

クリーニングラウト工法
(フライアッシュ配合)
施工手順

平成27年 10月

デンカ株式会社

1. はじめに

既設トンネルの覆工背面は、湧水等により空隙が存在し、この為、地山緩み等によりトンネルの変状が生じるケースが懸念されています。これらの最も有効な対策は、裏込め注入施工を行い、地山と構造物を一体化させる事により復旧時に緩みを生じさせない事です。

クリーングラウト工法は、セメントフライアッシュに可塑性を持たせる事により、限定注入を可能とし、微小な亀裂やコンクリートのひび割れ等への逸脱や水に対する材料分離を起こしやすく、空洞を確実に充填することを目的とした裏込め注入工法です。

2. 注入材の概要

一般にエアモルタルに代表されるセメント系注入材は経済的に優れていますが、強度発現に時間がかかり、また、注入材が逸走しやすいため限定注入が不可能です。特に湧水の多い地山では注入材が希釈されるため充填効果が低くなります。

しかし、可塑性を有する注入材は、注入時にゲル化して可塑性を発現する為、コンクリートのひび割れ等へ逸脱しやすく、効率的な限定注入が可能です。また、水に対する材料分離抵抗性が大きく、湧水に対しても流出しづらい特性を有します。このため、空洞を確実に充填する事が可能となります。

2-1 クリーングラウトの特徴

(1) 特性

- ・クリーングラウトはセメント+フライアッシュ+水からなる主材と、可塑化材（CG-1000、CG-2000）を組み合わせた材料です。
- ・CG-1000はポリマー系可塑化材であり、セメント中のアルカリ成分（主として水酸化カルシウム）と混合されると粘性が増加して適度に可塑性を示します。
- ・CG-2000はセメント鉱物系可塑化材であり、主材のポルトランドセメントとの硬化を促進させる作用があります。

よって、可塑性と早期強度の向上を付与し、空洞充填を確実なものとしします。

- ① 可塑性を有し、限定注入性に優れています。
- ② 地山の微小な亀裂やコンクリートのひび割れ等へ逸脱しやすく、効率的な注入が可能です。
- ③ 水に対する分離抵抗性が大きく、均一で安定した強度が得られます。

(2) 施工性

- ・クリーングラウトは、主材と可塑化材を別々に圧送し、注入口元で混合する1.5ショット注入です。この事により主材の長距離圧送が可能（セメントフライアッシュ系で750m以上）であり、且つ注入時には瞬時に可塑性を呈し強度発現します。
- ・通常トンネル坑外にプラントを設置しますが、設備をコンパクトにして車上搭載することも可能であり、トンネル坑内外における効率的な移動作業も可能です。
- ・また、可塑化材量の増減により、ゲルの強さや硬化時間を任意に調整可能である為、状況に応じた施工が可能です。

- ① 1.5ショットの為、長距離圧送が可能(250m以上)です。
- ② コンパクトなプラント構成で、車上搭載も出来、坑内外の効率的な作業が可能です。
- ③ 配合を現場の状況や施工条件に応じて調整出来、状況に応じた施工が可能です。

2-2 クリーングラウトの使用材料

表-1 クリーングラウトの使用材料

材料名	種 類	密度	製造会社又は産地
セメント	高炉B種ポルトランドセメント	3.08	25kg紙袋
フライアッシュ	JIS品	2.2	25kg紙袋
CG-1000	ポリマー系可塑化材	1.05	液体、18kg缶、デンカ
CG-2000	セメント鉱物系可塑化材	2.90	粉体、20kg紙袋、デンカ
混練り水	清水	1.0	水道水

※フライアッシュは産地によって異なりますので、現地で入手出来るフライアッシュでの適性確認・配合検討を行います。

2-3 クリーングラウトの材料配合

クリーングラウトは、現場の状況や施工条件に応じた配合の設定が可能です。下表に1m³当たりの配合例を示します。

表-2 クリーングラウト1m³ 換算材料配合例

圧縮強度 (28日) (N/mm ²)	ポ-値 (mm)	密度 (t/m ³)	単位量 (kg/m ³)						
			主 材 (90%)			可塑化材 A (5%)		可塑化材 B (5%)	
			セメント	フライアッシュ	水	CG-1000	水	CG-2000	水
1.5	80~120	1.49±0.1	400	400	580	3	47	15	45

表-3 クリーングラウト混合割合 (3m³/hr 打設の場合)

材 料	送液量比
主材 (セメント・フライアッシュ)	45%/min
添加材 A (CG-1000)	2.5%/min
添加材 B (CG-2000)	2.5%/min

3. 施工概要

3-1 注入管配置

注入管は、背面空洞の範囲と大きさ及び施工性を考慮してその配置を決定します。トンネル横断方向よりセンター及び両肩部（ $22^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ）に3列で配置し、縦断方向へ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。

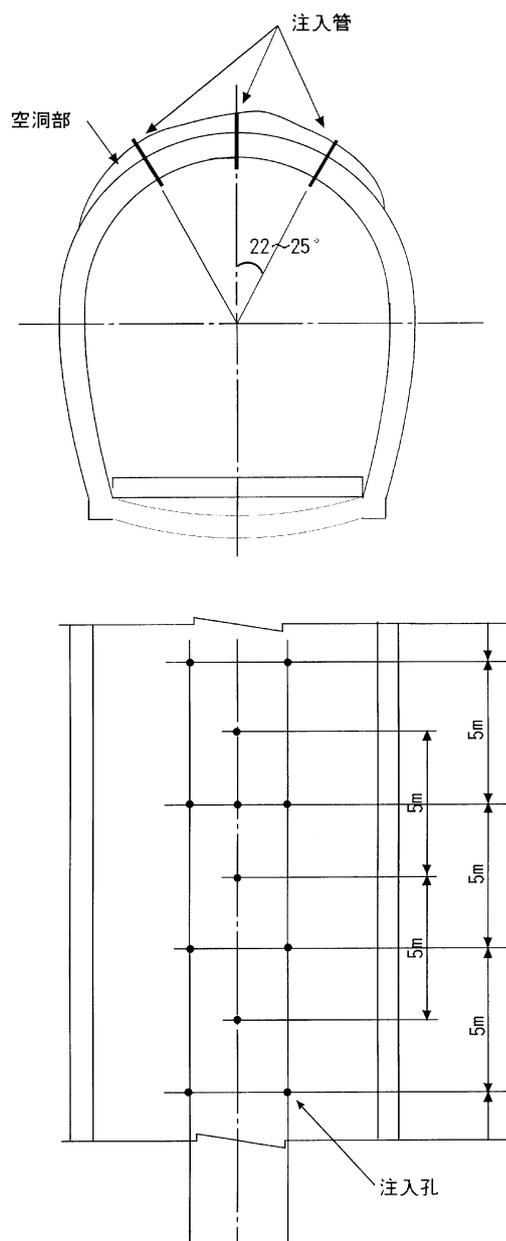


図-1 施工パターン図(例)

3-2 注入量の算定

・注入量 (Q注)

$$Q = V \times (1 + \beta) \times 1000$$

V : 空隙部体積 (m³) β : ロス率 : 5%

3-3 注入管の設置

クリーニンググラウト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。また、ボールバルブを設置する事により、注入材の硬化を待たずに、次の注入孔へ移動する事が可能となります。

注入管の筒先は、地山より50mm程離れる様に設置します。

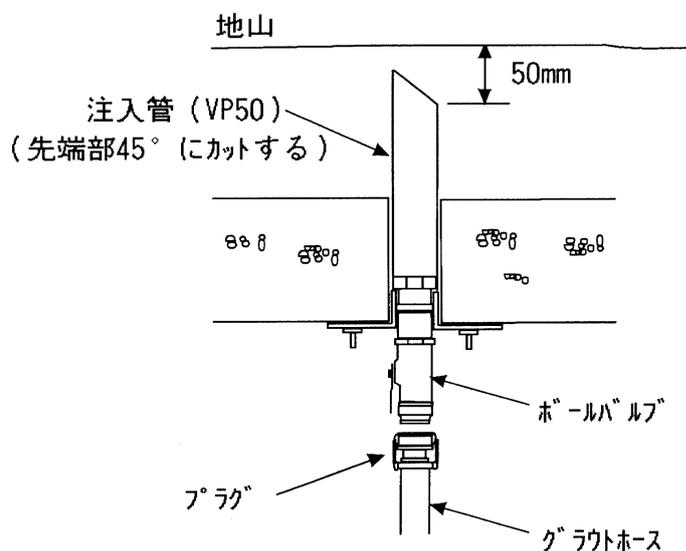


図-2 注入管設置概要図

3-4 使用機械

クリーニングラウトを混練りする主な使用機械例を下表に示します。

表-5 使用機械 (例)

種 別	機 種	所要動力	台数	備 考	
主材用	ミキサー	MVM-5B or MS-400	2.2KW 7.5KW	1	東邦地下工機 (250ℓ×2) 東邦地下工機 (400ℓ×2)
	圧送ポンプ	MM75HA (アジテータ内臓) or FG-20	3.7KW 4.4KW 15.0KW	1	新明和 (1~4m ³ /h) 鉦研工業 (0~26m ³ /h)
	圧送ホース	50A		1	
	管理計	NFM-300-2	0.2KW	1	日本建設機械商事 (0~150ℓ/min)
添加材用	ミキサー	KM-200 or ポリ容器	2.2KW×2	1 2	日本建設機械商事 二槽型(200ℓ×2) (50~100ℓ)
	圧送ポンプ	NPOT-30	2.2KW	1	日本建設機械商事 二連式 (0.5~12ℓ/min×2)
	圧送ホース	15A		2	
	流量計	HR-120-2 or EK26	0.05KW	1	明昭 (0~30ℓ/min) エルクテック (0~60ℓ/min)
混合ユニット	三液混合管			1	デンカ製
	スタックミキサー	タタアジター		1	島崎製作所

クリーニングラウト工法は、セメント、フライアッシュからなる主材用をミキサーにより製造し、管理計を介してスクイズポンプにより圧送します。可塑化材 (CG-1000、CG-2000) からなる添加材 A、B 用ミキサー、圧送ポンプ、流量計を設置し、混合ユニットを介して 1.5 ショットにて注入します。この時、添加材圧送ポンプは二連式ポンプを使用する事により一台で A、B 二液を同時に圧送出来る為、三液注入ながら、二液と同様に二台のポンプで注入が可能となります。

また、主材の圧送ポンプは、ピストンポンプ (FG-20等) を用いる事により、100~250mの長距離圧送 (2 inホース) が可能となります。これ以上の長距離を送る場合は、中継点を設けるか、配管を敷設する等の対応が必要となります。

以下にシステム図を示します。また、本システムは、軌陸車上搭載によりトンネル坑内における効率的な作業も可能です。

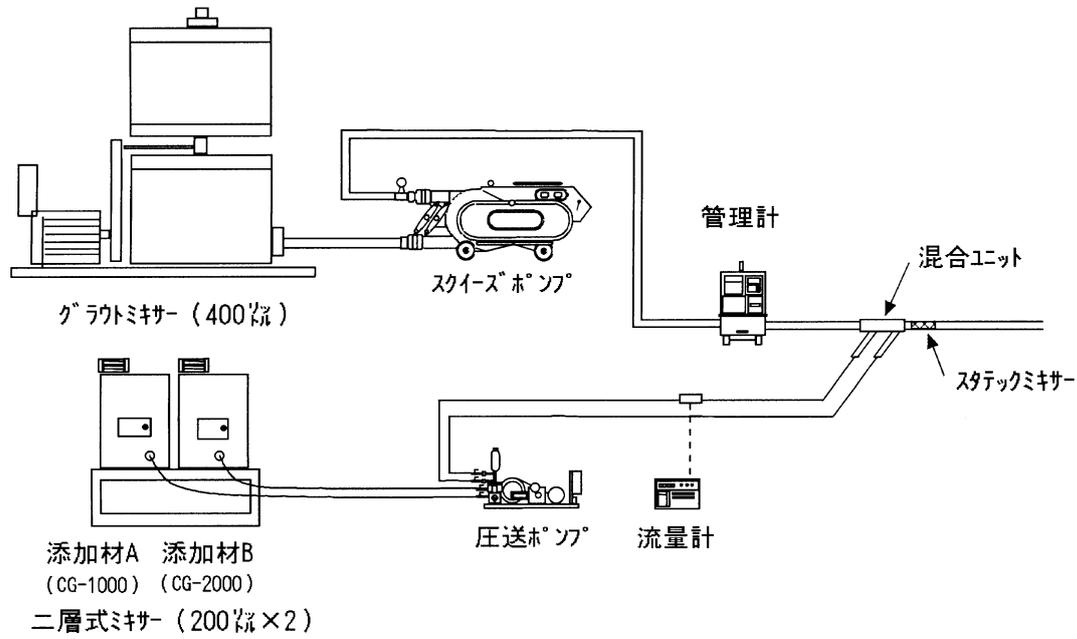


図-3 クリーングラウトシステム概要図

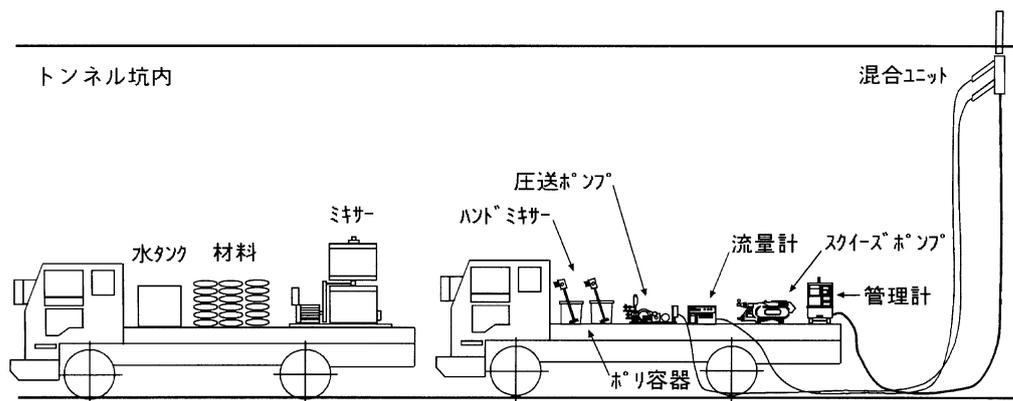


図-4 クリーングラウト注入概要図 (車載プラント例)

3-5 クリーングラウトの製造手順

①主材（セメント・フライアッシュ）の製造・調整

主材はミキサーに所定量の水を計量し、攪拌しながらセメント、フライアッシュを投入して製造します。

②添加材Aの製造

ミキサーまたはポリ容器に所定量のCG-1000を水で希釈して、添加材Aを調整します。

③添加剤Bの製造

ミキサーまたはポリ容器に所定量の水を計量し、攪拌しながら所定量のCG-2000を溶解して添加材Bを調整します。

④クリーングラウトの製造

主材を圧送ポンプにより圧送します。同時に添加材A、Bを圧送ポンプにて別ラインで圧送します。（この時、添加材圧送ポンプは二連式ポンプを使用する事により一台でA、B二液を同時に圧送出来ます。）これらを注入口元の混合ユニットを介して、1.5ショットにて背面空洞へ注入します。

3-6 クリーングラウトの品質管理

表-6 試験項目及び試験方法

試験項目	試験方法	単位	目標管理値	管理頻度	備考
フロー値	JHS A313	mm	80~120	1回/施工日	
単位容積質量	JIS A1116	t/m ³	1.49±0.1	1回/施工日	
圧縮強度	JIS A1216	N/mm ²	1~2	1回/施工日	(材齢28日)

3-7 クリーングラウトの施工能力

(1) 注入速度 ; 圧送ポンプの能力及びミキサーの混練能力にもよりますが、3~5m³/hr。

(2) 施工量 ; 20~30m³/日。

(3) 圧送性 ; 250m（ピストンポンプ、2in耐圧ホース使用）。

それ以上の長距離は、中継点を設ける或いは配管(φ50の鋼管)敷設を考慮。

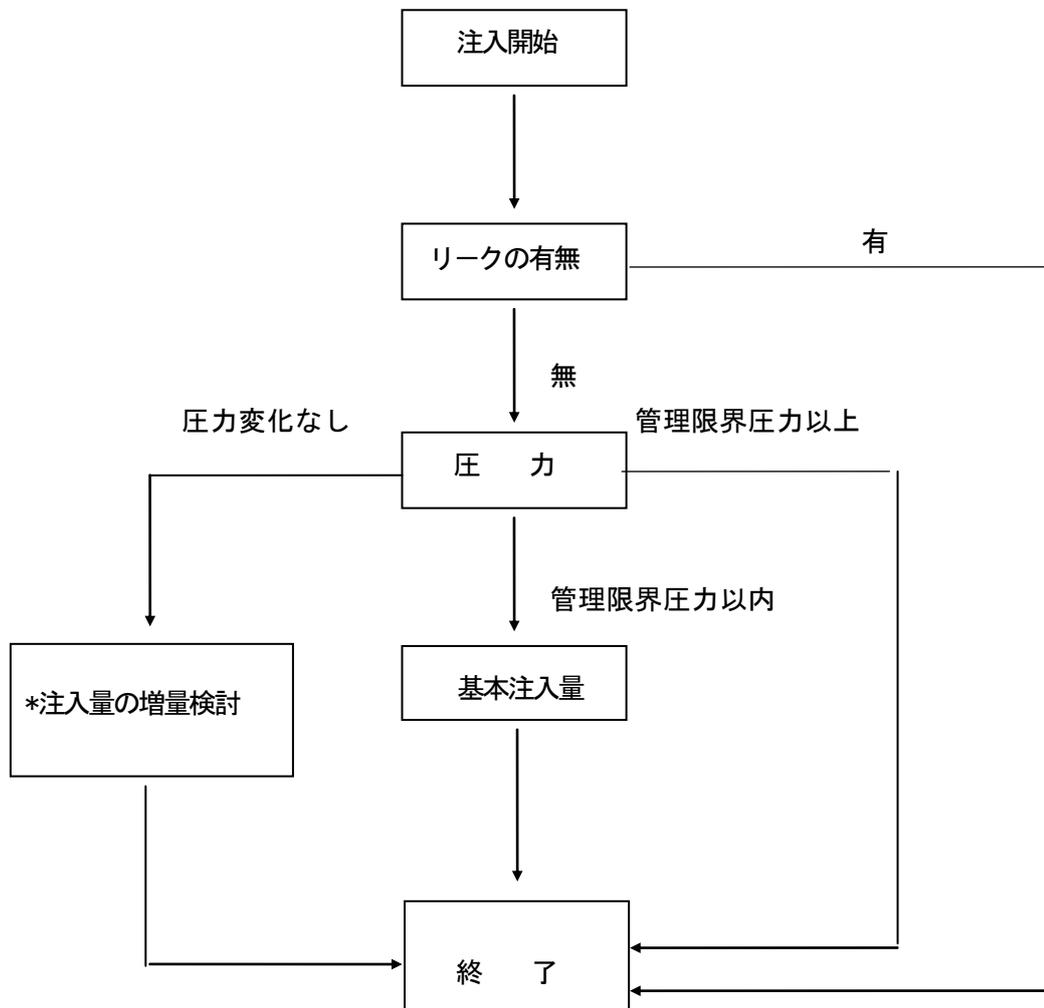
3-8 注入管理

注入管理は、注入圧及び隣接する注入孔からのリークで管理します。注入圧については管理限界圧力を以下の様に設定し、予定数量に達しなくても管理限界圧に達した場合、及び隣接する注入管から注入材がリークした場合、その孔での注入は中止し、次の注入孔に移動します。

- (1) 管理限界圧力： 0.2MPa（現地状況によりこれ以外に設定した場合は、その値）。
- (2) 隣接の注入管から注入材がリークした場合。

また、下記の状態が発生した場合、注入作業を中止します。

- (1) 注入材の逸脱が止まらない場合
- (2) コンクリートにクラック等の異常が発生した場合
- (3) その他、注入作業が危険であると判断した場合



* 注入量の増量は、監督官立会いの上実施する。

以上