

可塑性注入材の施工性確認

(株) 熊谷組 土木事業本部 正会員 ○森 康雄

(株) 熊谷組 技術研究所 正会員 金森 誠治

(株) 熊谷組 名古屋支店 糸瀬 巖, 辻 栄太郎

1. はじめに

矢板工法によってつくられたトンネルでは鋼製アーチ支保工や矢板が支障となって覆工と背面の地山との間に空洞が残っていることが多い。当社では、このようなトンネルの安定性、耐久性を向上させるために空洞に注入する可塑性材料を開発した。トンネルには用途ごとに道路、鉄道、水路などの各種トンネルがあり、覆工背面の空洞に可塑性材料を注入する場合にも施工条件が異なる。断面が小さく、大きな施工能力を要求される場合は配管による長距離圧送が有利となる。

筆者らは断面の小さな水路トンネルにおいて上記可塑性注入材を使っていくつかの施工パターンで空洞注入を行ったので以下に報告する。

2. 注入材と施工システム

本可塑性注入材は、フライアッシュ、セメント、水及び可塑性混和剤（A剤、B剤）を混合攪拌するもので可塑性（外力を加えて変形させ力を取り去ってももとに戻らない性質）や水中不分離性のほか良好な充填性、非漏出性を有する。また、軽量（単位体積重量：約 15kN/m^3 ）であるため施工時の覆工への負荷が軽減される。

水セメント比を変化させることにより発現強度を調整することが可能であり、Type1（目標強度： 1.5N/mm^2 ）と Type2（目標強度： 18N/mm^2 ）の2種類がある。基本配合を表-1 に示す。

表-1 可塑性注入材の基本配合

種類	W (kg)	C (kg)	FA (kg)	Air (%)	可塑性混和剤 (kg)	
					A 剤	B 剤
Type1	375	187	815	20	5.63	5.63
Type2	405	585	467	20	6.08	6.08

ミキサーは強制練りとし、混和剤（A剤、B剤）の混合方式は1ショットである。すなわち、セメント、フライアッシュ、水（B剤混合）を混合攪拌し、A剤を添加し再攪拌する。現場の条件に応じた方法で注入場所まで材料を搬送しポンプで空洞に注入する。

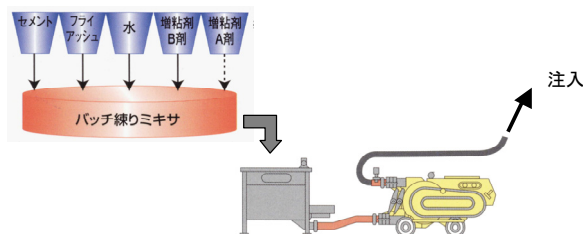


図-1 空洞注入施工システム

表-2 施工パターン

パターン	材料の製造	材 料	材料の供給	搬 送	施工能力
パターン1	坑外に設置したプラントで製造	ローリーで運搬してサイロに貯蔵	自動計量	アジテーターカーで運搬	大 ($50\text{m}^3/\text{日}$ 以上)
パターン1'				配管による圧送	
パターン2	坑内に資機材を搬入して製造	袋もの (25kg)	人力によりミキサーに投入	—	小 ($10\text{m}^3/\text{日}$ 以下)

3. 施工性の確認

施工性の確認を行ったトンネルは昭和初期に建設された水路トンネルで延長 1.5km 、直径 2.34m の馬蹄形トンネルである。標準断面を図-2 に示す。注入箇所は3区間で現場条件は表-3 に示すとおりである。

A区間とC区間はトンネルの耐荷力向上（覆工強化）を目的に Type2 の材料を、B区間は通常の空洞注入として Type1 の材料を使用した。また、資機材の搬出入口として、上流側に施工用の立坑を新しく掘削（深礎、直径 6.1m 、深さ 16m ）し、下流側は既設管理棟の開口部を利用した。

キーワード 可塑性注入材, トンネル, 覆工背面, 空洞注入, 圧送

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株) 熊谷組 TEL 03-3235-8646

表-3 注入場所の概要

位 置		地表状況	延長 (m)	地 質	空洞深さ (cm)	注入量 (m ³)
A区間	立坑周辺	山林	50	チャート	50～60	37
B区間	立坑から 500m 下流	市街地	70	チャート	20～30	41
C区間	既設管理棟から 250m 上流	河川～山林	180	段丘堆積物	15～20	25

注入箇所はそれぞれ現場条件が異なるため以下に示すような施工方法で注入した。3箇所での総注入量が約 100m³で工期は 4 週間（実働：20 日）であった。昼間のみの施工でも 5m³/日施工すれば工程を守ることができるため、原則としてパターン 2 の施工システムで施工することとした。

（1）A区間、B区間

使用機器をすべて立坑からトンネル内に搬入、据付できるため施工システムはパターン 2 とした。ミキサーは容量 200ℓの強制練りとし、スクイズ式の注入ポンプ（出力 7.5kw、吐出量 120～200ℓ/min、最大吐出圧力 2.5MPa、2 インチ）を使用した。A区間の施工能力は平均 7.4m³/日であった。

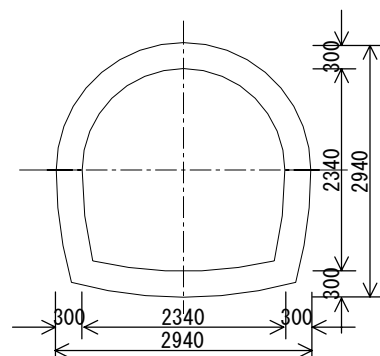


図-2 標準断面図

施工管理項目は練り混ぜ直後のフロー値、圧縮強度、注入圧（0.2MPa 以下）とした。測定結果、管理基準値、測定頻度を表-4 に示す。

（2）C区間

既設管理棟の搬入口のホイストクレーンの揚重能力は 500kg であり 200ℓのミキサー（重量 1,200kg）を吊り込むことができないためこの区間は試験的にパターン 1 で施工することで計画した。施工システム図を図-3 に示す。既設管理棟に隣接してミキサーとピストン式のポンプ（出力 37kw、最大吐出量 35m³/h、最大吐出圧力 4.09MPa、5 インチ）を設置して 5 インチの配管で 190m 圧送した。圧送した材料はホッパーで仮受けし、前記スクイズ式のポンプで注入した。スクイズ式のポンプに接続したフレキシブルホースの延長は 40～50m である。

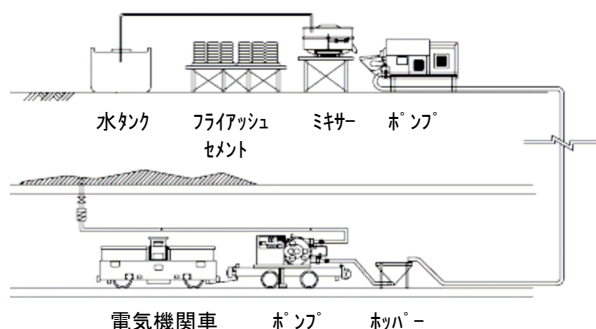


図-3 施工システム図

フローが大きく流動性が良好な配合では、2.5m³を 3 時間で圧送（材料が仮受けホッパーに到達）し注入できた。しかし、フローを小さくにした配合では圧送するのに 4 時間以上要し、可使時間（約 4 時間）を越えたこともあり、ホッパーに仮受けしたがスクイズ式のポンプによる空洞注入は断念した。そこで、施工方法をパターン 1 に変更して重量の軽い 100ℓのミキサーを坑内に搬入して施工（注入）した。

それぞれの条件における施工管理の測定結果を表-4 に示す。

表-4 施工管理項目と測定結果

場所	施工 パターン	注入材 種類	フロー値 (mm)		単位体積重量 (kN/m ³)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	施工能力 (m ³ /日)
			静置	15 回打撃				
A区間	パターン 2	Type2	120×120	185×185	15.4	15.9	24.5	7.4
C区間	パターン 2	Type2	120×120	190×190	15.4	16.0	27.9	2.5
	パターン 2	Type1	120×120	190×190	15.4	12.5	—	1.4
規格値			80～155	130～205	(11～15)	(20)	18	—
測定頻度			1 回/日				1 回/区間	—

5. まとめ

実際の施工現場で本可塑性注入材の施工性を確認した結果、以下のことが分かった。①スクイズ式のポンプ、2 インチのフレキシブルホースで 50m 程度の圧送することができる。②直径 2.5m 程度の断面の小さなトンネル内で、ミキサーへの材料（袋）投入を人力で行い 5～10m³/日注入可能である。③5 インチ配管で 190m 圧送することができる。