注入工事の現状を把握するため収集・分析を実施したものである。

2. 注入工法の適用事例に関する調査

過去10年221件の注入事例を以下に整理した。

(1) 注入目的

注入目的は表-1に示すとおりであり、工種として掘削土留め工、トンネルの切り抜け、推進工事の発進・到達防護工、線路下横断工事などが大半を占めている状況である。その目的としては、止水と地盤強化を兼ねる場合が最も多く、止水のみを目的とする場合と合わせると全体の90%程度を占める。地盤注入は止水を目的とした場合を中心として利用されていることが分かる。図-1に示すように、注入対象地盤が透水性の高い砂や礫系の地盤が多い割合となっていることから、止水対策が求められるケースが多いことが伺える。

(2) 注入工法

注入工法は図-2に示すとおり、二重管ストレーナ工法(複相式)が65%と使用割合が最も多く、二重管ダブルパッカ工法がシールグラウト方式、地山パッカ方式を合わせて22%と多く利用されている。なお、古くから適用されている単管ロッド、単管ストレーナー方式はほとんど使われていない。単管ロッドは注入材の逸走や注入効果等の問題があり、また、単管ストレーナー方式は、注入コストも割高で作業効率が悪い等の問題がある一方で、二重管ストレーナ工法(複相式)や二重管ダブルパッカ工法の施工技術、地盤改良精度等の向上に伴い施工実績が増加しているものと考えられる。

(3) 注入材

注入材は図-3に示すとおり、二重管ダブルパッカ工法(地山パッカ方式)、二重管ストレーナ工法(複相式)ともに水ガラス系溶液型が100%を占める。また、二重管ダブルパッカ工法(シールグラウト方式)でも一次注入材として懸濁液型が使用される場合はあるが、二次注入材は水ガラス系溶液型が100%を占める結果となった。水ガラス系溶液型の使用が多い理由は、鉄道工事では、厳しい営業線近接工事となる場合が多いことから、注入時の変状を生じにくい浸透注入を期待しているためと考えられる。

(4) 注入速度とゲルタイム

注入速度とゲルタイムは図-4に示す通り、水ガラス系溶液型で8~20L/min、懸濁液型で20~30L/minの注入速度が、なお、水ガラス系溶液型については工法別にみると、二重管ストレーナ工法では9~18L/min、二重管ダブルパッカ工法では8~12L/minが多く用いられている。

表-1 注入工法の適用目的

目的	止水対策	地盤強化	止水及び地盤強化	計
発進防護、到達防護	5	3	38	46
線路下横断工事に伴う地盤注入	3	10	32	45
高圧噴射等の地盤改良工法の補定注入	8	1	9	18
トンネル等の切り抜け・切欠き	19	1	34	54
土留めと既設構造物との接合部防護	13	3	34	50
基礎杭施工に伴う地盤注入	2	0	7	9
掘削土留め工に伴う地盤注入	27	3	60	90
近接防護	0	6	14	20
軟弱地盤対策	0	1	1	2
液状化対策	0	1	0	1
小土被り部の改良	0	0	1	1
湧水対策	6	0	0	6
不良地山対策	0	1	3	4
地表面以下対策	0	3	0	3
近接構造物対策	0	0	1	1
筋床の注入	0	1	1	2
トンネル脚部の補強	0	3	0	3
合計	87 (24%)	37 (10%)	237 (66%)	361

注) 施工事例は221件であるが、注入の目的は、重複している場合がある。

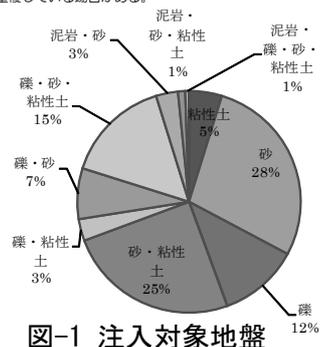


図-1 注入対象地盤

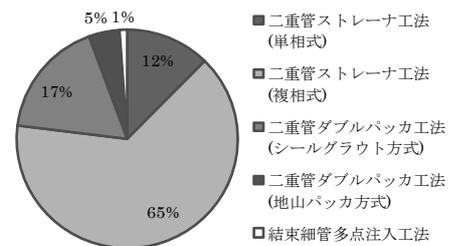


図-2 注入対象地盤

キーワード 薬液注入, 二重管ストレーナ工法, 二重管ダブルパッカ工法, 注入速度, ゲルタイム

連絡先 〒160-0004 大阪市東淀川区東中島 4-11-10 中央復建コンサルタンツ株式会社 TEL 06-6160-3206

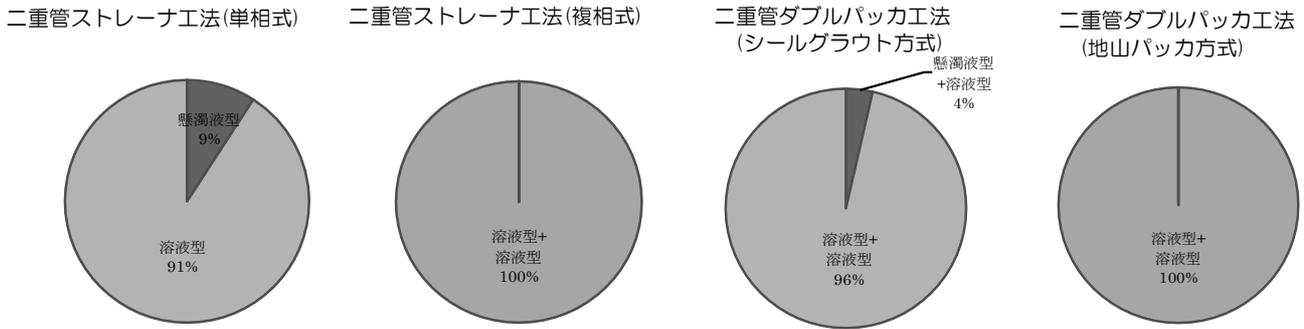
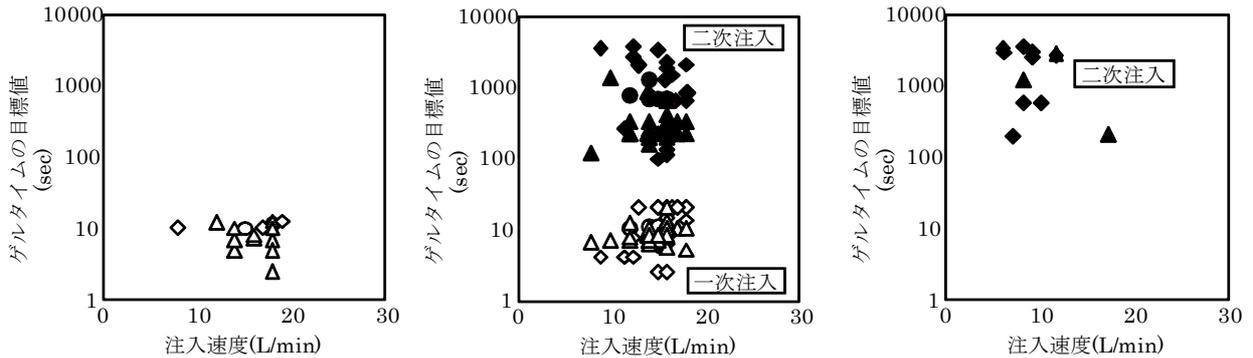


図-3 注入材(工法別)



(a) 二重管ストレナ工法(単相式) (b) 二重管ストレナ工法(複相式) (c) 二重管ダブルパッカ工法

◆◇: 水ガラス系溶液型(無機系, アルカリ性), △▲: 水ガラス系溶液型(無機系, 中・酸性),
●○: 水ガラス系溶液型(有機系, アルカリ性)

図-4 注入速度とゲルタイムの関係

図-5に各メーカーがパンフレット等で公表している注入材とゲルタイムの目標値を整理した。注入材のゲルタイムは2秒程度の瞬結材から最長で2時間の緩結材までが開発されており、注入工法や注入目的、多種にわたる地盤条件に応じて設定が可能である。

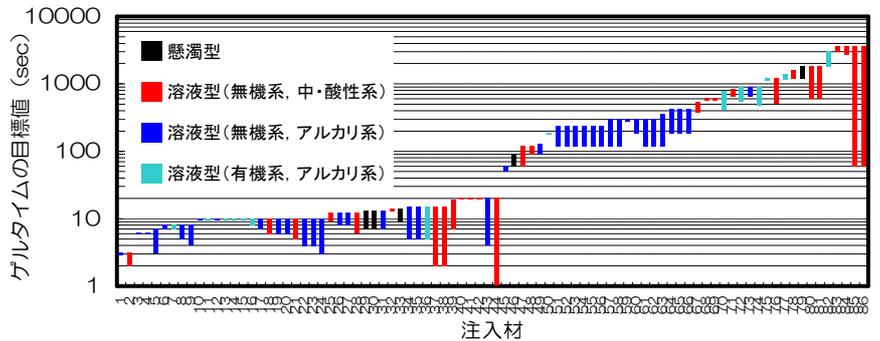


図-5 注入材とゲルタイム

3. まとめ

鉄道における注入工法の適用事例について整理した。

- ① 主な注入目的は、掘削土留め工、躯体の切り上げ、推進工の発進・到達防護工等であり、止水対策として実施されている事例が多い。
- ② 単管ロッド、単管ストレナー方式はほとんど使われておらず、新工法の二重管ダブルパッカ工法(地山パッカ方式)や結束細管多点注入の適用事例が増加している。
- ③ 水ガラス系溶液型の事例が多く、注入時の地盤変状を生じにくい浸透注入を期待したものと考えられる。
- ④ 注入材のゲルタイムは2秒程度の瞬結材から最長で2時間の緩結材までの広範にわたって開発されており、注入工法や現場条件に応じて適宜設定が可能である。

近年の技術開発や施工実績等を踏まえた上で、安全かつ合理的な設計・施工管理を行うための指標を H23.10 「注入の設計施工マニュアル」にとりまとめている。

参考文献

- 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所編：注入の設計施工マニュアル，2011.10.
- 2) 日本国有鉄道編：注入の設計施工指針，1986.
- 3) 社団法人日本グラウト協会：正しい薬液注入工法，2007.5.