

可塑性グラウト充填工法 「AQUA-MATE Plus (J)」の紹介

キザイテクト株式会社 近藤 賢

1. はじめに

高度経済成長期以降に整備された社会インフラが一斉に老朽化しており、建設後50年を経過したインフラも多く、長寿命化の需要が増々高まっている。トンネルについては、「矢板工法」で施工された古いトンネルは地山と覆工コンクリートとの間に隙間が生じやすく、トンネル上部に空洞ができやすい状況であった。トンネル上部に空洞があると、緩み土圧や側圧等が生じ、トンネルの変形、覆工コンクリートのひび割れなどが発生する。トンネルに作用する地圧を覆工コンクリートに均等に伝えるためには、空洞を充填しておくことが重要である。水路トンネルの覆工背面の空洞充填に使用する注入材は、使用する材料や性状によって図-1のように分類されている。ここでは、静置状態では自己流動性がなく自立しているが、加圧により流動化する性状（可塑性）を備えた、非エア系の可塑

性グラウト充填工法「AQUA-MATE Plus (J) 工法」(以下、本工法という)について紹介する。

2. 本工法の概要

本工法は、トンネル覆工コンクリート背面に生じた空洞を充填する2液混合型の可塑性グラウト充填工法であり、図-2に示すように、注入箇所まで2液等量で各々圧送し、注入箇所にてY字管とブレンダーを用いてミキシング注入する工法である。2液混合後瞬時に増粘して材料分離を起こさず可塑状となるため、ひび割れ等の亀裂開口隙間から注入材が漏出することなく、空洞の隅々まで確実に充填できる。更に、優れた水中不分離性を有しており、湧水、流水がある空洞内でも安定した品質で充填が可能である。また、3,000 m以上の長距離でも安定した圧送が可能である。本工法の注入材は【標準配合】と【高流動配合】、【急結配合】、【高強度

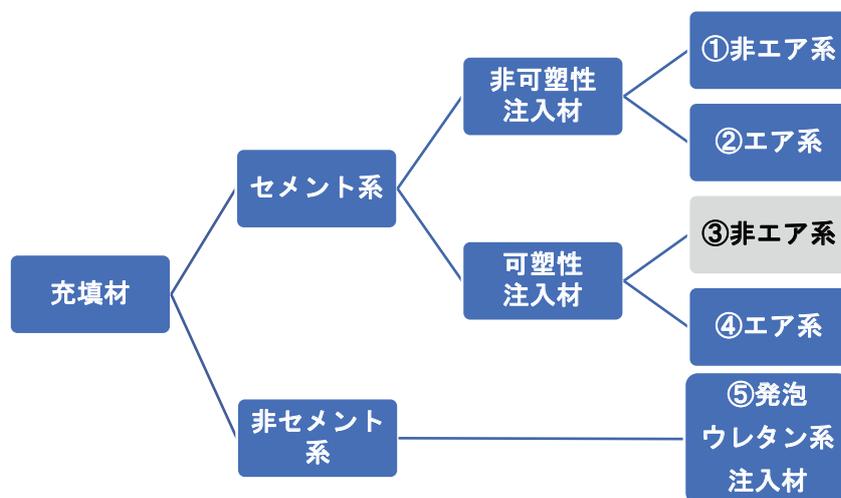


図-1 注入材の分類

配合】の4種類があり、用途や現地状況に応じて、表-1に示す各配合の特徴を活かした充填が可能である。

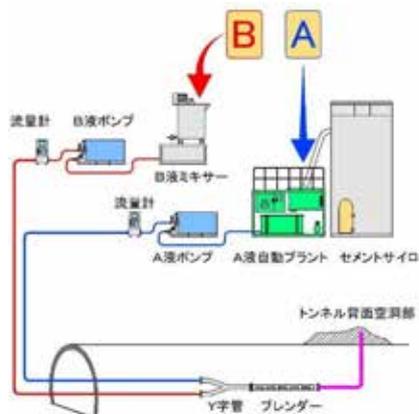


図-2 施工模式図

表-1 注入材の種類と特徴

標準配合	空洞充填に必要な条件が揃っている
高流動配合	2液混合後の流動性が高く、安定した長距離圧送が可能
急結配合	湧水や流水の多い箇所への限定注入が可能
高強度配合	18N/mm ² 以上の強度発現が可能

3. 本工法の性能

(1) 標準配合における特徴と性能

本工法の標準配合の性能を表-2に示す。また、NEXCO（東日本・中日本・西日本高速道路株式会社の総称）の「矢板工法トンネルの背面空洞注入工 設計・施工要領」（以下、「設計・施工要領」という）の4.8試験法に規定されている試験方法に準拠し、本工法の標準配合の性能確認試験を行った結果について以下に報告する。

① 2液等量配合

A液、B液を1：1の割合で別々に調合し、等量混合する。表-3に使用する材料、表-4に配合例を示す。

② 水中分離抵抗性

NEXCO「設計・施工要領」4.8試験法（水中分離抵抗性試験）に準拠し、水槽内にA液、B液を混合した注入材を投入し、濁り具合を確

表-2 本工法の標準配合の性能

① 2液等量配合	A液、B液を別々に調合し、先端部分にて等量混合するため、施工管理が容易である
② 水中不分離性	2液混合後、瞬時に増粘して可塑性を発現し、水中でも材料分離を起こさず充填できる
③ 長距離圧送性	3,000 m以上の長距離圧送が可能のため、充填箇所付近にプラント設置が難しい環境でも対応が可能
④ 充填性	可塑状態保持時間が長いいため、障害物があっても空洞の隅々まで確実に充填できる
⑤ 非漏出性	5ミリ以下の隙間から注入材が漏出しないため、ひび割れ等からの構造物躯体内外への漏出を防止できる

表-3 使用材料（標準配合）

項目	荷姿	比重
高炉Bセメント	紙袋あるいは、バラ	3.03～3.04
AQUA-MATE Plus(J) A剤	紙袋 10kg	2.7
AQUA-MATE Plus(J) B剤	紙袋 24kg	2.6
水	浄水	1

表-4 配合表（標準配合・1m³当り）

A液 500ℓ		B液 500ℓ	
高炉セメントB種	350 kg	AQUA-MATE Plus(J) B剤	60 kg
AQUA-MATE Plus(J) A剤	25 kg		
水	376 ℓ	水	477 ℓ

認した。pHは投入直後と60分後の測定比率、濁度は投入前と60分後の透過率の増減比率を確認した。当試験では10分・30分後を追加して測定した。表-5に示すように、どの時間においてもNEXCO「設計・施工要領」の注入材の品質規格値を満足する値となった。

表-5 水中分離抵抗性の試験結果一覧表

経過時間 (min)	pH		透過率	
	pH値	測定比率(%)	透過率(%) (注1)	増減比率(%)
投入前	7.09	-	100	-
投入直後	7.09	±0	100	±0
10	7.13	+0.56	100	±0
30	7.24	+2.11	99.4	-0.6
60	7.29	+2.82	99.4	-0.6
規格	投入直後から60分経過後のpH測定比率が±10%以内		投入前測定値と60分経過後の測定値の増減比率が±2%以内	

(注1) 透過率は分光光度計により測定した光透過率の値



写真-1 水中分離抵抗性試験状況

③長距離圧送性

模擬配管による充填性能試験として、φ50の鋼管を3,500m設置し、圧送試験を行い、長距離圧送が可能であることを確認した。

写真-2は圧送試験の配管状況、写真-3は3,500m地点での注入材の吐出状況である。



写真-2 圧送試験の配管状況



写真-3 3,500m地点吐出状況

④充填性

NEXCO「設計・施工要領」4.8試験法（充填性試験）に準拠し、障害物を設置した試験装置（写真-4）に、流水量毎分90ℓの流水中に

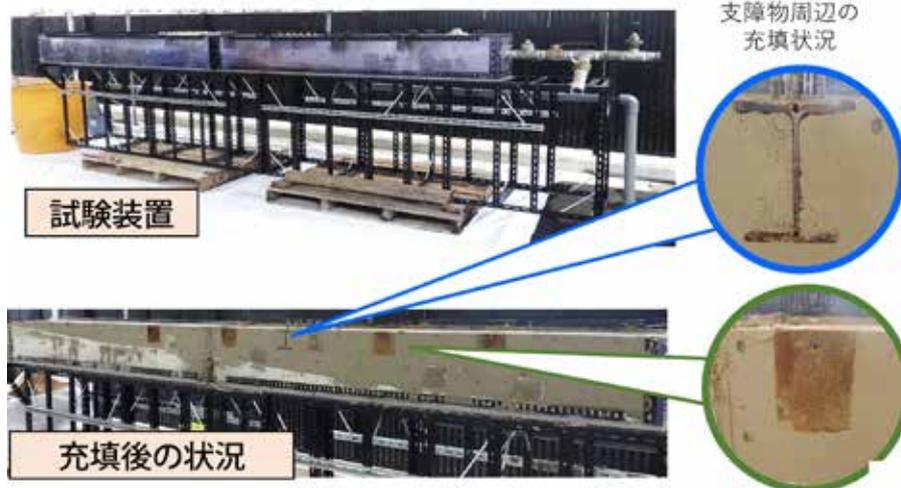


写真-4 充填性

毎分 30ℓ の注入材を 6 分間注入して、充填状況を確認した。写真-4 の充填後の状況で分かるように、容器内全体に注入材が充填され、角材や H 形鋼との間にも隙間なく密実に充填されており、NEXCO「設計・施工要領」の注入材の品質規格を満足していることを確認した。

⑤非漏出性

NEXCO「設計・施工要領」4.8 試験法（非漏出性試験）に準拠し、発泡スチロールを用いて、あらかじめ決められた幅で設置された試験装置（写真-5）の中に注入材を充填し、漏出の状況を確認した。表-6 で示すように、5 mm 幅で 60 分後の浸透状況が 330mm と NEXCO「設計・施工要領」の注入材の品質規格を満足していることを確認した。

表-6 非漏出性の試験結果

吐出量 (ℓ /min)	30		全注入量 (ℓ)			25
経過時間 (min)	隙間幅 (mm)					
	1	3	5	7	10	
10	35	100	330	350	350	
30	35	100	330	350	350	
60	35	100	330	350	350	
規格	60 分経過後において 5mm 以下の隙間に完全流出（浸透長さが 350mm 以上となること）があってはならないこと。					



写真-5 非漏出性試験状況



写真-6 試験装置



写真-7 試験状況 (流水 120ℓ / 分)

(2) 急結配合の流水下での水中不分離性能

急結配合は特に水中不分離性能が優れており、湧水・流水が多い状況下での充填に高い効果を得ることができる。流水下での充填性能を確認するため、流水抵抗性能試験を実施した。この試験は、傾斜角 10 度の試験装置（写真-6）を作り、水を流しながら、注入材を投入し、分離の有無を確認する。確認方法として、1 分毎に最大 10 分まで pH 値及び濁度 (mg/ℓ) の経時変化を測定し、分離状況を判断する。実験は流量 30 ℓ / 分、60 ℓ / 分、90 ℓ / 分、120 ℓ / 分、150 ℓ / 分の 5 ケースで実施した。ここでは、流量 120 ℓ / 分での試験結果を示す。注入材投入直後から 10 分経過後までの pH 値と濁度 (mg/ℓ) の推移 (図-3、図-4) からわかるように、急結配合は水中不分離効果に優れている。写真-7 は注入材投入後 1 分経過後の状況である。

4. 施工手順

本工法の施工手順を図-5に、施工状況を写真-8～写真-12に示す。

5. おわりに

昨今、トンネル覆工コンクリートの剥落や道路の陥没など、構造物の背面に生じた空洞に起因すると思われるトラブルが散見される。それ

ら不具合を修復するなど、供用されている各種インフラの長寿命化への需要が増している。本工法は、トンネルをはじめとする構造物周辺の空洞や地面下に生じた空洞の充填などに適用し、インフラの長寿命化に貢献する工法である。今後も、技術の開発・改良に向け、一層の努力を重ねていきたいと考えている。

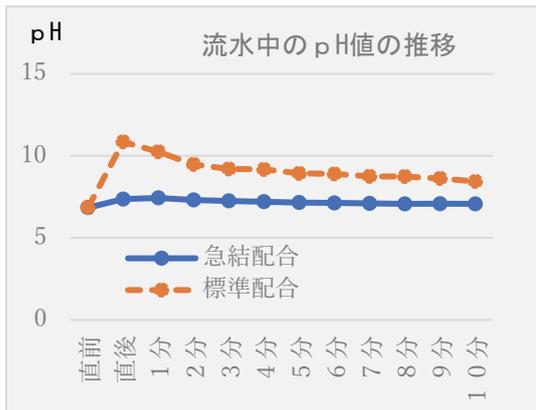


図-3 pH値の推移 (流水 120ℓ/分)

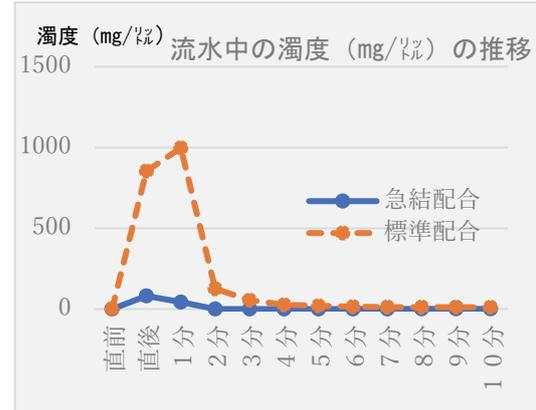


図-4 濁度の推移 (流水 120ℓ/分)

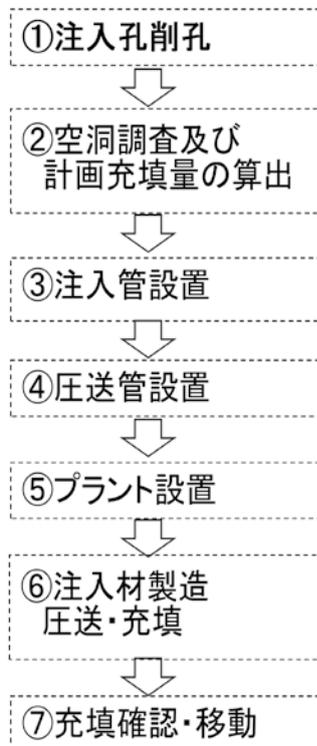


図-5 施工手順



写真-8 注入孔削孔



写真-9 注入管設置



写真-10 圧送管設置



写真-11 注入状況



写真-12 充填確認