

コンクリートメンテナンス協会 技術講演会2020

STTG工法の概要、各種試験結果 および施工実績他

令和2年6月

東京電設サービス株式会社
一般社団法人STTG工法協会

本日のご説明内容

1. STTG工法の概要
2. 各種試験結果
3. 施工実績
4. 一般社団法人STTG工法協会

1. STTG工法の概要

1-1. STTG工法の特徴

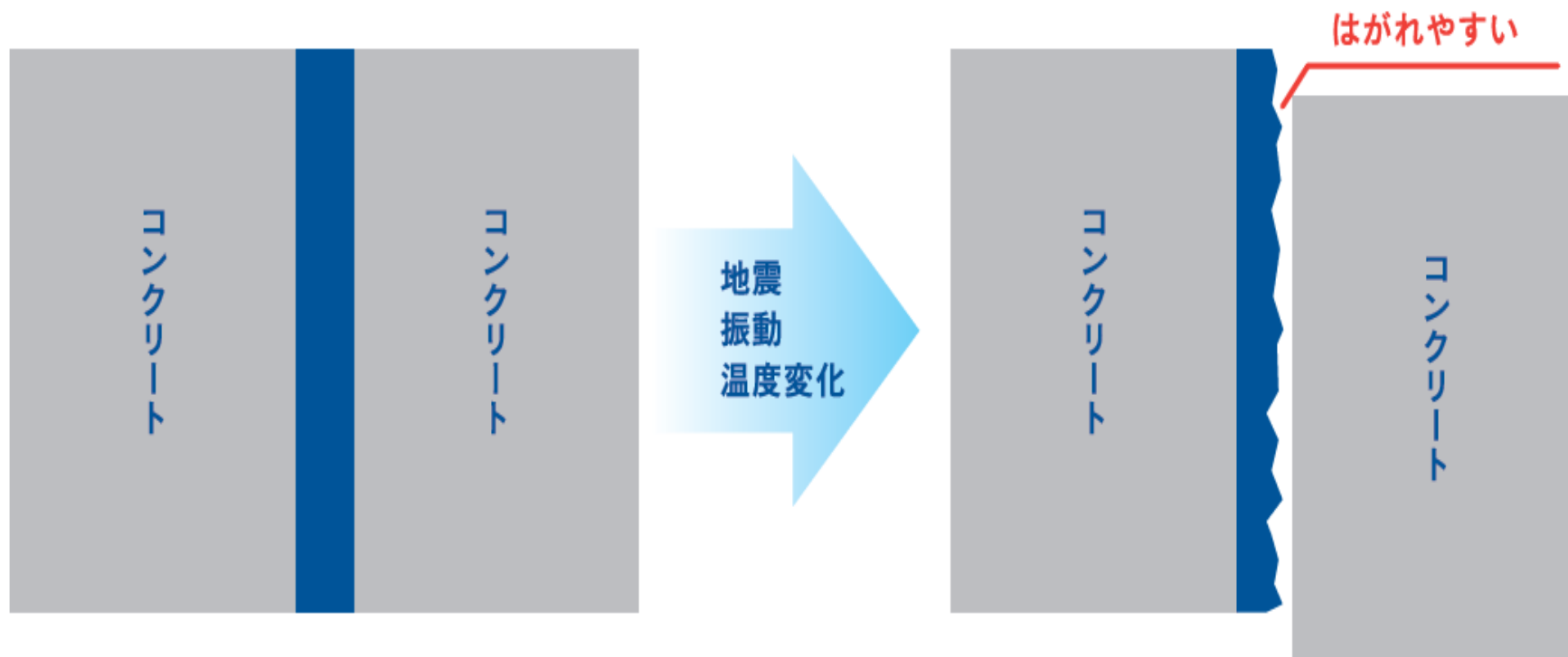
地下トンネル、地下ピット、ダム、擁壁などのコンクリート構造物の打継ぎ目、クラックなどからの漏水を確実に止水する工法である。

- 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。
- 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、多量の漏水でも確実に止水する。

1-2. STTG工法の特長

従来工法とSTTG工法の違い

〔従来工法〕

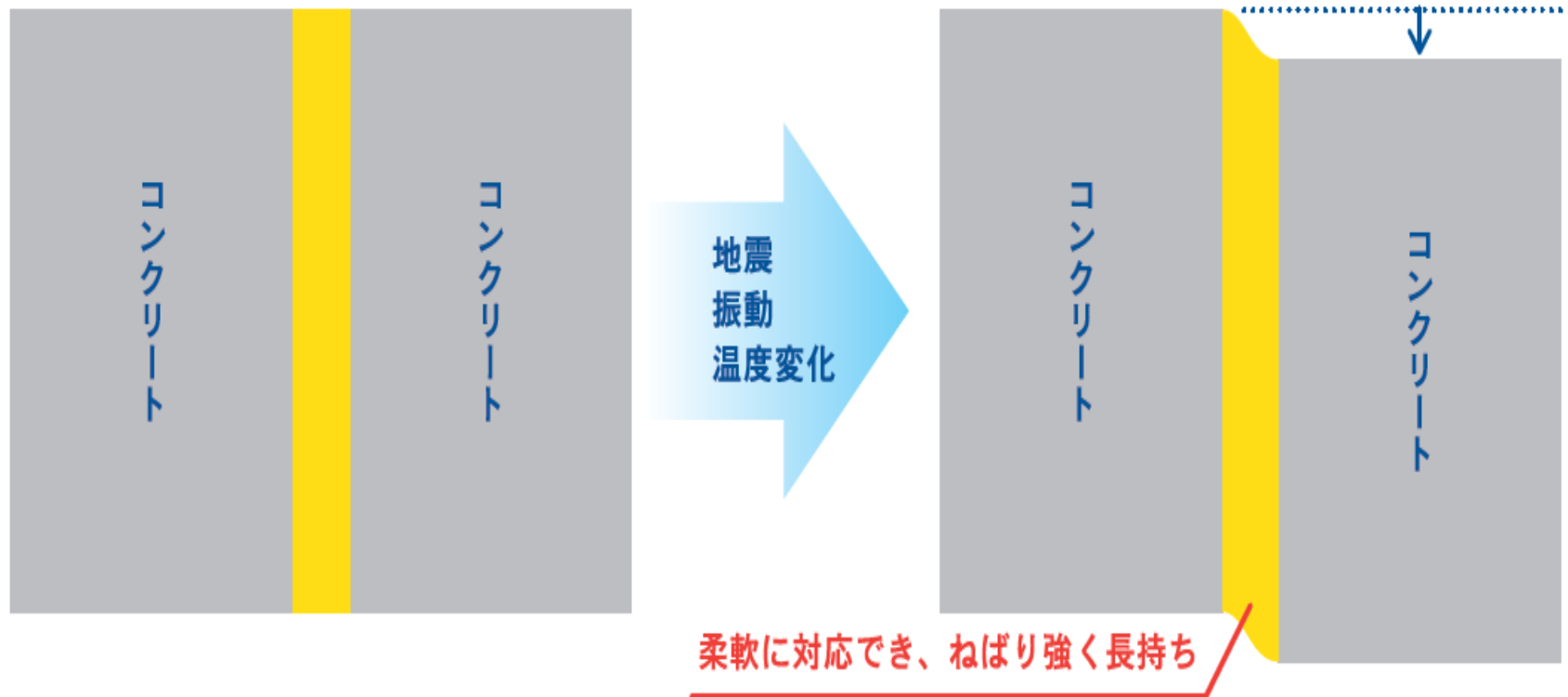


従来工法の追従性

1-2. STTG工法の特長

従来工法とSTTG工法の違い

[STTG工法]

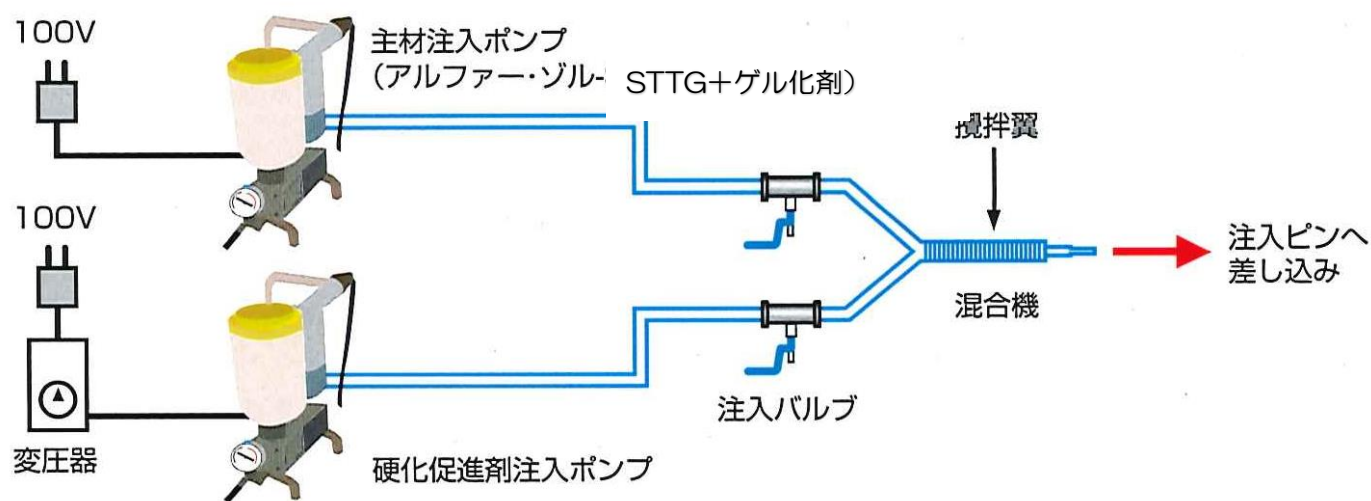


STTG工法の追随性

1-3. 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ズル・STTGと硬化促進剤のウレタンプレポリマーを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、材料のゲルタイムを適切に早めている。

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、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た。



注入設備の概要

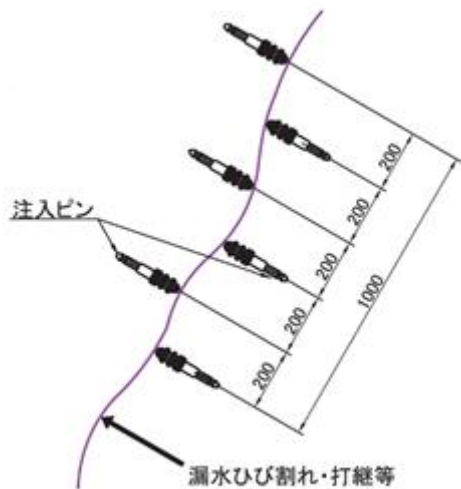
1-3. STTG工法の概要



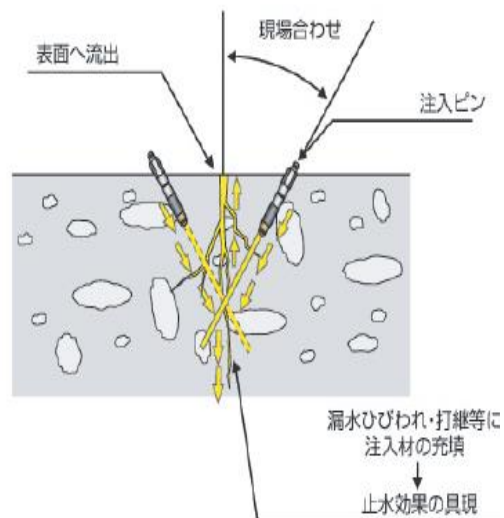
注入状況写真



注入状況写真



標準的な注入ピンの設置状況



止水材が充填されるイメージ

1-4. 材料の要求性能

(1) 伸び性能

温度変化や地震等によりクラックに変位が生じた場合でも、材料が追隨できることが必要である。

そこで、塗膜系建築屋上防水材と同等の伸びを有することを要求性能とし、破断時の伸び率を200%以上とした。

破断時の伸び率200%とは、幅1 mmのクラックが補修後に地震等で幅3mmまで拡大した場合でも、材料が追隨できる性能である。

(2) 引張強度

地下構造物の大半は、地下50m以内に位置していることから、水深50m以上の水圧に耐えられることを想定し、0.5 N/mm²以上の引張強度とした。

1-4. 材料の要求性能

(3) 付着強度

コンクリートと止水材の付着は、変位により材料が伸びて破断するよりも強く付着していれば、引張強度が有効に発揮できることから、付着強度 $\geq$ 引張強度を要求性能に設定した。

(4) ゲルタイム（材料硬化時間）

ゲルタイムは単に短いだけでなく、止水材が漏水の原因となっているクラックに行きわたるまでは流動性を保ち、行きわたった後に速やかに硬化するよう、適切なゲルタイムを有することが望ましいと考えられる。

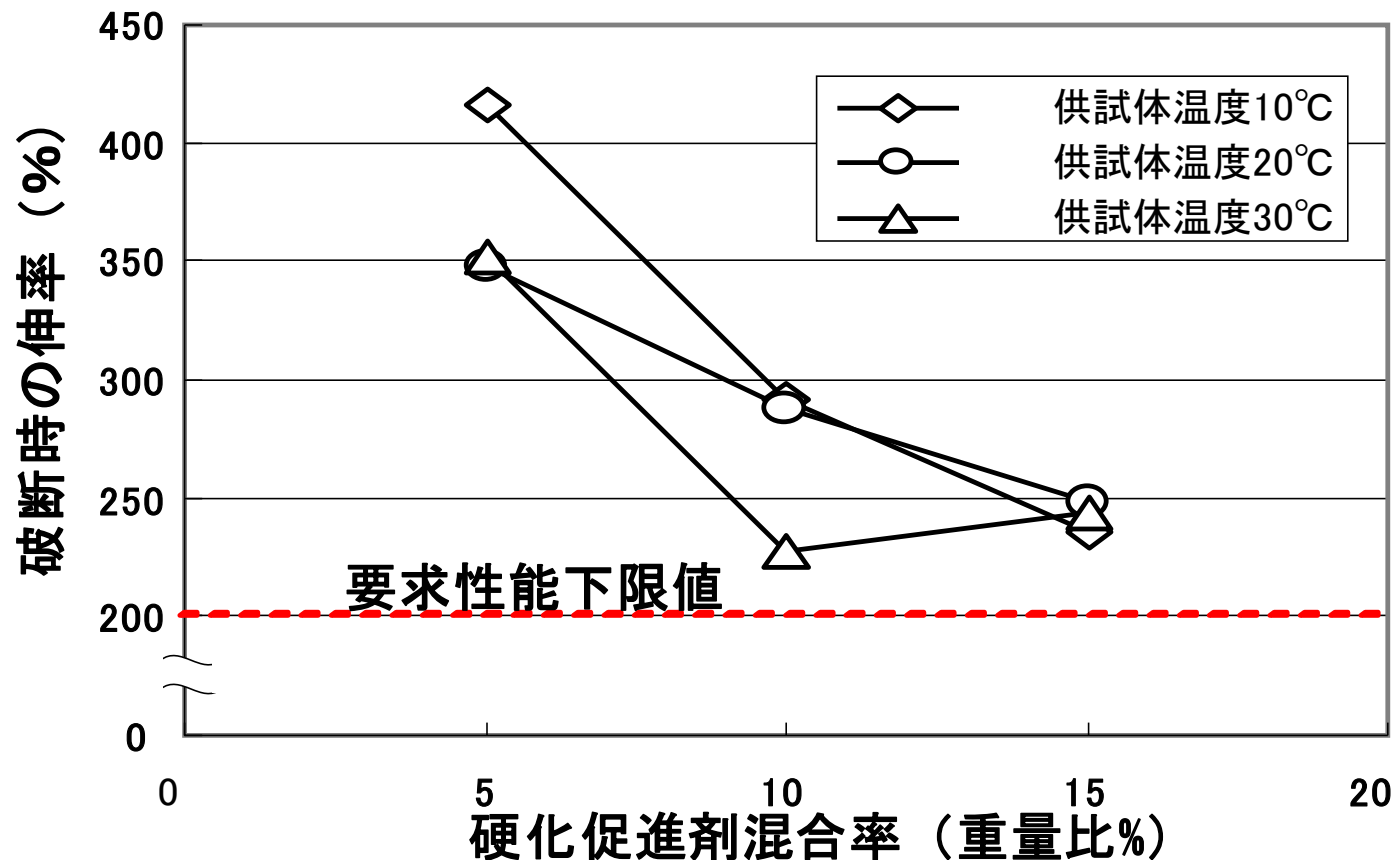
したがって、クラックに行きわたるまでに必要な時間や作業効率や材料のロス分の削減等を勘案し、ゲルタイムの要求性能を5分以上20分以下に設定した。

1-4. 材料の性能試験結果

【要求性能】

伸び性能：200%以上（例えば1mmのひび割れが3mmになっても追従）

【試験結果】



1-4. 材料の性能試験結果

【要求性能】

引張強度：0.5N/mm²以上（水深50mの水圧に耐える）

【試験結果】

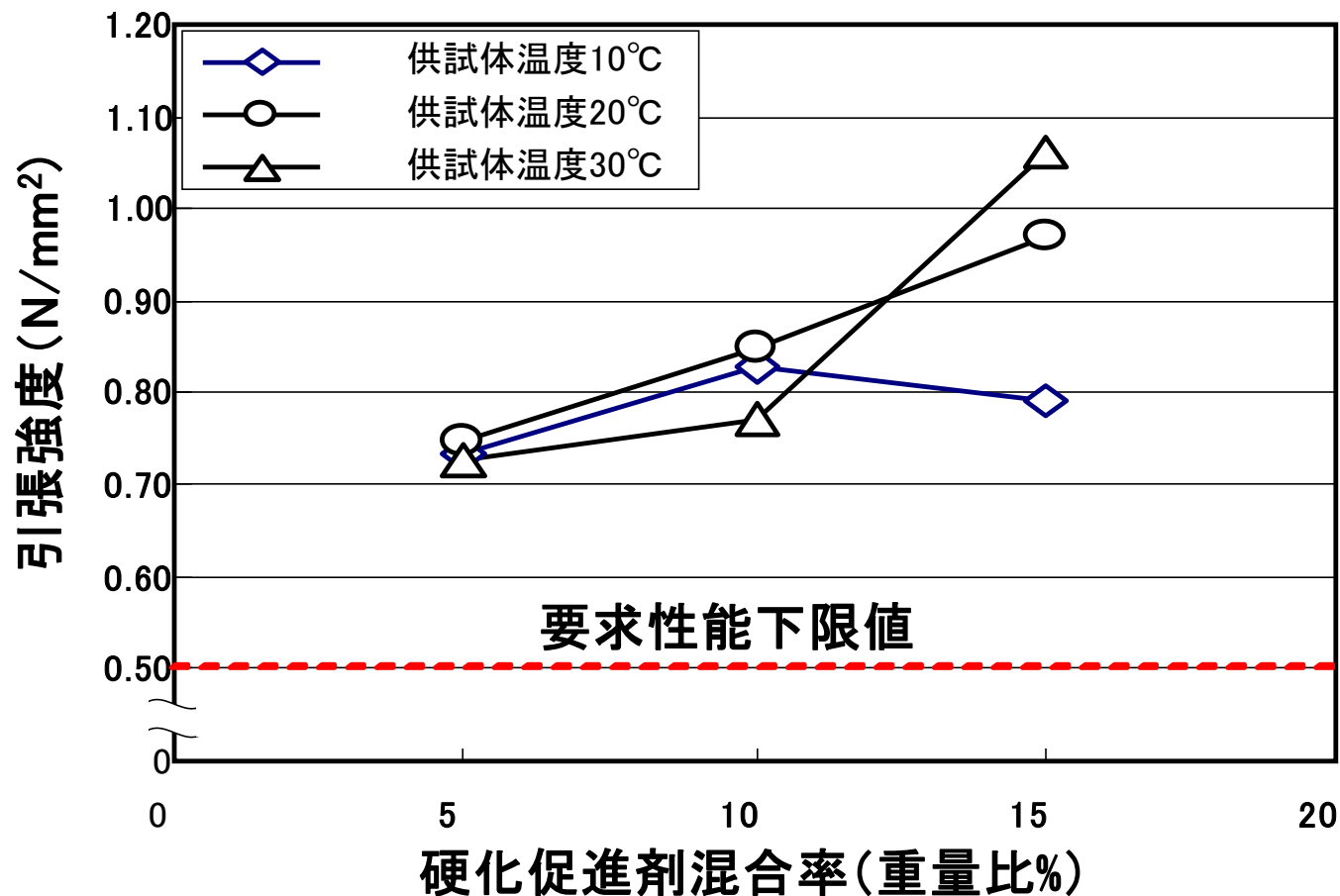


図-15

1-4. 材料の性能試験結果

【要求性能】

付着強度：付着強度 $\geq$ 引張強度

【試験結果】

付着強度と引張強度との関係

混合率	試験体 温度	付着強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	性 能 付着強度 $\geq$ 引張強度
15%	30℃	1.26	1.06	OK
	20℃	1.09	0.97	OK
	10℃	0.93	0.79	OK
10%	30℃	1.07	0.77	OK
	20℃	0.89	0.85	OK
	10℃	1.03	0.83	OK
5%	30℃	0.9	0.73	OK
	20℃	0.84	0.75	OK
	10℃	0.82	0.73	OK

1-4. 材料の性能試験結果

【要求性能】

ゲルタイム：5分以上20分以内

【試験結果】

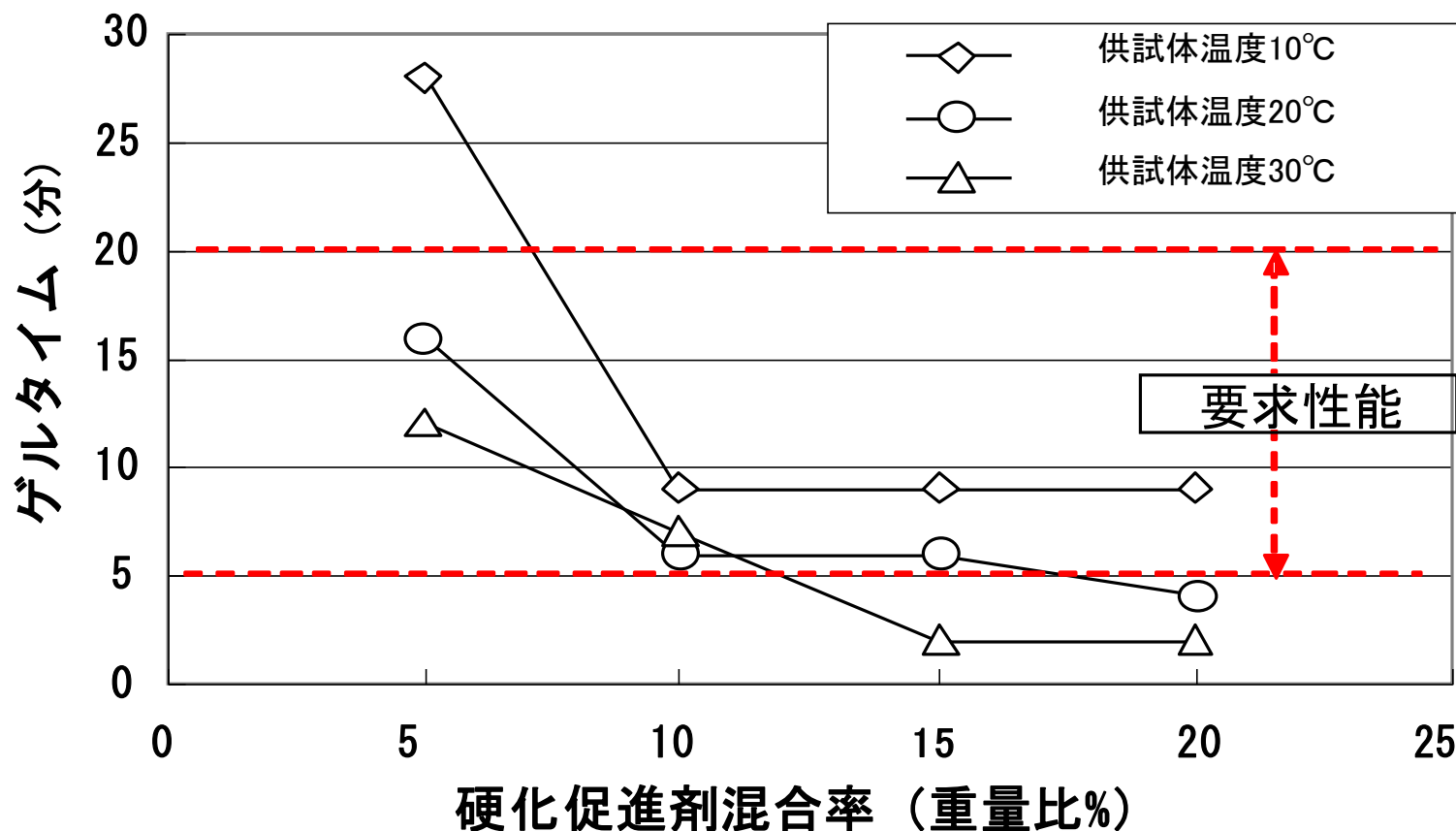


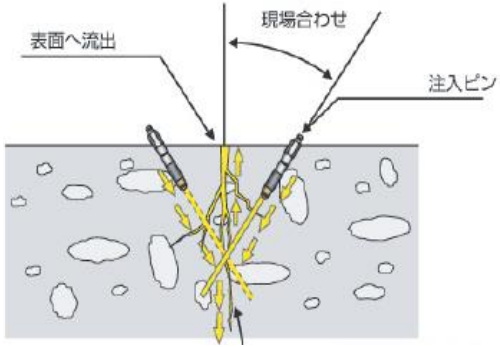
図-16

1-5. 材料の性能

材料の要求性能に対する試験結果は以下のとおり。

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、材料を温める必要あり。

1-6. 止水工法の比較

工法名	石油樹脂・アクリル系樹脂系 高圧注入工法 (STTG工法)	アクリル系高圧注入工法	ウレタン系高圧注入工法
工法概略	 伸びや付着性に優れる石油樹脂・アクリル系止水材料に親水性ウレタンプレポリマーを混合し、主材のゲルタイムを要求性能の範囲に早めた。	極めて低粘度の親水性高弾性樹脂を高圧で注入し、硬化樹脂の弾性反発と吸水樹脂によりひび割れを閉塞する。	ポリイソシアネートが水と接触し、所定の時間経過後に従い、順次反応を始め、最終的に全量がゲル化する。このゲルはほとんど分散材を含んでいない。
主成分	アクリル樹脂・石油樹脂、親水性ウレタンプレタンプレポリマー	二成分系合成樹脂	ポリイソシアネート化合物
充填性	微細クラックへの対応も可能	微細クラックへの対応も可能	微細クラックへの対応も可能
透水性	優れた止水性を有する	優れた止水性を有する	優れた止水性を有する
変位追従性	伸び、付着性に優れ、追従性が高い	高弾性のため伸縮性に対する追従性が高い	伸びや付着性がないため、追従性は低い
耐久性	経年変化はほとんどない	経年変化はほとんどない	伸縮する目地等には追従できない
経済性	安価	やや高い	安価

1-7. NETIS・特許

【NETIS】

- 登録日 : 2015年2月13日
- 技術名称 : STTG工法
- NETIS登録 : NO. KT-140103-A

※2020.2.13 NETIS技術リストの掲載期間を満了

【特許】

- 登録日 : 2013年6月28日
- 特許番号 : 特許第5300162号
- 発明名称 : 止水材、止水工法、及び注入装置
- 特許権者 : 東京電力パワーグリッド株式会社

東京電設サービス株式会社 三生化工株式会社 他2社

2. 各種試驗結果

2-1.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S T T G材の引張強度

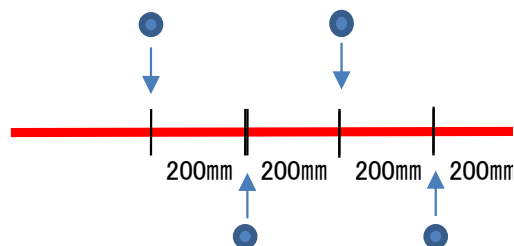
凍結融解に伴うS T T G材の付着強度

2-2. コア採取による注入効果確認

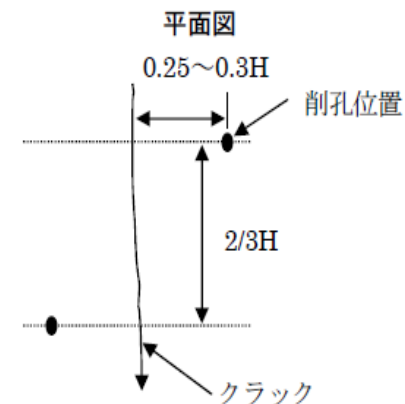
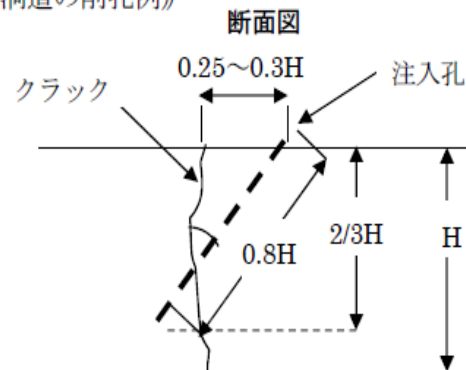
効果確認実施箇所

- 480m付近 天井部、右壁

注入ピン設置標準



《洞道の削孔例》



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
場所	天井部	250mm	200mm	75mm	167mm
	側壁	250mm	200mm	75mm	167mm

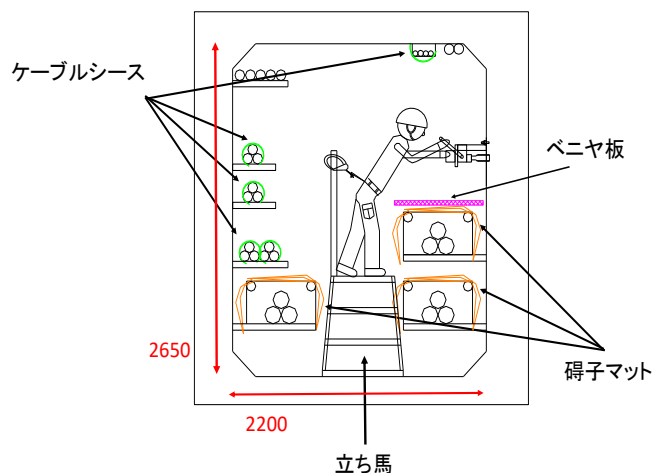
【削孔写真】



3-2. コア採取による注入効果確認

- ① ひび割れ漏水補修箇所において、ひび割れ直上にてコア（ $\phi 46\text{mm}$ ）を採取する。
- ② 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。

		480m付近			
コア採取箇所	ひび割れ位置	天井部		右壁	
	ひび割れ幅 (mm)	0.1	0.2	0.1	0.2
コア採取数量 (本)		1	1	1	1
		合計 4			



コア採取状況(天井部)



コア採取状況(側壁部)

2-2. コア採取による注入効果確認

480m付近天井部 ひび割れ漏水補修結果

ひび割れ漏水補修 施工前

天井部



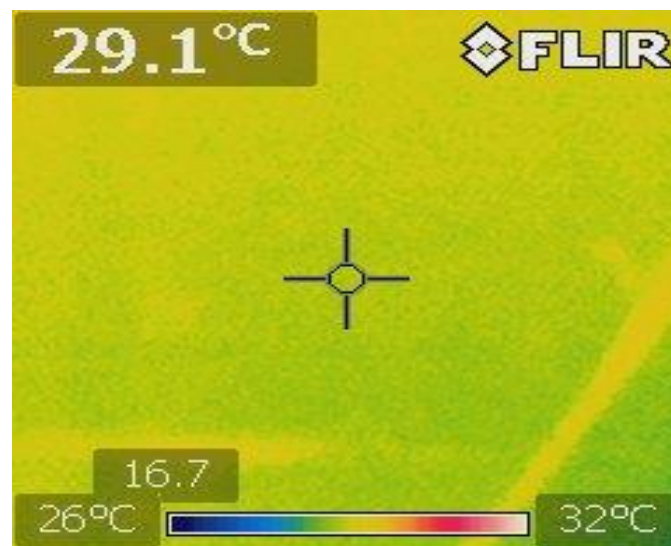
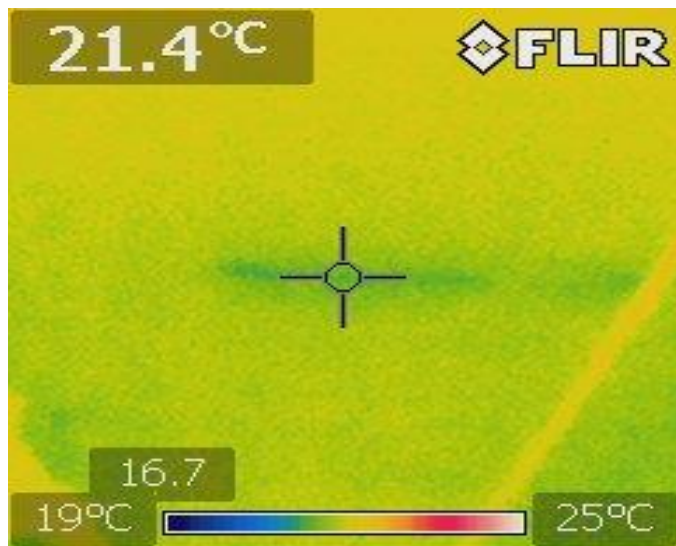
ひび割れ漏水補修 施工後



ひび割れ幅

①W=0.2mm

サーモグラフィ



2-2. コア採取による注入効果確認

480m付近天井部 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



2-3. 凍結融解に伴うSTTG材の引張強さ

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材の引張さの把握を行うこと。

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。



試験体の材料状況



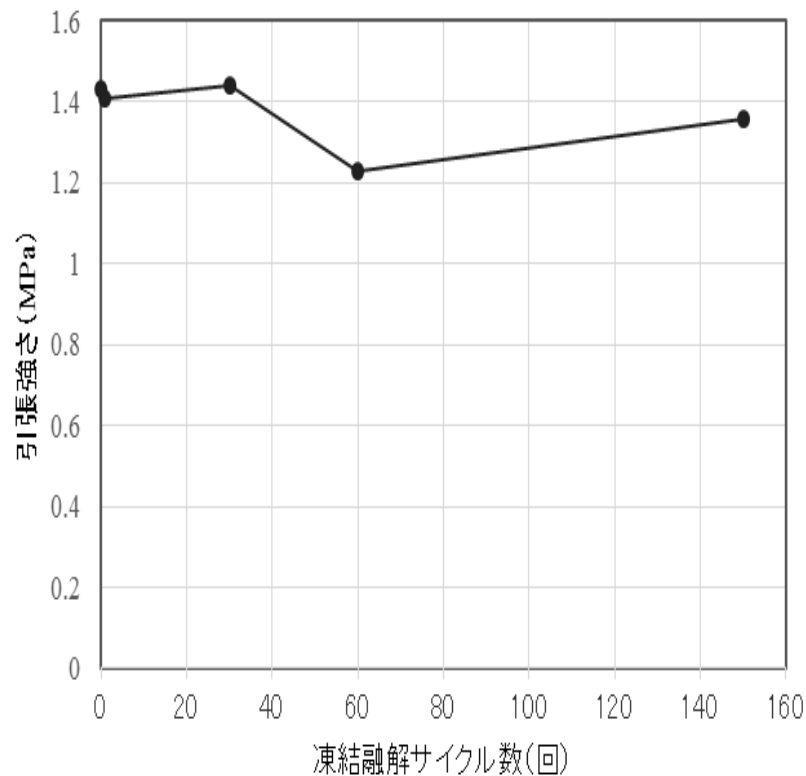
試験体のコンクリート柱への固定状況

2-3. 凍結融解に伴うSTTG材の引張強さ

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	



凍結融解サイクル数と引張強さの関係

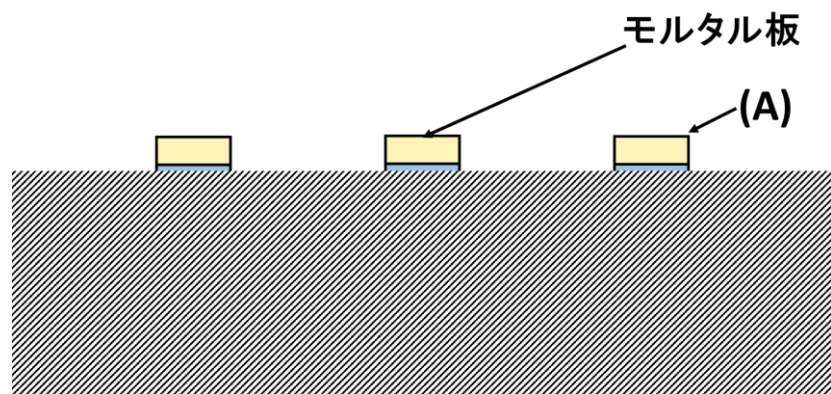
2-4. 凍結融解に伴うSTTG材の付着特性

1) 試験目的

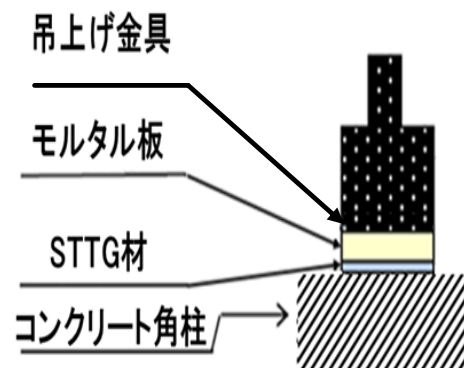
寒冷地のダム堤体等での適用に伴い長期的な温度変化によるSTTG材の付着強度の把握を行うこと。

2) 試験方法

- 凍結融解サイクルは、コンクリート凍結融解試験 JIS A 1148に準じた。
- 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。
- 付着強度試験は、JIS K 5600に準拠して実施した



モルタル板への吊上げ金具の取付け

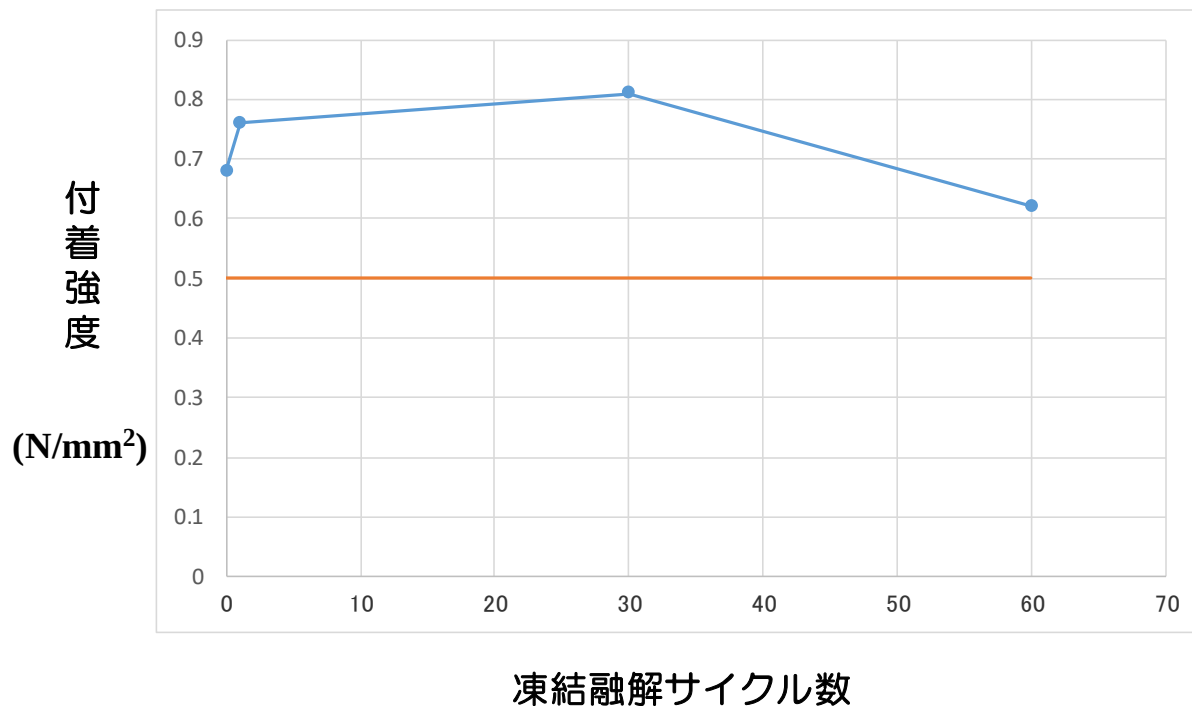


(A)部の詳細図

2-4. 凍結融解に伴うSTTG材の付着特性

3) 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。



凍結融解サイクル数と付着強度との関係

3. 施工実績

3-1. 施工実績

下表の通り、約240件の漏水補修を本工法により実施(令和2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

工事場所	発注者	件数	施工数量 (ひび割れ延長m)	備考
地中送電洞道・変電所・発電所など	東京電力株式会社	200	11,703	
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	12	2,394	
首都高速設備	首都高速道路	3	252	
共同溝・建物	地方自治体(東京都・多摩市等)	7	69	
NTT設備	NTT	3	39	
鉄道関係設備	鉄道事業者	3	257	
その他	民間企業	14	350	
			0	
施工実績 合計		243	15,123	

3-2. 施工実績（電力洞道からの漏水）



電力洞道漏水状況
都市N A T M



電力洞道漏水状況
多量漏水部（約200ℓ/min）

3-3. 施工実績（下水処理施設からの漏水止水）



施工前：漏水状況



施工後：止水状況

3-5. 施工実績 (下水施設からの漏水止水)



施工前：漏水状況



施工後：止水状況

3-6. 施工実績（ダム監査廊からの漏水止水）



施工前：漏水状況



施工後：止水状況

3-7. 施工実績 (地下鉄セグメントからの漏水)



施工中：注入施工中



施工後；止水状況

3-9. 施工実績 (下水処理場、工場地下ピットの漏水)



下水処理施設



工場地下ピット

3-10. 施工実績 (建物内地下シャフトの漏水止水)



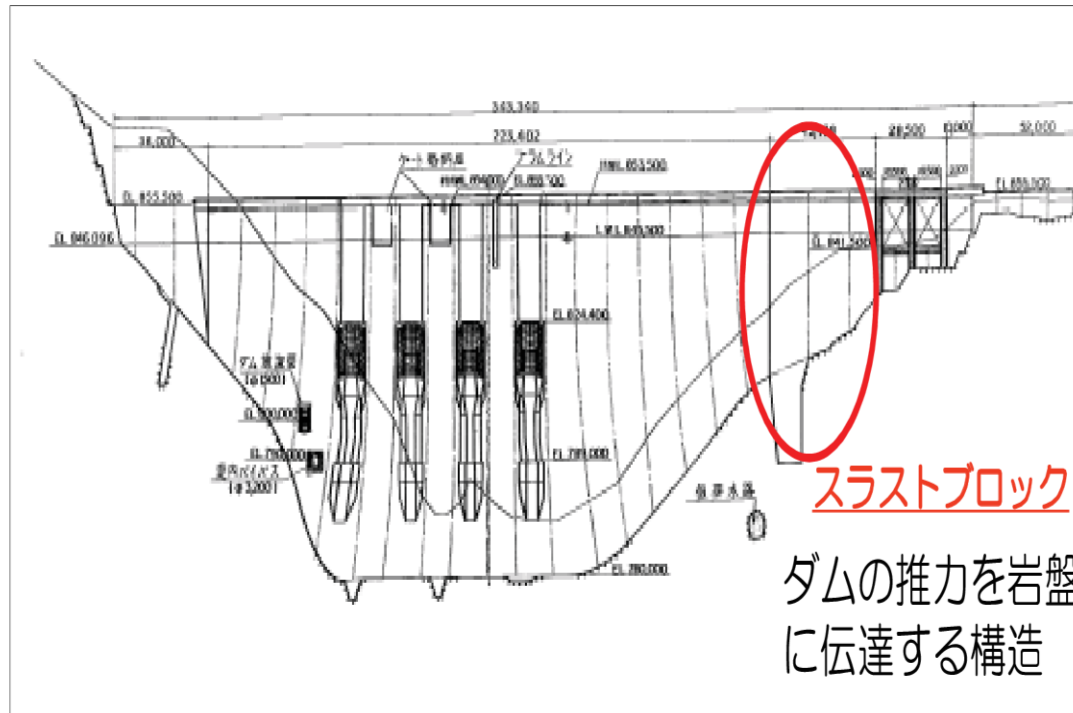
施工前：漏水状況



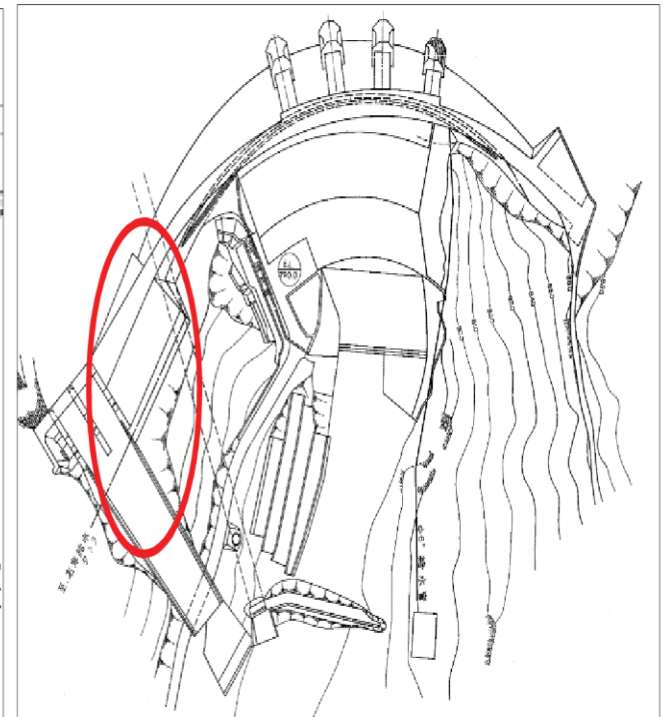
施工中：止水施工中

3-11. 施工実績（ダム堤体からの漏水）

漏水発生箇所



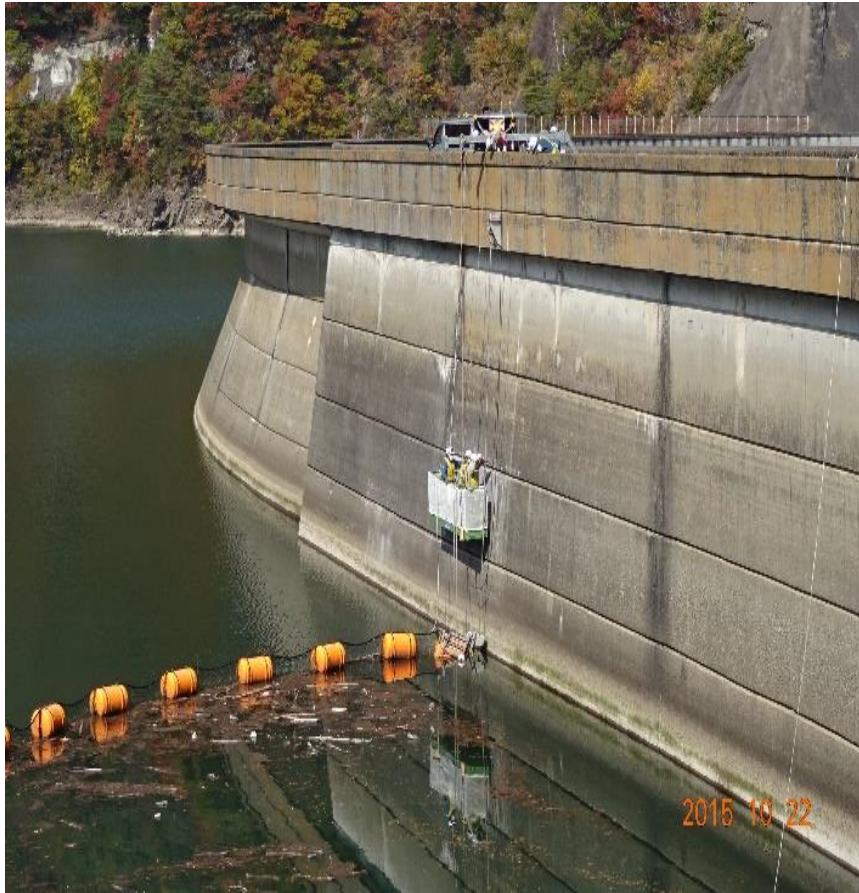
正面図（上流より望む）



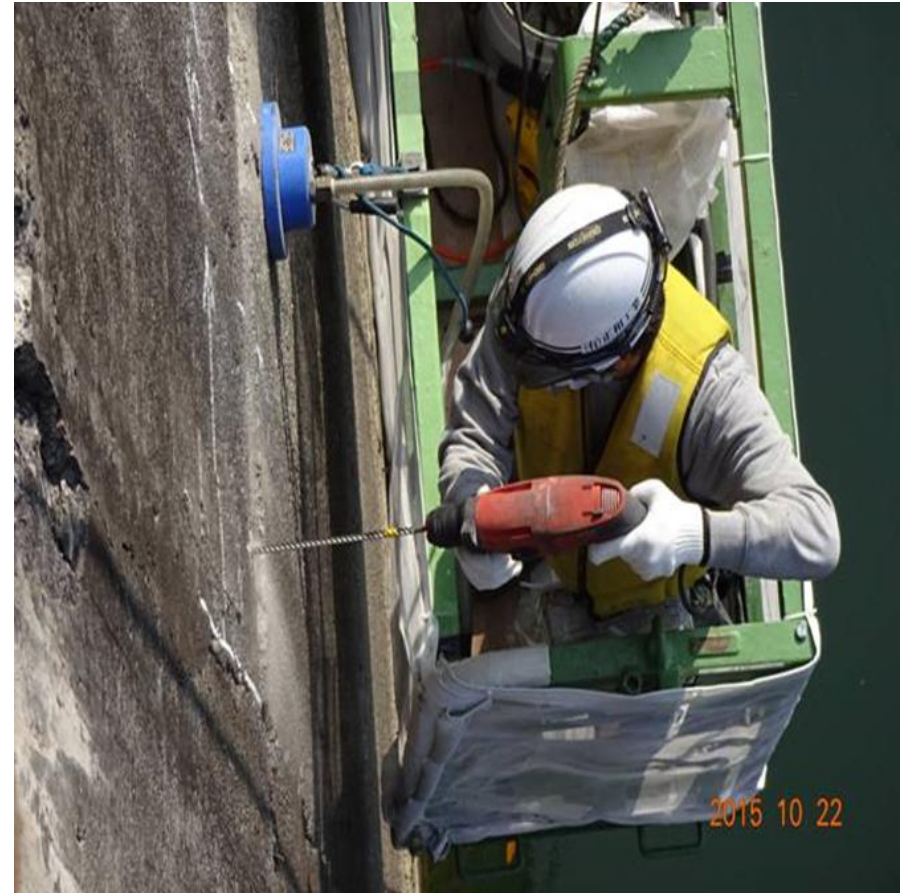
平面図

止水注入の範囲

3-12. 施工実績（ダム堤体からの漏水止水）



施工中：止水注入



施工中：止水注入

4. 一般社団法人STTG工法協会

4-1. 一般社団法人STTG工法協会

- 設立日 : 2014年5月2日
- 会員会社数 : 55社 (2020年6月現在)
- 協会活動 :
 - STTG工法の普及
 - STTG工法施工者に対する技能認定
 - STTG工法施工品質の維持・向上
- 連絡窓口 :
 - 住所 : 〒146-0095 東京都大田区多摩川2丁目8番1号
 - 電話 : 03-6715-4395
 - FAX : 03-6715-4396
 - ホームページ : <http://www.sttg.or.jp/>

4-2. STTG工法技能認定講習会



技能認定講習会における実技実習状況

- ・ 今回、新たな止水工法であるS T T G工法について概要、施工実績などについて述べた。
- ・ 当初は、都市部の地中構造物の漏水の止水工法として用いられていたが、近年では下水設備、ダム堤体、あるいは建物地下など広域な構造物に適用されてきている。
- ・ 今後は施工実績あるいは要望に対応した適用構造の拡大あるいは適用条件の拡大により構造物の長期的な耐久性向上に寄与したい。

なお、工法に関するお問い合わせなどは、工法協会ホームページのお問い合わせ欄、または電話にてご連絡ください。

ご清聴ありがとうございます。