



# 豪雨・地震の複合災害に備えた 「盛土強靱化技術」

～止水性および透水性地盤改良を組合せた盛土の新たな補強工法～

(株)安藤・間 建設本部 技術研究所  
土木研究部 耐震・土質グループ  
○上田祥央

# 豪雨・地震の複合災害に備えた「盛土強靱化技術」

～止水性および透水性地盤改良を組合せた盛土の新たな補強工法～

## 1. 開発の背景、目的

近年、全国各地で豪雨や地震などの自然災害が頻発している。



### 国土交通省の対応

- ・ **防災・減災対策本部の設置**  
「南海トラフ巨大地震・首都直下型地震対策本部」  
「水害に関する防災・減災対策本部」の発展的統合
- ・ **令和元年度台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会**

### 目的

豪雨、地震、噴火などの頻発する自然災害に対し、国交省として総力を挙げて防災減災に取り組む。

総力戦で挑む防災・減災プロジェクト  
～いのちと暮らしをまもる防災減災～



平成30年7月豪雨被害（小田川、岡山県倉敷市）

出典：国交省中国地整HP



令和2年7月豪雨被害（球磨川、熊本県人吉市）

出典：国交省九州地整令和2年7月豪雨における出水について（第2報）

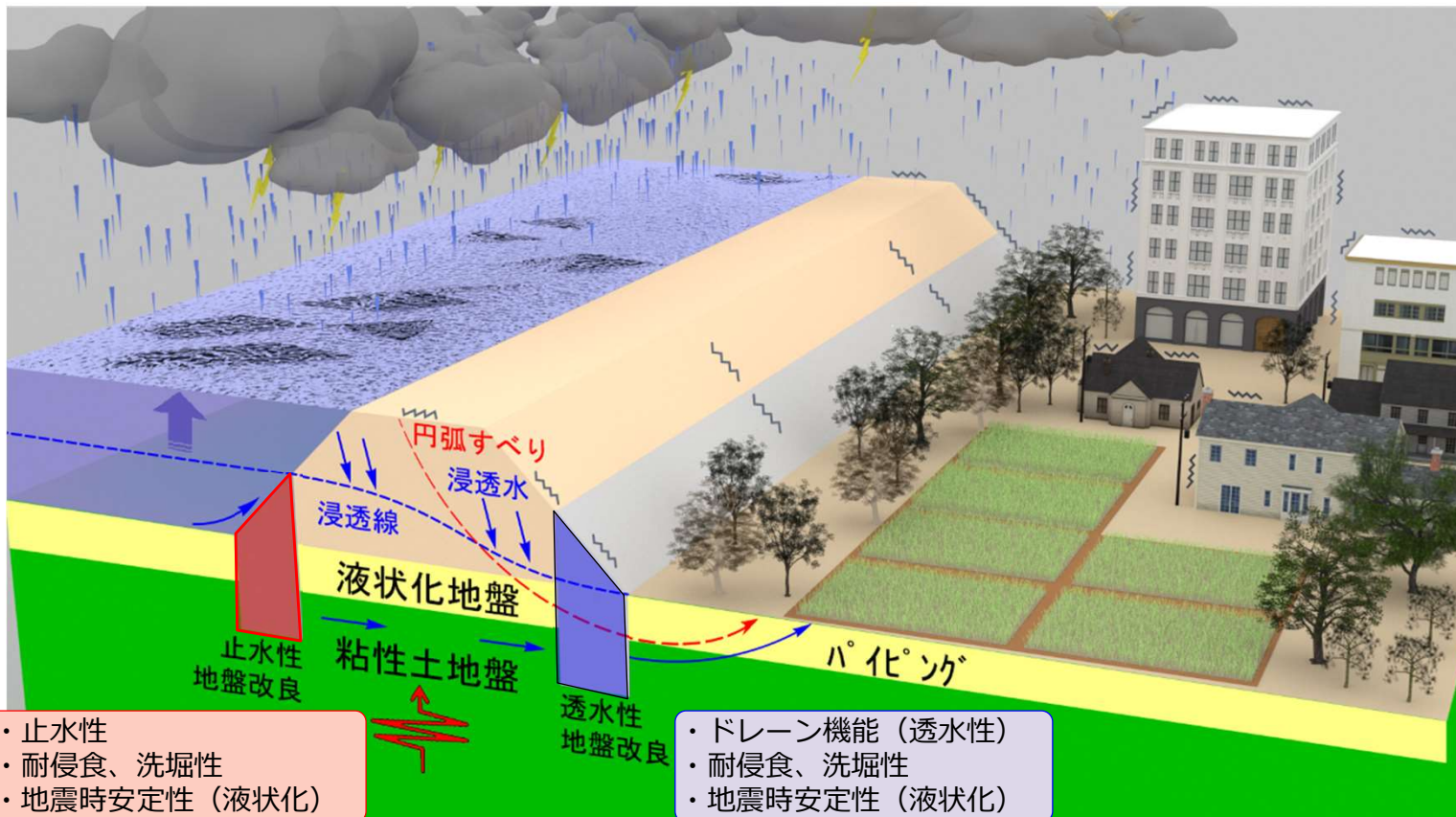
**新たな防災・減災技術のニーズが高まっている。**

（「流域治水」への転換、新技術活用による防災・減災の高度化・迅速化）



## 2. 開発の概要

- ・ 豪雨、地震の複合災害を考慮した安定化対策（水位上昇、越水、地震）
- ・ 機動性の優れた施工機械による合理的な地盤改良技術
- ・ 透水性地盤改良により強度と排水性を同時に確保した地盤改良体



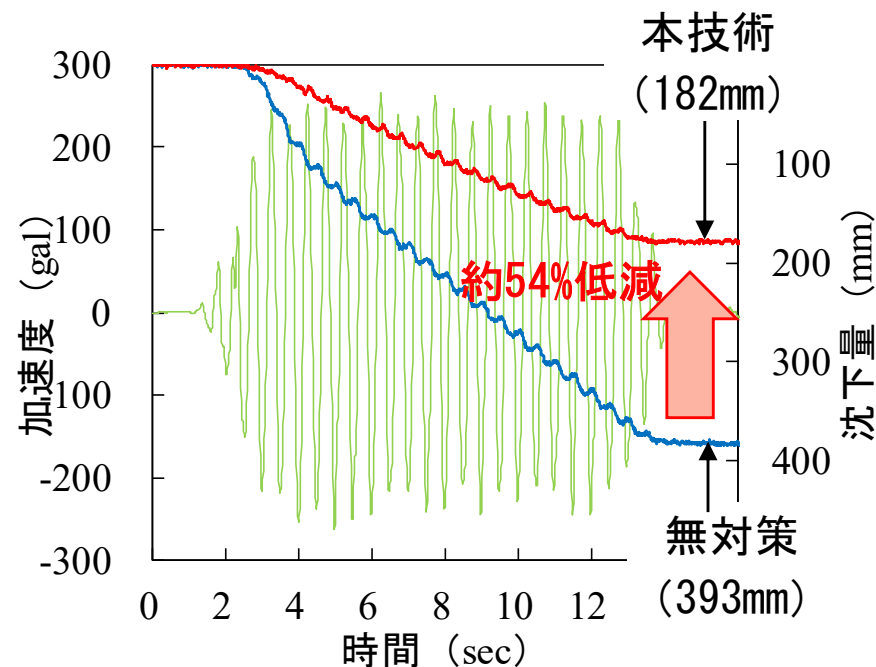
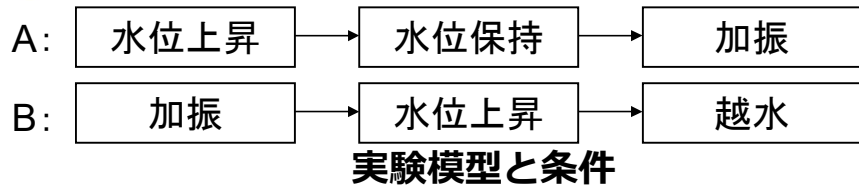
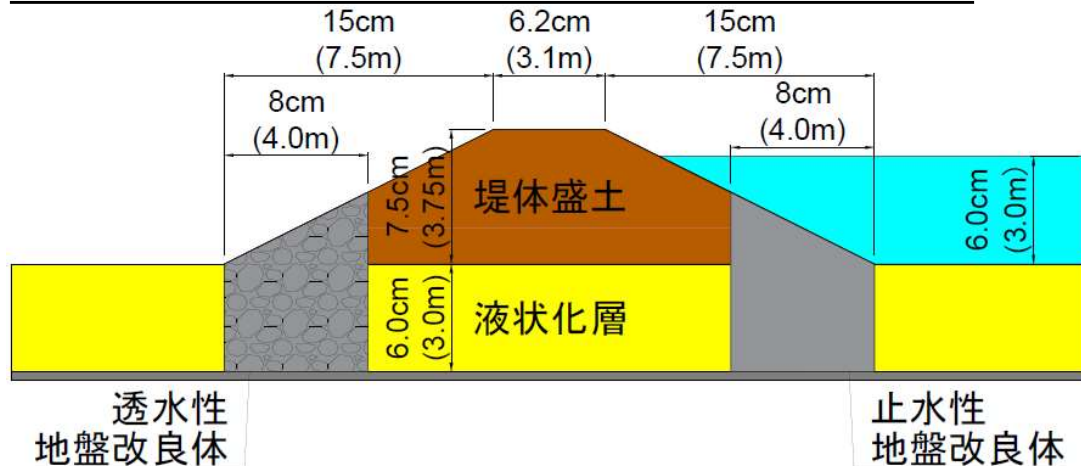
対策イメージ図

京都大学渦岡教授、新日本グラウト工業、青山機工との共同研究開発

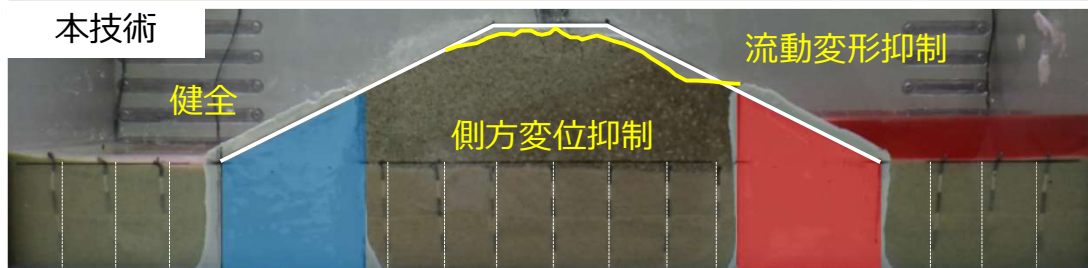
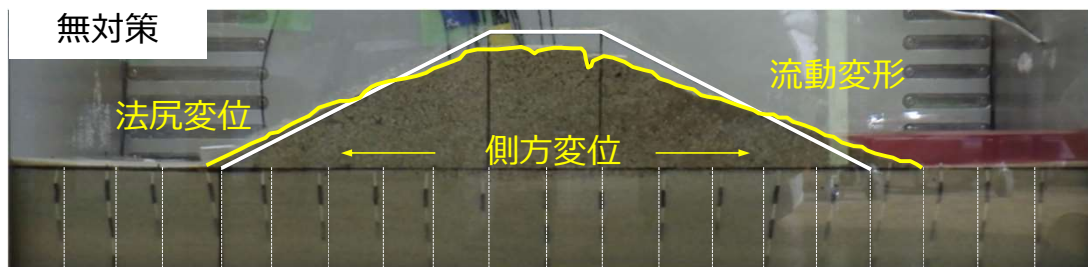


透水性地盤改良体  $k=10^{-1}\text{cm/s}$   
安藤ハザマ特許技術

## 3. 対策効果の検証 (遠心模型実験)



地震時の堤体天端沈下量 (条件A)



実験後模型の変形状況 (条件A)

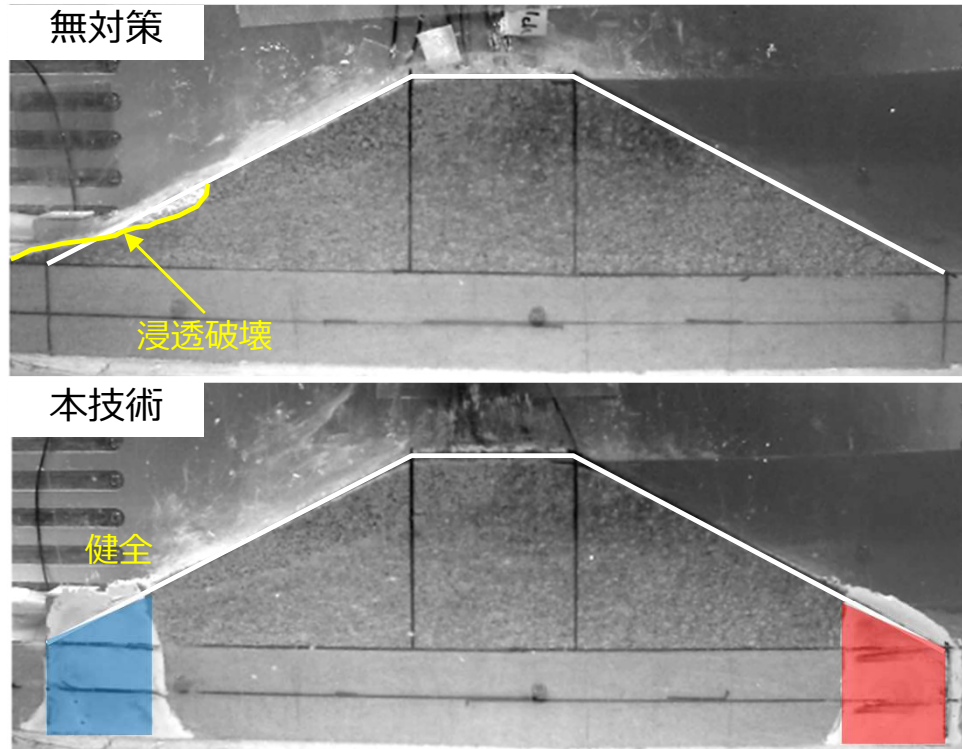
- ・ 液状化層上の堤体盛土を想定
- ・ 50G場における遠心模型実験
- ・ 豪雨後の地震を想定



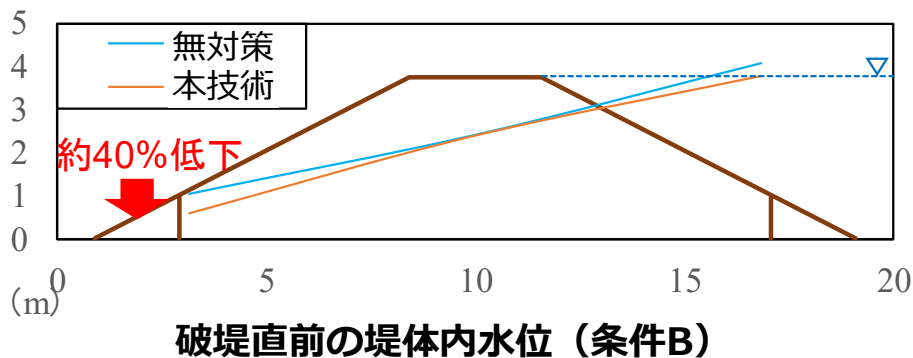
- ・ 基礎地盤および堤体盛土の**変形抑制**
- ・ 堤体天端沈下量が**約54%低減**



## 3. 対策効果の検証（遠心模型実験）



破堤直前の状況（条件B）



破堤直前の堤体内水位（条件B）

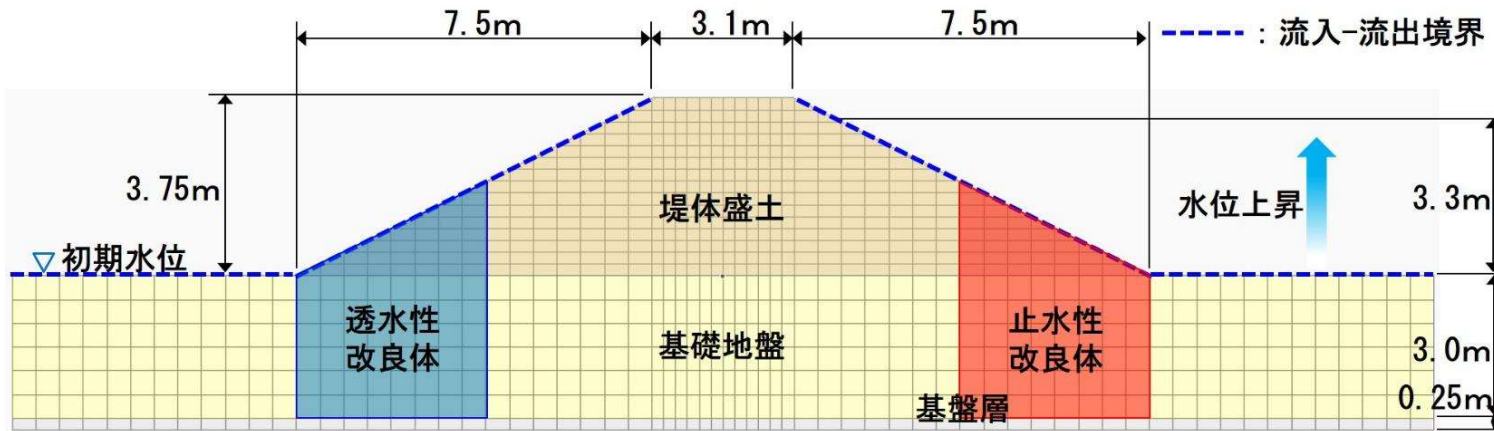


実験後の状況（条件B）

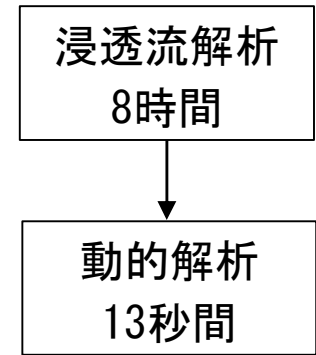
- ・ 液状化層上の堤体盛土を想定
- ・ 50G場における遠心模型実験
- ・ 地震後の豪雨を想定

- ・ 水位上昇時の浸透破壊を防止
- ・ 破堤時の侵食規模の縮小

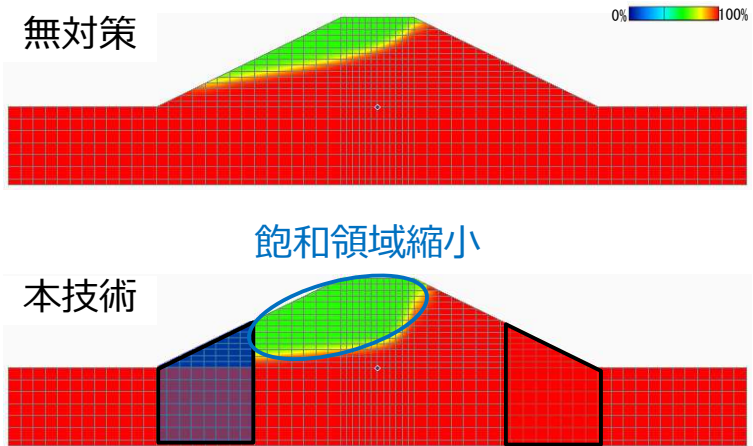
## 3. 対策効果の検証 (数値解析)



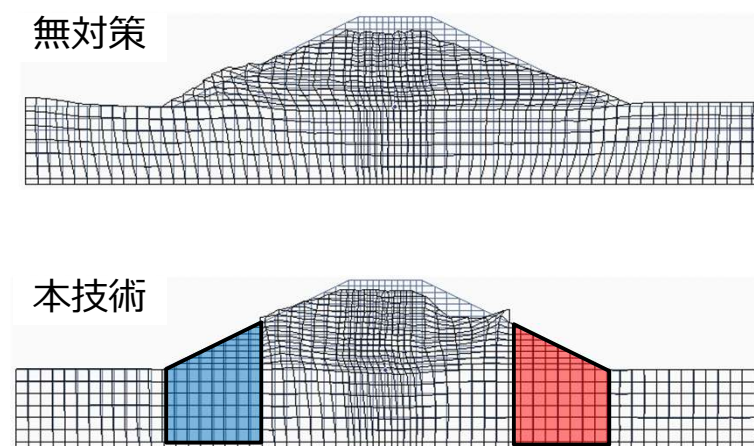
解析モデル



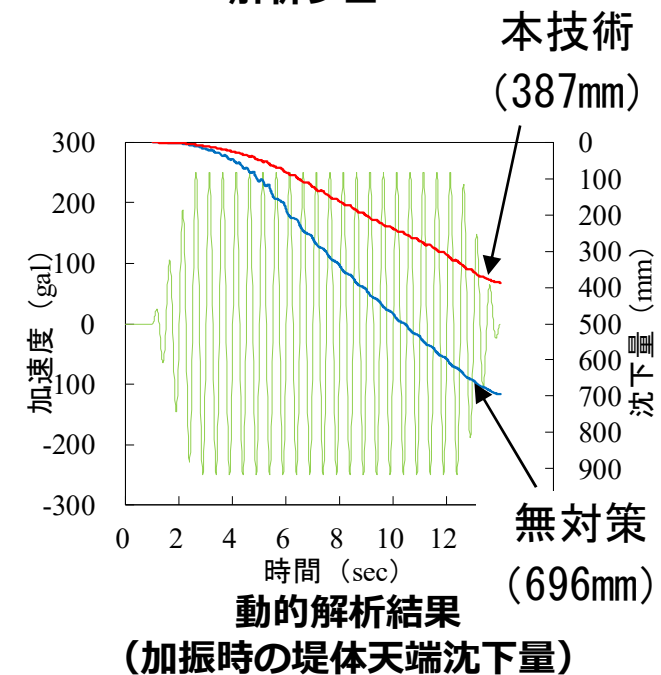
解析フロー



浸透流解析結果 (飽和度分布)



動的解析結果 (加振後の変形状況)





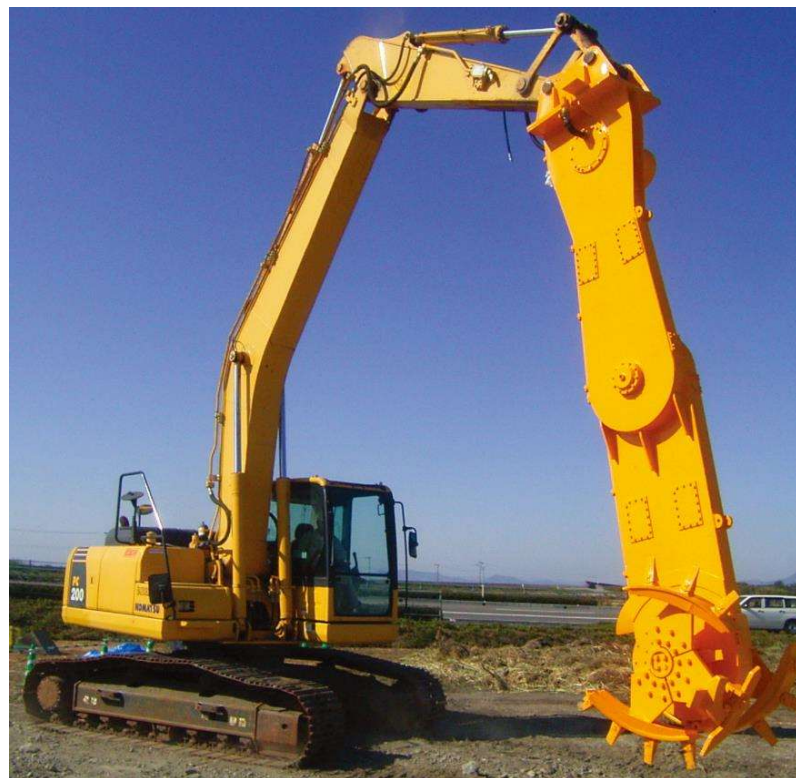
## 4. 施工法の確立

河川堤防など大規模工事における効率的な施工には、施工性、コスト、工期の合理化が不可欠



【止水性改良】  
上部高圧吐出機能を搭載した  
WILL-m工法の開発

【透水性改良】  
現地での小型ミキサーによる  
製造方法の開発



WILL工法施工機械全景

### WILL工法の特徴

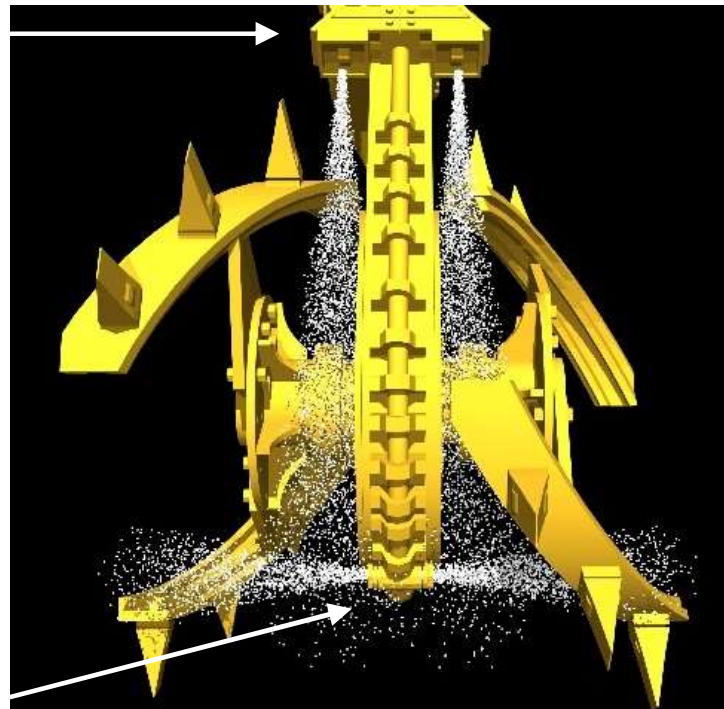
| 項目       |     | WILL工法     |
|----------|-----|------------|
| 攪拌方法     |     | スラリー揺動攪拌工法 |
| 適用<br>N値 | 砂質土 | <40        |
|          | 粘性土 | <15        |
| 最大改良深度   |     | 13m        |

## 4. 施工法の確立（止水性改良：WILL-m工法）

従来型WILL工法とWILL-m工法の比較

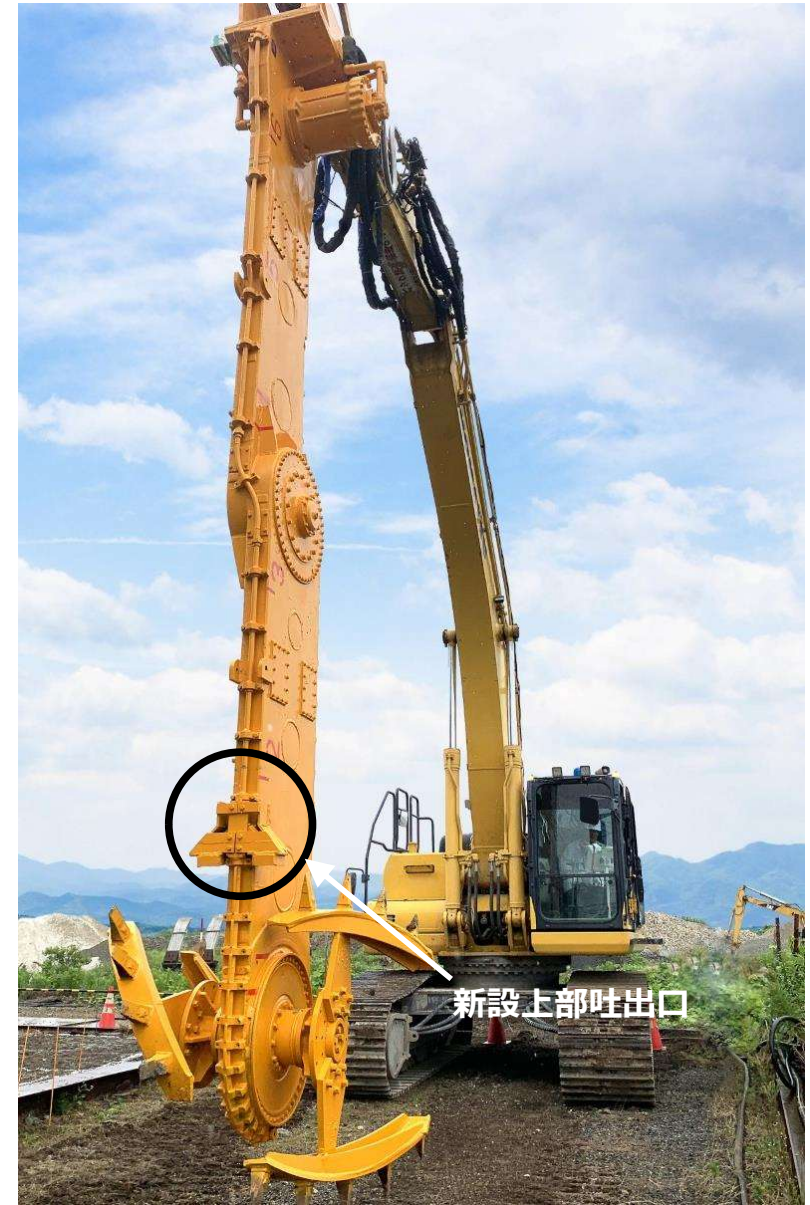
|               | 吐出口 | 吐出方向 | 吐出圧   | スラリー注入量<br>(ℓ/min) |
|---------------|-----|------|-------|--------------------|
| 従来型<br>WILL工法 | 下部  | 横向き  | 1MPa  | 240                |
| WILL-m<br>工法  | 上部  | 下向き  | 10MPa | 400<br>約1.7倍       |
|               | 下部  | 横向き  | 1MPa  |                    |

新設上部吐出口  
(高圧噴射)



WILL-m工法攪拌翼

従来下部吐出口  
(低圧吐出)



WILL-m工法施工機械全景



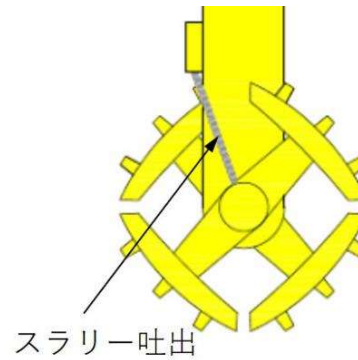
## 4. 施工法の確立（止水性改良）

- WILL-m工法の適用効果確認
- 最適な噴射仕様の検討

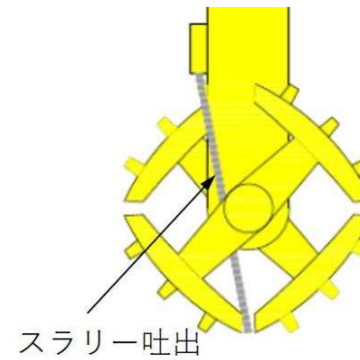


| 標尺<br>m | 層厚<br>m | 深度<br>m | 土質区分  | 色調   | 記事                                |
|---------|---------|---------|-------|------|-----------------------------------|
| 1       | 1.80    | 1.80    | 埋土    | 茶く灰  | レンガ片・花崗岩礫を多く含む。礫はφ2~80mmを含む。      |
| 2       | 0.50    | 2.30    | 礫まじり砂 | 灰    | 花崗岩礫を含む。礫はφ2~40mm。                |
| 3       | 5.0m    |         | 粘土    | 灰く暗灰 | 全体的に均質な粘土よりなる。腐植物混入。下位に向かい柔らかくなる。 |
| 4       |         |         |       |      |                                   |
| 5       | 3.70    | 6.00    |       |      |                                   |

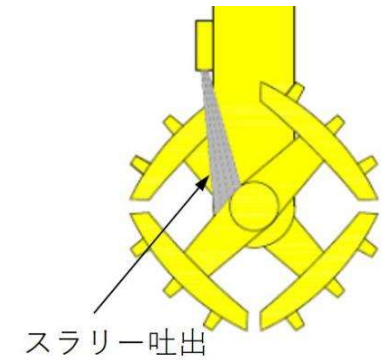
試験施工地盤条件



A) 攪拌翼軸方向



B) 攪拌翼軸前方向  
上部吐出口の噴射仕様



C) 扇形噴射

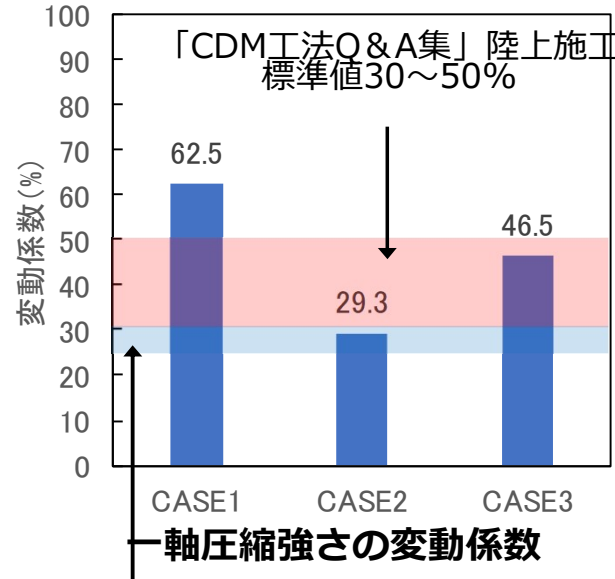
試験条件一覧

| ケース名  | 改良速度<br>(sec/m <sup>3</sup> ) | 噴射仕様 | 吐出量<br>(L/min) |     | 吐出圧(MPa) |     |
|-------|-------------------------------|------|----------------|-----|----------|-----|
|       |                               |      | 上部             | 下部  | 上部       | 下部  |
| CASE1 | 36.0<br>(従来型標準<br>速度の約1.7倍)   | A    |                |     |          |     |
| CASE2 |                               | B    | 160            | 240 | 10.0     | 1.0 |
| CASE3 |                               | C    |                |     |          |     |

## 4. 施工法の確立（止水性改良）

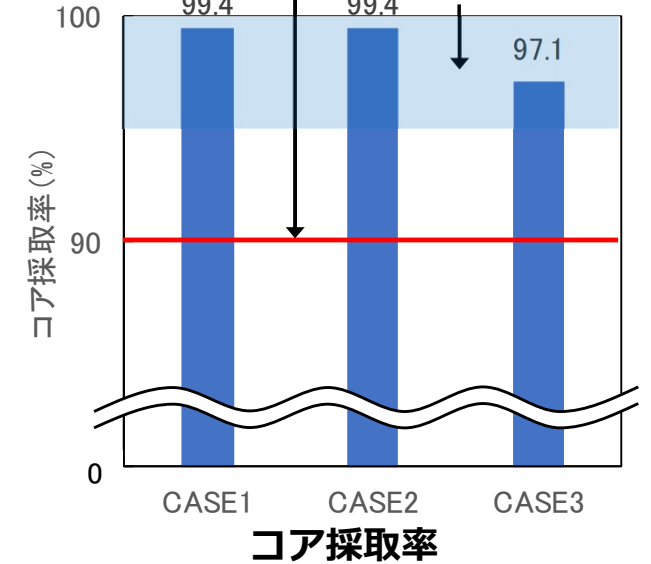


試験施工（2020.6月 佐賀）

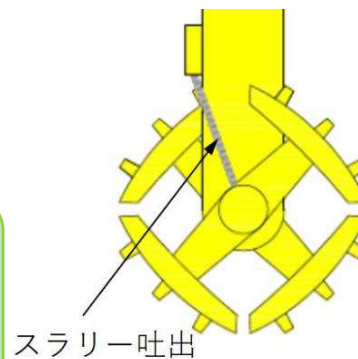


※従来型WILL工法標準値25～30%

「建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針」の目安水準 90%以上 ※従来型WILL工法標準値95～100%



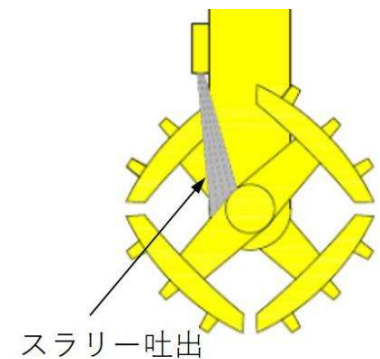
WILL-m工法の標準仕様として「**攪拌翼軸前方方向**」を採用した。



A) 攪拌翼軸方向



B) 攪拌翼軸前方向



C) 扇形噴射

上部吐出口の噴射仕様



# 豪雨・地震の複合災害に備えた「盛土強靱化技術」

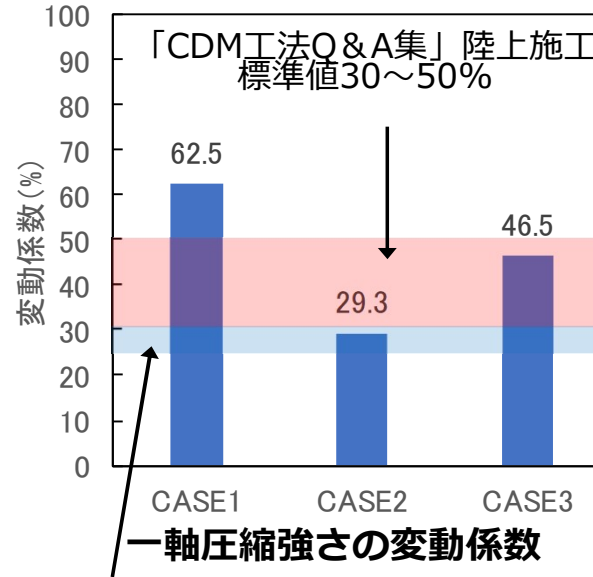
～止水性および透水性地盤改良を組合せた盛土の新たな補強工法～



## 4. 施工法の確立（止水性改良）

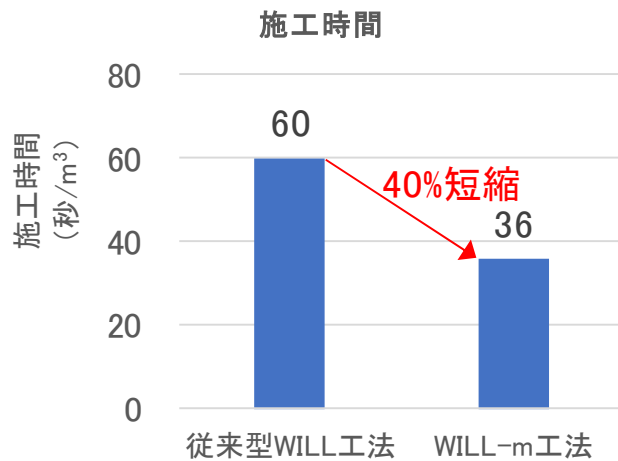
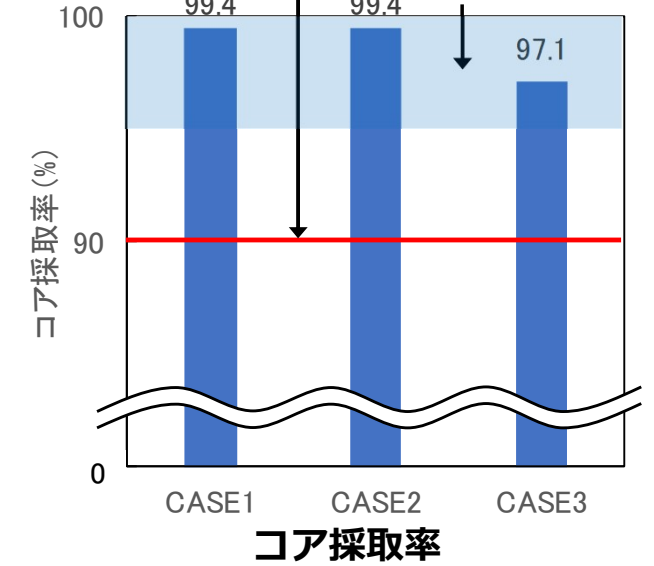


試験施工（2020.6月 佐賀）



※従来型WILL工法標準値25～30%

「建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針」の  
目安水準 90%以上 ※従来型WILL工法  
標準値95～100%



WILL-m工法の適用効果（粘性土地盤5,000m<sup>3</sup>程度以上）

## 4. 施工法の確立（透水性改良）



小型ミキサーによる透水性改良の製造



透水性改良造成状況

### 【施工方法】

- ・ 透水性改良体を小型ミキサーによって製造
- ・ バックホウを用いて施工箇所に投入



## 5.まとめ

近年の自然災害の頻発化、激甚化を受け、豪雨・地震の複合災害に対応できる堤体盛土の補強技術を開発した。

### 【模型実験および数値解析による効果検証】

- 河川水位上昇時の堤体内の水位上昇を抑制でき、浸透破壊の発生を防止できる。
- 水位上昇後の地震による基礎地盤および堤体盛土の変形を抑制でき、堤体天端沈下量が最大で54%低減した。

### 【施工法の検討】

- 高圧吐出機能を搭載したWILL-m工法により施工の高速化が実現し、施工時間を40%短縮し、それにより、工事費20%、CO<sub>2</sub>排出量10%低減を実現した。
- 小型ミキサーを活用した透水性改良体の造成方法を開発している。