

コンクリートメンテナンス協会 フォーラム2019

STTG工法の各種試験結果と 施工実績について

令和元年5月

一般社団法人STTG工法協会

1. STTG工法の特長

- 地下トンネル、地下ピット、ダム、擁壁などのコンクリート構造物の打継ぎ目、クラックなどからの漏水を確実に止水する工法である。
- 伸び、付着強度などに優れる石油樹脂・アクリル系材料を主体としているため、地震、地盤沈下や温度などによる変位の発生による目地クラックの開きに追従する。
- このためウレタン材のみを使用した注入工法に比較して、耐久性に優れる。
- 多量の漏水でも確実に止水するため、親水性ウレタンプレポリマーを含有する硬化促進剤を注入する直前に主材と混合攪拌し、主材の硬化時間を早めた。

2. STTG工法の概要

STTG工法は、石油樹脂・アクリル樹脂系材料のアルファーゾルSTTGと硬化促進剤のウレタンプレポリマーを下図の様に、それぞれ専用ポンプで圧送し、混合割合を制御しながら注入直前に攪拌混合することで材料の硬化時間（ゲルタイム）を適切に早めている。



左側は硬化促進剤用ポンプ

右側はアルファーゾル・STTG用ポンプ

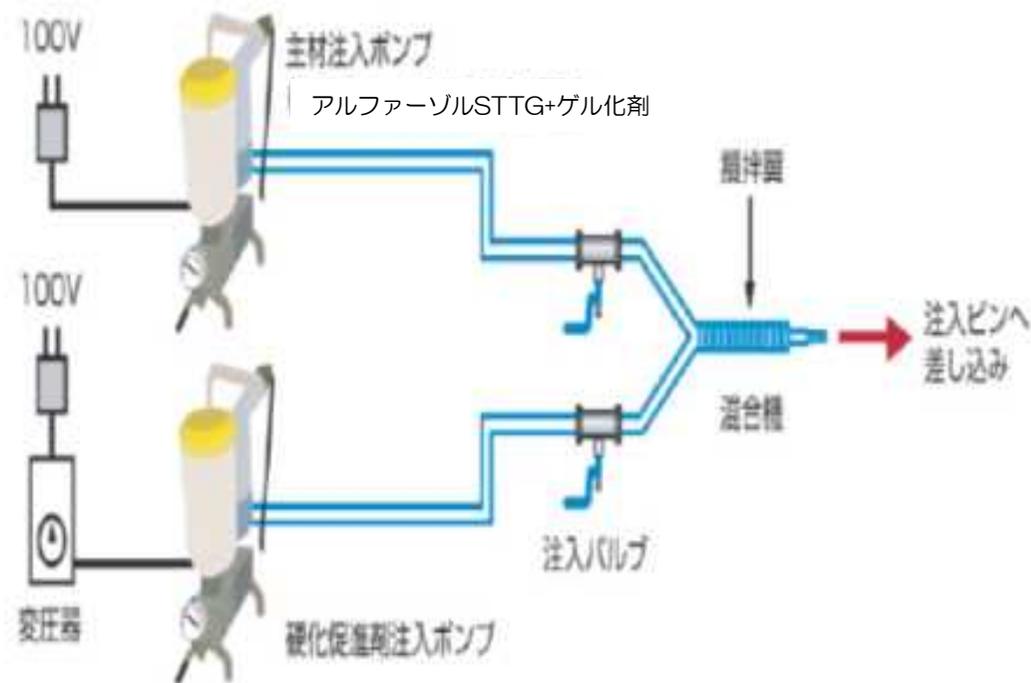


図-1 STTG工法機器構成の概要

2. STTG工法の概要

施工方法は、現在多くの止水工法で採用しているものと同様、下図および写真の様にクラックに対して交差するよう斜めに削孔し、設置した注入ピンから止水材を注入する方法を適用している。

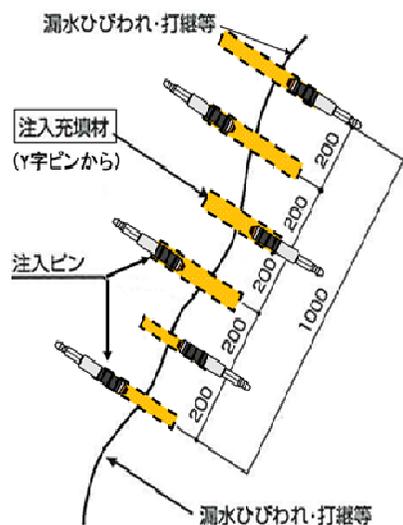


図-2 注入ピンの設置状況

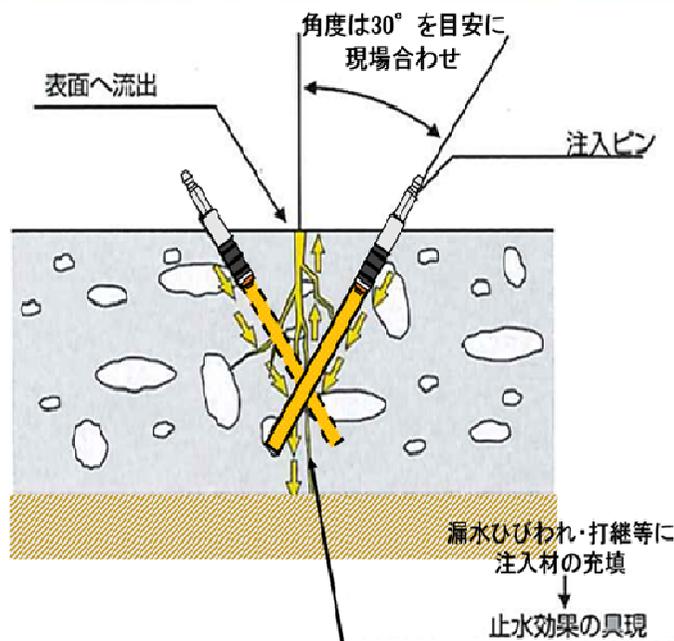


図-3 止水材充填のイメージ



写真-1 注入状況写真

3. 材料の性能

材料の要求性能に対する試験結果は下表のとおりである。

表-1 材料の要求性能と試験結果一覧表

項目	要求性能	試験結果
伸び性能	200%以上	230%以上
引張強度	0.5N/mm ² 以上	0.73N/mm ² 以上
付着強度	付着強度 \geq 引張強度	付着強度が引張強度を上回っている。
ゲルタイム	5分~20分	供試体温度10℃、混合率5%のときは要求性能を下回るため、材料を温めるか、混合率を上げる必要あり。

4. 今回説明の各種試験結果について

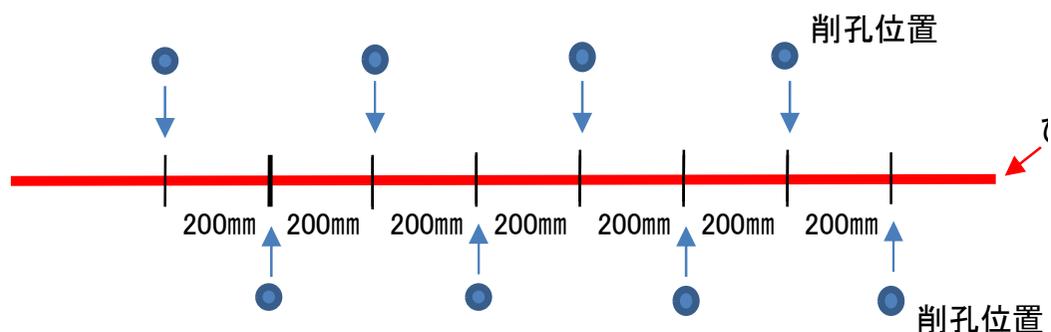
- コア採取による注入効果確認
- 凍結融解に伴うSTTG材の引張強度
- 凍結融解に伴うSTTG材の付着強度
- STTG材の膨張特性
- STTG材の耐薬品性

5. コア採取による注入効果確認

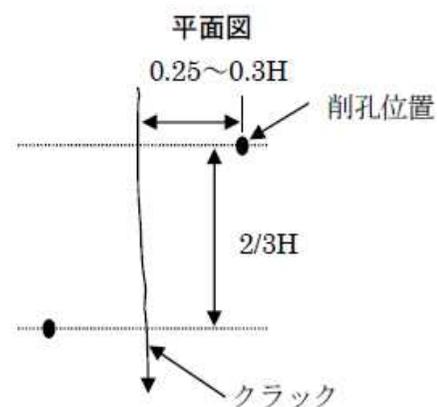
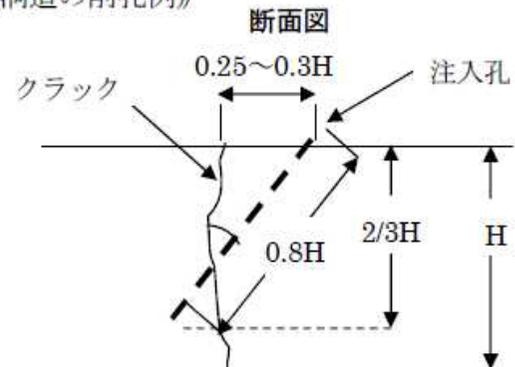
効果確認実施箇所

- ①マンホールから480m付近の開削河道の天井部
- ②マンホールから500m付近の開削河道の左壁部

注入ピン設置標準



《(河道の削孔例)》



削孔位置の算出

躯体厚をHとし、削孔位置を算出する。

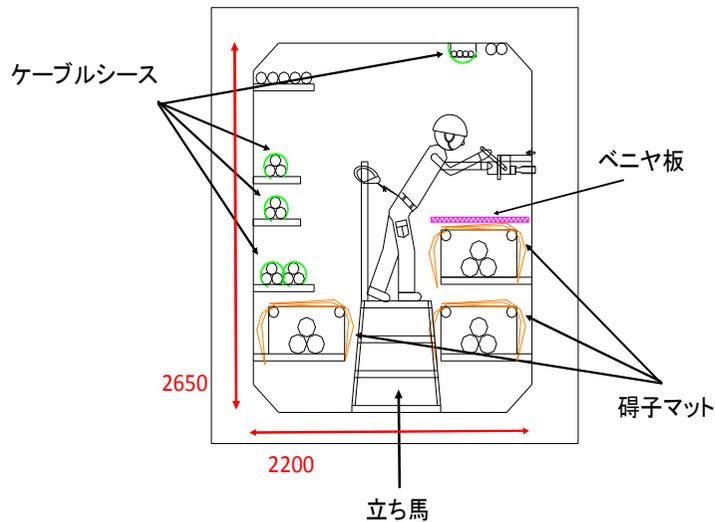
		躯体厚 H	削孔長 0.8H	亀裂との 離隔 0.3H	削孔間隔 2/3H
M6D M7D	天井部	250mm	200mm	75mm	167mm
	側壁	250mm	200mm	75mm	167mm



5. コア採取による注入効果確認

- ひび割れ漏水補修箇所において、ひび割れ直上にてコア（φ46mm）を採取する。
- 採取コアを観察し、ひび割れ部でのSTTG工法の効果（充填状況）を確認する。

		M6D → M7D							
		①480m付近				②500m付近			
コア採取箇所	ひび割れ位置	天井部		右壁		天井部		左壁	
	ひび割れ幅 (mm)	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
コア採取数量 (本)		1	1	1	1	1	1	1	1
		合計 8							



コア採取状況(天井部)



コア採取状況(側壁部)

5. コア採取による注入効果確認

①マンホールから480m付近の開削洞道の天井部 ひび割れ漏水補修結果

ひび割れ漏水補修 施工前



ひび割れ漏水補修 施工後

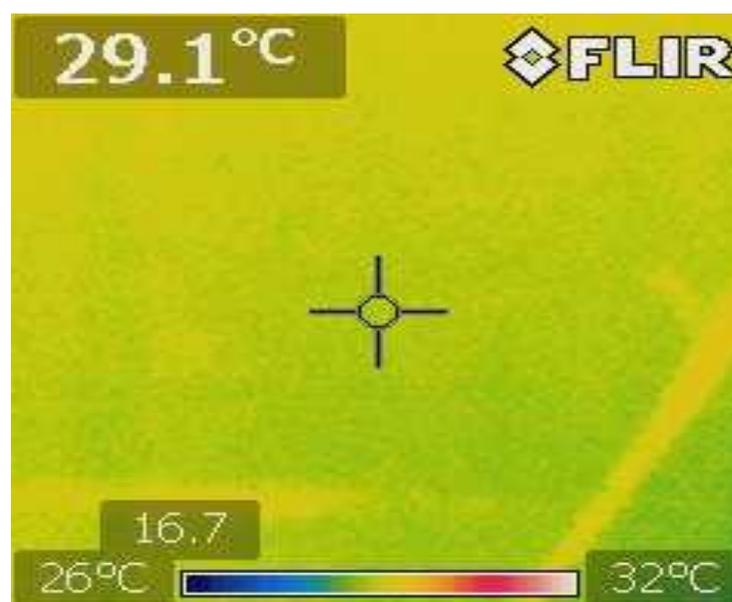
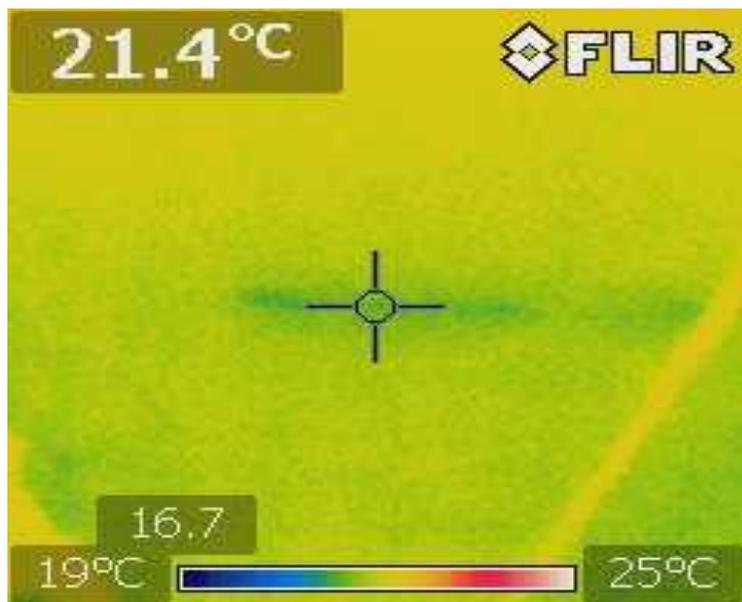


ひび割れ幅

①W=0.2mm

天井部

サーモグラフィ



5. コア採取による注入効果確認

①マンホールから480m付近の開削洞道の天井部 充填確認状況 (ひび割れ幅0.2mm)

正面部



側面部



背面部



削孔部



5. コア採取による注入効果確認

②マンホールから500m付近の開削洞道の左壁部 充填確認状況 (ひび割れ幅0.2mm)

正面部



側面部



背面部



削孔部



6. 凍結融解に伴うSTTG材の引張強度

1) 試験目的

寒冷地のダム堤体等での適用に伴い、長期的な温度変化によるSTTG材の付着強度の把握を行うこと。

2) 試験方法

凍結融解は、写真の様にコンクリート凍結融解試験に用いる装置内の仕切り内にコンクリート柱(8cm×8cm×40cm)を設置し、試験体を固定して実施した。

- 凍結融解のサイクル当たりの所要時間、凍結融解の温度設定は、コンクリート凍結融解試験 JIS A 1148 に準じて実施した。凍結融解の温度は、最高5℃から最低-18℃に1サイクル3～4時間で温度を低下、上昇させた。
- 材料の引張試験は、凍結融解0,1,30,60,150サイクル毎に実施した。



写真-1 試験体の材料状況



写真-2 試験体のコンクリート柱への固定状況

6. 凍結融解に伴うSTTG材の引張強度

3) 試験結果

材料の引張強さは、下図の様に凍結融解の0~150サイクルによらず大きく変化しない結果となった。

サイクル数	試験体No.	引張強さ (MPa)	平均引張強さ (MPa)
0サイクル	1	1.47	1.43
	2	1.35	
	3	1.48	
1サイクル	1	1.5	1.41
	2	1.35	
	3	1.38	
30サイクル	1	1.49	1.44
	2	1.41	
	3	1.41	
60サイクル	1	1.3	1.23
	2	1.31	
	3	1.08	
150サイクル	1	1.39	1.36
	2	1.33	
	3	1.35	

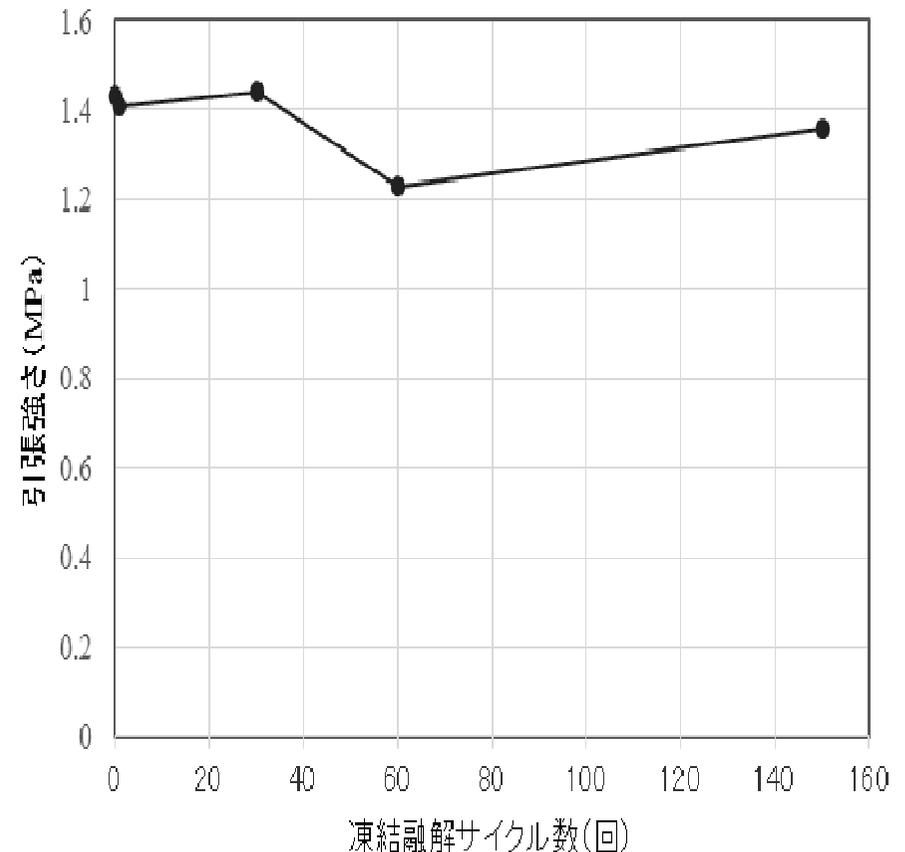


図-1 凍結融解サイクルと引張強さの関係

7. 凍結融解に伴うSTTG材の付着強度

1) 試験目的

寒冷地のダム堤体等での適用に伴い長期的な温度変化によるSTTG材の付着強度の把握を行うこと。

2) 試験条件

- ・凍結融解サイクルの設定は、コンクリート凍結融解試験 JIS A 1148に準じて実施した。
- ・凍結融解の温度は、1サイクルを最高5℃から最低-18℃とした。1サイクルは3~4時間として、150サイクルまで実施した。

3) 試験方法

- ・付着強度試験は、JIS K5600に準拠して実施した。コンクリート角柱を用意し、そこにSTTG材を挟みこんだモルタル板 3枚を付着させ試験体を作成した。これをコンクリート凍結融解試験装置に縦に挿入した。

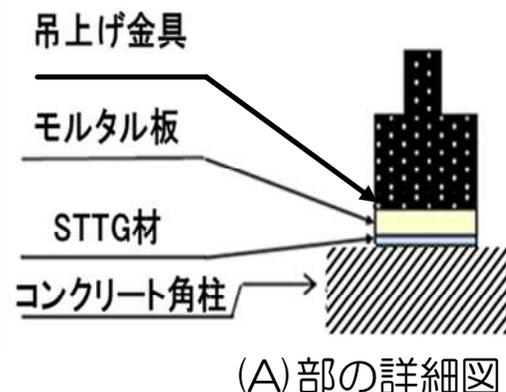
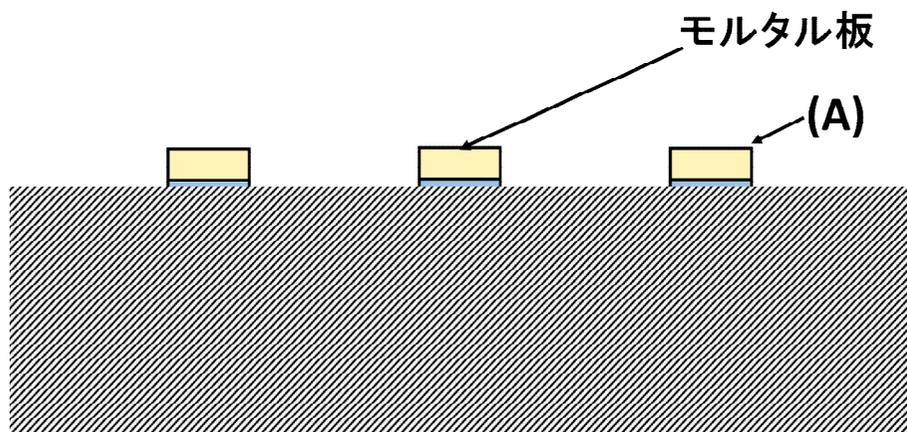


図-2 モルタル板への吊上げ金具の取付け

7. 凍結融解に伴うSTTG材の付着強度

4) 試験結果

材料の付着強度は、下図の様に凍結融解の0~60サイクルでは、最大強度を示す1サイクル目と最小強度を示す60サイクル目の間では20%程度の強度低下が発生した。しかし、いずれも要求性能（水深50m相当の 0.5N/mm^2 ）以上であった。

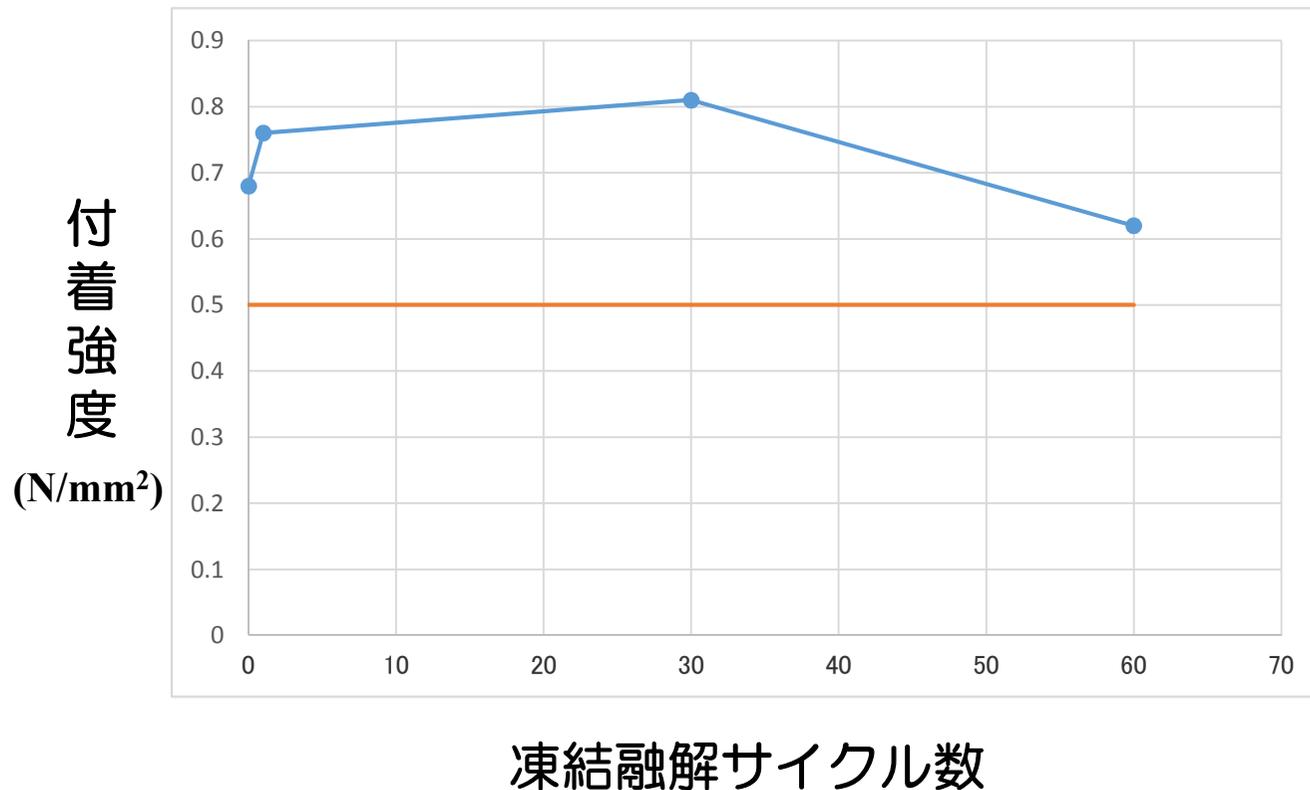


図-3 凍結サイクル数と付着強度との関係

8. STTG材の膨張特性

1) 試験目的

石油樹脂・アクリル系材料の主材と親水性ウレタン材料の硬化促進剤の混合比率によるゲル化タイムを測定するとともに、硬化体の様態を目視確認した。

2) 試験方法

- 主材の試験体温度を10℃、20℃、30℃に調整し、各温度毎に供試体を各300g計量する。
- 硬化促進剤の試験体温度を10℃、20℃、30℃に調整したものを各200g用意する
- 硬化促進剤15g、水15gをSTTG材に混合する。
- それぞれの主材に硬化促進剤を5%（15g）、10%（30g）、15%（45g）、20%（60g）を別々に投入し、攪拌機で混合する。
- それぞれのゲル化タイムを測定するとともに、硬化体の様態を記録する。

3) 試験結果

石油樹脂・アクリル系材料の主材に対する硬化促進剤の混合比率が10%を超えると写真、下表の様に膨張比率が高くなる。



写真-1 STTG材の膨張状況

表- 1 硬化剤混合率と高さ変化率

混合比率	高さ変化率
5%	1.00
10%	1.22
15%	1.56
20%	1.89

9. STTG材の耐薬品性

1) 目的

各種環境下でのSTTG材の耐薬品性を確認した。

2) 試験方法

アルファール防水膜を各薬品、溶剤に20℃で7日間に含浸後に測定した。酸はpH=4、アルカリはpH=12、塩類は濃度10%に設定した。

3) 試験結果

硫酸、塩酸、A重油 による防水膜対薬品性は、下表の通り「やや不良」との結果となった。

表-1 防水膜対薬品性

薬品名	試験結果
水道水	異常なし
海水	異常なし
塩化ナトリウム	異常なし
苛性ソーダ	異常なし
塩化カリウム	異常なし
塩化カルシウム	異常なし
アンモニア水	異常なし
セメント飽和水	異常なし
酢酸	異常なし
A重油	やや不良
10%硫酸	やや不良
10%塩酸	やや不良

10. 施工実績

下表の通り、約220件の漏水補修を本工法により実施(平成31年3月現在)

《施工箇所》

電力会社の地中送電用洞道をはじめ、水力発電用ダムの打継ぎ目及び監査廊、建物地下、下水処理施設管廊などで施工

《補修前の漏水量》 施工実績の最大は約200ℓ / min

表-1 施工実績

工事場所	発注者	件数	施工数量 (ひび割れ延長m)
地中送電洞道・変電所・発電所	東京電力株式会社	186	10,587
電力洞道	中部電力株式会社	1	69
下水道設備	下水道事業者	7	1,947
首都高速設備	首都高速道路	2	29
共同溝・建物	地方自治体(東京都・多摩市等)	5	52
NTT設備	NTT	2	9
鉄道関係設備	鉄道事業者	2	67
その他	民間企業	12	324
施工実績 合計		217	13,084

10. 施工実績（電力洞道）



電力洞道漏水状況
都市NATM



電力洞道漏水状況
多量漏水部（約200ℓ/min）

10. 施工実績 (ダム監査廊)



2013年4月(施工前)
漏水量 12リッター/分



2013年12月 (施工後)
漏水なし

10. 施工実績（下水処理施設）

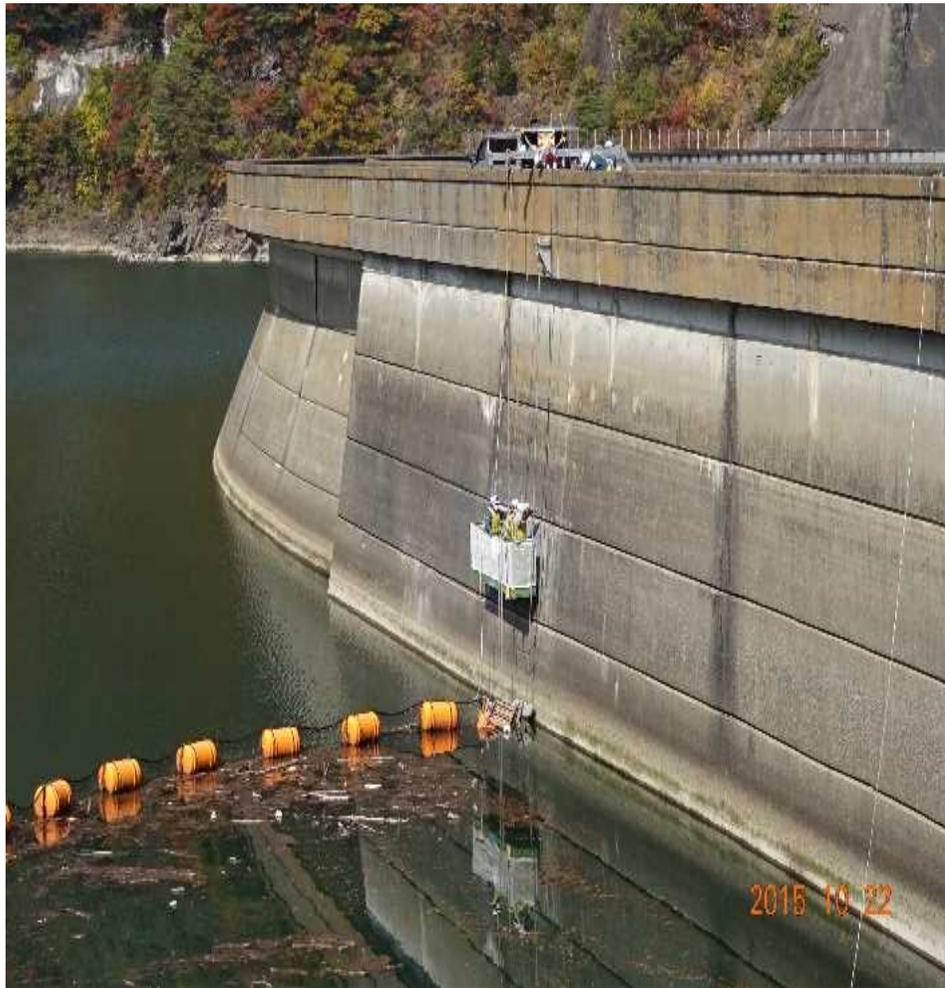


施工前

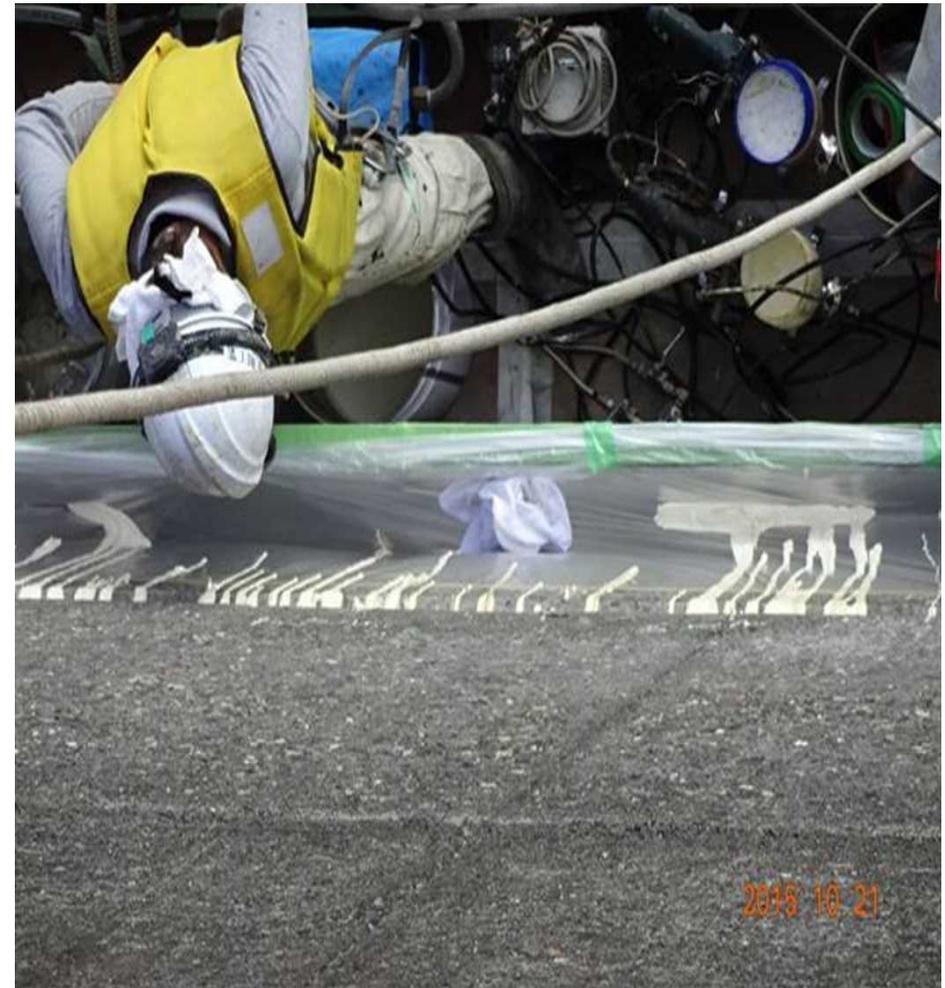


施工後

10. 施工実績（ダムスラストブロック）



施工中（全景）

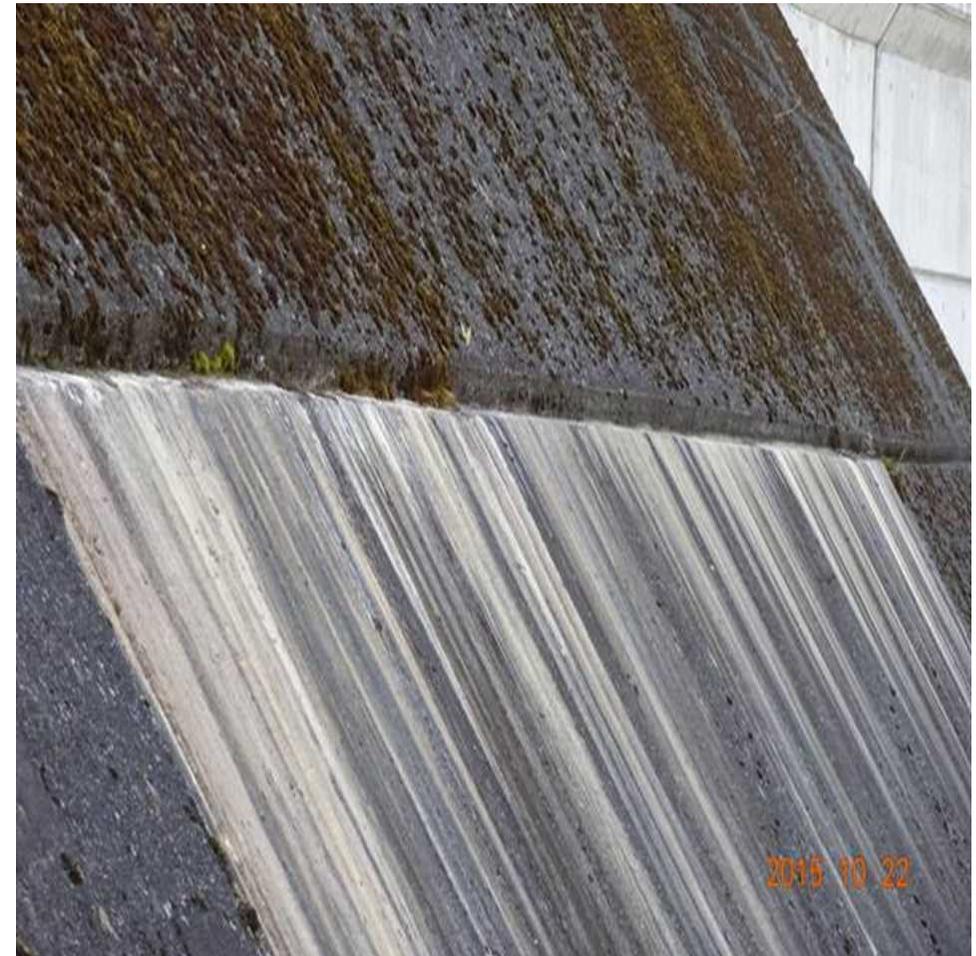


施工中

10. 施工実績（ダムスラストブロック）



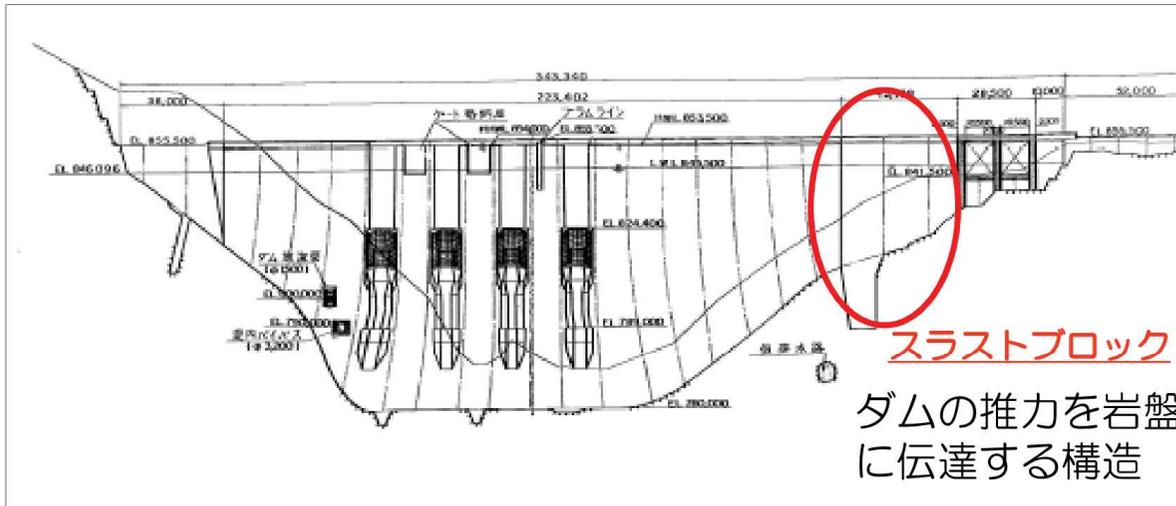
施工中



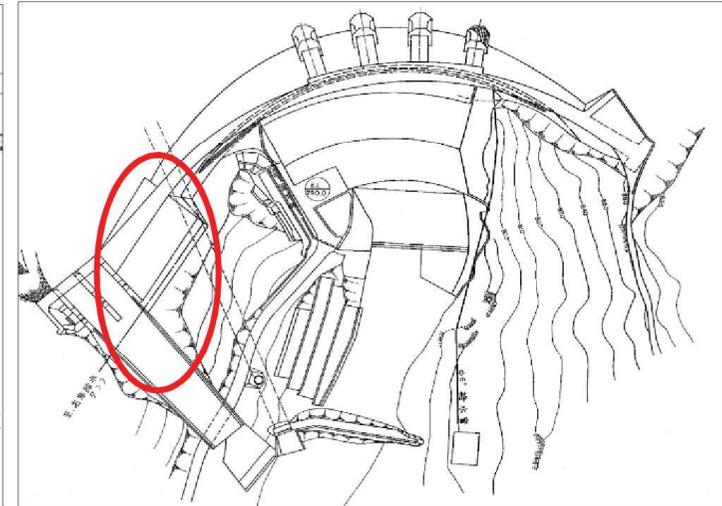
注入完了直後
(リークした注入材除去前)

10. 施工実績（ダムスラストブロック）

漏水発生箇所



正面図（上流より望む）



平面図



スラストブロック背面状況

（撮影日：平成25年2月11日）貯水位 851.65m



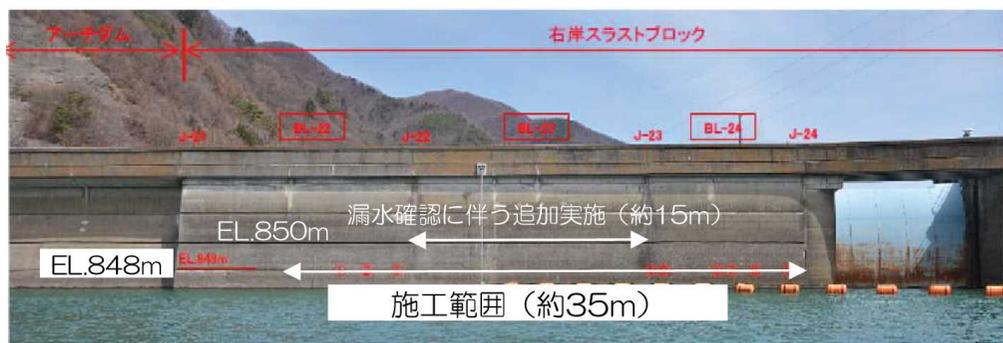
スラストブロック背面状況

（撮影日：平成26年8月19日）貯水位 約848.1m

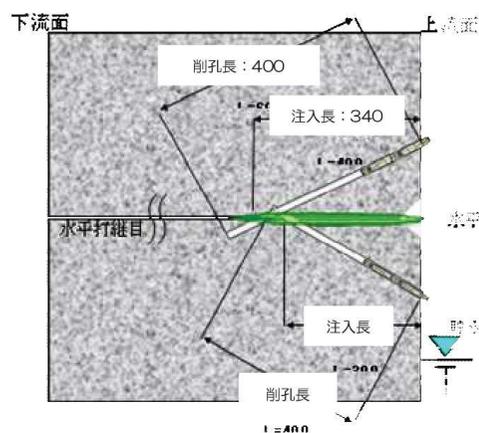
10. 施工実績（ダムスラストブロック）

■ 施工範囲：約50m (EL.848~850m)

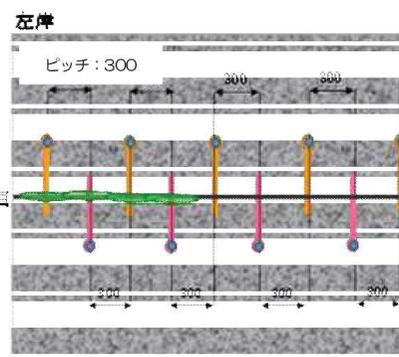
※吸い込みが確認された箇所EL.848mを対象とし、効果的に止水対策を実施するため、22~24ブロックの水平打継目を連続的に施工



- 止水機能を維持するため、施工品質を確保する観点から、
 - ・ 該当水平打継目（EL848.0m）以下の水位制限をとり、気中施工を実施
 - ・ 材料の硬化不良を避けるため、厳冬期を避けた平成27年10月に施工（H27.10.21~29）
- 注入計画：削孔長400mm・削孔径10mm・300mmピッチ・注入長340mm



断面図



ダム上流面



施工状況

10. 施工実績（下水施設）（施工前と施工後-I）



施工前：漏水状況
(平成29年11月時点)



施工後：止水状況
(1年経過 平成30年11月時点)

10. 施工実績（下水施設）（施工前と施工後-I）



施工前：漏水状況
(平成29年11月時点)



施工後：止水状況
(1年経過 平成30年11月時点)

1 1. まとめ

- 1) 地下構造物からの漏水を確実に防止する工法として石油樹脂アクリル樹脂系材料をベースにして、硬化促進剤を混合した止水材を開発した。これにより長期耐久性のある止水が地中構造物のみならずダムのスラストブロックなどへも適用できた。
- 2) 様々な環境下での施工の可能性に関して問い合わせが来ており、試験等で適宜確認して適用範囲を拡大してきた。今後も環境条件に対応した材料特性を確認も更なる適用拡大を図りたい。

ご清聴ありがとうございます。