

コンクリートメンテナンス協会 フォーラム2018

STTG工法

石油樹脂・アクリル樹脂系材料を用いたコンクリート構造物への
高圧注入止水工法

NETIS登録NO. KT-140103-A

一般社団法人STTG工法協会

1. STTG工法とは

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。

2. STTG工法の特徴

- ・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。
- ・吸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。
- ・ウレタン材に比べてコンクリートとの付着性、伸びに優れているため、漏水箇所の開きなどに追従できる。

3. 新たな漏水補修工法の開発

(1) 開発の狙い

大量の漏水箇所の止水が可能、また、長期耐久性に優れた工法の開発。

(2) 現在使用されている止水材の特徴

- ・ ウレタン系高圧注入工法は、即効性に優れていること、材料が比較的安価であること等の理由から、漏水補修工法の主流として採用されている。ただし、ウレタン材は材料特性上、コンクリートとの付着強度、引張強度等があまり期待できない。
- ・ 長期耐久性に優れるアクリル樹脂系注入工法は、材料コストが高価である。
- ・ 従来の石油樹脂・アクリル系注入工法は、硬化速度が遅いため漏水量の多い箇所の補修には不適。ただし、硬化後の性能はアクリル樹脂系注入工法と同等。材料は比較的安価に入手できる。



ウレタン注入材



石油樹脂アクリル系注入材



アクリル樹脂系注入材

3. 新たな漏水補修工法の開発

(3) 止水材の選定

屋上防水等で実績のある従来の「石油樹脂・アクリル樹脂系材料」に着目。この材料をもとに開発を進めた。

開発にあたっては、下記の事項を目標に設定した。

- 硬化時間を適度に早め、大量の漏水箇所へも適用が可能
- 石油樹脂・アクリル樹脂系材料の長所（コンクリートとの付着力・引張強度等）を生かし、長期耐久性に優れる工法
- 比較的安価な石油樹脂・アクリル樹脂系材料を主材にすることで、施工費用を抑制

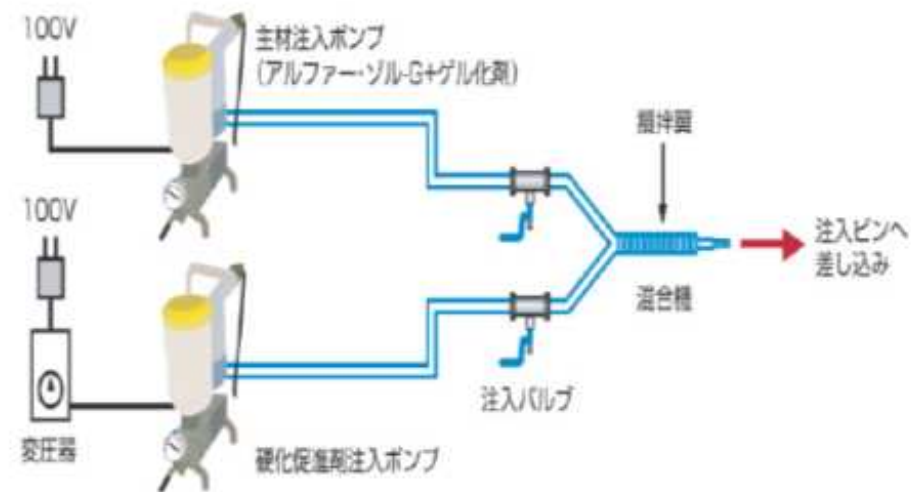
4-1. STTG工法の概要

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・G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・G用ポンプ



STTG工法機器構成の概要

名称の決定

優れた材料を 2つのノズルにより

Super Two Tops

クラックをふさぐために薬液を注入する技術

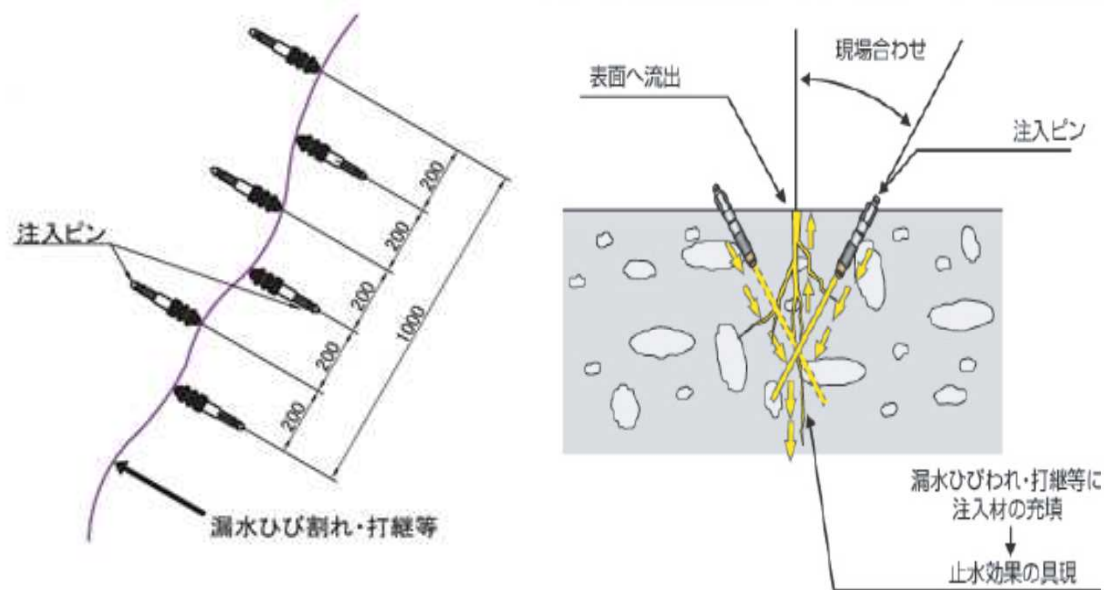
Grout



STTG工法

4-2. 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、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。



注入状況写真

左図は標準的な注入ピンの設置状況

右図は止水材が充填されるイメージ

5. 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、**0.5N/mm²以上**の引張強度とした。

5. 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。

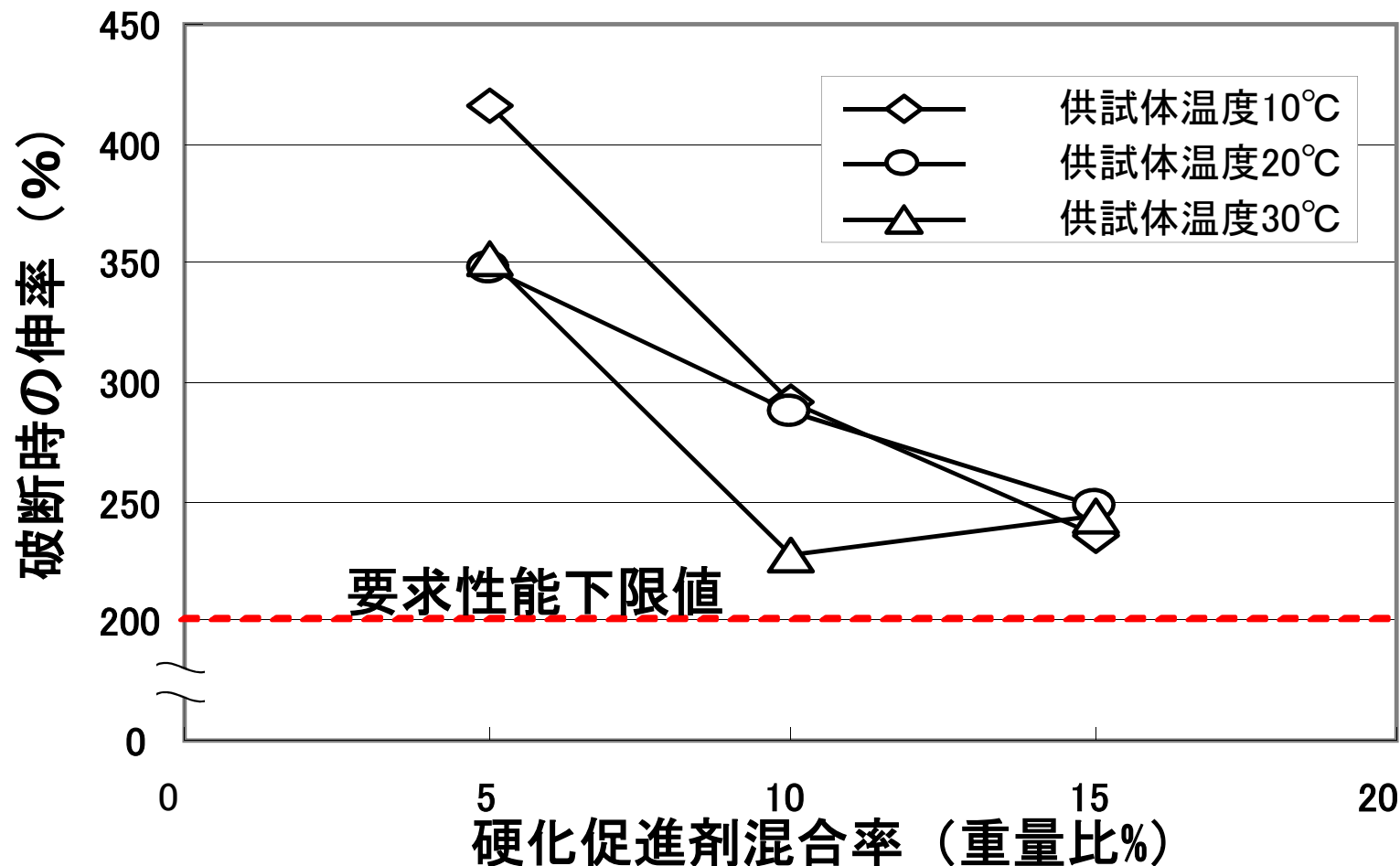
したがって、クラックに行きわたるまでに必要な時間や作業効率や材料のロス分の削減等を勘案し、ゲルタイムの要求性能を**5分以上20分以下**に設定した。

6-1. 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になっても追隨）

【試験結果】

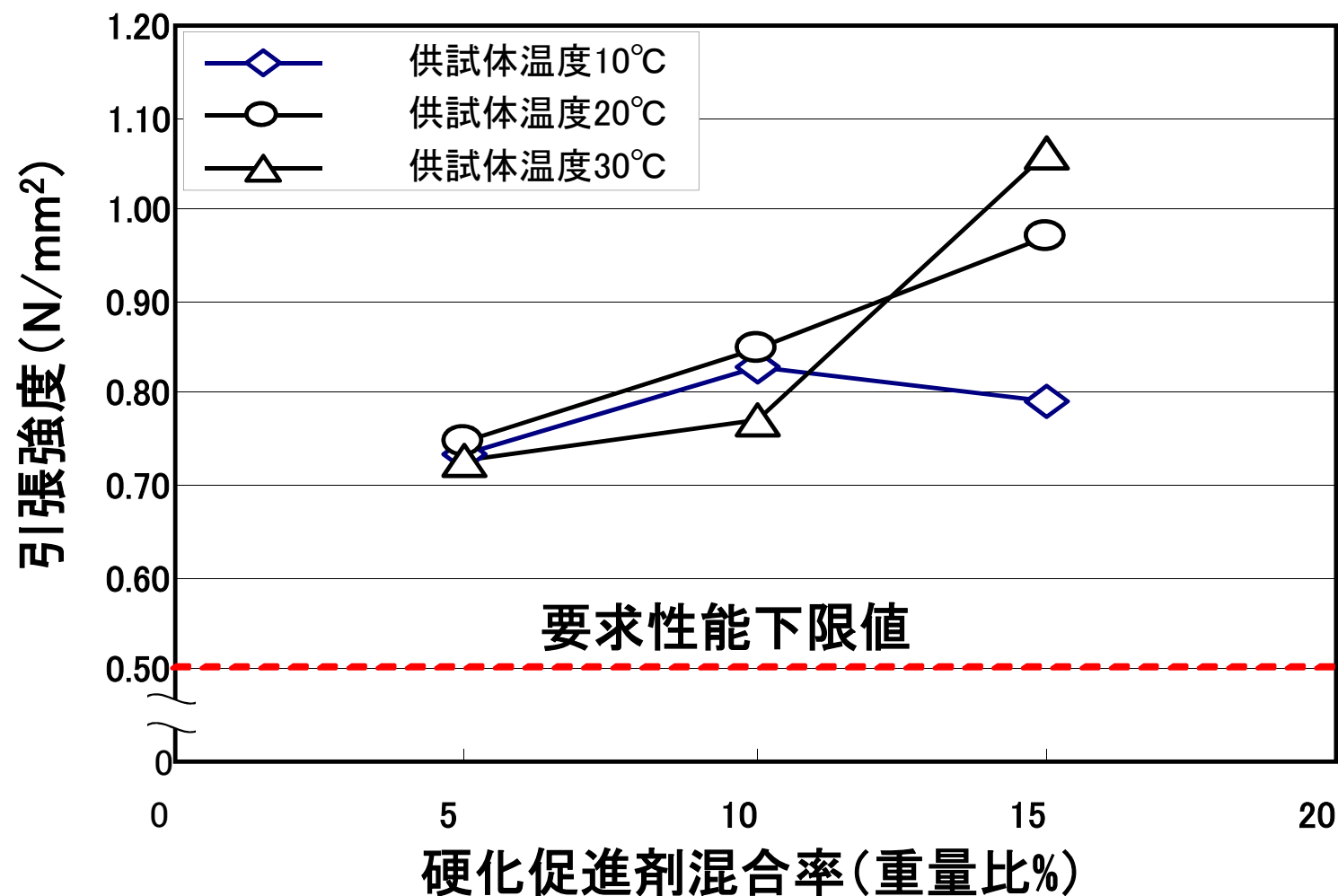


6-2. 材料の性能試験結果

【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】



6-3. 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

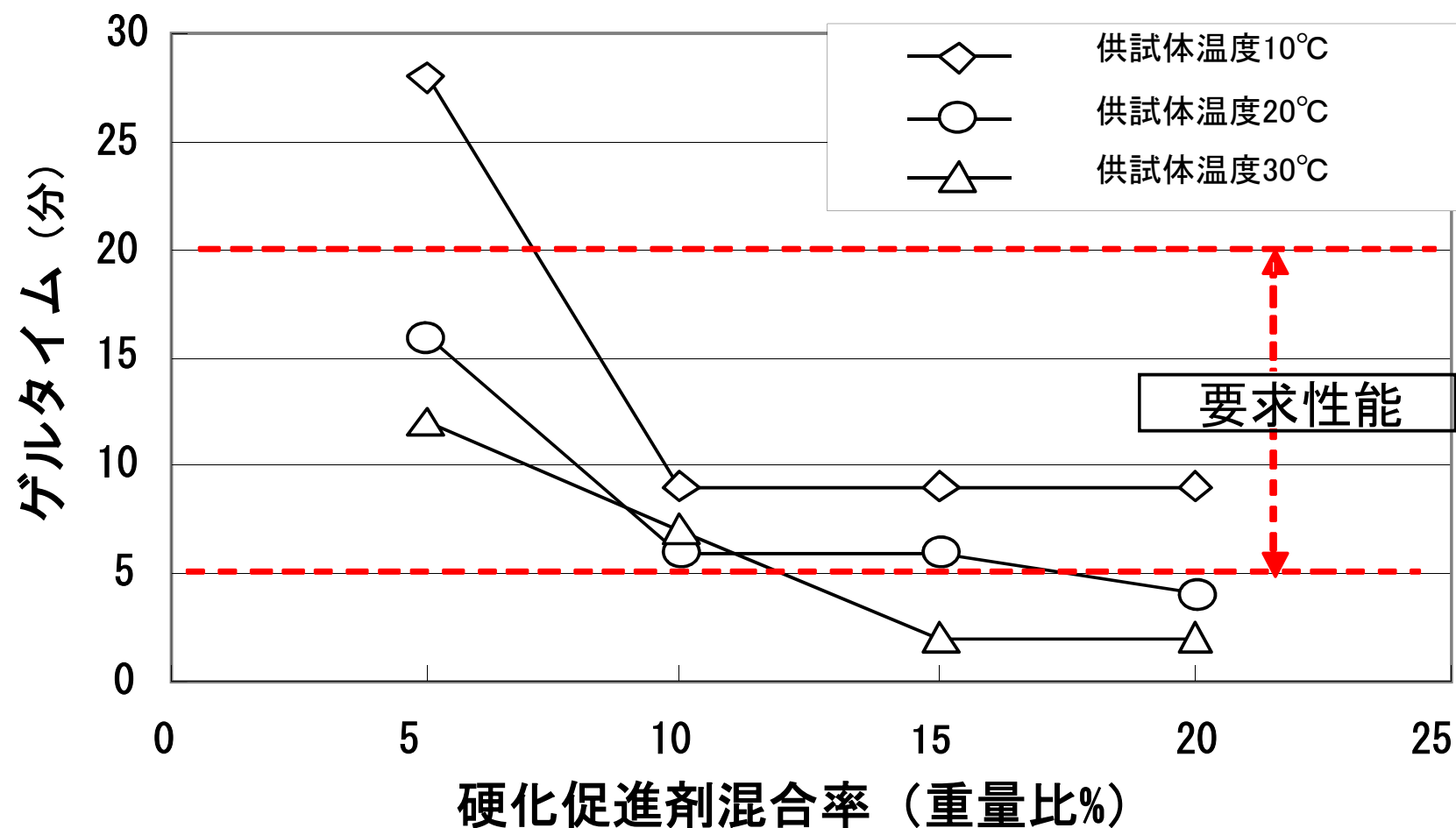
混合率	試験体 温度	付着強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	性 能 付着強度 $\geq$ 引張強度
15%	30℃	1.26	1.06	OK
	20℃	1.09	0.97	OK
	10℃	0.93	0.79	OK
10%	30℃	1.07	0.77	OK
	20℃	0.89	0.85	OK
	10℃	1.03	0.83	OK
5%	30℃	0.9	0.73	OK
	20℃	0.84	0.75	OK
	10℃	0.82	0.73	OK

6-4. 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】



7. 材料の性能（まとめ）

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	最小値で230%(30℃ 混合率10%)
引張強度	0.5N/mm ² 以上	最小値で0.73N/mm ² (30℃ 混合率 5%)
付着強度	付着強度 $\geq$ 引張強度	すべての条件で付着強度が上回っている。
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。

8-1. 施工実績（まとめ）

190件の漏水補修を本工法により実施(平成30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 of 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200 ℓ / min

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200 ℓ / min）



8-2. 施工実績（電力洞道）

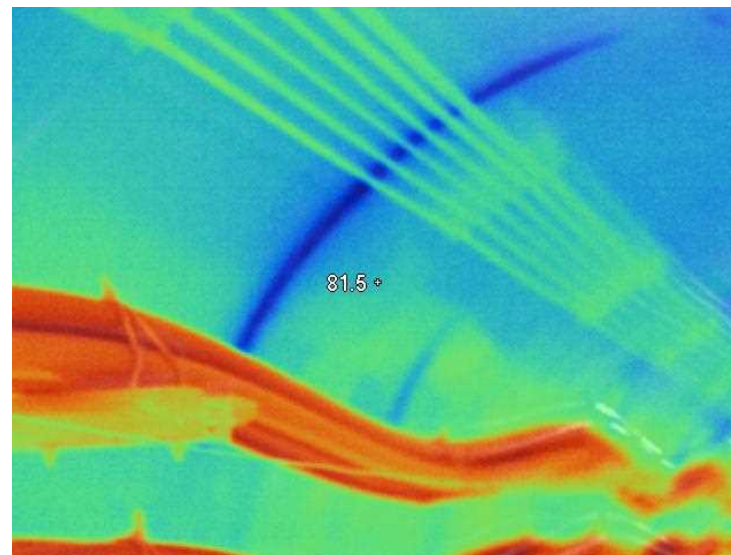
電力洞道漏水状況 開削洞道



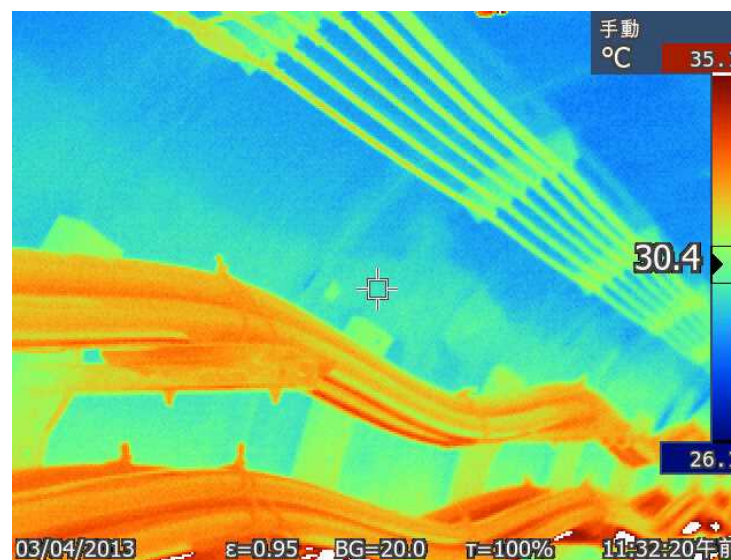
8-3. 施工実績例（電力会社の地下構造物）

サーモグラフィーによる漏水補修前後の止水効果の確認

漏水補修前



漏水補修後



8-4. 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

8-5. 施工実績（ダム監査廊）



2014年12月（施工後）
漏水なし



2015年5月（施工後）
漏水なし

8-6. 施工実績（下水処理施設）



施工前



施工後

8-7. 施工実績（建物地下駐車場）

漏水状況



8-8. 施工実績（ダム堤体）



施工中

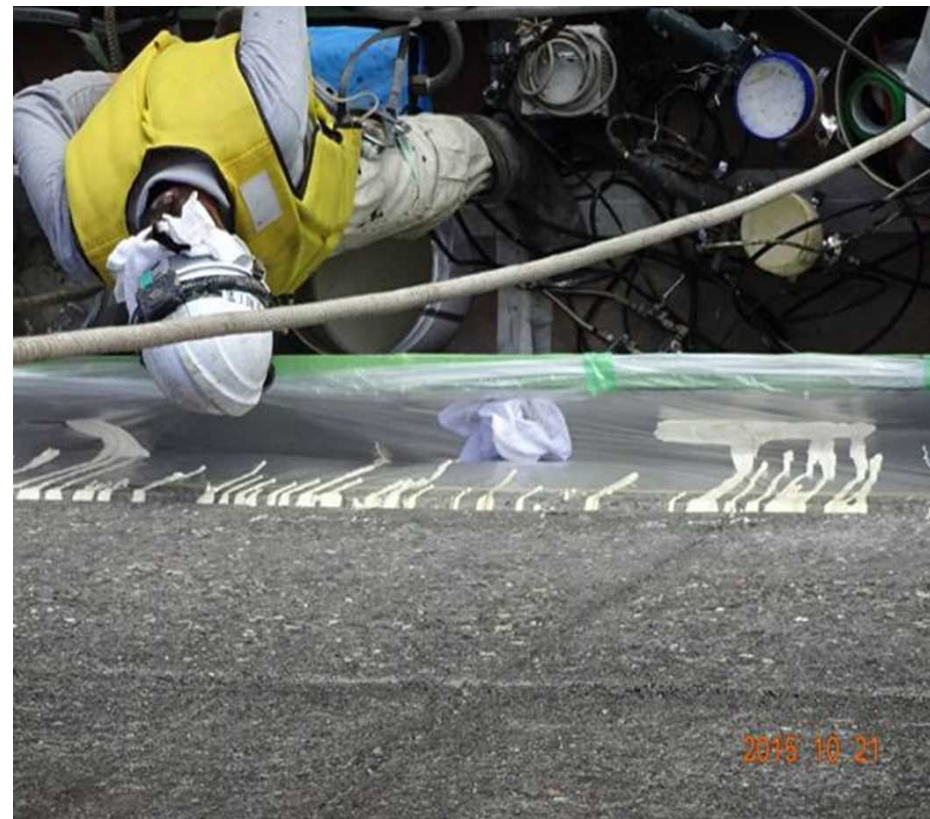


注入完了直後（リークした注入材除去前）

8-9. 施工実績（ダム堤体）



施工中（全景）



施工中

地下構造物のみならず、ダム堤体への適用が始まっている。
→低温下でのSTTG材の特性把握が必要（引張強度、付着強度）

→凍結融解試験によるSTTG材料の特性把握の確認

9-1. 凍結融解に伴う引張強度試験

(1) 凍結融解の概要

- ・凍結融解は、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

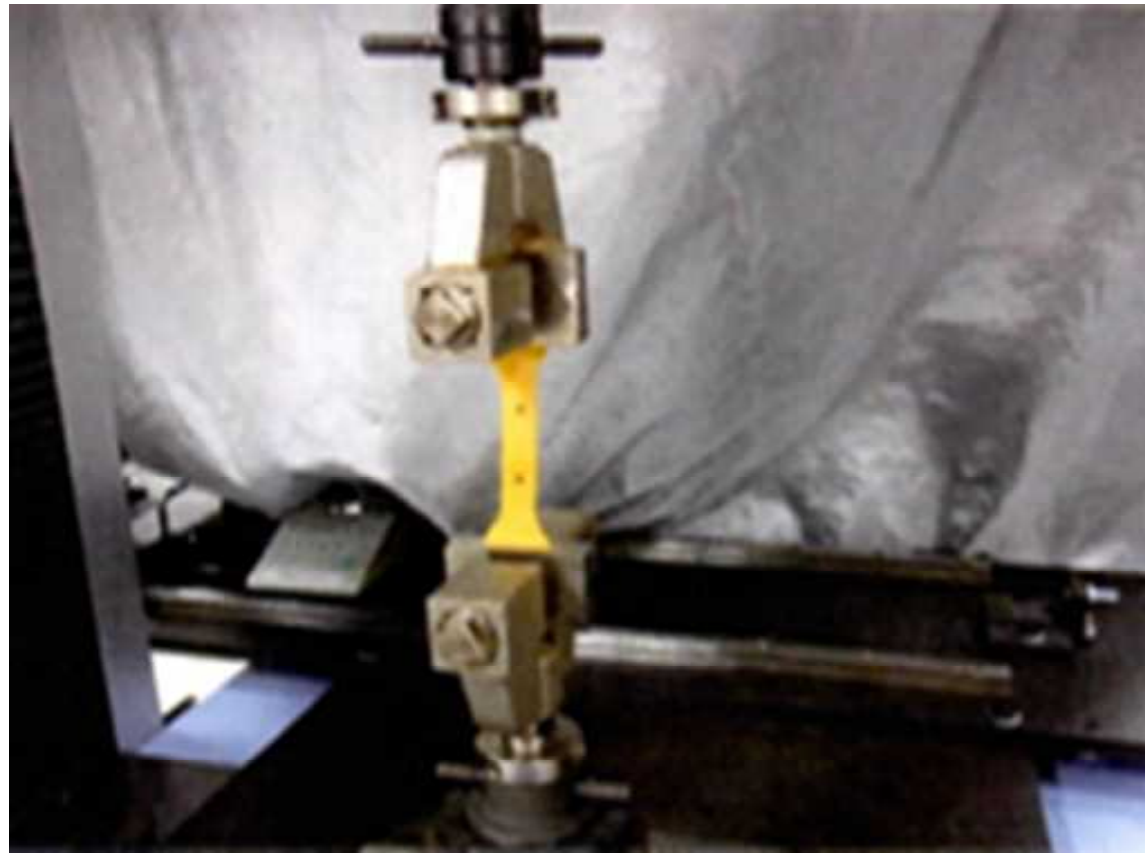


試験体のコンクリート柱への固定状況

9-2. 凍結融解に伴う引張強度試験

(2) 引張強度試験の概要

試験片は、コンクリート柱に取付けた長方形の試験体より切り抜き、引張試験JIS K 7127で実施した。

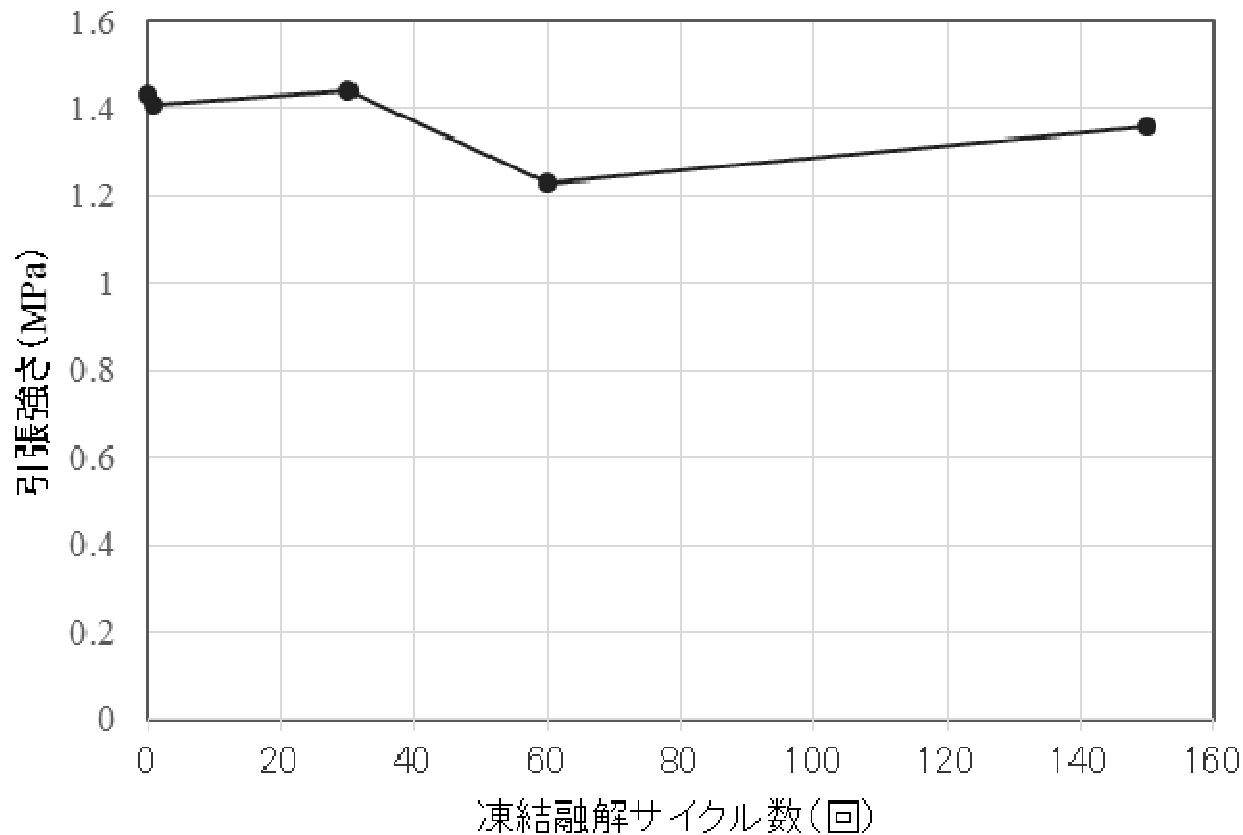


引張強度試験の状況

9-3. 凍結融解に伴う引張強度試験

(1) 材料の引張強さ

材料の引張強さは、下図の様に凍結融解の0～150サイクルの間では大きく変化しない結果となった。

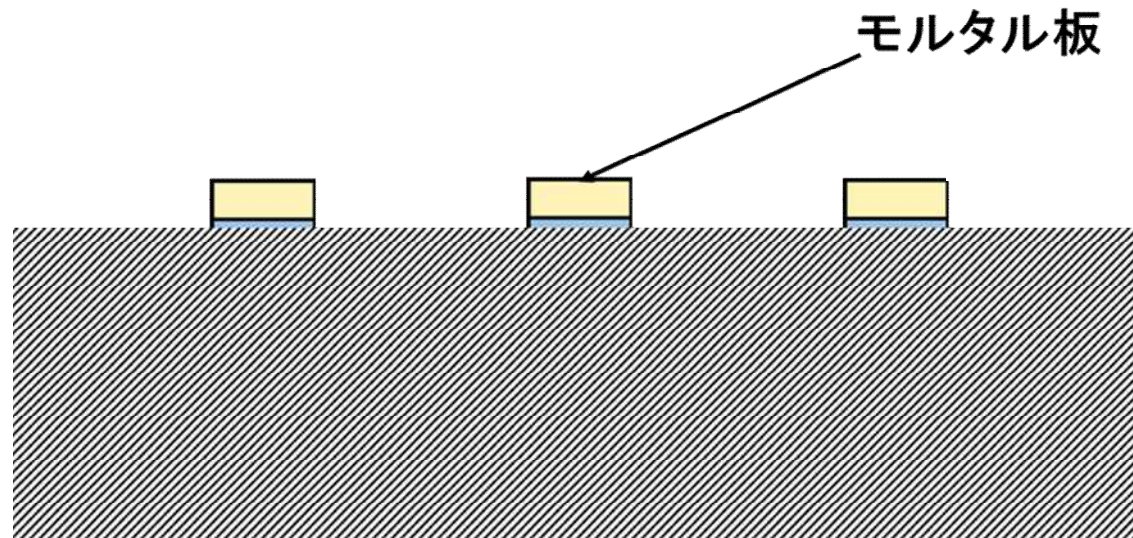


凍結融解サイクルと引張強さの関係

10-1. 凍結融解に伴う付着強度試験

(1) 凍結融解の概要

- ・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。
- ・凍結融解は、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角柱(8cm×8cm×40cm)を設置し、試験体を固定して実施した。

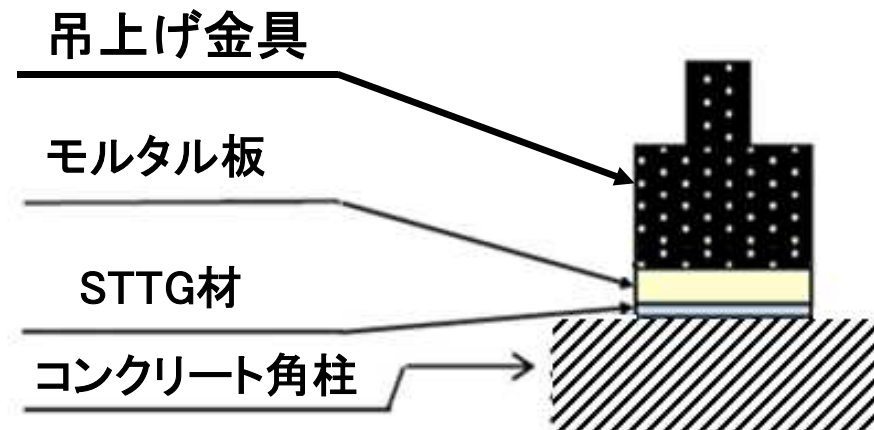


試験体のコンクリート柱

10-2. 凍結融解に伴う付着強度試験

(2) 付着試験の概要

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(4cm×4cm×1cm) 3枚を付着し試験体を作成した。これをコンクリート凍結融解試験に用いる装置に縦に挿入した。

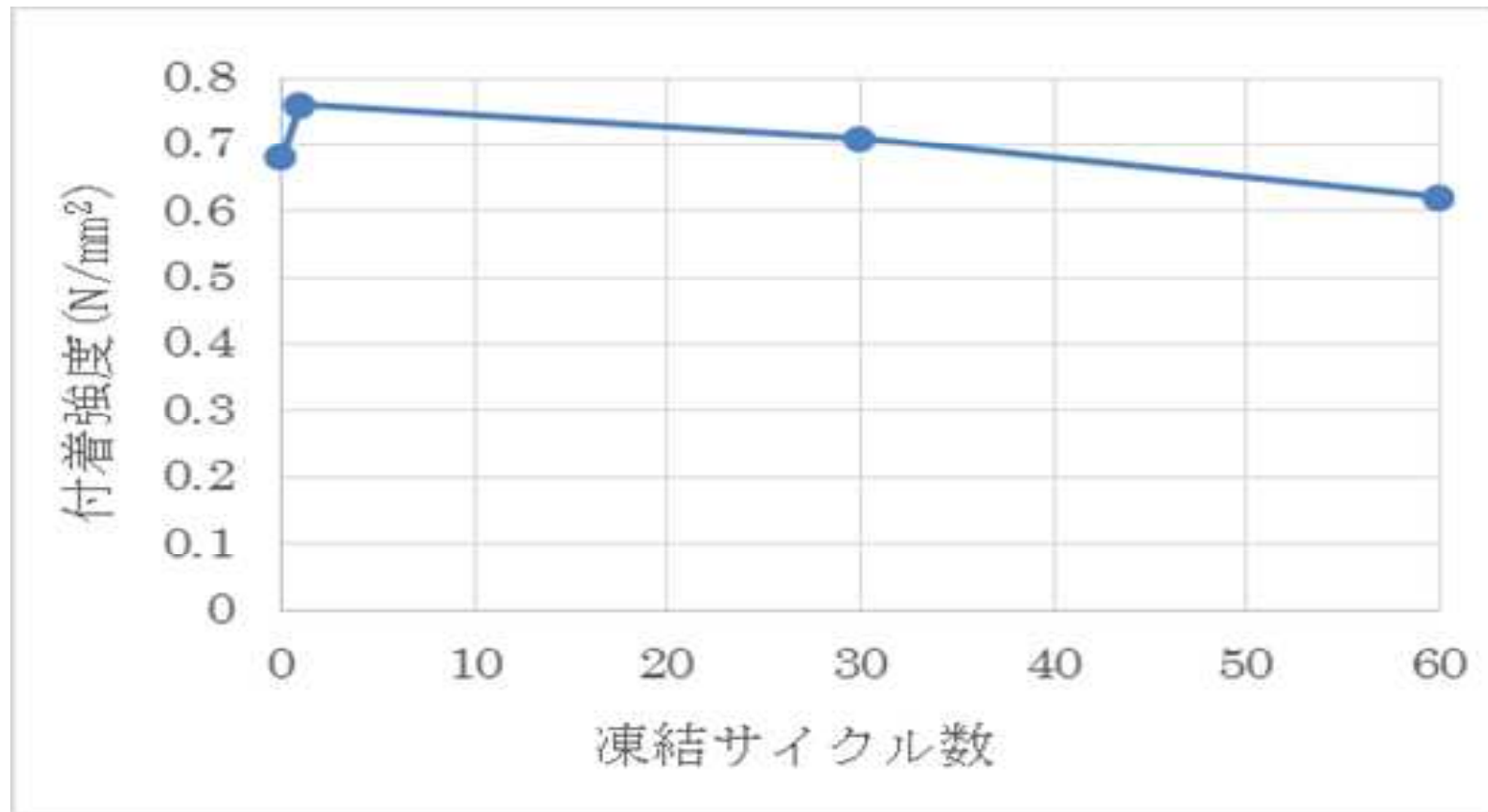


試験体のコンクリート柱への固定状況

10-3. 凍結融解に伴う付着強度試験

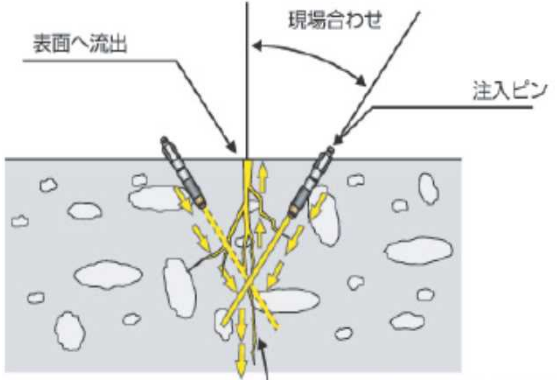
(3) 材料の付着強度

材料の付着強度は、図-4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。



凍結サイクル数と付着強度との関係

11. 漏水補修工法の比較

工法名	石油樹脂・アクリル系樹脂系 高圧注入工法 (S T T G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	アクリル系樹脂	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	伸びや付着性が小さいため、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

12. 一般社団法人STTG工法協会

【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 : 43社（2018年5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2-8-1
 - 電話：03-6715-4395
 - FAX：03-6715-4396
 - ホームページ：<http://www.sttg.or.jp/>

1 3. STTG工法技能認定試験講習会



技能認定講習会における実技実習状況

14. NET I S・特許

【NET I S】

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

【特許】

- 出願日 : 2012年11月22日
- 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
- 発明名称 : 止水材、止水工法、及び注入装置
- 特許番号 : 特許第5300162号

ご清聴ありがとうございます。