

可塑状グラウト注入材料

AQUA-MATE Plus(J)

技術資料

平成26年度版

AQUA-MATE Plus 工法研究会

名古屋市西区堀越 2-3-20

TEL: 052-521-6436

FAX: 052-521-6439

1. はじめに	2
2. AQUA-MATE Plus(J)の概要、特徴	2
1) 概要	
2) 特徴	
3) 施工性	
3. AQUA-MATE Plus(J)使用材料	3
4. AQUA-MATE Plus(J)配合	3
5. AQUA-MATE Plus(J)性能	
1) フロー試験	3
2) 一軸圧縮強度	3
3) 比 重	4
4) 充填性能	4
5) 非漏出性能	5
6) 水中不分離抵抗性能	6
7) 非収縮性能	7
6. 施工手順	
1) 注入孔削孔工	8
2) 空洞調査工	8
3) 注入管設置工	8
4) 注入工	8
5) プラント配置	9
6) 注入圧力管理	10
7) 注入管設置	11
8) 注入量の算定	12
9) 注入管の設置	12
7. 使用機材	13
8. 工事实績	14
9. 成 分	15
10. 検査報告書	16

1. はじめに

トンネル覆工背面は、掘削工法・地山状況変化・湧水等により空洞が存在し、この空隙のため、地山の緩みが進行して覆工コンクリートに変状が生ずる事が懸念されます。これらの変状防止対策として最も有効な方法は、裏込注入工を行い、地山と覆工構造体を一体化させることにより緩みの進行を生じさせないことです。

可塑状グラウト材は、限定注入を可能とし地山の亀裂やコンクリートクラック等からの逸脱や、地下水による材料分離を起こしづらくして、覆工背面空隙を確実に充填することを目的とした裏込注入材料です。

2. AQUA-MATE Plus (J) の概要、特徴

1) 概要

従来の覆工背面の間隙充填にはエアモルタルに代表されるセメント系注入材が用いられていました。しかし、セメント系注入材は経済的には優れているが、固結時間が長く、強度発現に時間がかかるため、施工中にコンクリートのクラックからリークしたり、湧水の多い地山では注入材が希釈され充填効果が低くなり、施工性や品質において問題がありました。それに対し、AQUA-MATE Plus(J)は可塑性を有しているためA液・B液が合流後、直ちにゲル化して可塑性を発現するためコンクリートのひび割れや施工ジョイント、また、豆板や地山の亀裂においても逸脱しづらく効率的な限定注入が可能です。さらに水に対する水中不分離性能が大きく、湧水に対しても希釈されることなく流出し難い特性を有しています。このため不確定要素の多い空洞を確実に充填することが可能となります。

2) 特徴

・2液等量混合

A液・B液の2液を別々に調合し、注入箇所間近部分でブレンダーにて等量混合することで注入可能です。

・瞬時に増粘

A液・B液の2液が合流混合後、瞬時に増粘し可塑状態にて充填されるため限定注入が可能です。

コンクリートのひび割れや施工ジョイント等の隙間からの流出がほとんどありません。また、水中不分離性を有しているため湧水がある空洞内でも希釈されることなく水を排出し、確実に充填できます。均一で安定した強度が得られるため固結物にばらつきがなく、覆工コンクリート等の構造体へ地盤反力を均等に伝達できます。

水中不分離性を有しているためpHが上昇せず周囲の地下水は中性を示し、環境への影響を最大限に抑えることができます。

・優れた充填性

可塑状を保持する時間が長いいため空洞の隅々まで注入材が流入し、密度の高い充填が可能です。また、ブリージングや収縮もほとんど発生しません。

・長距離圧送が可能

3,000m以上の長距離圧送が可能です。(圧送試験にて3,500mの配管圧送を確認済み)

トンネル内の充填箇所付近にプラントを設置する必要がなく、坑外のプラント仮設用地からの配管圧送が可能となり作業環境の改善につながります。

・高炉セメントB種使用のため六価クロムの溶出は少なく、耐海水性・化学抵抗性に優れています。

・使用材料は、セメント及びアクアメイトプラスA剤、B剤のみで品数が少ない。

・A剤、B剤の調合は、工場生産のため現場に品質が安定した状態での供給が可能です。

3) 施工性

・プラントがコンパクトなため定置式、車載式どちらでも対応可能で効率的な施工を可能としています。

・1.5ショットで、注入箇所直近にて可塑状となるため長距離の圧送が可能です。

・2液等量にて混合後は瞬時に可塑状となる為、流量計をA、B液それぞれに配置すれば注入量の管理が容易にできます。

3. AQUA-MATE Plus (J) 使用材料

	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

4. AQUA-MATE Plus (J) 配合

現場の状況や施工条件に応じた配合設定が可能です。下記に一般的に使用される 1m³ 当りの配合例を示します。

【1m³ 当り配合表】

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 ・	水	477 ・

5. AQUA-MATE Plus (J) 性能

1) フロー試験

試験項目		測定値(mm)	規格値(mm)	試験方法
静置時	直後	122	80 ~ 155	JHS 313 コンシステンシー試験方法のシリンダー法
	60分後	92	100 以下	
打撃時	直後	182	130 ~ 205	JIS R 5201 フロー試験 フローコーンに代わり JHS 313 コンシステンシー試験方法のシリンダーを使用。
	60分後	140	170 以下	



静置時 直後

打撃時 直後



静置時 60分後

打撃時 60分後

AQUA-MATE Plus(J)は、その可塑状をフロー値を持って管理します。可塑性状は、力(ポンプ圧送)を加えた場合に变形(流動性を示す)しますが、静置状態では粘性が増し、フロー値測定時には材料が自立します。

[フロー値は規格値を満足しています。]

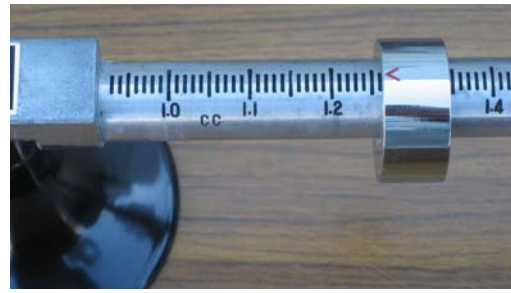
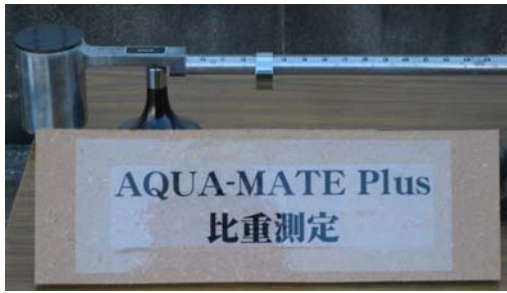
2) 一軸圧縮強度(材令28日)

No.	測定値(N/mm ²)	規格値(N/mm ²)	試験方法
1	1.987	1.5 以上	供試体サイズ φ 50×100mm 圧縮強度試験方法 JIS A 1108
2	2.094		
3	2.287		
平均値	2.123		

[一軸圧縮強度は規格値を満足しています。]

3) 比重

測定値(kN/m ³)				規格値(kN/m ³)	試験方法
1回目	2回目	3回目	平均値	11 ~15	マッドバランスによる測定値
12.348	12.348	12.348	12.348		



〔比重は規格値を満足しています。〕

4) 充填性能

注入時間(min.)	6	吐出量(l/min.)	30
------------	---	-------------	----

充填状況

表面	隙間なく充填されている。
容器上部の障害物周囲	隙間なく充填されている。
容器下部の障害物周囲	隙間なく充填されている。
規格	容器内全体に注入材が充填され角材や H 型鋼との間にも隙間がなく密実に充填がなされていること。
試験方法	矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領 4. 8試験方法による。



障害物周囲の充填状況

〔容器内全体に充填され、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、充填性能は規格を満たしています。〕

5) 非漏出性能

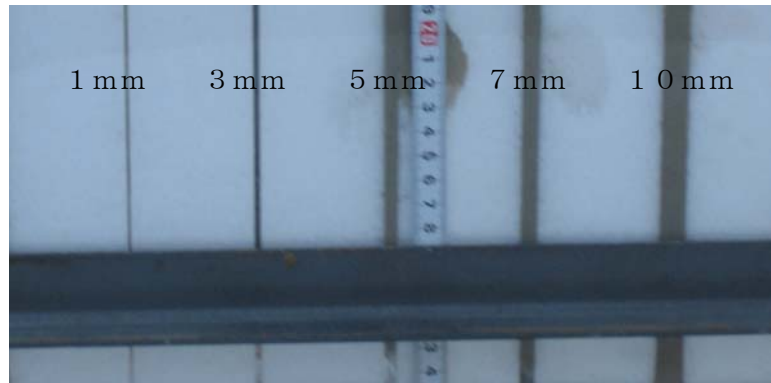
吐出量(ℓ/min.)	30	全注入量(ℓ)	25
-------------	----	---------	----

注入材深度(mm)

経過時間(min.)	隙間幅(mm)				
	1	3	5	7	10
10	35	100	330	350 以上	350 以上
30	〃	〃	〃	〃	〃
60	〃	〃	〃	〃	〃
規格	60分経過後において5mm以下の隙間に完全流出があつてはならないこと。				
試験方法	矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領 4.8試験方法による ただし、発砲スチロールの幅は50mmとした。				



60分後



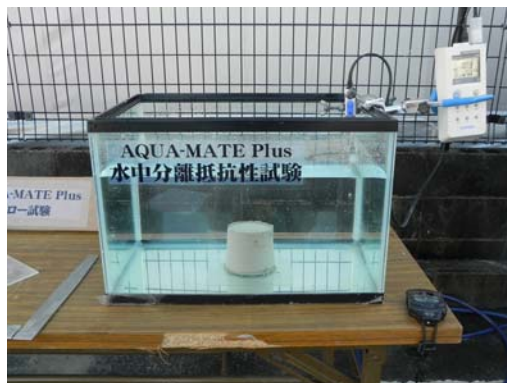
隙間 1mm 3mm 5mm 7mm 10mmの充填状況

AQUA-MATE Plus(J)は、地山の微小な亀裂やコンクリートのひび割れから逸脱しづらい性能を持っています。1・3・5・7・10mmの模擬亀裂を作成し、亀裂への進入深さを測定します。

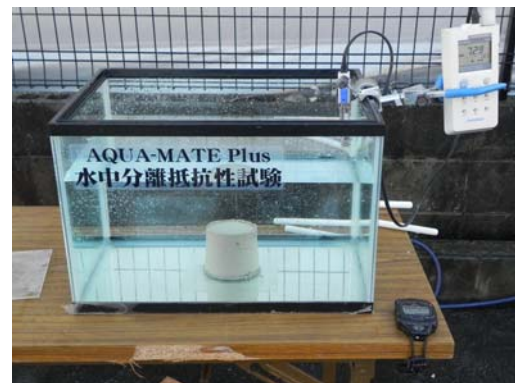
〔隙間幅 5mm にて60分経過後に流出高さ330mm で、以後は流出高さの変化はみられず、非漏出性能は規格を満たしています。〕

6) 水中不分離性能

経過時間(min.)	pH		透過率	
	pH値	測定比率(%)	透過率(%)	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%であること。		注入材を投入する前の水の測定値と、投入後60分経過後の水の測定値の増減比率が±2%であること。	
試験方法	矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領 4. 8試験方法による			



投入直後



60分後

AQUA-MATE Plus(J)は、水に対する優れた分離抵抗性を有しています。

フローコーンに注入材を注ぎます。水槽内にフローコーンを入れ、素早くフローコーンを除去し目視による水の濁り具合及び、pH測定を行い分離抵抗性、pHの変化を確認します。

[透過率に変化はなく、60分経過後のpH変動も+2.82%にて水中分離抵抗性能は規格値を満たしています。]

7) 非収縮性能

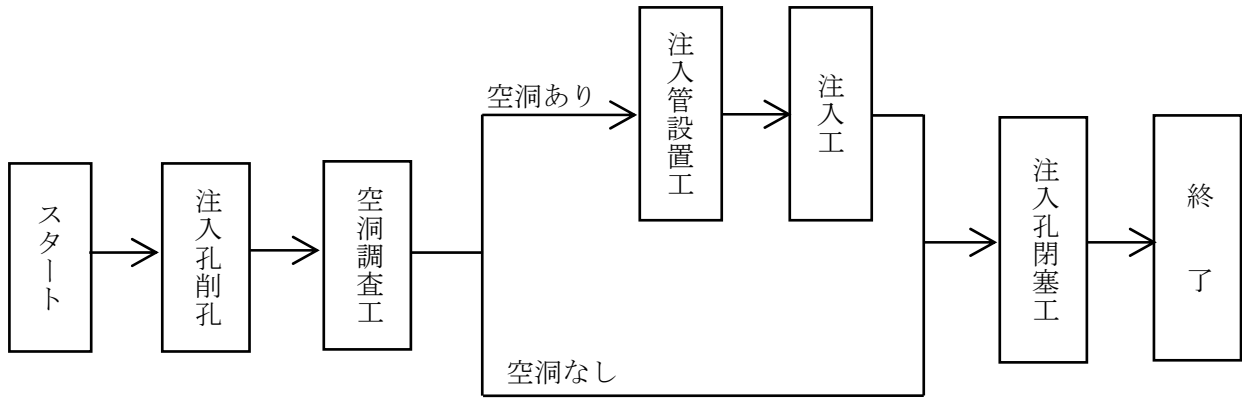
28日後の収縮量 (mm)	No. 1	0	28日後の収縮率 (%)	No. 1	0
	No. 2	0		No. 2	0
	平均値	0		平均値	0
規格	28日硬化後の収縮量が5mm以下であること。				
試験方法	矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領 4.8試験方法による				



φ 300mm、高さ1,000mmの円筒管の下端を注入材の漏れが生じないように平板を取り付けた容器に注入材を注ぎ入れます。天端面まで充填後、注入材の水分発散防止のため養生を行い平滑に保持し、15℃～20℃の室内にて養生を行います。28日経過後の収縮量を計測します。

6. 施工手順

トンネル空洞対策を例に作業フローを示す。



(1) 注入孔設置工

トンネル横断方向に 5mピッチ、縦断方向に1断面当り3箇所の子鳥配置で、注入孔を設ける。

高所作業車を作業足場として、覆工コンクリートをボーリングマシンにて削孔する。削孔は地山にあたるまで行う。覆工背面の空洞の有無及び覆工厚、空洞深さを確認する。

空洞が確認された孔は、注入管設置工を行い、認められなかった孔は削孔した孔を閉塞処理する。

(2) 空洞調査工

(3) 注入管設置工

注入管は、片ネジ切り加工したφ50mmの塩ビ管または、鋼管を使用し、地山との間隔が50mm程度となるように挿入後、専用器具にて固定する。注入管と孔壁とは、急結モルタル等にてシーリングし、注入材が漏洩しないようにしておく。

(4) 注入工

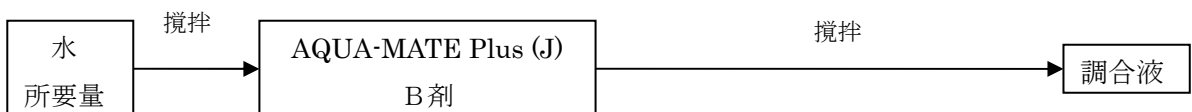
注入管設置が全て終了したら注入を開始する。

注入材の調合手順を図に示す。

A液



B液

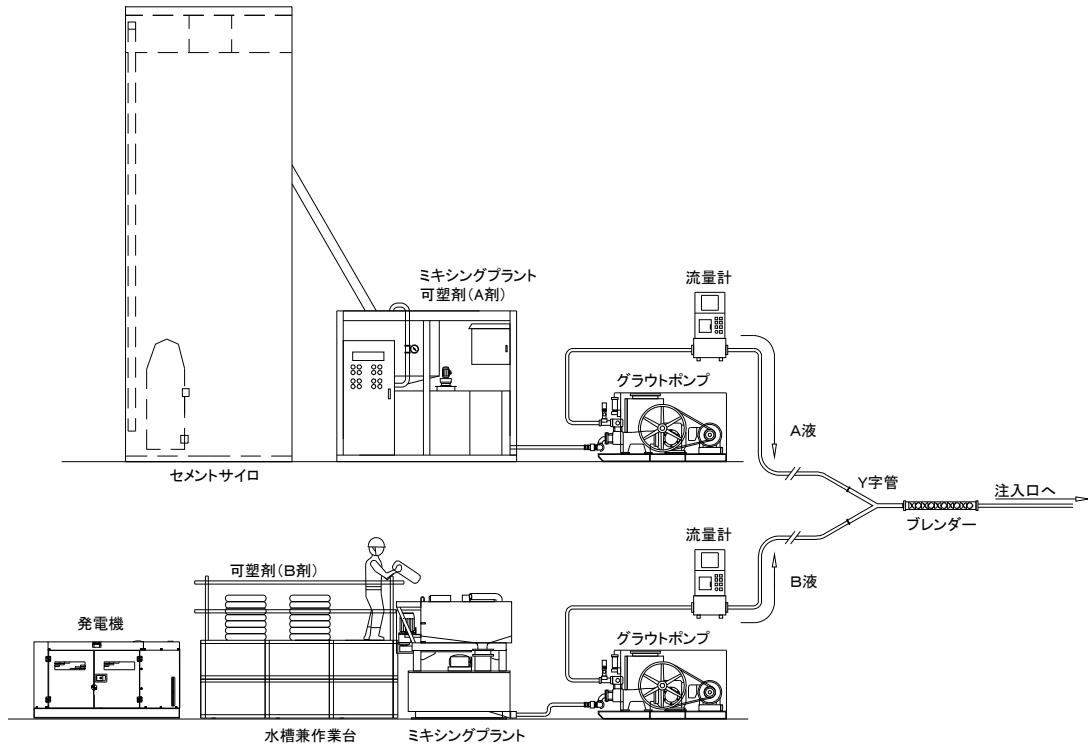


※B液は約20分間以上攪拌してベントナイト成分を膨潤させます。

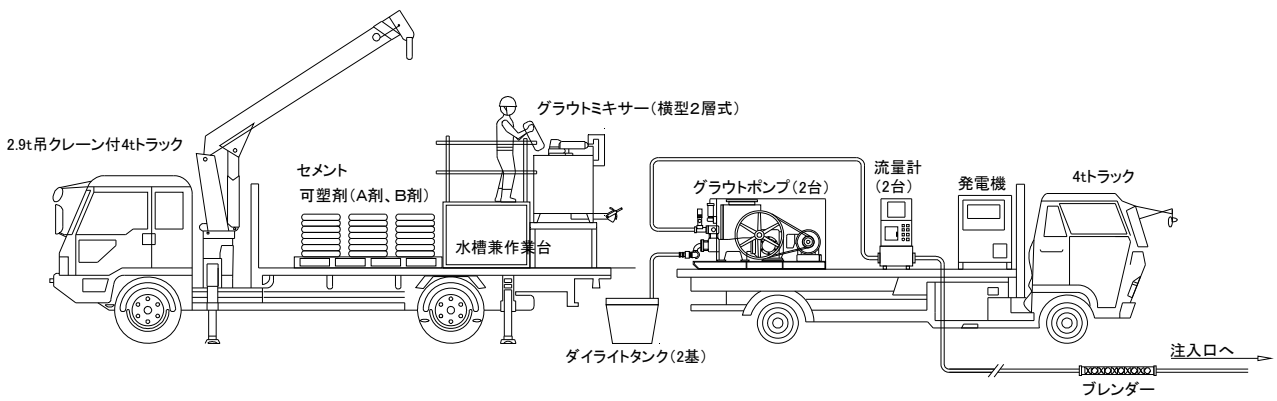
(5) プラント配置

プラント配置の一例を示します。交通を規制して施工する場合は車載プラントとする。

A. 【定置式プラント】

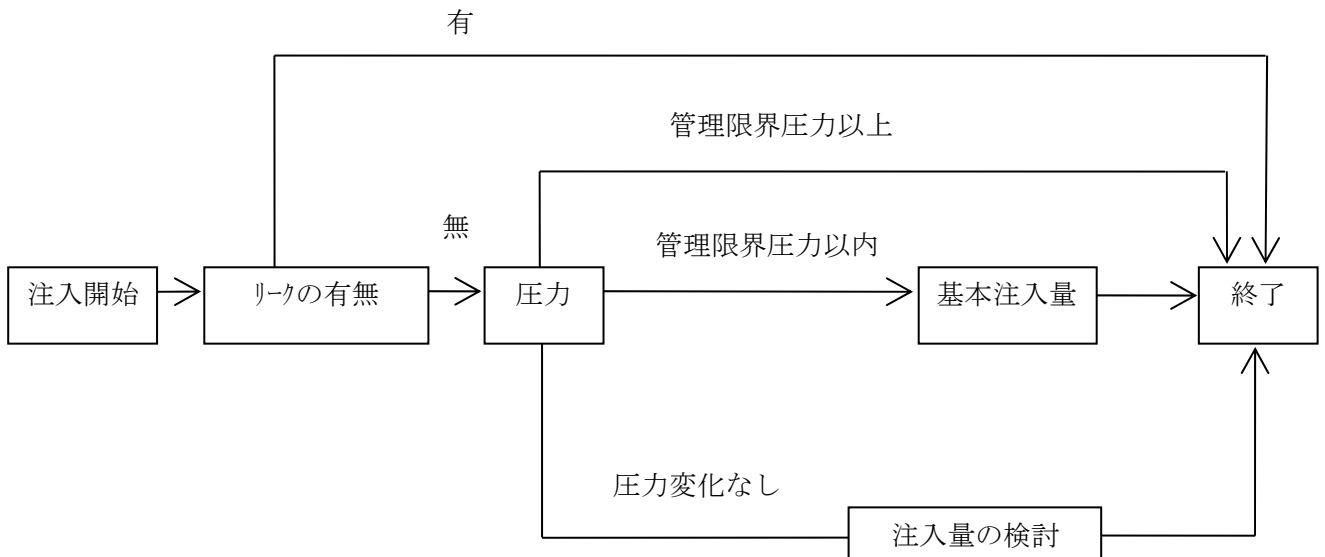


B. 【車上プラント】



(6) 注入圧力管理

注入圧は、覆工コンクリートの損傷を防止するため極力低く抑える。注入は、隣接の注入管からの材料流出が認められるか、注入圧が、初期圧より 0.1～0.2MPa 程度まで上昇したらその孔での注入は中止して、次の孔に移動します。



(7) 注入孔閉塞

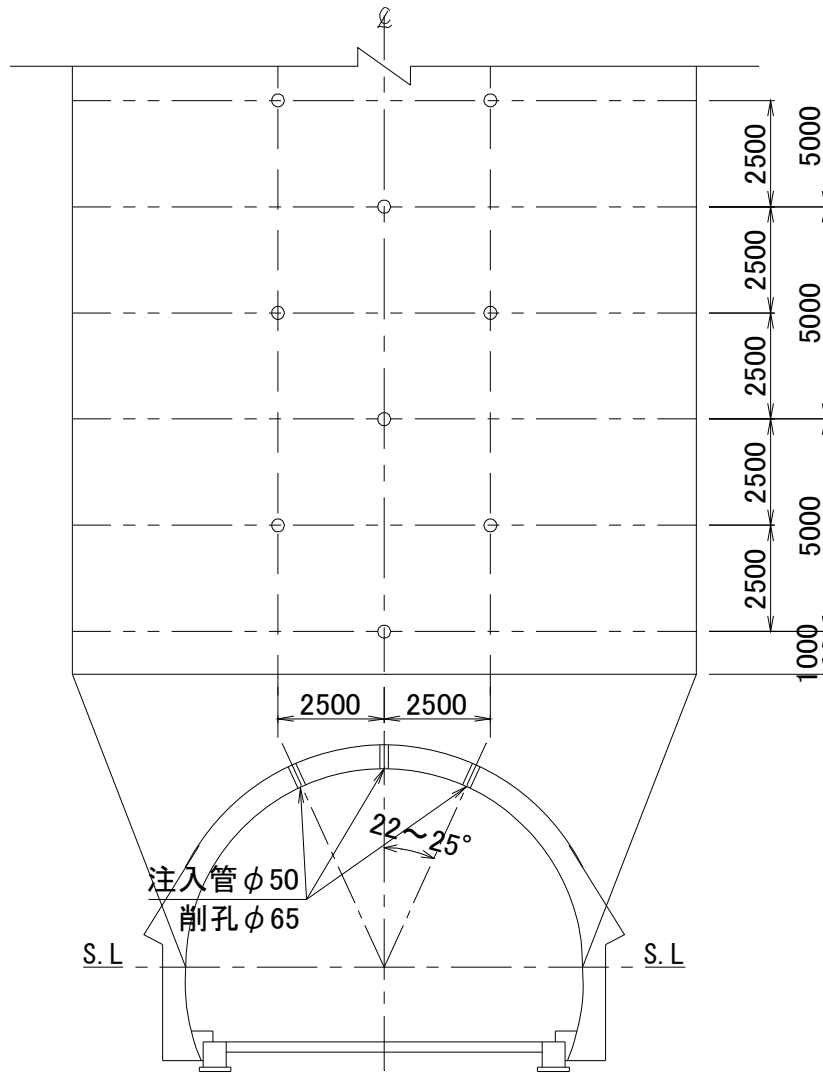
注入圧力が規定圧力まで上昇したら、ストップバルブを閉じ、注入ノズルを取り外し、次の注入孔に移動する。

ストップバルブを閉じた後は、12 時間を経過したらストップバルブを取り外し、無収縮モルタルにて注入孔を閉塞し、平滑に仕上げておく。

(8) 注入管配置

注入管は、背面空洞の生じやすいアーチクラウンを中心にして背面空洞の状態によりその周辺に設けるのが一般的です。

トンネル横断方向よりセンター及び両肩部(22° ~ 25°)に3列で配置し、横断方向へ 5mピッチの千鳥を標準とします。必要に応じて確認孔を設けます。



(9) 注入量の算定

$$\text{注入量}(Q \ell) = V \times (1 + \beta) \times 1000$$

V : 空隙部体積(m³)

β : ロス率(地山状況に応じて選定)

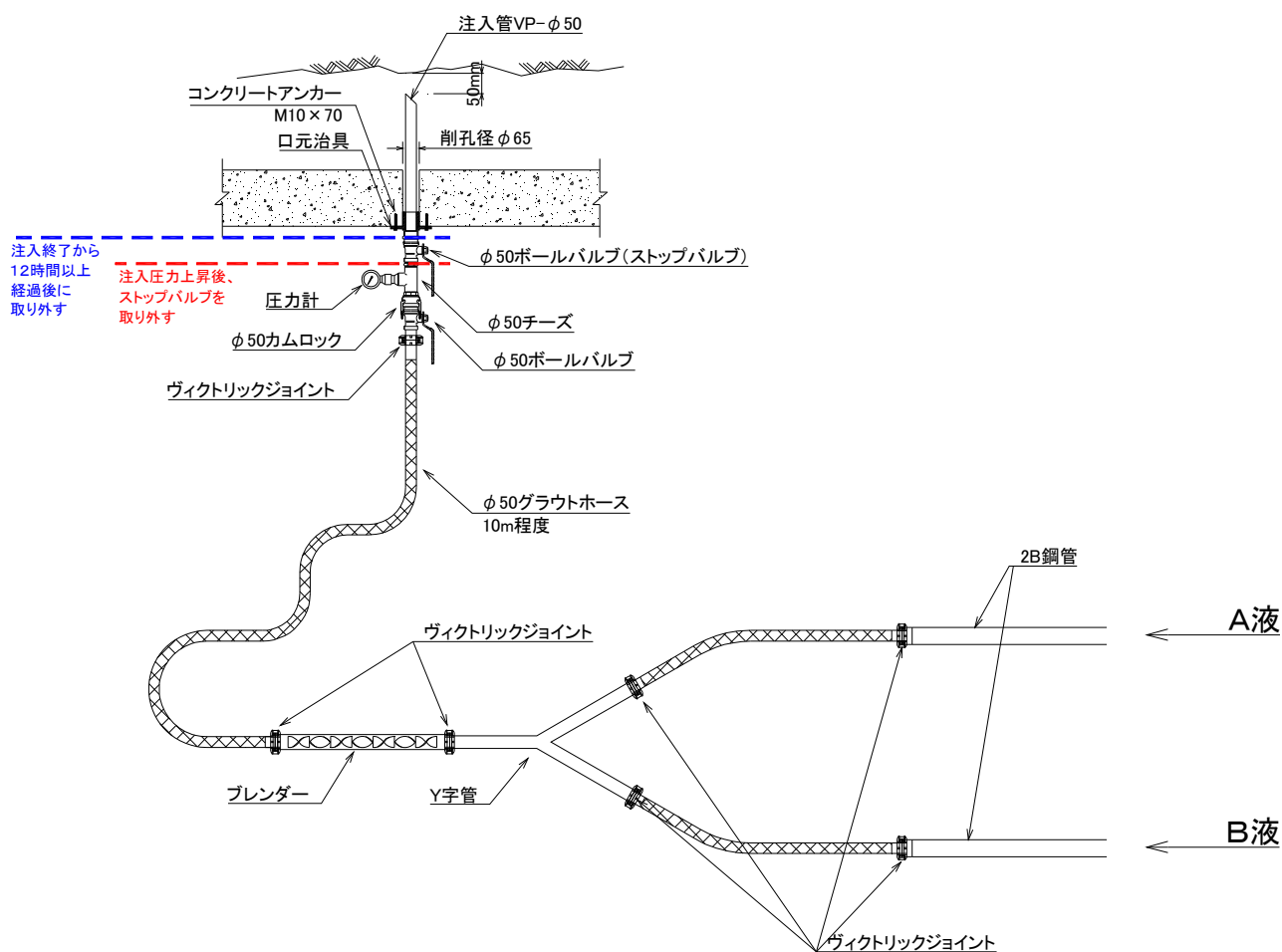
(10) 注入管の設置

AQUA-MATE Plus (J) 注入における注入管の設置は、注入管に VP-50 を使用し、口元治具にて固定します。

注入圧力上昇後、ストップバルブを閉じ、次の注入孔へ移動となります。

また、ストップバルブの取り外しはその注入孔にて注入終了し、12 時間以上経過後に取り外します。

注入管の先は、地山より 50mm 程離れるように空洞深さを測定して塩ビパイプ長を調整後、設置します。



注入管設置状況(例)

7.使用機材

トンネル補修においてAQUA-MATE Plus (J) を混練、注入時の主な使用機材例を下表に示します。

定置式

種 別	規 格	所要電力	台数	備 考	
A 液用	全自動ミキサー	TMP-1500	14.25kw	1	
	圧送ポンプ	SG-30V	22kw	1	
	流量計	FMA-4000		1	
B 液用	全自動ミキサー	TMP-500	9.0kw	1	
	圧送ポンプ	SG-30V	22kw	1	
	流量計	FMA-4000		1	
混合ユニット	ブレンダー	スタティックミキサーφ50型	—	1式	
	Y字管		—	1式	
注入管			1式	延長×2系列	
圧送ホース	50A		1式	30m×2系列	
※B液膨潤用タンク	10m ³	—	2	B液膨潤用	
※水中ポンプ	50A	1.5	2	B液攪拌循環、送液	
高所作業車			1	トンネル高さ2m以上	
貯蔵サイロ	30t 計量器付	13.75kw	1		
電力合計		84kw		発電機の場合 125kVA	

車上積載型

種 別	規 格	所要電力	台数	備 考	
A 液用	高速ミキサー	MS-400B 同等	7.5kw	1	
	圧送ポンプ	SG-15V	11kw	1	
	流量計	FMA-4000		1	
B 液用	高速ミキサー	MS-400B 同等	7.5kw	1	
	圧送ポンプ	SG-15V	11kw	1	
	流量計	FMA-4000		1	
混合ユニット	ブレンダー	スタティックミキサー	—	1式	
	Y字管		—	1式	
圧送ホース	25A～50A		1式	30m×2系列	
プラント積載トラック	4t 車		1		
材料積載トラック	4t ユニク車		1		
水中ポンプ	50A	0.75kw	2		
高所作業車			1	トンネル高さ2m以上	
発電機	60kVA		1		
電力合計		38.5kw			

8. 工事実績

2013.03.31 現在

施主	元請(敬称略)	工事件名(略称)	施工時期	注入量(m ³)
三重県	(株)橋本組	一般地方道多田ヶ瀬山居線古瀬川トンネル補修工事	2010.03	128
王子特殊紙(株)	三井住友建設(株)	王子特殊紙(株)東海工場潤井川発電所第一水路補修、補強工事二・三期工事	2010.07	220
静岡県	大豊建設(株)	平成22年度富士川工業用水道事業導水トンネル補強工事	2010.12	462
住友化学	一宮工務店	構外送水管補修 10 基土建工事	2011.01	120
三重県	濱田建設(株)	一般地方道多田ヶ瀬山居線古瀬川トンネル補修工事	2011.01	75
農林水産省	吉川建設(株)	中信平二期農業水利事業左岸幹線1号トンネル補強その他工事	2011.02	250
王子特殊紙(株)	三井住友建設(株)	王子特殊紙(株)東海工場潤井川発電所第一水路補修、補強工事四期工事	2011.07	330
農林水産省	JFE エンジニアリング(株)	藤崎井水路サイホン和歌山工区その5改修工事	2011.11	156
静岡県	(株)熊谷組	平成23年度富士川工業用水道事業導水トンネル補強工事	2011.12	652
日野市	(株)TDE	梅ヶ丘特殊地下壕対策事業工事(その3)	2012.03	530
四日市市	生川建設(株)	四日市市小山町排水路修繕工事	2012.06	95
東京電力(株)	日本国土開発(株)	須川発電所他水路修繕工事	2012..12	120
神奈川県企業庁	三祐株式会社	津久井導水路改修工事	2012.12	90
静岡県	(株)熊谷組	平成24年度富士川工業用水道事業導水トンネル補強工事	2013.02	1574
農林水産省	(株)中和コンストラクション	大和紀伊平野農業水利事業(一期)国営東部幹線水路34号開渠他改修工事	2013.02	192
日野市	(株)滝沢建設	梅ヶ丘特殊地下壕対策事業工事(その4)	2013.03	370
静岡県	正光建設(株)	基幹水利施設ストックマネジメント(対策)スイート天宮地区用水路1工事	2013.10	43
神奈川県企業庁	国土開発工業(株)	津久井導水路改修工事	2013.11	22
東海旅客鉄道(株)	双葉鉄道工業(株)	土木構造物大規模改修その他工事(蒲原トンネル)	2013.10	施工中
東海旅客鉄道(株)	双葉鉄道工業(株)	土木構造物大規模改修その他工事(函南トンネル)	2013.10	施工中
東海旅客鉄道(株)	双葉鉄道工業(株)	土木構造物大規模改修その他工事(新丹那トンネル)	2013.10	施工中
東海旅客鉄道(株)	双葉鉄道工業(株)	土木構造物大規模改修その他工事(泉越トンネル)	2013.11	施工中
東海旅客鉄道(株)	双葉鉄道工業(株)	土木構造物大規模改修その他工事(南郷山トンネル)	2013.11	施工中

東海旅客鉄道(株)	ジェイアール東海建設(株)	土木構造物大規模改修その他工事(切山トンネル)	2014.01	施工中
東海旅客鉄道(株)	シーエヌ建設(株)	土木構造物大規模改修その他工事(星越トンネル)	2014.02	施工中
東海旅客鉄道(株)	シーエヌ建設(株)	土木構造物大規模改修その他工事(坂野坂トンネル)	2014.03	施工中
静岡市	三井住友建設(株)	俵北県道第2号(主)梅ヶ島温泉昭和線(北賤機トンネル)災害防除工事	2014.03	50(m)
静岡市	三井住友建設(株)	葵北県道第9号(主)梅ヶ島温泉昭和線(美和トンネル)災害防除工事	2014.05	650
日野市	(株)三幸建設	梅ヶ丘特殊地下壕対策事業(25-1)工事	2014.05	356
横浜市	三井住友建設(株)	戸塚駅前地区 都市計画道路柏尾戸塚線道路本体築造工事(その16)	2014.09	154(m)
十日町市	(株)植木組	平成26年度上蝦池トンネル補強工事	2014.12	211(m)

9. 成分

品質証明書

製品名 AQUA-MATE Plus (J)

注入材の種類

系 統	非水ガラス系無機懸濁型
-----	-------------

仕様

	A剤	B剤
外 観	白色粉末	灰黄色粉末
真 比 重	2.7	2.6
入 り 目	10kg	24kg
主 成 分	炭酸カルシウム CaCO_3 モンモリロナイト $\text{Al}_{5/3}\text{Mg}_{1/3}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{Na}_{1/3}$	モンモリロナイト $\text{Al}_{5/3}\text{Mg}_{1/3}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{Na}_{1/3}$
重 金 属 分 析	検出されない／有害物質に関わる排水基準に適合	
安 全 性	毒劇物及びフッ素化合物を含まない	

10. 検査報告書



検査報告書

第 13F219501 - 1 / 2 号

平成 25 年 7 月 10 日

AQUA-MATE Plus工法研究会 殿

株式会社 環境公衆センター
 〒463-0808
 名古屋市守山区山崎4丁目201番地
 TEL (052) 789-1350(代)
 代表取締役社長 金田一哲夫

試料の種類	溶出試験	持込 (6 月 27 日 受入)			
採取場所	AQUA-MATE Plus(J)				
採取日時		天候		採取者	AQUA-MATE Plus工法研究会
(注) 収集および持込試料の場合は依頼者のお申し出により記入しました。					気温 °C 水温 °C

上記試料に対する分析結果をつぎのとおり報告します。

検査の対象	検査の結果	検査の方法は別紙一覧表の番号	特記事項
カドミウム又はその化合物(mg/L)	検出されない	1630 - 1602	
シアン化合物(mg/L)	検出されない	1870 - 1804	
鉛又はその化合物(mg/L)	検出されない	1930 - 1902	
六価クロム化合物(mg/L)	検出されない	2070 - 2003	
砒素又はその化合物(mg/L)	検出されない	2231 - 2201	
水銀又はその化合物(mg/L)	検出されない	2330 - 2310	
アルキル水銀化合物(mg/L)	検出されない	2470 - 2410	
ポリ塩化ビフェニル(PCB)(mg/L)	検出されない	2500 - 2510	
有機リン化合物(mg/L)	検出されない	5670 - 5610	
テトラクロロエチレン(mg/L)	検出されない	9120 - 9001	
トリクロロエチレン(mg/L)	検出されない	9130 - 9001	
--- 以下 余 白 ---			

AQUA-MATE Plus 工法研究会会員名簿

2015 年度

社名	〒	住所	電話
青葉工業 株式会社 社名古屋支店	462-0841	名古屋市北区黒川本通 4 丁目 32 番地の 1	052-915-5331
伊予建設 株式会 社	721-0971	広島県福山市蔵王町 160 番地 146	084-945-9665
植田商事 株式会 社	651-0072	神戸市中央区脇浜町 2 丁目 1 番 14 号	078-221-6001
株式会社 牛福久	452-0808	名古屋市西区宝地町 369 番地	052-501-4711
宇部商事 株式会 社	755-0013	山口県宇部市明治町 1-9-15	0836-32-3111
エースコン工業 株式会社	241-0802	横浜市旭区上川井町 312 番地	045-922-9577
株式会社エヌ・エ ス・テック	184-0002	東京都小金井市梶野町 3-1-17	042-254-0234
株式会社 大阪防 水建設社	462-0861	名古屋市北区辻本通一丁目 10-1 番地	052-918-8602
株式会社 カテッ クス	460-8331	名古屋市中区上前津町 1 丁目 3 番 3 号	052-331-8821
キザイサービス 株式会社	451-0055	名古屋市西区堀越 2 丁目 3 番 20 号	052-532-0680
有限会社 北上グ ラウト工業	986-0201	宮城県石巻市北上町十三浜字吉浜 257 番地の 1	0225-25-4677
有限会社 九大エ ン지니어	870-1141	大分県大分市下宗方 517-4	0975-42-5794
三信建設工業 株 式会社	111-0052	東京都台東区柳橋 2 丁目 19 番 6 号	03-5825-3700
サンユレック 株 式会社	103-0027	東京都中央区日本橋 1 丁目 5 番 4 号	03-3273-7415
株式会社 シオツ	734-0023	広島県広島市南区東雲本町 2-8-7	082-282-2551
道都化学産業 株 式会社	060-0908	札幌市東区北八条東 1 丁目 1-40 道 都ビル	011-712-2311
東陽商事 株式会 社	114-0022	東京都北区王子本町 2-25-3	03-3906-8601
株式会社 トーメ ック	306-0314	茨城県猿島郡五霞町大字川妻字川岸前 1362	03-5408-1870
有限会社 日本マ テリアル	583-0884	大阪府羽曳野市野 16 番地 3	072-931-2323

株式会社 服部商店	460-0002	名古屋市中区丸の内二丁目 18 番 1 号	052-221-9461
不二ボーリング工業 株式会社	157-0062	東京都世田谷区南烏山 5-1-13	03-3307-6461
株式会社 山伸開発	808-0123	北九州市若松区大字有毛 2235-10	093-741-6190
株式会社 ヨシナガ産業	454-0997	名古屋市中川区万場五丁目 402 番地	052-431-4127
キザイテクト 株式会社	194-0003	東京都町田市小川二丁目 6 番 7 号	042-788-1577
三興コロイド化学株式会社	481-0045	愛知県北名古屋市中之郷北 109	0568-21-0012

2015.06.01 現在