

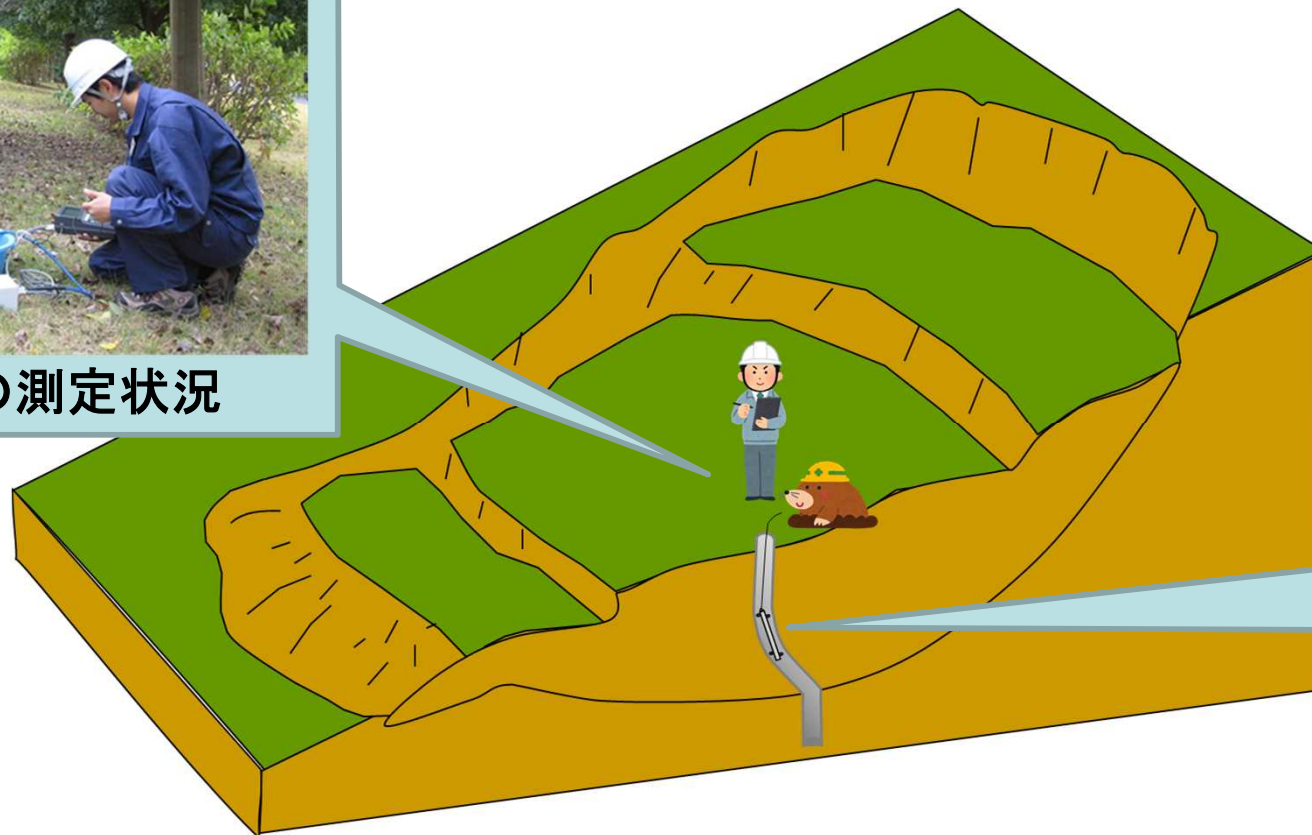
# 大変位対応型孔内傾斜計

国立研究開発法人 土木研究所  
土砂管理研究グループ 地すべりチーム

- 地すべり調査では、**すべり面の深度**を把握することが必要。
- **孔内傾斜計**は、すべり面深度を調査するために、最も良く使われる**地中の水平変位測定手法**の一つ。



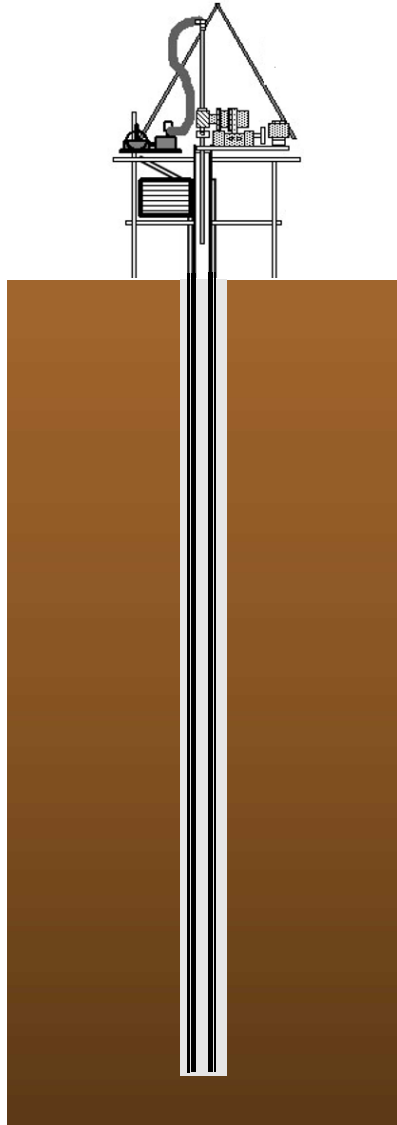
孔内傾斜計の測定状況



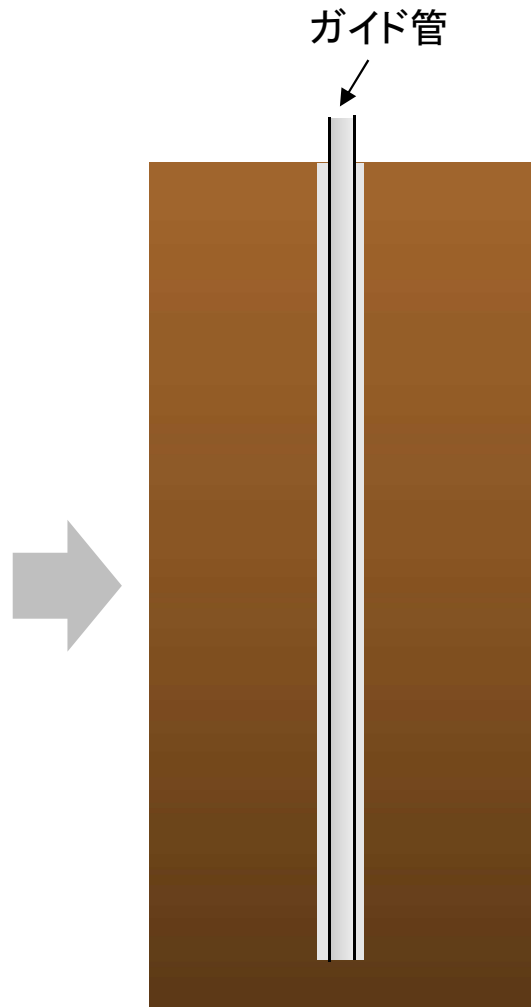
孔内傾斜計

# 孔内傾斜計の概要(①観測孔設置)

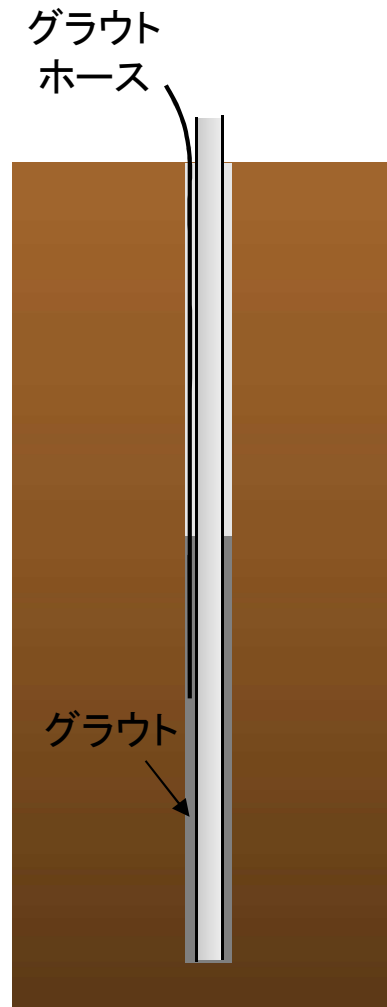
① ボーリング掘削



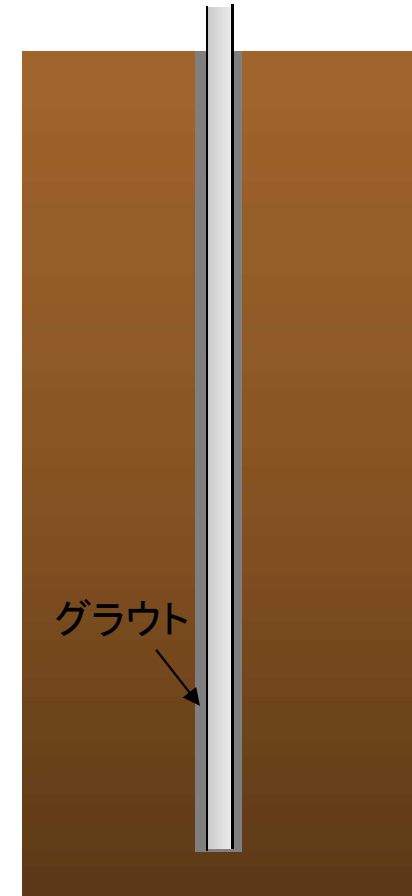
② ガイド管の設置



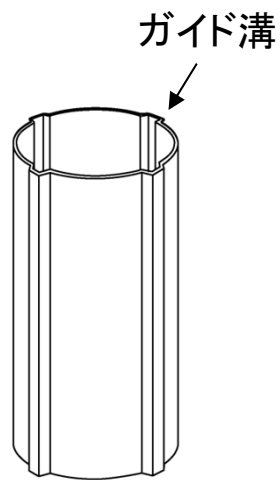
③ グラウト注入



④ 完成



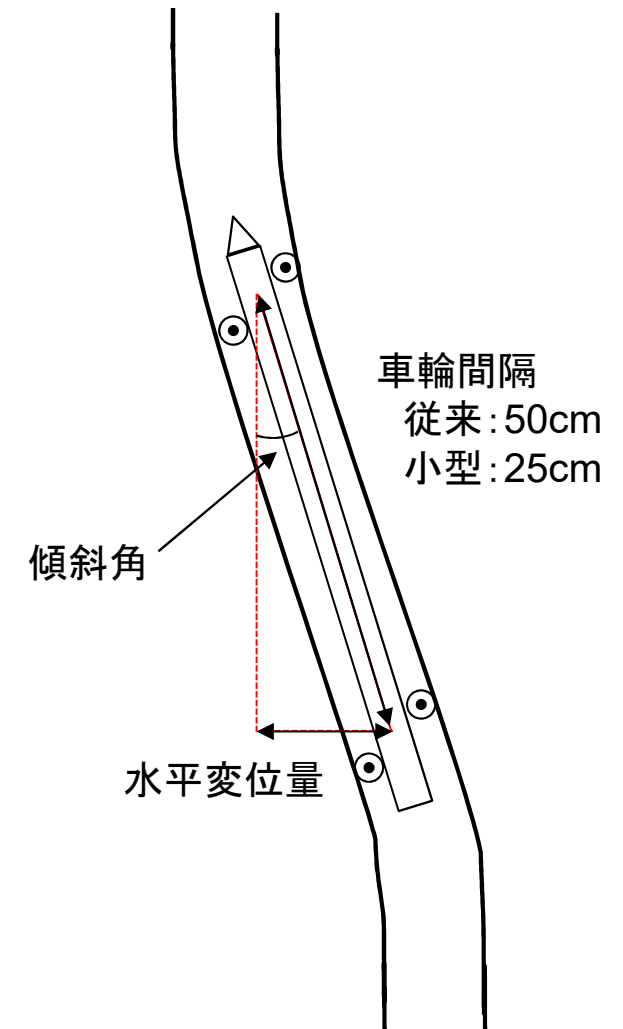
## ガイド管の例



## 計測器の例

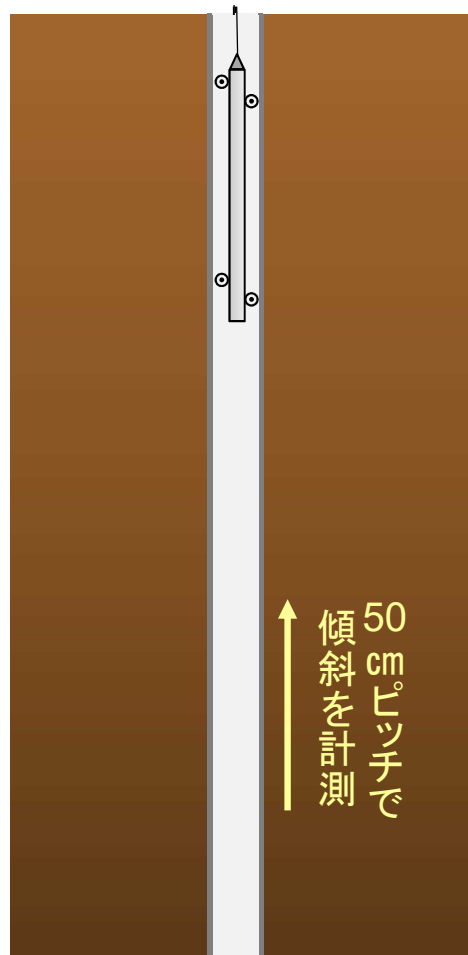


## 計測方法

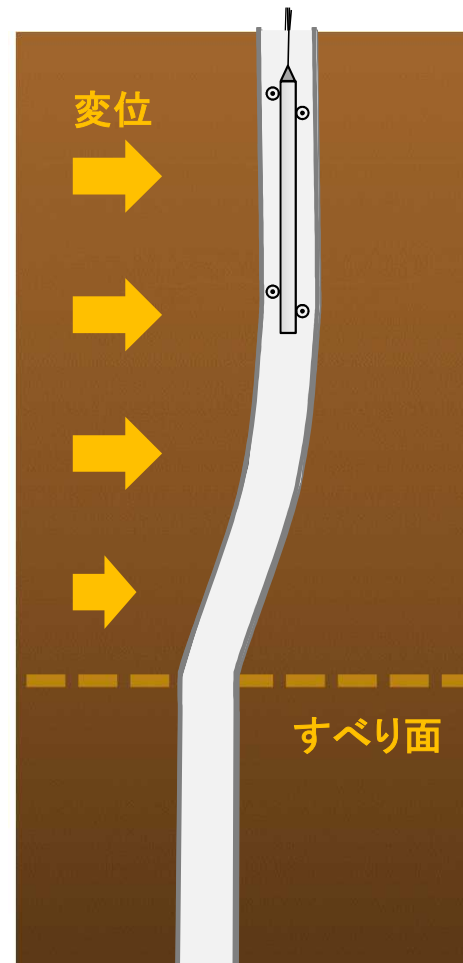


# 孔内傾斜計の概要(③計測)

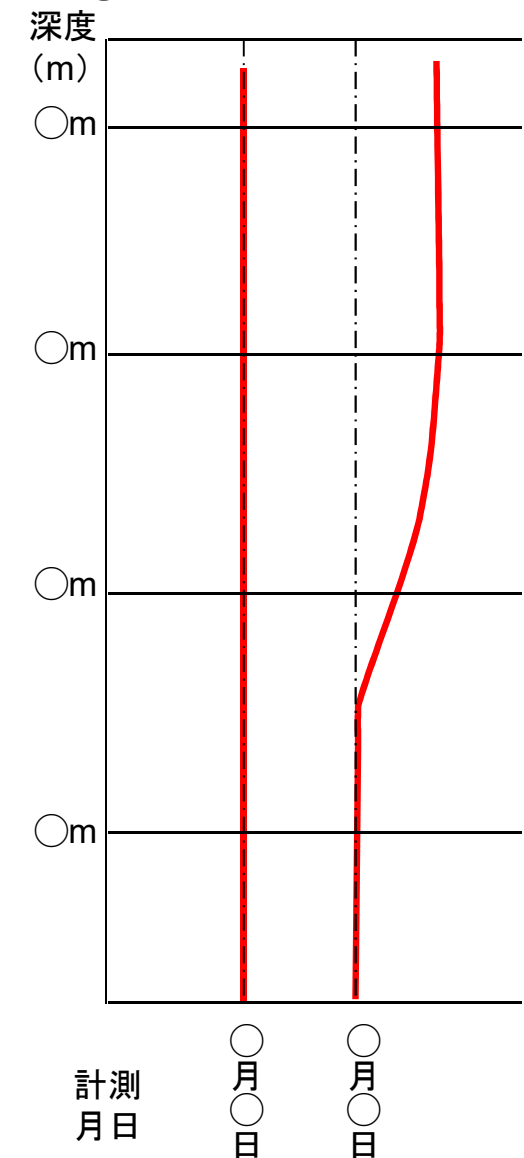
① 初回の計測(初期値)



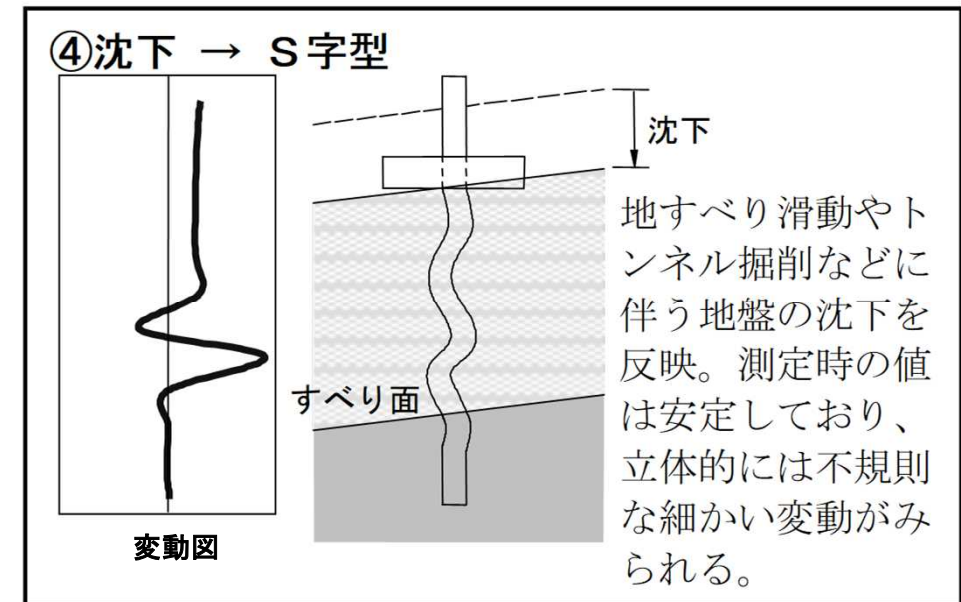
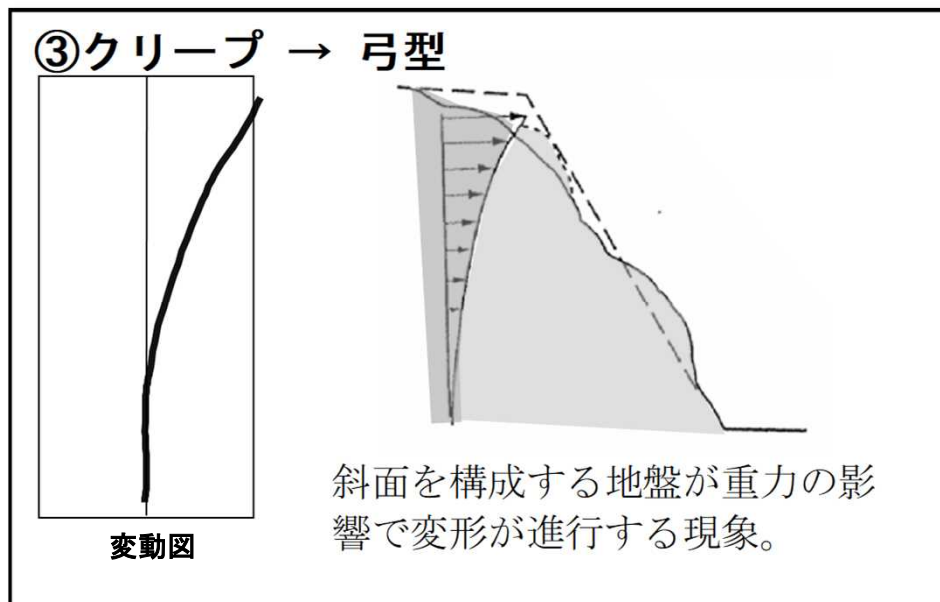
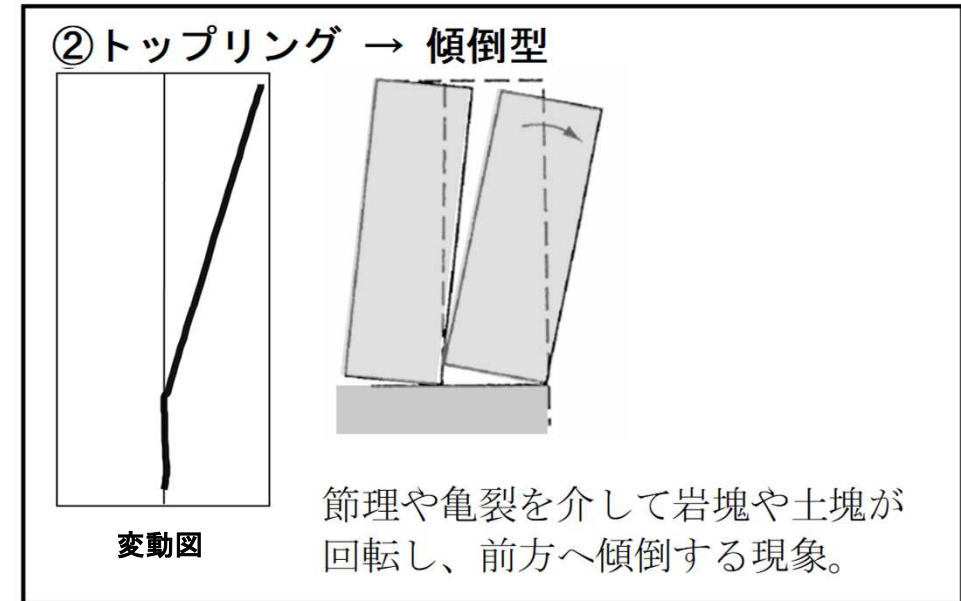
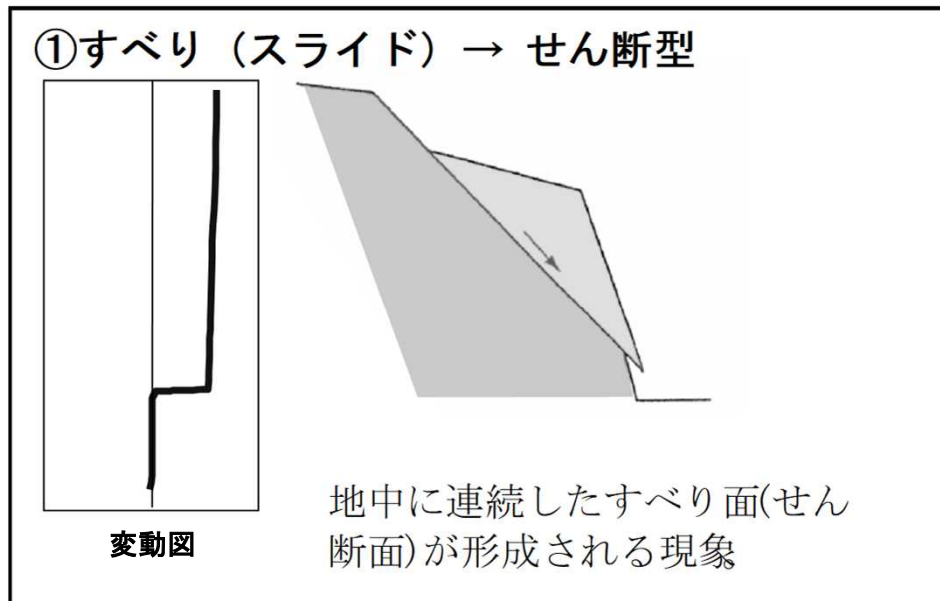
② 2回目以降の計測



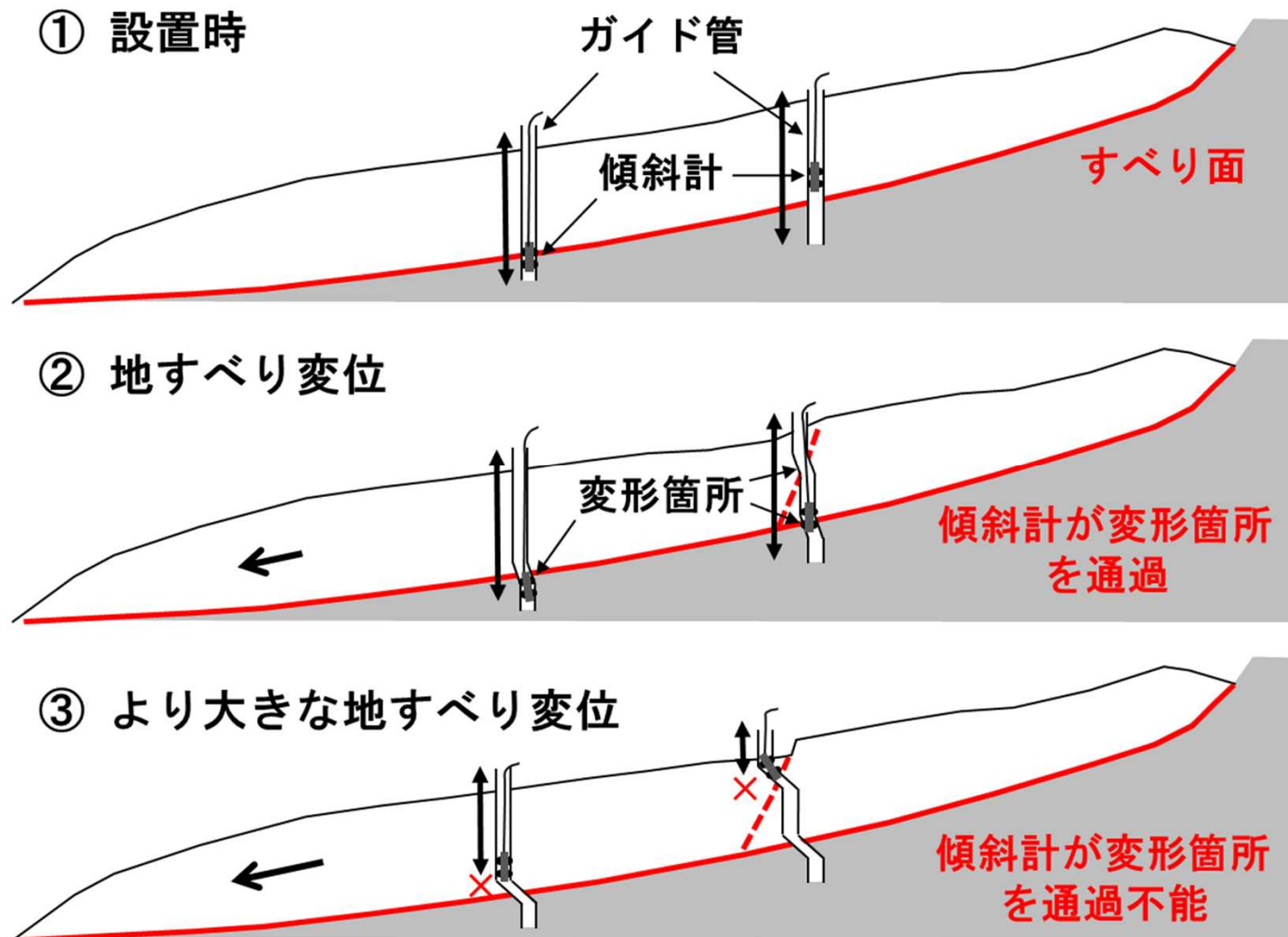
③ 計測データ整理



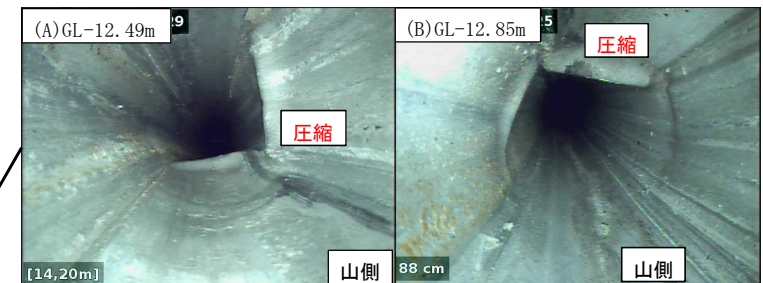
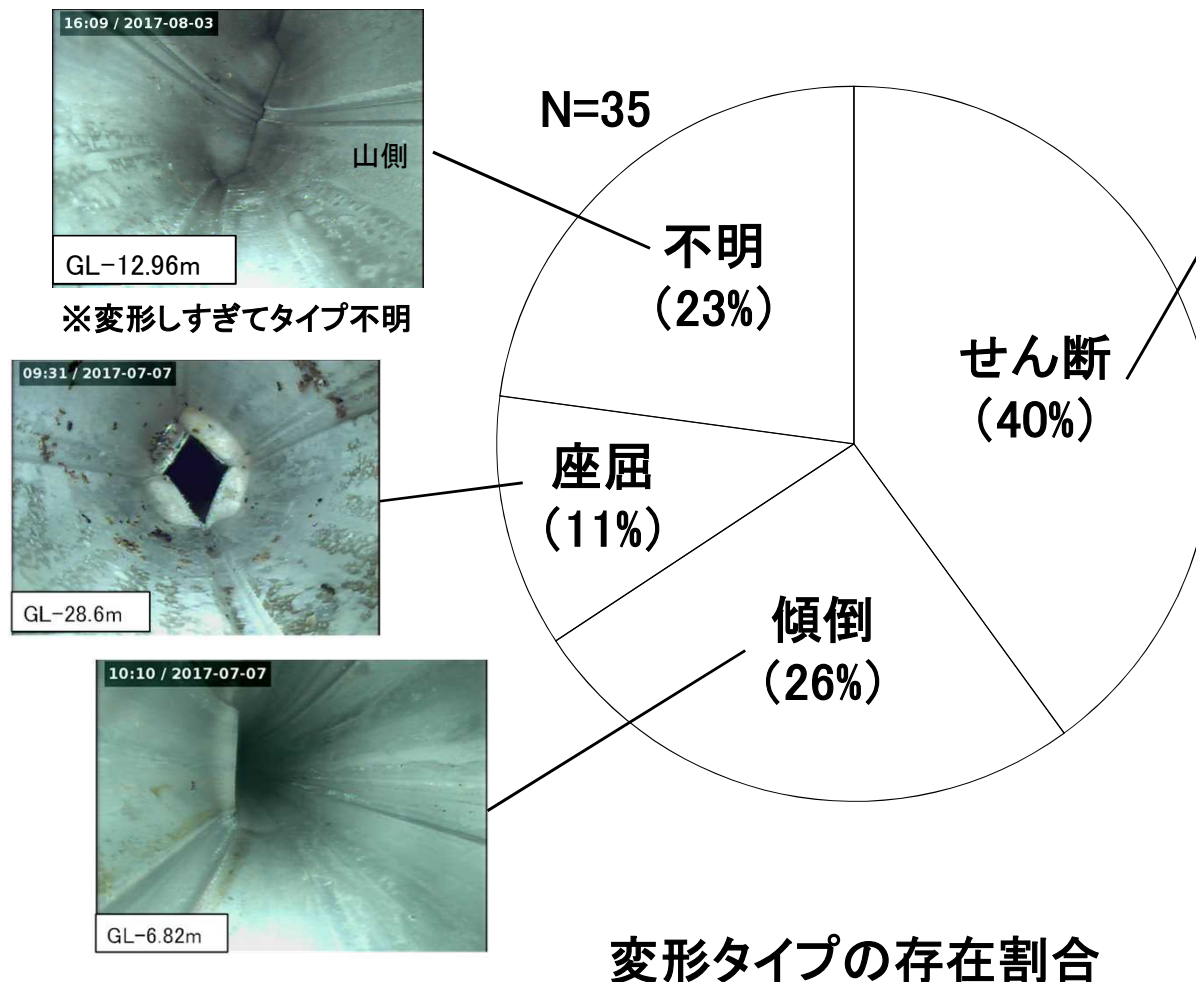




- すべり面が大きく変位すると観測が不可能となる(管が大きく変形すると計器の挿入限界を超える)。
- 管延長50cm当たり約2~4cm変位すると挿入限界となる。



- 孔内カメラを用いて、計測不能となった測定管の実態を調査。
- 「せん断」、「傾倒」、「座屈」の3タイプとともに管の内径が狭くなっている(隙間はある！)。

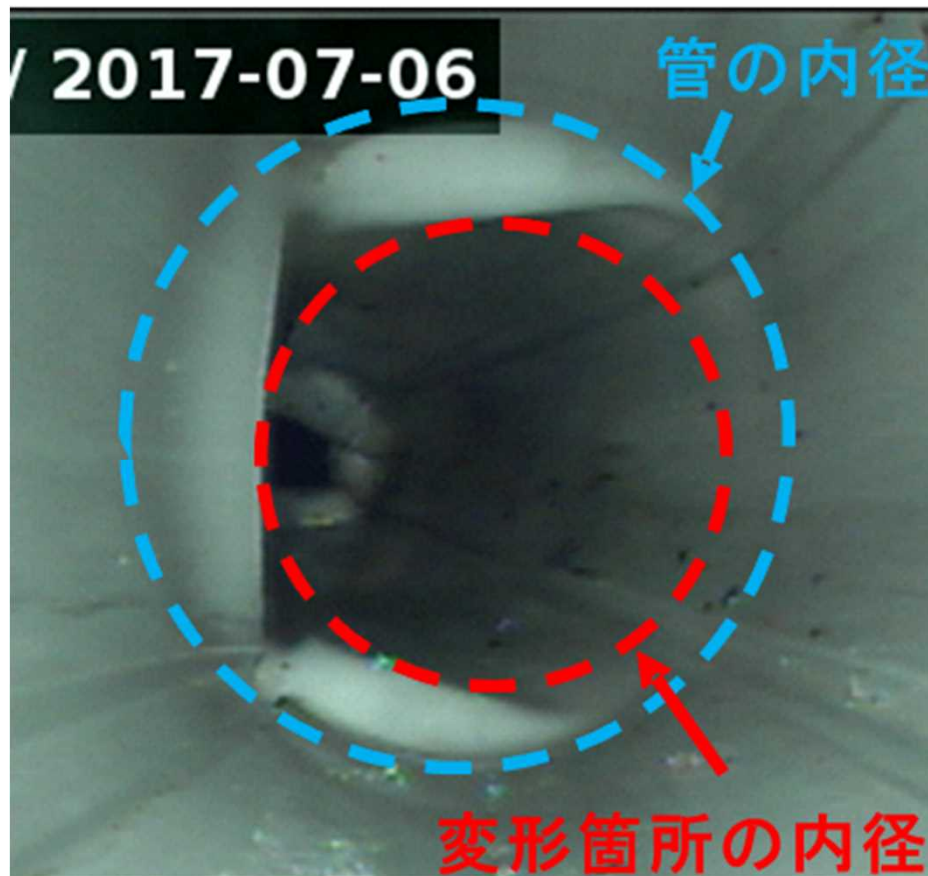


※同一孔で数十cm以内に互いに異なる方向で変形

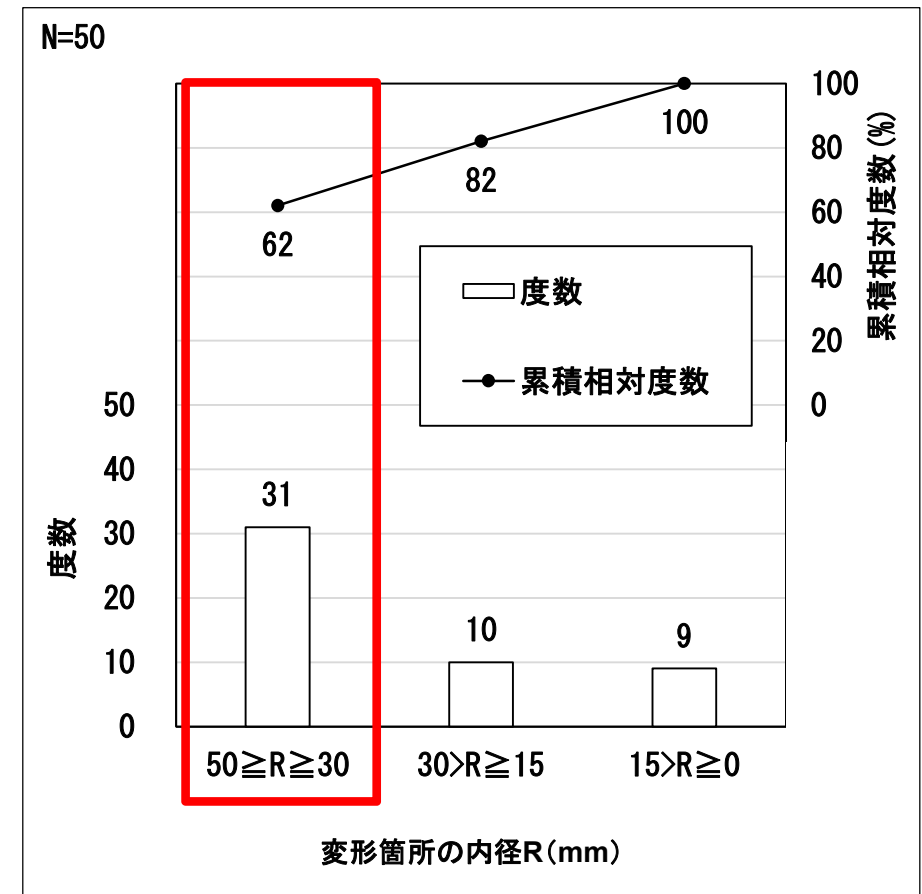


孔内カメラによる調査状況

- 管の閉塞の程度を把握するため変形箇所の内径を推定。
- 調査対象の約6割の管で内径30mmは確保。
- 計器の小型化によって、計測が継続できる可能性。



変形箇所の内径の推定



変形箇所の内径の頻度分布

## 計測不能となった測定管の実態調査

- 管の内径が狭くなっているが隙間はある。
- 調査対象の約6割の管で内径30mmは確保。
- 計器の小型化によって、計測が継続できる可能性。



## 新型計器の開発方針

- 計器の**小型化**を図る（長さや直径を小さくする）。
- 従来型計器と**同等の計測精度**を確保。

共同研究 長期観測を可能にする地中変位観測技術の開発  
土木研究所、応用地質株式会社、多摩川精機株式会社、  
坂田電機株式会社、株式会社オサシ・テクノス

小型・軽量化



新型

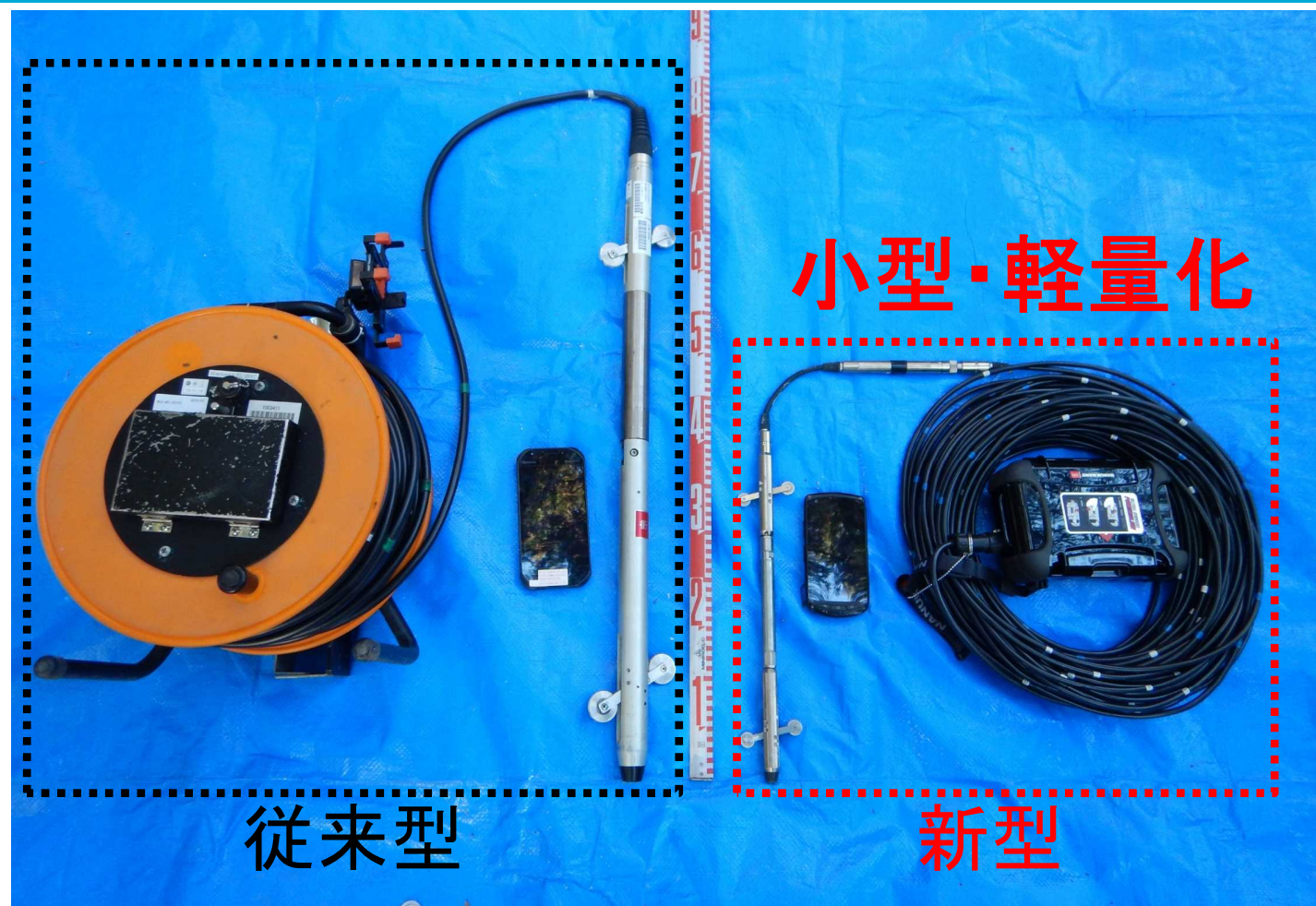
従来型



OYO 応用地質株式会社製

	従来型	新型	
延長：	660mm	360mm	（約45%小型化）
直径：	30mm	20mm	（約30%小型化）
質量：	1.7kg	0.7kg	（約60%軽量化）





延長： 779mm  
直径： 32mm  
質量： 1.6kg



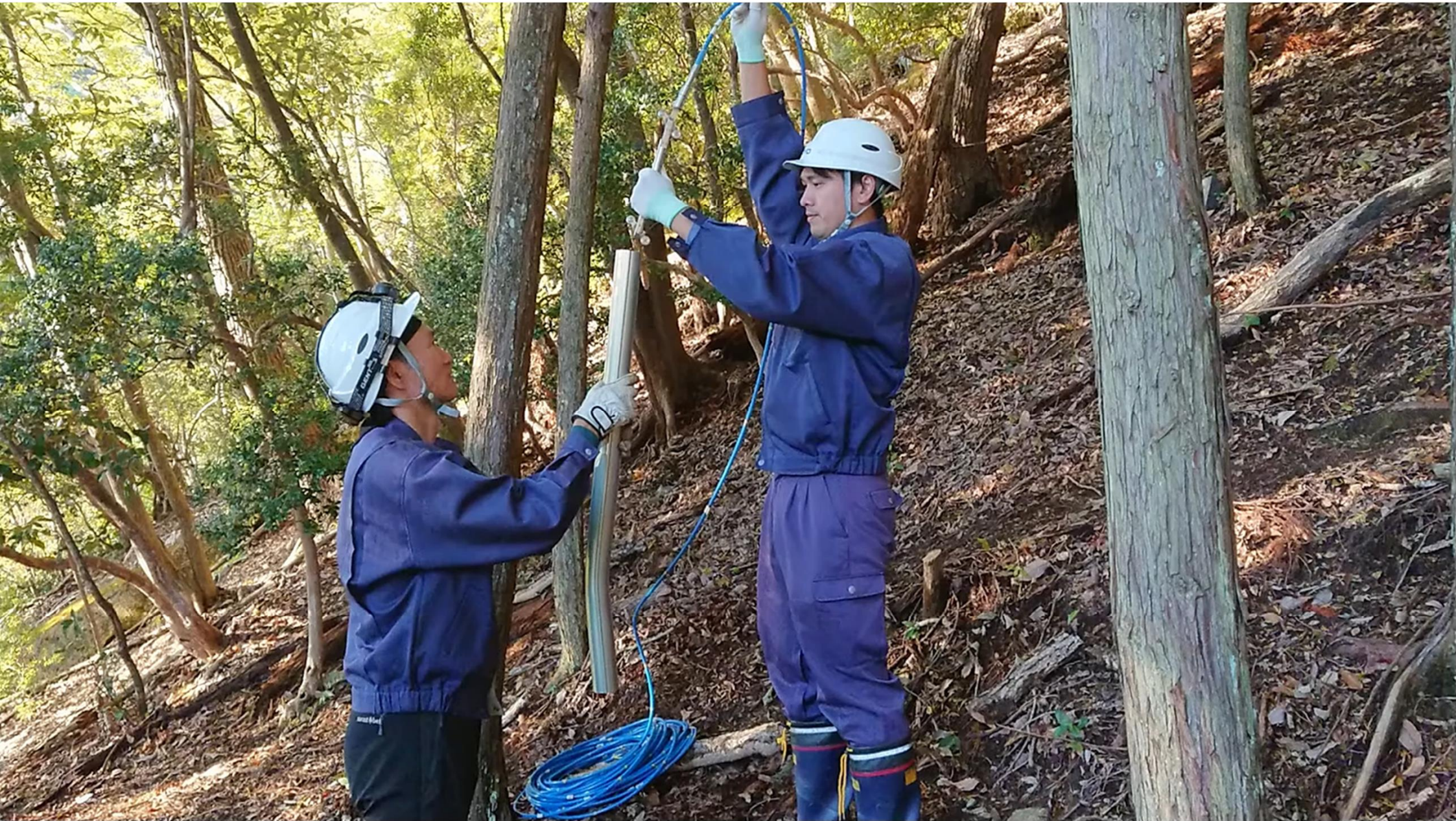
487mm (約40%小型化)  
15mm (約50%小型化)  
0.35kg (約80%軽量化)

坂田電機株式会社製

# 「従来型」孔内傾斜計



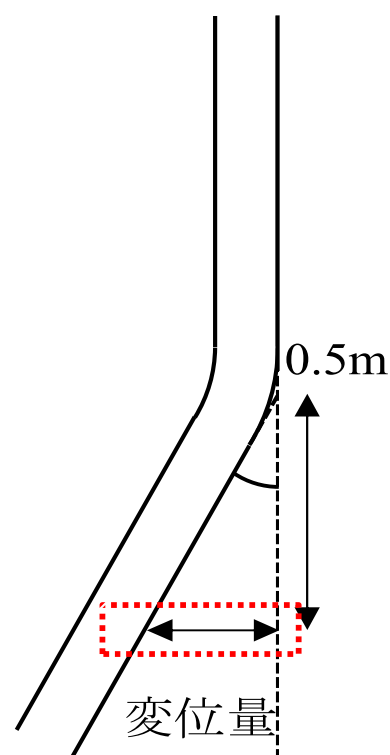
# 「新型」孔内傾斜計



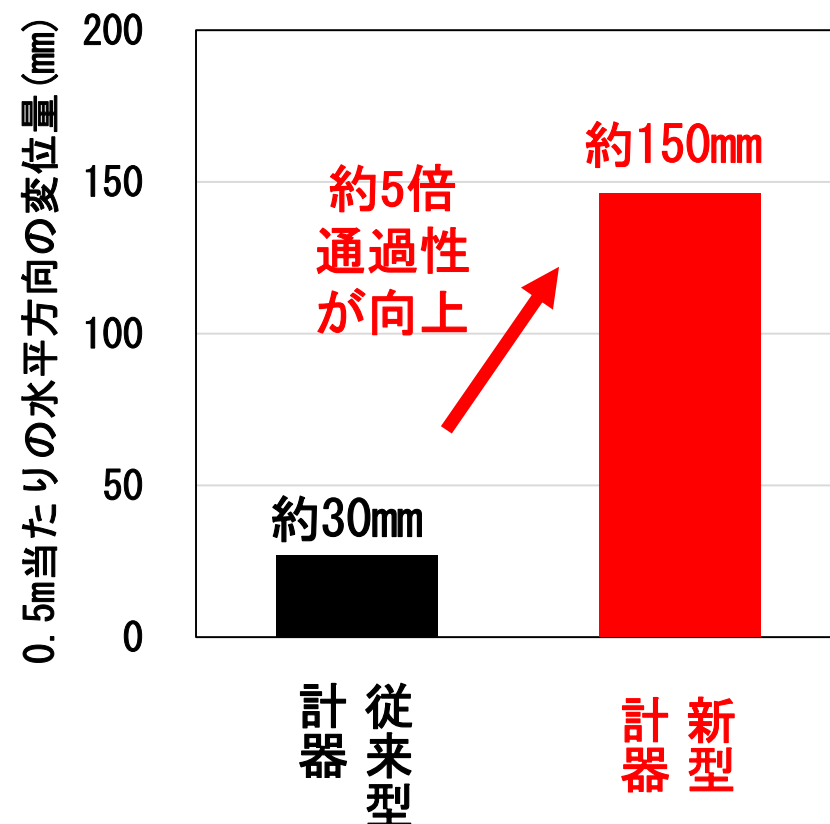
- 変形させたガイド管を用いて、計器の通過性を確認。
- 従来型では約30mmの変位量で通過できなかったが、新型計器では約150mmの変位量を通過できた。



通過性試験



ガイド管の変位量

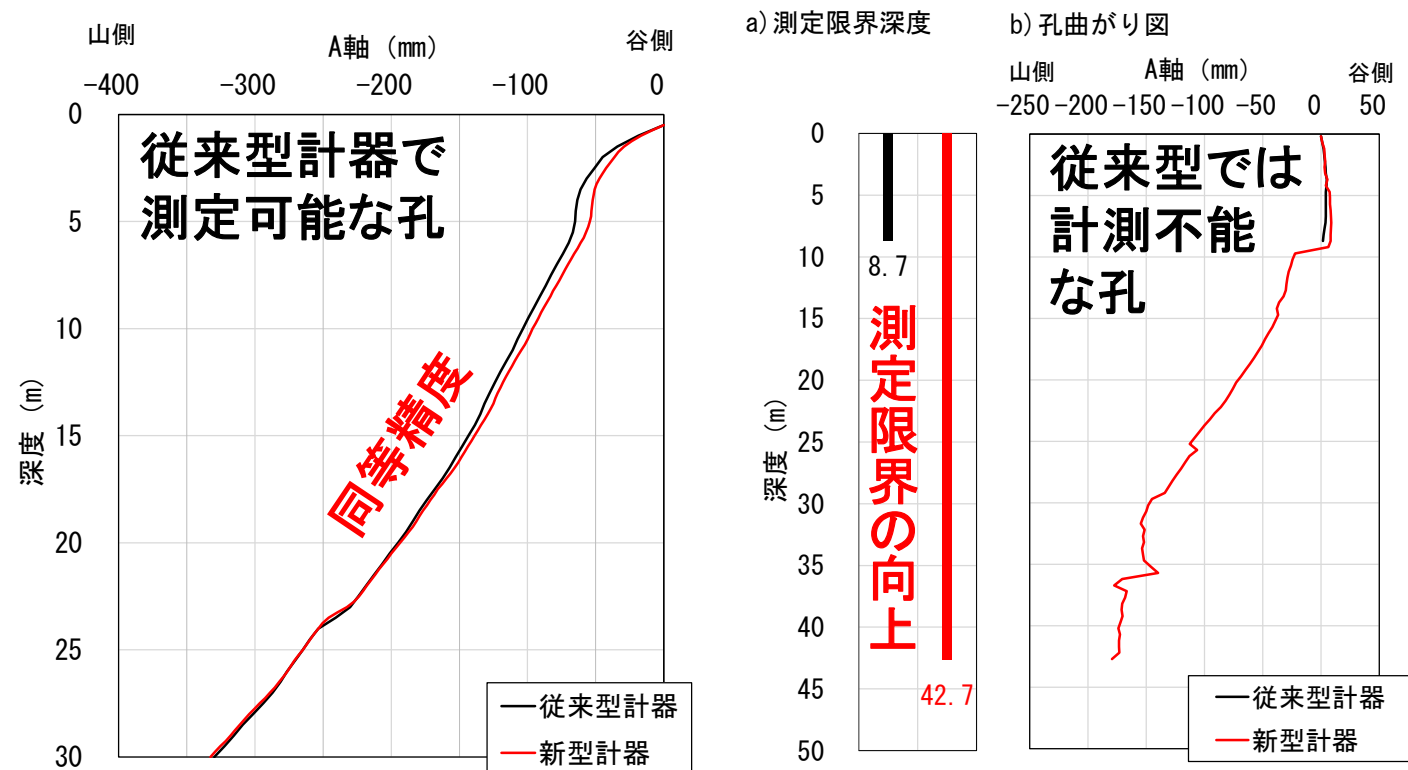


通過した限界変位量

- 地すべり地に設置されたガイド管を用いて、計器の測定性能や操作性等を検証。
- 新型計器は、従来計器と**同等の精度**で計測でき、また、**従来型の測定限界を超えて測定可能**。



現場実証試験



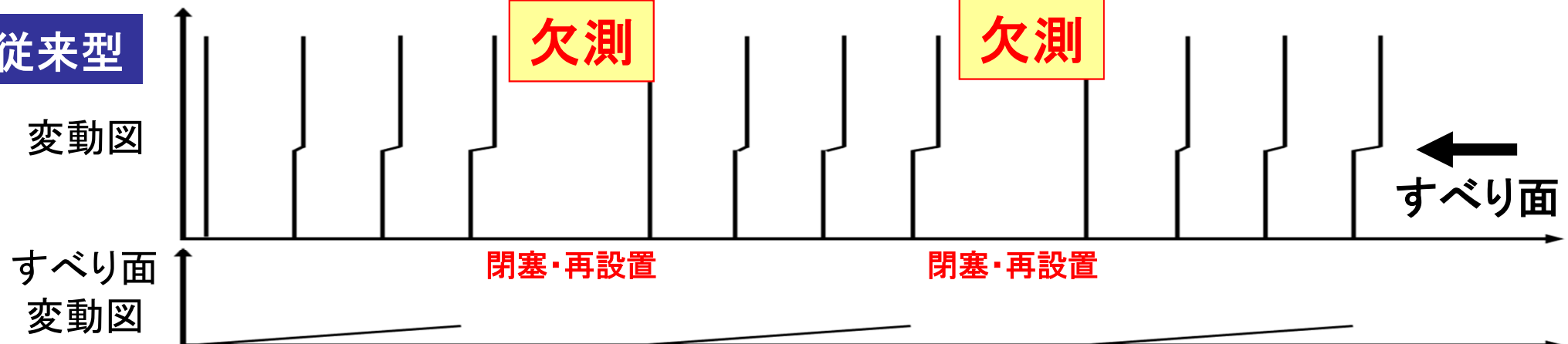
計測結果

# 効果① 長期連続観測の実現

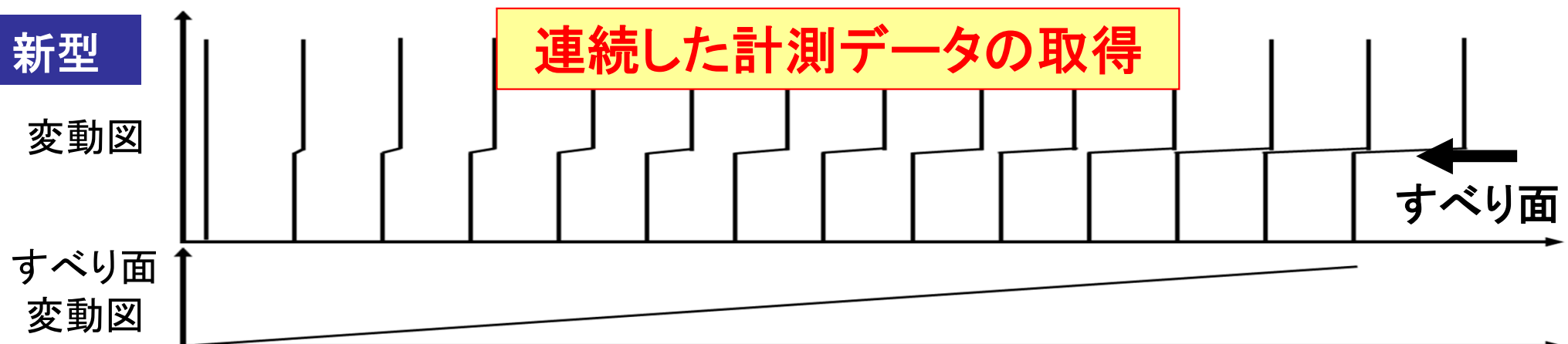
- 連続的な変動を観測可能！
- 観測期間の空白が解消！

通過性向上が5倍であれば、  
理論上は観測期間が5倍に。

## 従来型

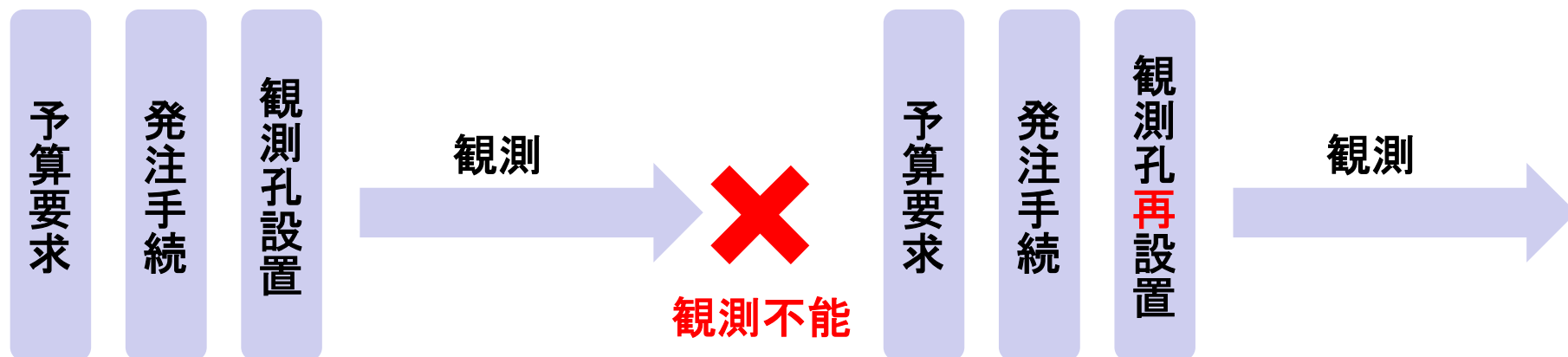


## 新型



- 観測孔の再設置コストの縮減！
- その分の予算要求や発注手続きが不要。

## 従来型



## 新型



- 計器の軽量化で運搬の負荷軽減！



一式は約半分に軽量化



確かな重み

一苦労?

どっこいしょ

うんこしょ



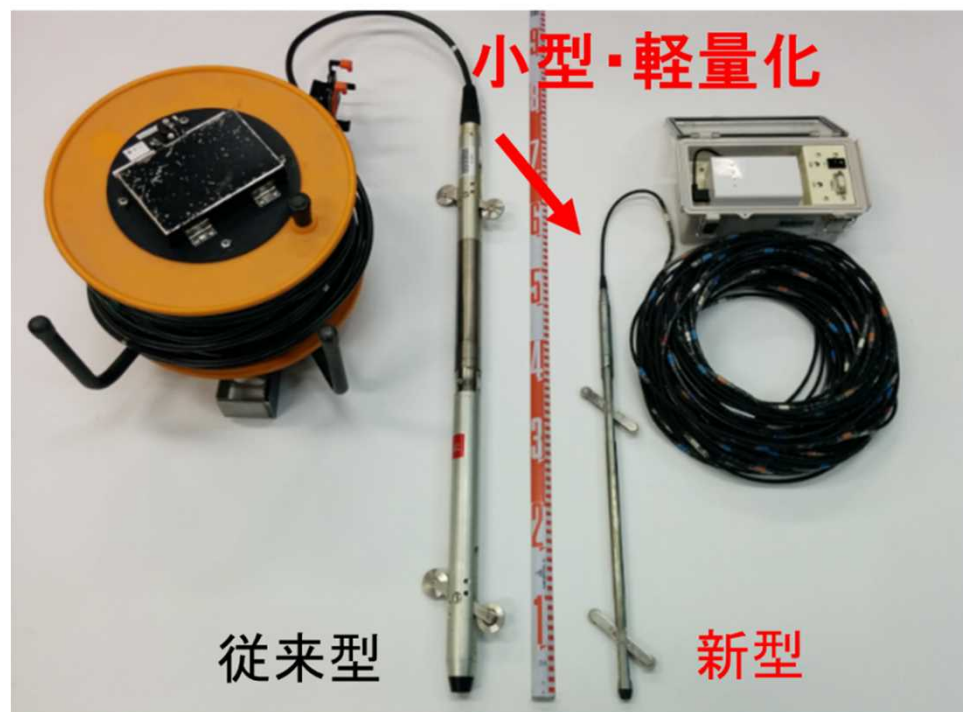
片手で持ちつつフタもできる！

## 共同研究報告書第530号

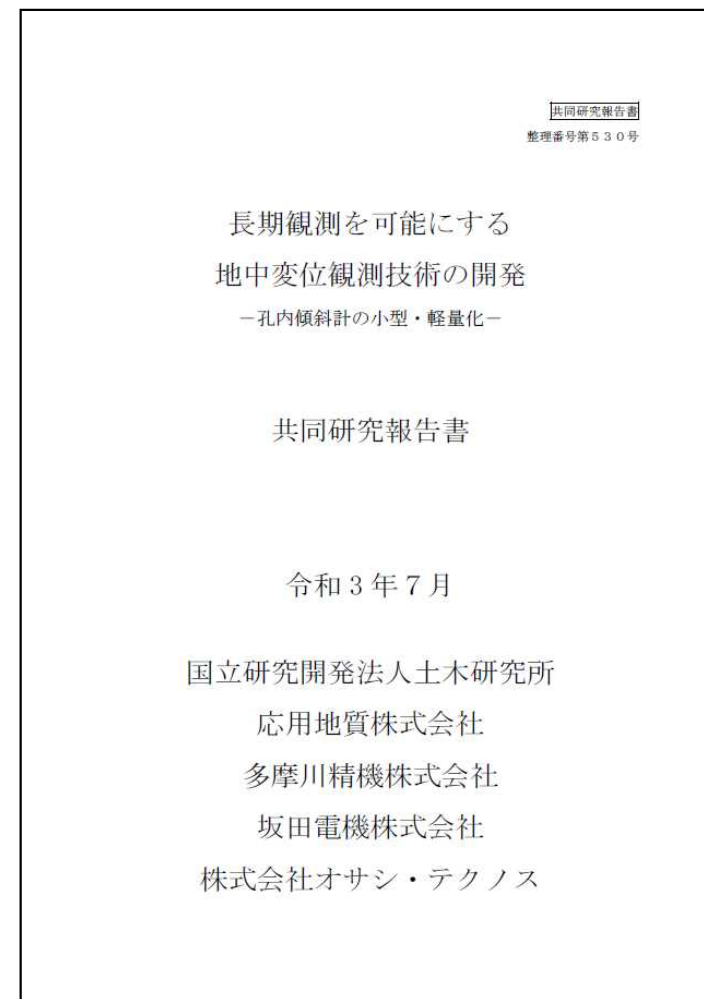
### 「長期観測を可能にする地中変位観測技術の開発

### —孔内傾斜計の小型・軽量化—」

土研HPからダウンロード可能です



新型・孔内傾斜計の一例



ブースで実物を展示しています！ぜひ御手にとって御覧ください！

令和5年度  
土研 新技術ショーケース2023 in札幌

コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版

国立研究開発法人 土木研究所  
寒地土木研究所 耐寒材料チーム

2023年12月14日

# はじめに

## 国交省等の技術情報

耐久性総プロ (1985-87)  
補修指針(案)



**本マニュアル**

- ・基本理念
- ・工法選択
- ・各工法の留意点  
(1冊にまとめた)

## 学協会の指針類

### 土木学会

- ・コンクリート標準示方書  
[維持管理編]
- ・表面被覆工指針
- ・吹付けコンクリート指針

### コンクリート工学会

- ・ひび割れ補修指針



**最新の研究成果**

# はじめに

2016年のマニュアル発刊後の約5年経過し、

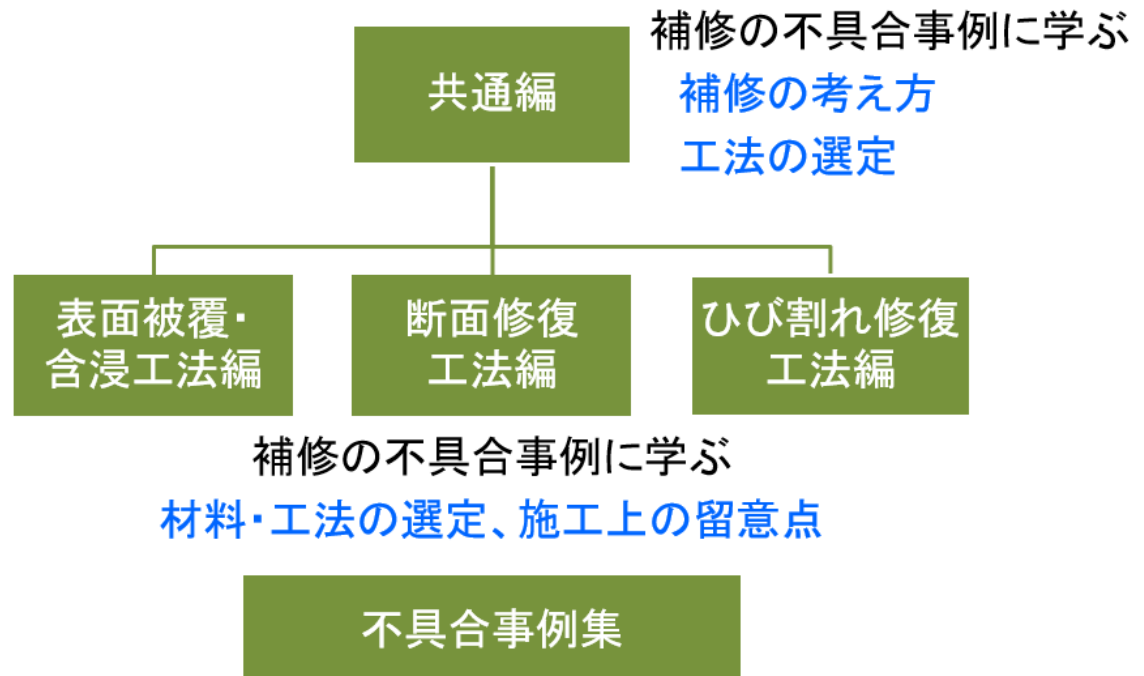
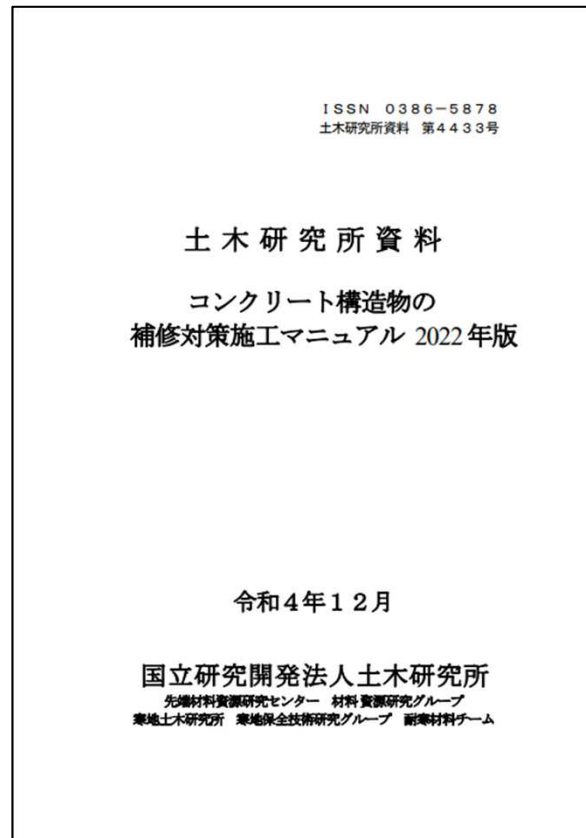
- ①内容の補足や不足箇所、新たな知見等の追加
  - ②ユーザーからの問い合わせ等への対応内容を検討
- ⇒改訂版を作成

本マニュアルの補修理念は国交省の標準となってきた

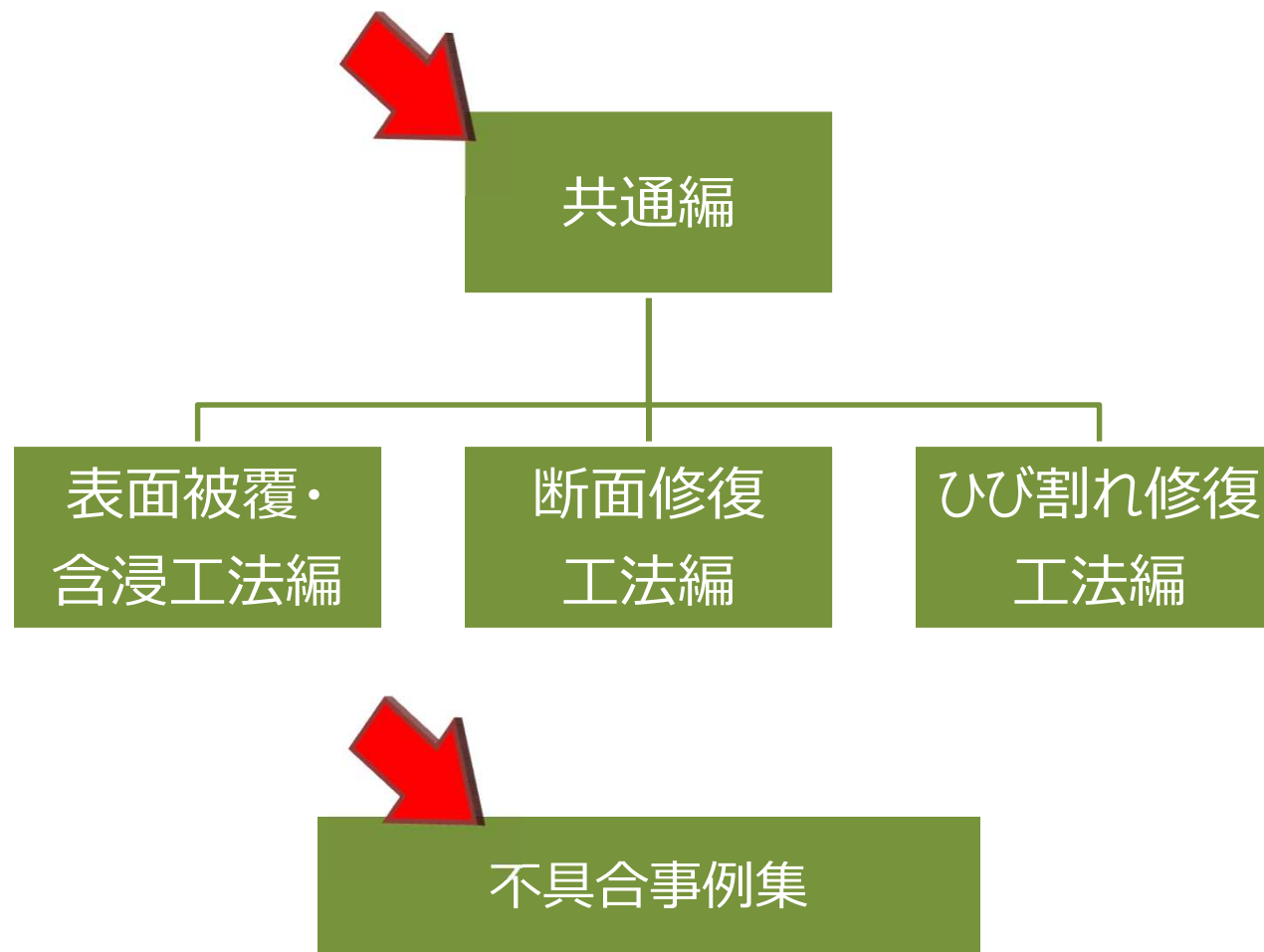
- 北海道開発局や各地方整備局で手引き的な参考資料として運用
- 各地整や地方事務所、民間会社等で本マニュアルの内容を多数引用した独自手引き等を作成してコンクリート構造物の維持管理に運用
- 国交省の橋梁研修の統一テキストに本マニュアルの内容が多数引用
- 本マニュアルの講習会を全国で多数実施

# はじめに

## コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版 土木研究所資料No.4433、2022年12月発刊



# 不具合事例と共通編



# 不具合事例

- 断面修復材の剥離
- 想定される原因
  - 劣化部位の除去が不十分で腐食が継続 ①状況判断
  - 剥がれやすい材料だった ②材料選定
  - 補修材とコンクリートの付着面の処理が不適切 ③工事管理



# 共通編：補修の考え方

補修 = 機能回復 であるが・・・

早期に補修箇所が再劣化して、期待した機能回復が得られない事例もある(紹介事例のように)



このような不具合は・・・

- ①劣化状況の**判断**(調査時など)のミス
- ②材料**選定**(設計時など)のミス
- ③工事**管理**(施工時など)のミス

上記の**不備(判断ミス、選定ミス、管理ミスなど)**に起因することが多い(不具合事例より)

# 共通編：補修の考え方

補修を成功させるためには・・・

- ①劣化状況の判断
- ②材料・工法の選定
- ③工事管理
- ④事前処理(水処理)

における、判断ミス、選定ミス、管理ミスをなくす

コンクリート構造物の補修方針  
の決定～工法の選定

材料・工法の選定や施工上の  
留意点

# 共通編：補修方針と補修工法の選定

塩害の例 ・劣化の段階を4段階（Co示方書とは少し異なる）

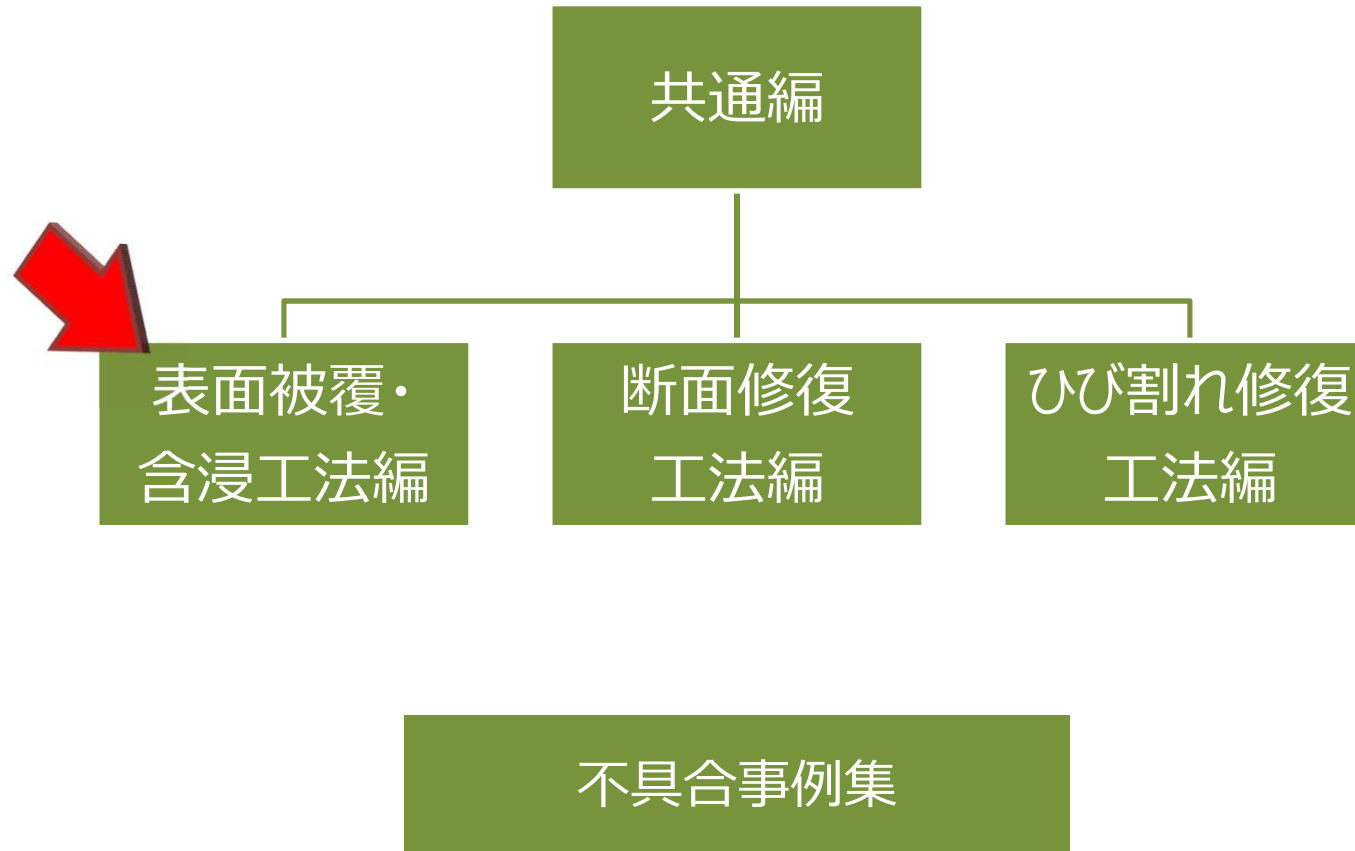
・劣化状況・補修方針・補修方法を対応化 ← **一つではなく組合せ**

外観変状なし (塩分量が 発錆限界以下)			外観変状なし (鉄筋腐食が始まる)			ひび割れや浮き, 錆汁			耐力低下が 懸念される劣化		
劣化 現象	補修 方針	補修方 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例	劣化 現象	補修 方針	補修方 法例
なし (鉄筋位置 における塩 分量が閾値 以下)	劣化因子の遮断	水処理	鉄筋腐食 開始, ひび割れ 無し	劣化因子 の遮断	水処理*	鉄筋腐食, ひび割れ 発生	劣化因子 の遮断, 水分の浸 入抑制	水処理*	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	劣化因子 の遮断, 水分の浸 入抑制	水処理*
		表面含浸			表面含浸*			表面含浸*			表面含浸*
		表面被覆			表面被覆*			表面被覆*			表面被覆*
なし	不動態 皮膜の 保護・復 元	脱塩	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復	鉄筋腐食 発生	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	不動態皮 膜の保 護・復元	断面修復	
				脱塩			脱塩			脱塩	
なし	鉄筋防 食	電気防食	鉄筋防食	電気防食	鉄筋腐食, ひび割れ 発生	鉄筋防食	電気防食 防錆剤	鉄筋腐食, ひび割れ 進展	鉄筋防食	電気防食 防錆剤	
				電気防食			電気防食 防錆剤			電気防食 防錆剤	
同一構造物の他の部位で変状が確認された 場合、あるいは予防保全として実施			*断面修復が行われる場合は、その後に実施			剥離、剥 落	剥離防止	アンカー、巻 立て	剥離、剥 落	剥離防止	アンカー、巻 立て
						剥離、剥 落	コンクリート の復元	断面修復	剥離、剥 落	コンクリート の復元	断面修復
						*断面修復が行われる場合は、その後に実施			鉄筋の腐 食	鉄筋の回 復	鉄筋の交 換
									耐力の低 下	構造的補 強	補強, 再 構築

## 共通編：水処理について

- 排水溝，排水管の清掃  
(ゴミ，落ち葉，土砂の排除)
- 構造物の上面に，  
僅かな勾配を設ける.
- 水切りの設置
- 配水管の位置，径，長さ，向きの工夫
- 橋梁の桁間，桁端から下部工への雨水の落下  
対策
- 道路床版における表面防水層の設置

# 表面被覆・含浸工法編



# 表面被覆・含浸工法編：概要

■対象工法：①表面被覆工法、②表面含浸工法

■マニュアル(案)における提案

●施工に着目

施工のための調査:

—補修対象部位に供給される水分(塗膜に悪影響)

施工管理:

—作業環境: 温湿度、露点温度、含水状態

■改訂箇所: シラン系表面含浸材の新たな知見を追加

① 実建造物の追跡調査事例の紹介

② 冬期の施工管理方法の提案

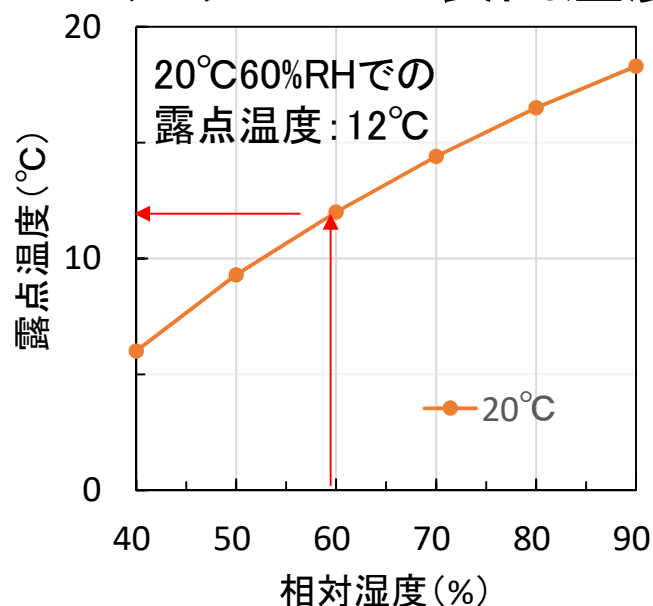
③ 吸水防止層の非破壊管理方法の提案

# 表面被覆・含浸工法編：施工前の品質管理

## 表面被覆施工前の露点温度で施工管理する方法

施工時にコンクリート表面の水分状態を確認することが重要

コンクリートの表面温度 < 露点温度 → 結露発生



露点温度の試験例



表面温度の測定例

管理項目	管理方法	頻度	判定基準
露点温度	表面温度計など	施工日毎	コンクリート下地表面の温度が露点温度より3°C以上高いこと

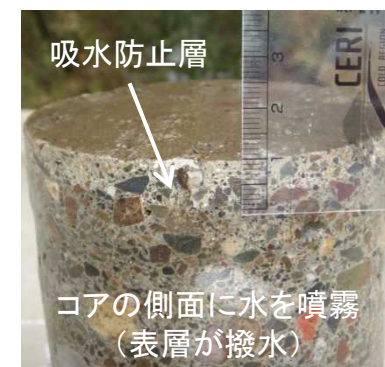
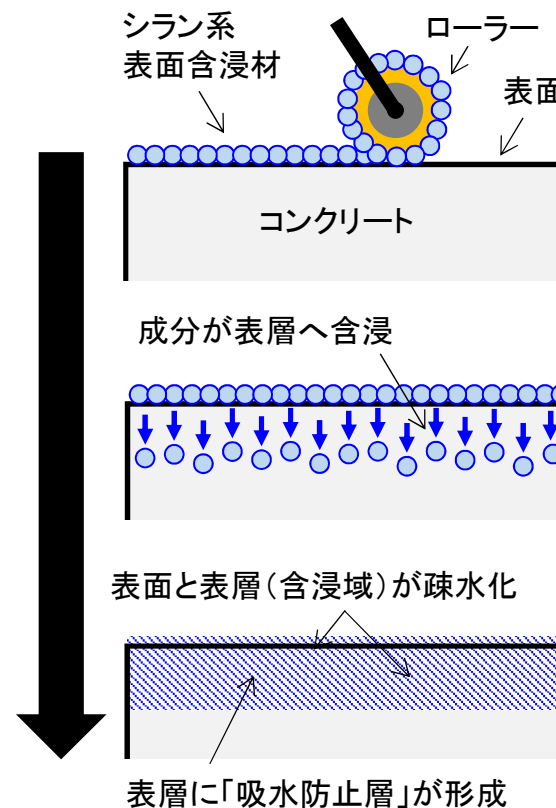
# 改訂箇所: シラン系表面含浸材の新たな知見を追加

## シラン系表面含浸材によるコンクリート表面の劣化予防

コンクリートの表面・表層に吸水抑制機能を付与し、水の侵入に起因する劣化を抑制する液状の補修材。施工性や経済性に優れており、施工実績は多い。



施工の一例(道路橋地覆)

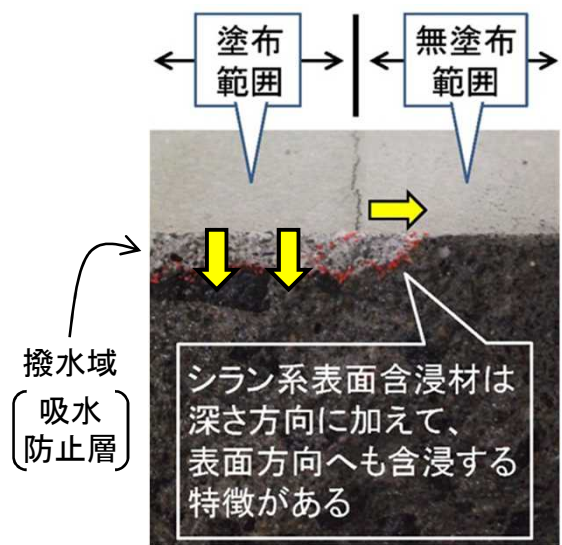


# 改訂箇所①: 施工時の吸水防止層の非破壊管理方法の提案

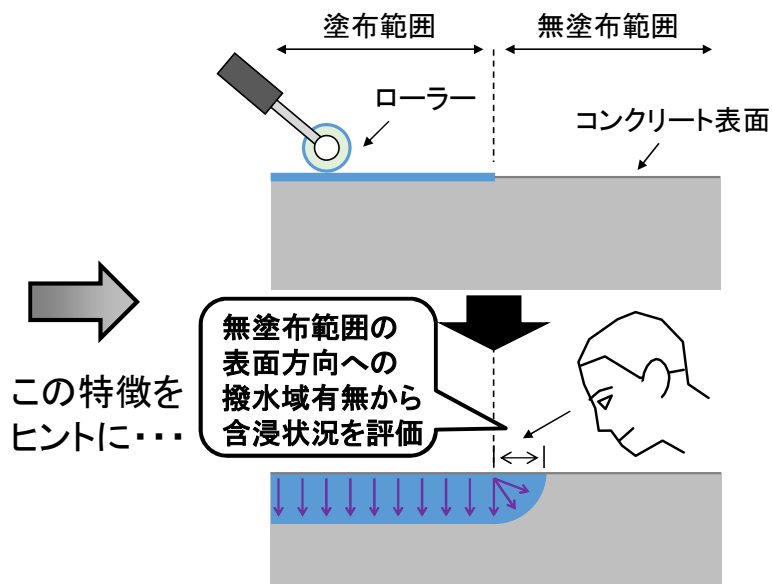
- ・現在、塗布後の吸水防止層は管理されていない
- ・必要に応じてコア採取で確認は可能⇒効率的ではない



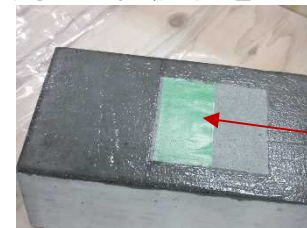
☆シラン系表面含浸材の含浸の特徴から簡易測定法を提案



割裂面に水を噴霧した様子



測定面(無塗布)を作って  
周りに含浸材を塗布



測定面

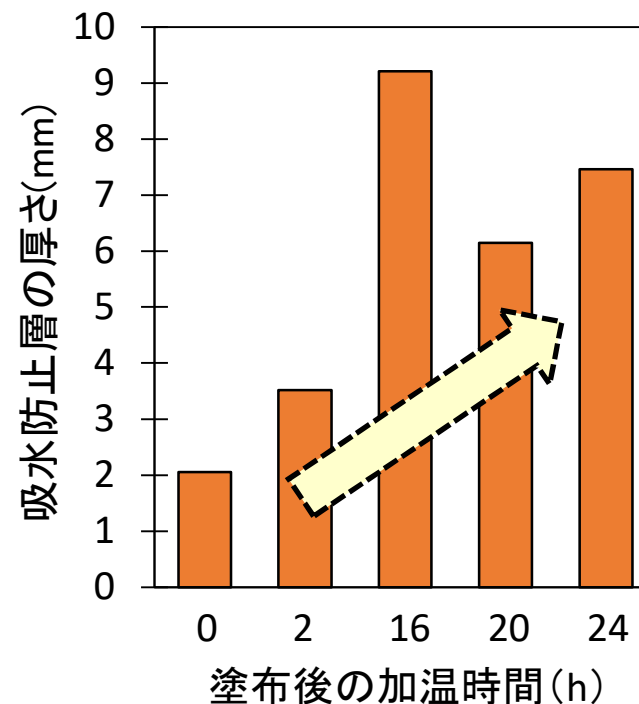


測定面の撥水域を測定して  
吸水防止層の形成を確認

## 改訂箇所②: 寒冷環境下における施工方法の提案

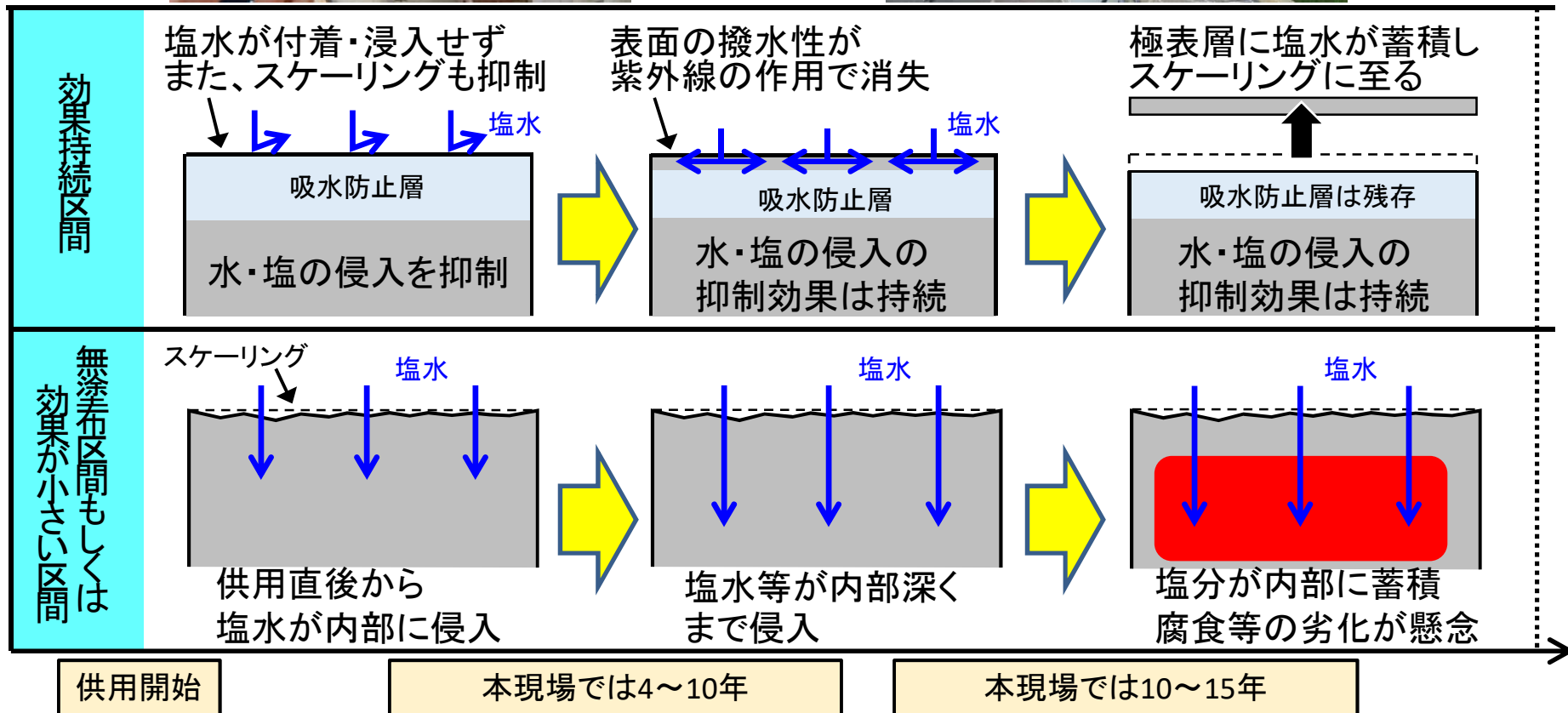
☆塗布後に加温養生によりシラン系表面含浸材の含浸深さが増加  
⇒吸水防止層厚の増加 ⇒含浸工法による予防効果の持続性向上

★寒冷環境下では塗布後24時間程度の加温養生を推奨

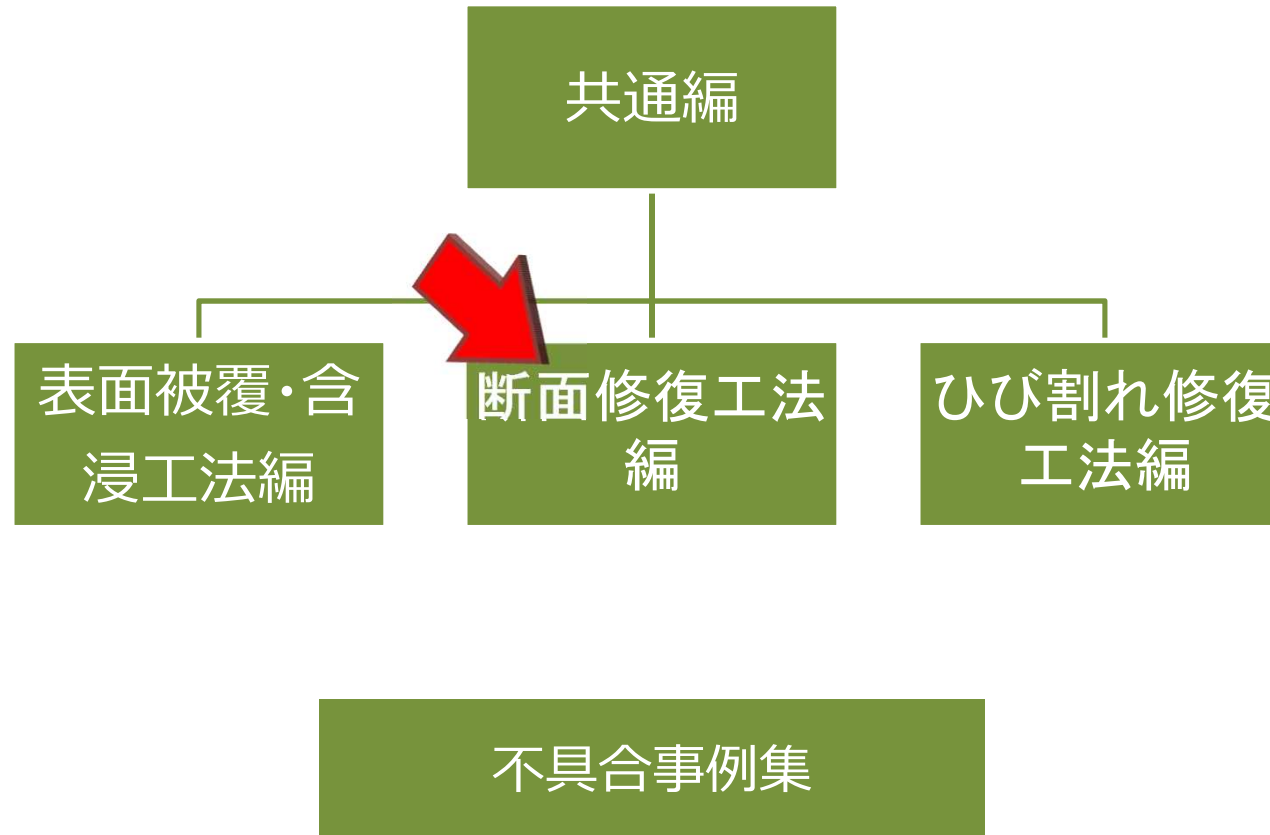


外気温約5℃の実橋における冬期施工実験

# 改訂箇所③: 北海道の実橋梁の地覆での15年間追跡調査結果



# 断面修復工法編



# 断面修復工法編：概要

## ■対象

- 工法：①左官、②充填、③吹付け

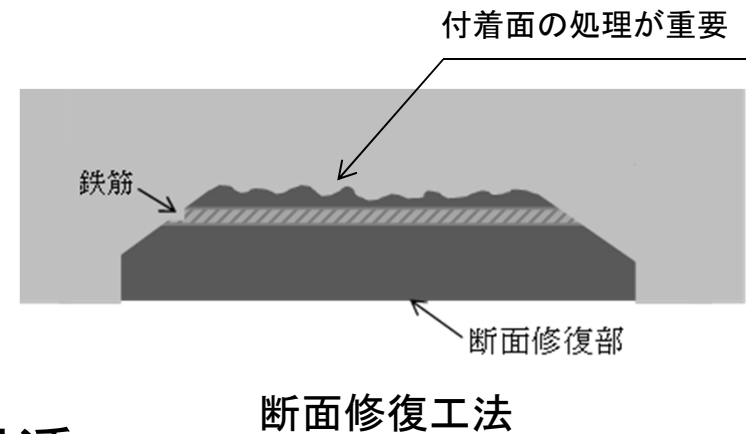
## ■マニュアル(案)における提案

- 断面修復材単体の性能評価方法

強度、耐凍害性、中性化、塩分浸透

- 下地コンクリートとの付着性状評価方法

付着試験方法、一般、水中環境での耐久性評価法の提案



## ■改訂箇所：補足事項や新たな知見を追加

- ①はつり界面の改善処置による付着耐久性向上技術を提案
- ②吹付け工法の記載の充実と留意点の追加
- ③各種鉄筋防食工法の特徴と留意点を整理

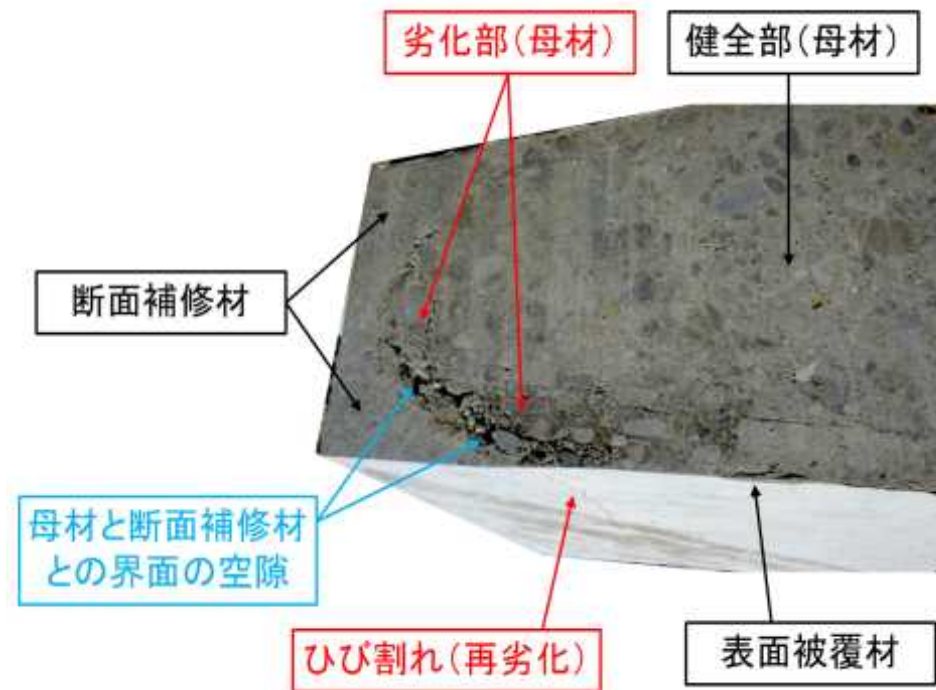
# 改訂箇所①：はつり界面の改善処置による 耐久性向上技術の提案

## 断面修復箇所の付着低下による再劣化事例

### 塩害の事例



### 凍害の事例



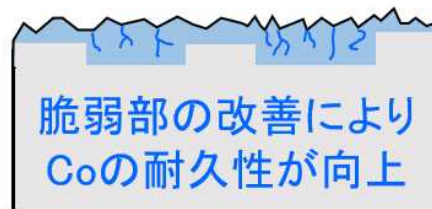
# 改訂箇所①：はつり界面の改善処置による断面修復箇所の耐久性向上技術の提案

コンクリートはつり界面の脆弱部を改善して断面修復する手法を提案

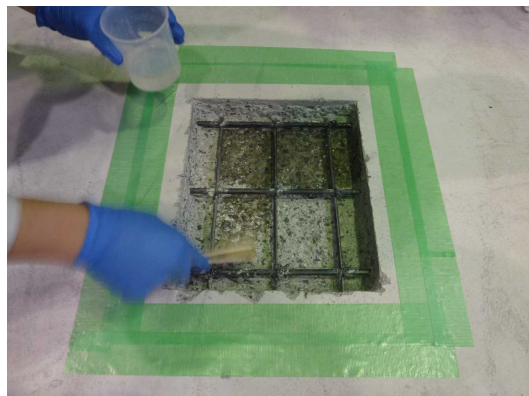
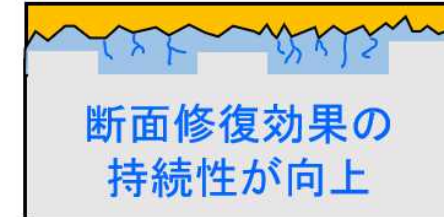
断面修復箇所の界面  
(断面修復前)



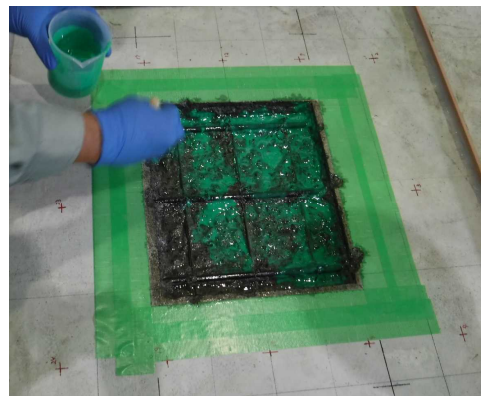
浸透系塗布材で  
脆弱部を改善



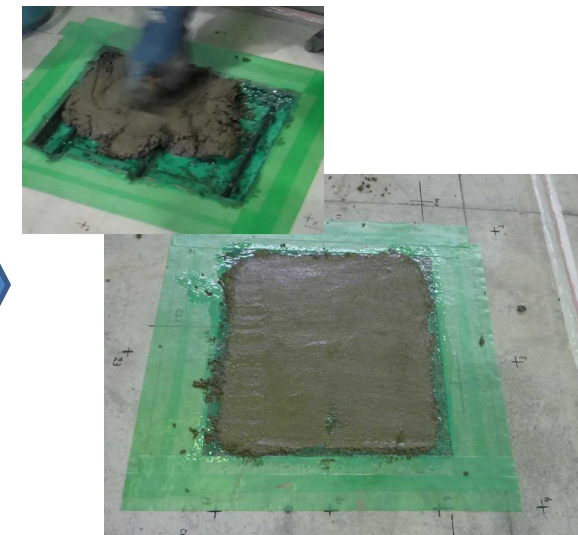
打ち継ぎ用接着剤で  
付着を強化して断面修復



浸透性塗布材で  
脆弱部を改善



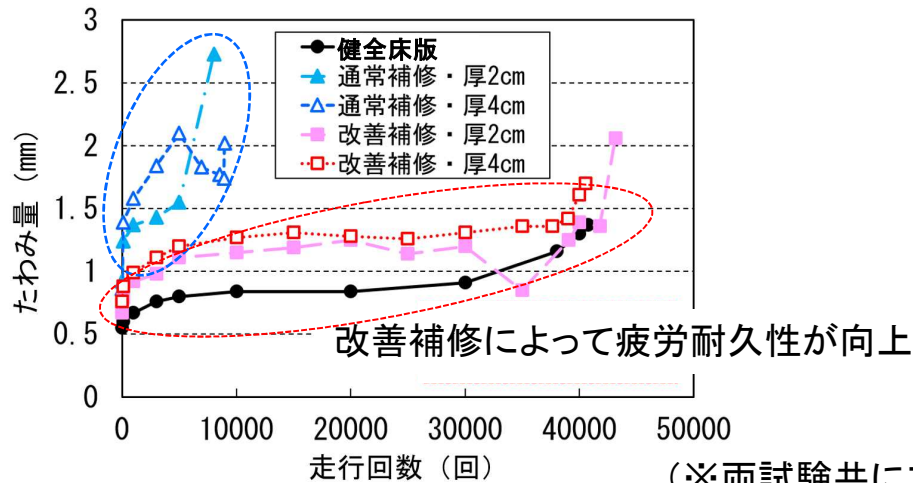
打ち継ぎ用接着剤で  
付着を強化



断面修復材を施工

# 改訂箇所①：はつり界面の改善処置による断面修復箇所の耐久性向上技術の提案

輪荷重走行試験



凍結融解試験 (600cyc後)

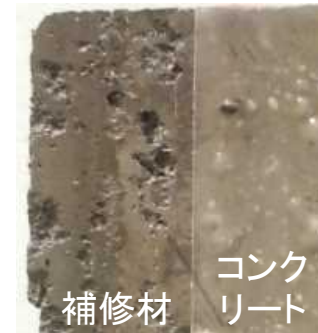
通常補修・厚2cm



コンクリートが大きく劣化

補修材 コンクリート

改善補修・厚2cm



コンクリートの劣化はほとんど見られない

補修材 コンクリート

(※両試験共にエポキシ樹脂系浸透性塗布材を使用した実験結果)

本手法の適用によって、疲労耐久性や耐凍害性の向上が見込まれる

# 改訂箇所②：吹付け工法の記述充実と留意点の追加

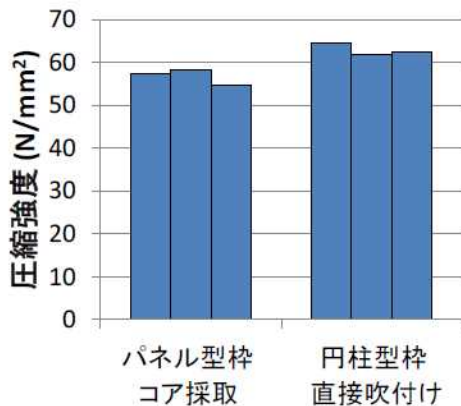
## 吹付け工法(湿式・乾式)の供試体作製時や施工時の留意点



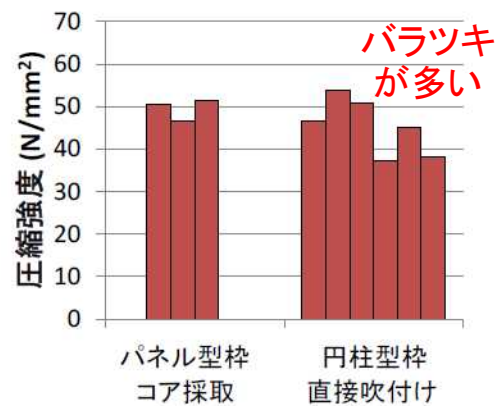
パネル型枠の供試体作製状況



円柱型枠  
直接吹付け  
乾式での  
豆板発生状況



湿式吹付け

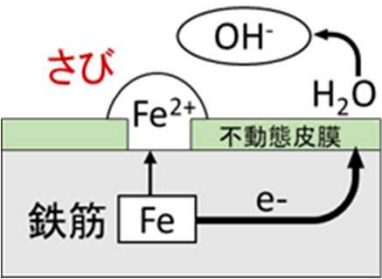
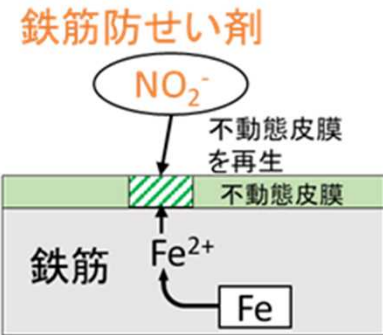
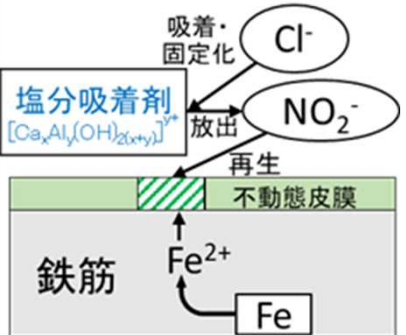
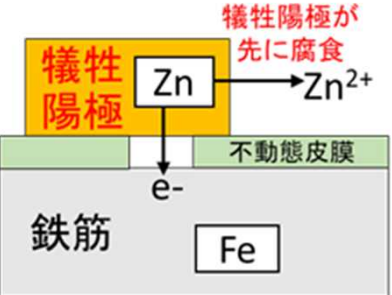
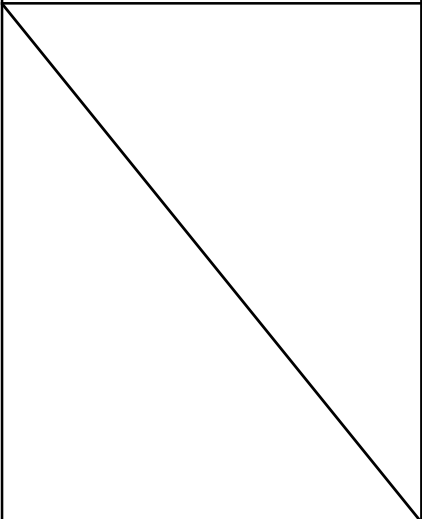


乾式吹付け

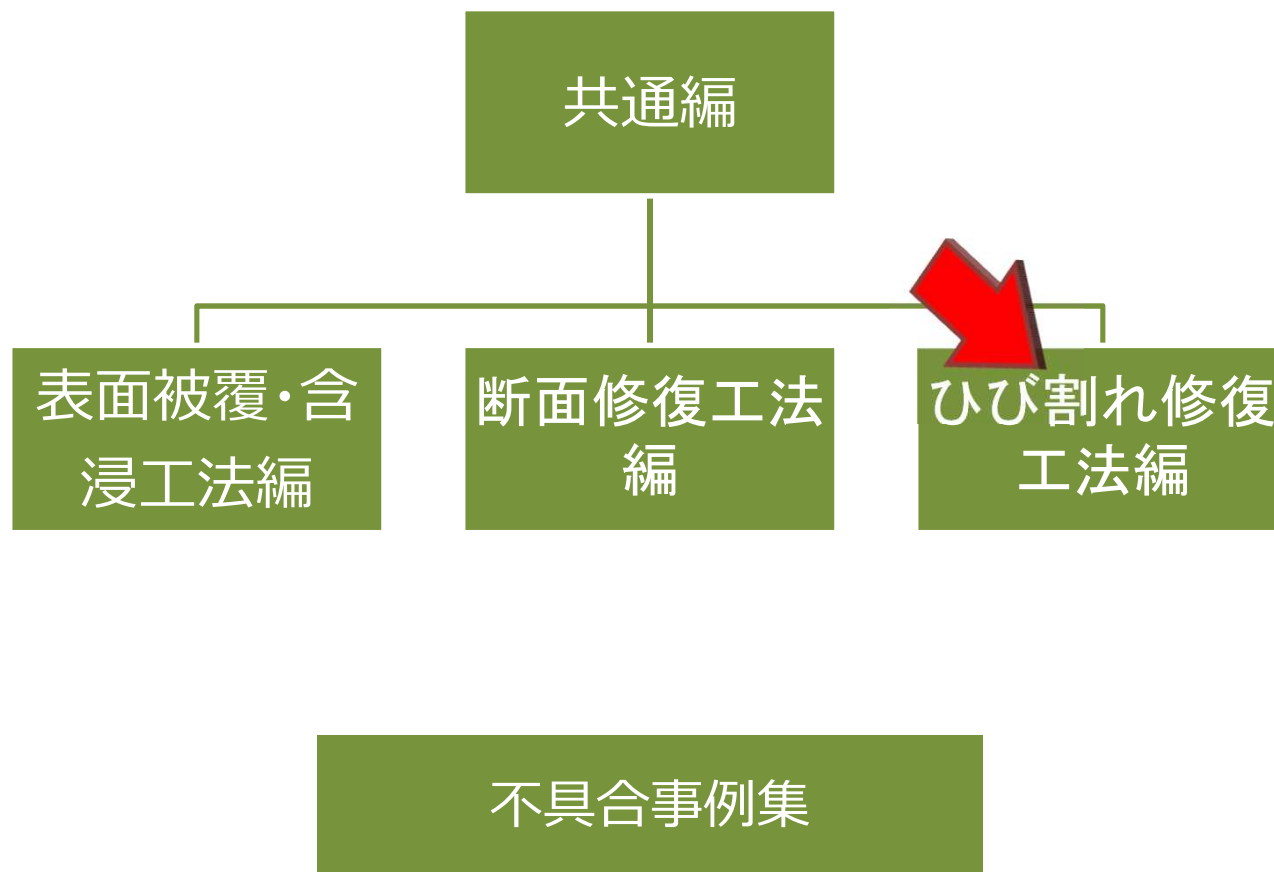
- ・ノズルマンの技量  
⇒吹付の良否が左右  
⇒工法毎のノズルマン教育
- ・エントレインドエアが抜ける  
⇒耐凍害性の低下に留意!
- ・乾式はノズル内混合  
⇒吹付け初期は未混合分の除去技術が必要
- ・強度確認  
⇒乾式の円柱直接はダメ  
⇒パネル型枠での強度確認を

# 改訂箇所③：各種鉄筋防食工法の特徴と留意点を整理

## 各種鉄筋防食工法の特徴と留意点

無処理	鉄筋防せい剤	塩分吸着剤	犠牲陽極
			
	<p><b>特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・亜硝酸イオン含有の製品が多い</li> <li>・鉄筋の不動態皮膜を再生・安定化</li> </ul> <p><b>留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化物イオン含有量に対応可能な亜硝酸イオンの供給が必要</li> <li>・塩分供給があると効果に限界が生じる</li> </ul>	<p><b>特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カルシウム・アルミニウム複合化合物</li> <li>・静電気力によって塩化物イオンを吸着固定し、亜硝酸イオンを放出</li> </ul> <p><b>留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・普通セメントより高炉セメントのほうが効果が高い</li> <li>・吸着量に限界がある</li> </ul>	<p><b>特徴</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・亜鉛板によって鉄筋の腐食を代替する</li> <li>・流電式電気防食と同じ原理で効果が高い</li> </ul> <p><b>留意点</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・亜鉛板が消耗するため効果期間に限界がある</li> <li>・コストが高い</li> <li>・一定以上のかぶり厚が必要</li> </ul>

# ひび割れ修復工法編



# ひび割れ修復工法編：概要

## ■対象

- 工法：①ひび割れ注入工法  
1) 低圧注入, 2) 高圧注入  
②ひび割れ充填工法
- 材料：①樹脂系(エポキシ, アクリル)  
②セメント系

## ■マニュアル(案)における提案

- 材料選定時の留意点(超低粘度etc)
- 注入施工時の留意点(躯体温度、可使時間etc)
- ひび割れ注入工法の析出物対処方法の提案

■改訂点：今回なし(語句統一や文章表現修正のみ)

# ひび割れ修復工法編：再劣化事例

構造物：樋門翼壁

補修工法：ひび割れ注入工法（樹脂系）

不具合の原因：注入不足（①状況判断）  
壁厚に対して設計注入量が不足



ひび割れ注入後の漏水と析出物の再発例（注入後10ヶ月）

構造物：コンクリートPRC桁

補修工法：ひび割れ充填工法  
（セメント系）

不具合の原因：ASRの調査不足  
（①状況判断・②材料選定）



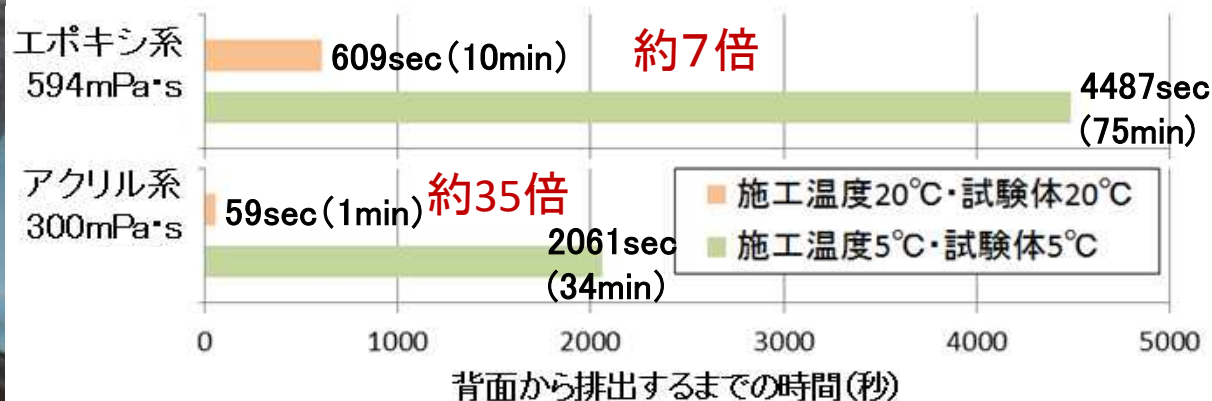
ひび割れUカット充填後の漏水と析出物の再発例（注入後1年）

# ひび割れ修復工法 温度による注入材の性状変化

- ・温度によって粘性や硬化時間が変化
  - ・粘度が変化 → 流動性が変化
- 例えば、常温20℃と低温5℃では・・・施工時間が  
→ エポキシ系は約7倍、アクリル系は約35倍・・・遅くなる



樹脂系注入材の注入試験  
(φ10×20cm円柱供試体)

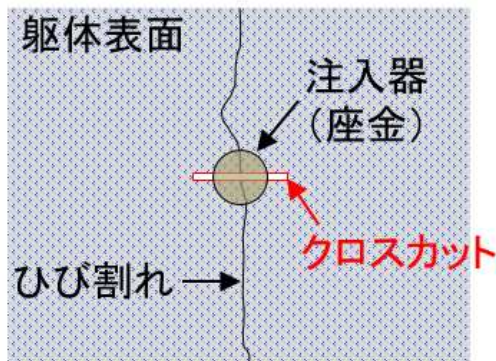


低温環境では施工性が低下  
→ 品質が低下 → 再劣化が生じやすい  
→ より細やかな施工管理が必要

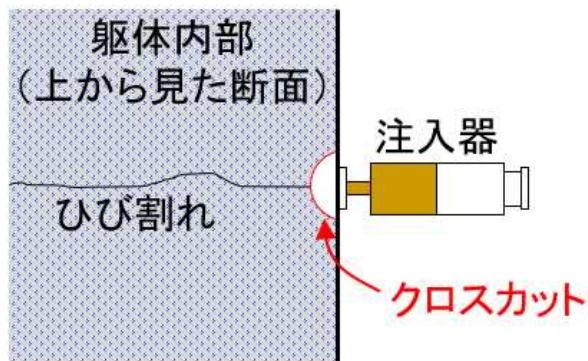
# ひび割れ修復工法 ひび割れ注入工法の施工技術

## クロスカットによる注入技術の提案

- ・析出物のあるひび割れへの注入技術
- = 表面ひび割れ閉塞を部分的に除去可能
- = 注入口の確保可能 → 閉塞深さ調査も可



クロスカット内に確保したひび割れ(空隙)から注入する



※ 注入効率が標準よりも向上することを確認

# まとめ

## 積雪寒冷地の補修において留意してほしい点

- 対策箇所は元々劣化しやすい箇所である
- 積雪寒冷地等の厳しい箇所は再劣化しやすい
- 方法は一つではない(対策に万能なものはない)
- 補修材は元々低温に対応していない

設計は、理論で〇×とするが・・・

維持管理では、予想していなかった、考えていなかったことが問題となる！

経験と想像力(実体験と知識)の向上でより良い成果を！  
この補修マニュアルでその手助けが出来れば幸い

# 余談

## ☆国際コンクリート連合・fib (Fédération internationale du béton)の fib model code 2020 に一部掲載

### fib CEB-FIP Bulletin 102

Guide for protection, repair and  
strengthening of concrete structures

Guide to good practice  
Task Group 8.1

December 2021

#### 1.8 Case study

Project Title: Application of silane surface impregnated material in cold region  
Location: Hokkaido, Japan  
Client: Hokkaido Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism  
Designer: -  
Contractor: -

##### 1.8.1 Description of the structure

The structure for application of the material is a national highway bridge built in the mountainous region with a snowy cold climate, where de-icing salts are applied during winter periods.

##### 1.8.2 Description of the intervention project

Concrete structures in cold regions are exposed to severe environments that are susceptible to the combined action of freezing/thawing and chloride attack (de-icing agent, seawater, etc.). The application of a hydrophobic treatment of to the concrete surface is expected to suppress the penetration of water and chloride ions, which are deterioration factors, and to delay the occurrence and progress of frost damage and chloride attack.

However, the effect of the silane surface impregnated material is affected by various factors, such as the type of product, the quality of the concrete surface, the execution environment, and the environment to which the structure is exposed. In order to obtain the intended effect, it is important to pay careful attentions to the choice of the proper hydrophobic agent and execution method.

For this project, in order to prevent chloride attack and surface scaling caused by de-icing agents, it was decided to apply silane surface impregnated material to the concrete barrier of the newly constructed structure shown in Figure 1-4.



Fig. 1-4 Concrete barrier of bridge to which a silane surface impregnated material is applied

#### 12. Injection to seal cracks in concrete

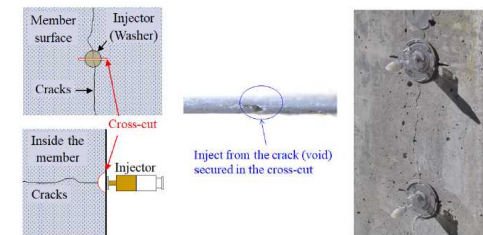


Fig. 12-3 Illustrative example of an injector reusing a cross-cut testing location

##### 12.5.1.3 Curing time management of injection material

Since the viscosity of the injection material and the setting time change depending on the execution environment temperature and the concrete temperature, it is preferable to measure the curing time of the injection material before undertaking injection in the execution environment.

##### 12.5.2 System trials

Regarding cracks with precipitates on the surface, carry out an investigation to enable securing of the injection port by partially removing the blocked portion of the surface and coping with the injection for sealing concrete cracks.

In addition to a general core sampling method, the investigation of the depth of blockage of the surface cracks by precipitates (e.g. calcium carbonate) involves, after removal of any deposits on the concrete surface, cutting incisions in the concrete surface, perpendicular to the line of the cracks (hereinafter referred to as cross-cuts) using an electric tool. The inside of the cross-cut is examined using a loupe or close-up digital photograph. There is a method of measuring the blocking depth by checking the voids in the cracks.

In this method, since the investigation site can be used as an injection port after the investigation, it is advisable to define the investigation positions considering the required injection port spacing.

# 補修マニュアル2022年版のダウンロード先

- ・寒地土木研究所 耐寒材料チーム および 土木研究所  
先端材料資源研究センター（iMaRRC）の  
[ホームページからダウンロードできます（12.6MB）](#)

- ・検索

Topページ → 技術資料 → マニュアルDLページ

[https://zairyo.ceri.go.jp/ceri\\_zairyo/topics5/maintenance-dr.html](https://zairyo.ceri.go.jp/ceri_zairyo/topics5/maintenance-dr.html)

→ ダウンロードをクリック

- ・検索

Topページ → 研究成果 → 近年の主な研究成果

<http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/research/tech-info.html>

→ 土木研究所資料第4433号（2022） をクリック