減水材（水発泡ウレタン）

― Stronger®（ストロンガー） ―

フジモリ産業株式会社

CONTENTS

1） 減水材（水発泡ウレタン）

2） Stronger® ～特徴・規格～

3） 高圧注入システム

4） 施工状況写真

5） 工法一例

減水材（水発泡ウレタン）

■目的

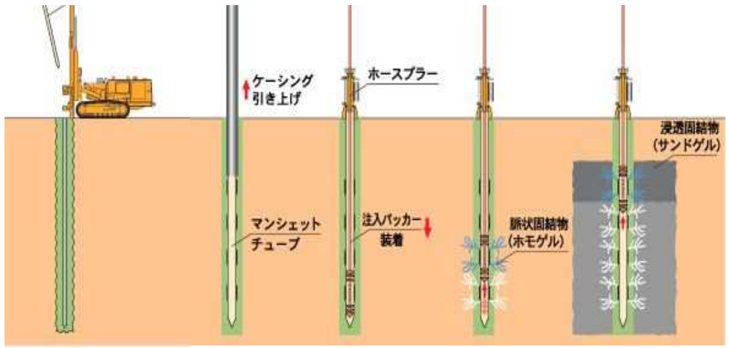
“土被りの薄い河川直下”や”リニア新幹線の破砕帯”などの異常出水帯（高圧湧水）や帯水弱層に対し、高圧での連続注入により、トンネル外周に**湧水抑制効果を有する補強シェルを形成**する。

① トンネル掘削に際し**多量湧水を低減し、切羽の安定を確保**する。
② 止水ゾーンを形成し湧水を排水させないため**地下水位の低下を抑制し、周辺水環境を保全**する。

■注入改良における従来工法

坑内・坑外からの施工があり、注入材もセメント系と薬液系がある。
しかし、「専門作業員」「硬化時間」「強度」「湧水抵抗性」「工期」などの問題を残していた。
これらの問題を解決するのが、ウレタン系溶液型である『 Stronger® 』を用いた注入システムである。
当該工法は坑内からの施工となり、また補助工法との併用が可能となる。

【坑外からの施工例】



資料：ライト工業㈱HP：https://www.raito.co.jp/index.html

【注入材分類】

セメント系
- 普通セメント
- 超微粒子セメント
- セメント＋セメント系急硬材

薬液系
- 水ガラス系懸濁型
- 水ガラス系溶液型
- ウレタン系溶液型（Stronger® ）

Copyright Fujimori Sangyo Co.,Ltd. All rights reserved.

■注入材分類一例

分類	セメント系		薬液系			
			水ガラス系懸濁型	水ガラス系溶液型		ウレタン系溶液型
				アルカリ型	中性・酸性型	
主な材料	普通セメント（CB）	超微粒子セメント	LW4 (水ガラス+セメント)	水ガラス+ 無機系反応剤または有機系反応剤	酸性シリカゾル	ストロンガー
特長	岩盤グラウチングでの実績が多い。 ブリーディングが大きい。	粒子が細かく、微細な割れ目への注入が期待できる。 ブリーディングが大きい。	水ガラスがセメントと反応してゲル化する性質を利用。 緊急を要する地盤注入工事に用いる。	代表的な薬液。 反応剤により無機系・有機系がある。	酸性シリカゾル（水ガラスを酸性側へ移行したもの）が中性領域でゲル化する性質を利用。	トンネル工事における地盤改良材として代表的。 ポリオールおよび添加物とポリイソシアネートを2液混合することで高強度な無発泡反応物を生成し、水と接触することにより発泡固結する。
長所	①発達した亀裂の止水に適している。 ②経済性に最も優れている。 ③セメント系であるため、強度および耐久性に優れている。	①微細亀裂の止水に適している。 ②セメント系であるため、強度および耐久性に優れている。	①薬液系注入材では最も安価である。	①緩結用を用いることで微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が可能。 ②瞬結用を用いることで多量湧水も対応可能。	①緩結用を用いることで微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が可能。 ②瞬結用を用いることで多量湧水も対応可能。	①トンネル作業員で施工が可能であり、使用資機材も比較的簡易である。 ②溶液型であるため、微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が可能。 ③薬液系注入材では最も強度が大きく、耐久性に優れている。 ④ゲルタイムが短く、連続注入により湧水と接触して反応するため、多量湧水も対応可能。
短所	①専門の作業員と設備が必要。 ②微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が困難。 ③硬化時間が長いため、湧水の抵抗性が低く、流出や品質低下が懸念される。	①専門の作業員と設備が必要。 ②溶液型に比べ浸透性に劣り、微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が困難。 ③硬化時間が長いため、湧水の抵抗性が低く、流出や品質低下が懸念される。	①専門の作業員と設備が必要。 ②溶液型に比べ浸透性に劣り、微細亀裂や土砂地山などの微細粒子間の止水が困難。 ③強度および耐久性に劣る。 ④多量湧水に対する信頼性に劣る。	①専門の作業員と設備が必要。 ②強度および耐久性に劣る。 ③緩結用は湧水の抵抗性が低く、流出や品質低下が懸念される。 ④瞬結用は多量湧水に対する信頼性に劣る。	①専門の作業員と設備が必要。 ②強度および耐久性に劣る。 ③緩結用は湧水の抵抗性が低く、流出や品質低下が懸念される。 ④瞬結用は多量湧水に対する信頼性に劣る。	①高価である。 ②ウレタン系のため、施工前中後に湧水のモニタリングを行う必要がある。
評価	×	×	×	△	○	◎

Copyright Fujimori Sangyo Co.,Ltd. All rights reserved.

■製品の特徴

1 減水効果に優れる

◎ 水と接触し発泡固結するため、水みちを充填改良することが可能
◎ 独立気泡を有する発泡固結体のため、改良ゾーンの遮水性が高く、湧水抑制効果が高い

2 地山改良効果に優れる

◎ 溶液型のため浸透性に優れ、ボルトや鋼管周辺の限定改良が可能
◎ 強度発現が早く、高強度な固結体の形成が得られる
◎ セメント系注入材に比べ岩片間を接合させる接着力が大きい

3 湧水抵抗性に優れる

◎ 湧水環境下でも希釈されにくく、確実な発泡による改良が可能
◎ 湧水環境下でも希釈されにくく、周辺環境に配慮
◎ 高圧での注入を行うことにより、高圧湧水に対しても高い減水効果を発揮

4 トンネルの作業員で施工可能

◎ 坑内からの施工となり、トンネル作業員で施工が可能であり、使用資機材も比較的簡易。
◎ 坑内からの施工となり、切羽を止めることなく施工が可能であり、工期短縮に繋がる。

Copyright Fujimori Sangyo Co.,Ltd. All rights reserved.

Stronger® ～特徴・規格～

■注入材概要

Stronger® : ウレタン系減水材（水発泡タイプ）

水と接触せずに反応 → 高強度な固結体を形成

水と接触し反応 → 発泡固結

水なし　水あり（1%）

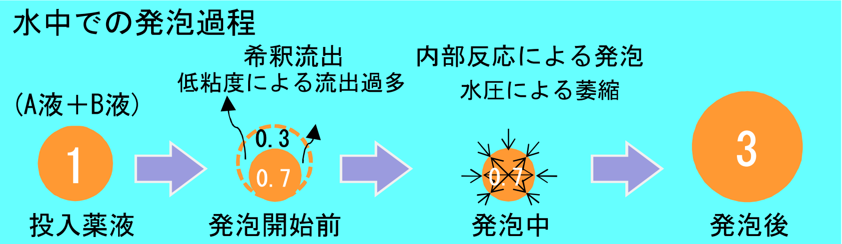
■製品規格

Stronger®	A液	B液
主成分	ポリオール・触媒	ポリイソシアネート
外観	淡黄色液体	茶褐色液体
粘度（25℃）	150 ±50mPa・s	200±50mPa・s
比重（20℃）	1.05±0.05	1.23±0.05
消防法危険物区分	第四類第四石油類（指定数量6000ℓ）	第四類第四石油類（指定数量6000ℓ）
荷姿	18ℓ缶　18.0kg	18ℓ缶　21.0kg

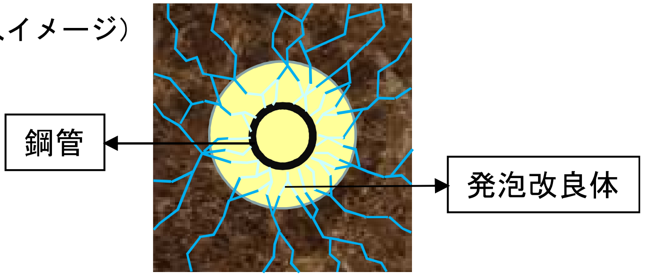
配合比率（容積）	A：B=100：100±5	
ライズタイム（液温20℃）	水なし	60±20秒
	水あり（1%）	60 ±20秒
自由発泡倍率（液温20℃）	水なし	2倍以下
	水あり（1%）	8±4倍

■改良イメージ

「シリカレジン」

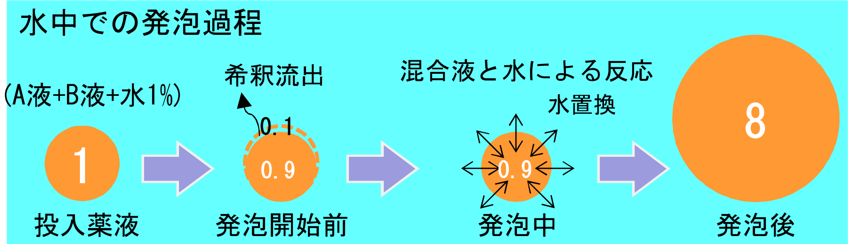


地山注入イメージ)

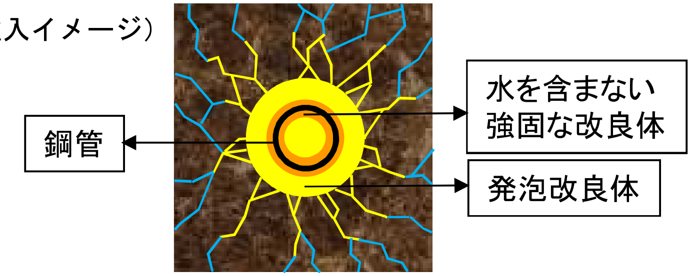


発泡特性はA/B液の混合により決まる（混合されたA/B液の内部反応で発泡固結する）ため、発泡開始前・中において水に希釈された場合は改良効果が落ちる。
特に**湧水量が多い箇所に関しては止水・減水効果は無く水に希釈され流出する可能性が高い**。
⇒地山補強目的で使用

「 Stronger® 」



地山注入イメージ)



発泡特性はA/B液の混合と地山内の湧水により決まる（混合されたA/B液と水の反応で発泡硬化する）。水を置換しながら発泡するため、水中での改良効果が高く水みちの充填が可能である。
特に**圧力管理を併用することで高圧湧水に対しても高い減水効果を発揮**する。
⇒地山の止水・減水目的で使用

Copyright Fujimori Sangyo Co.,Ltd. All rights reserved.

高圧注入システム

■高圧(10ＭＰa)注入システム

注入機及び各部材を高圧対応品としているが、従来の補助工法(シリカレジン)注入システムと類似させ操作は容易

高圧注入機　3.7kwモータ
（圧力上昇時流量自動制御）

高圧ミキシング＋高圧バルブ

高圧対応インサート管
（ハイロンホース）

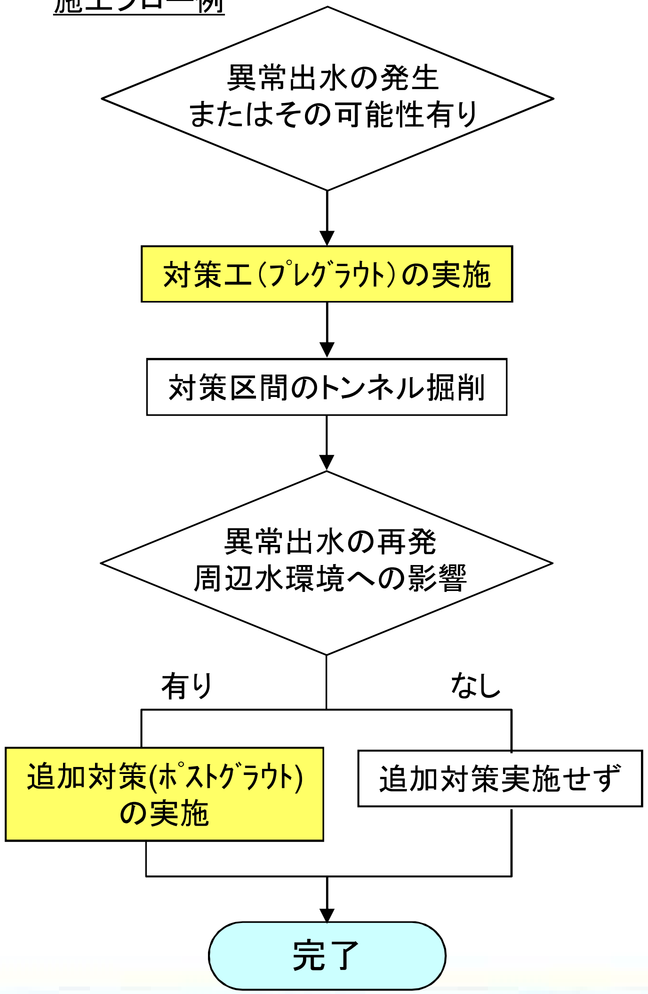
高圧注入ホース

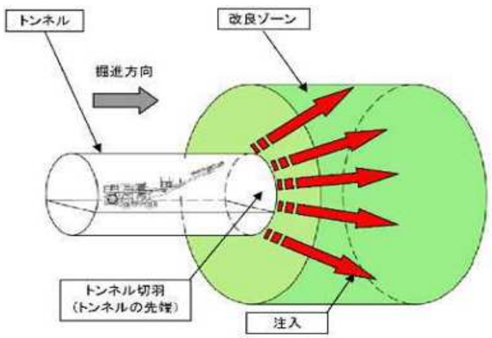
逆支弁

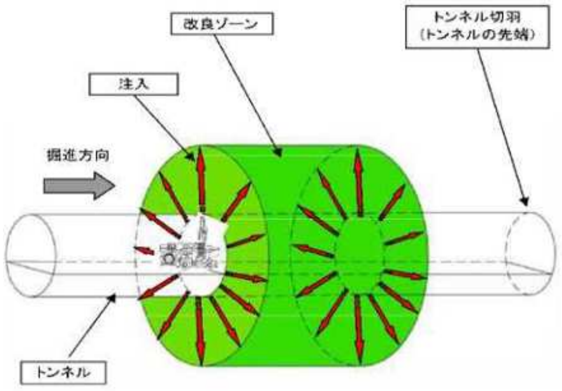
高圧カプラーソケット

■工法例

<u>施工フロー例</u>



<table>
<tr><th>プレグラウト
（切羽前方のトンネル周囲の地盤改良）</th><th>ポストグラウト
（切羽通過後のトンネル周囲の地盤改良）</th></tr>
<tr><td>

プレグラウトの概念図</td><td>

ポストグラウトの概念図</td></tr>
<tr><td>プレグラウトとは、トンネルの掘削をしていない切羽前方に対して行うものである。</td><td>ポストグラウトとは、トンネル掘削済みの区間に対して行うものである。</td></tr>
<tr><td colspan="2">周辺水環境に影響を与えないように、地盤の透水性を低下させ、トンネル湧水を抑制することを目的にトンネル周囲の地盤を改良する。覆工への被圧を代わりに受ける必要があるため、注入材は恒久性のある材料が必要となる。</td></tr>
</table>

*<脚注>
資料：新名神高速道路（大阪府域）のトンネル掘削に伴う水環境保全対策の基本方針（箕面トンネル）

施工状況

自穿孔ボルト

小口径AGF

小口径AGF

注入台車

注入機画面