

# 短繊維混合補強土工法（ハイグレードソイル）

独立行政法人土木研究所

つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ（土質・振動）



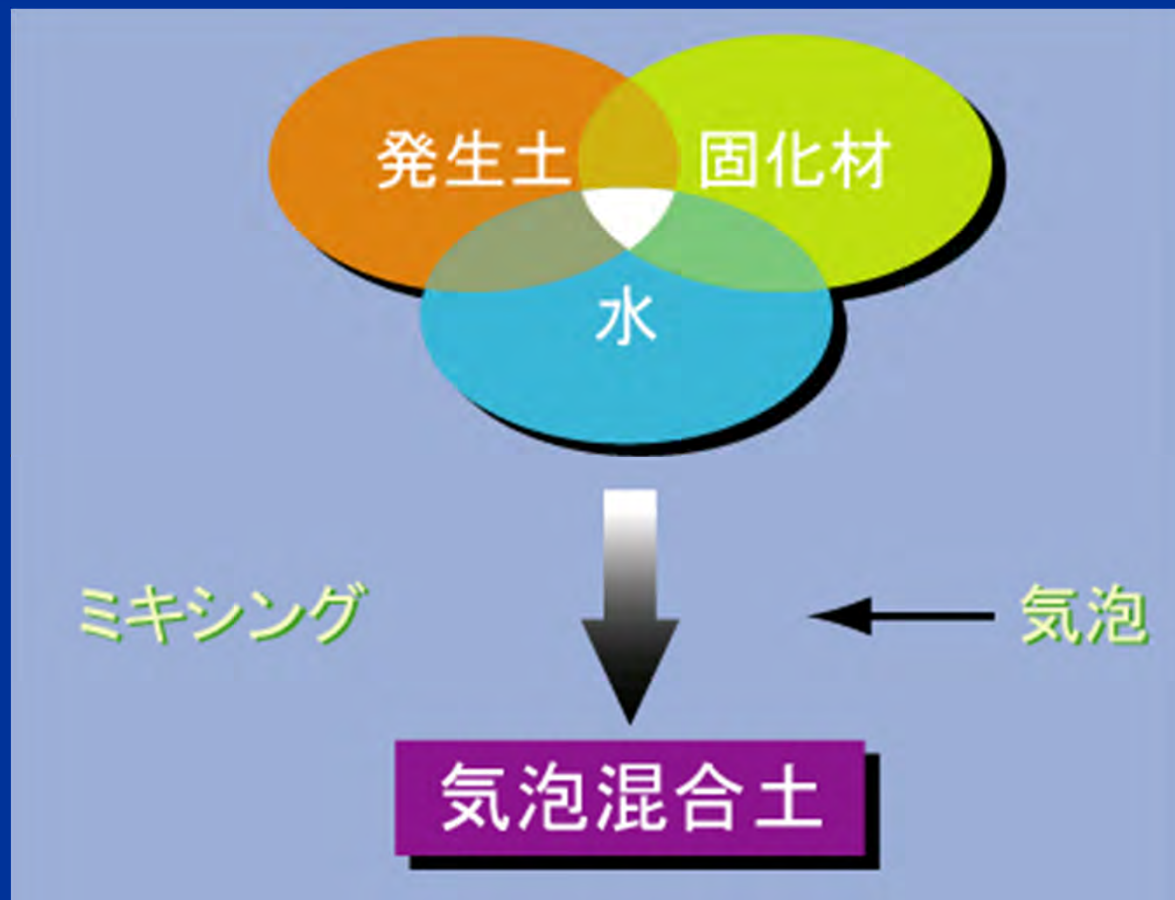
# ハイグレードソイル(HGS)とは・・・

建設工事で発生する様々な**発生土**に各種機能性材料を組み合わせることで、土を**高付加価値化**し、高度で多目的な現場のニーズに対応できる新しい土質材料を提供します。

- 気泡混合土工法
- 発泡ビーズ混合軽量土工法
- **短繊維混合補強土工法** ← 本日の話題
- 袋詰脱水処理工法

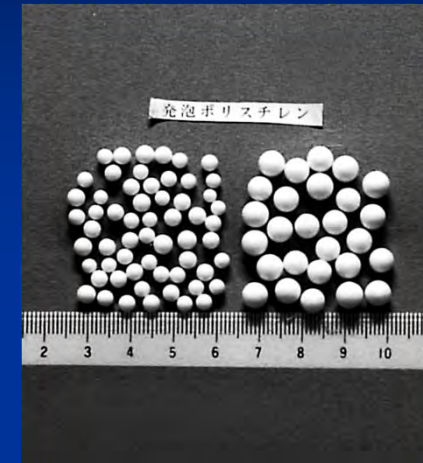
# 気泡混合土工法とは

気泡混合土工法は、建設発生土を原材料とし、水と固化材、および気泡を混合して盛土材料として利用するものです。



軽量化

# 発泡ビーズ混合軽量土とは



# 袋詰脱水処理工法とは

河川や湖沼・ため池などに堆積している高含水比で軟弱な土砂や浚渫土をジオシンセティックスで作製した透水性の袋体に充填して、脱水を促進させるとともに、袋体の引張力を利用して積み重ねて、堤体盛土や多自然型護岸などとして有効利用する工法。

袋の持つ濾過機能によって、土壤に強く吸着している環境汚染物質を袋内に封じ込めることができる。

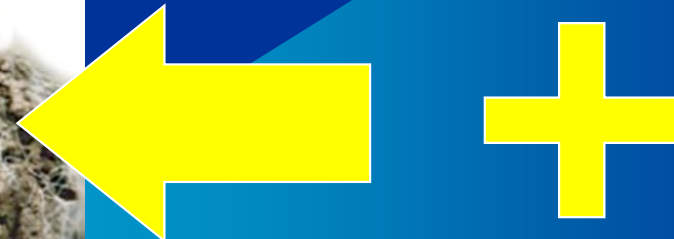
脱水・減量

封じ込め

# 短繊維混合補強土とは



ポリエステル製短繊維



- ・ 現地発生土（粘性土～砂質土）
- ・ 必要に応じて少量のセメント

土に短繊維やセメントを少量混合することで次の性能を向上

耐侵食

靱性



# 短繊維混合補強土について

## 本日の話題

- 適用用途
- 耐侵食性の向上 → 堤防への適用事例
- 力学的特性の向上
- 製造・施工方法

# 適用用途

- ・河川堤防
- ・盛土
- ・土留め擁壁
- ・公園など

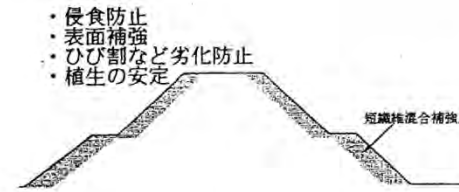


図 1-2 盛土のり面被覆材

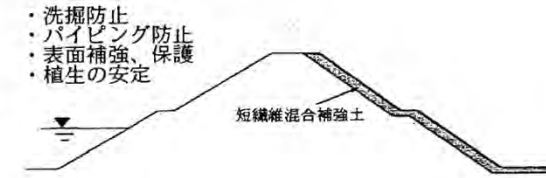


図 1-3 河川堤防のり面被覆材



図 1-4 盛土補強工

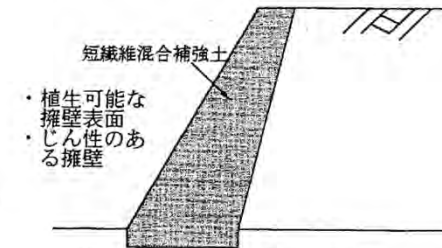


図 1-5 土留擁壁

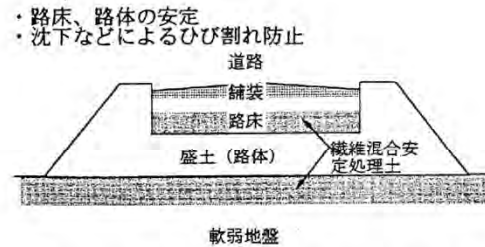


図 1-6 軟弱地盤上の路床、路体



図 1-7 遮水シート保護材

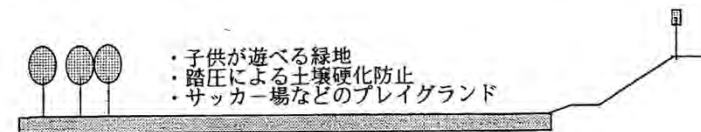
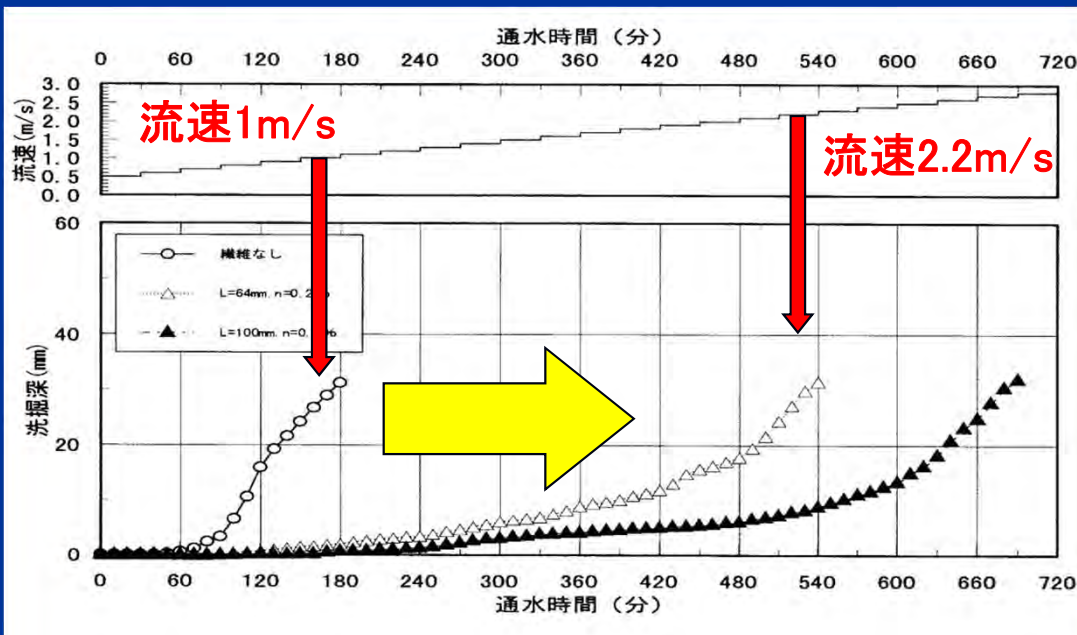
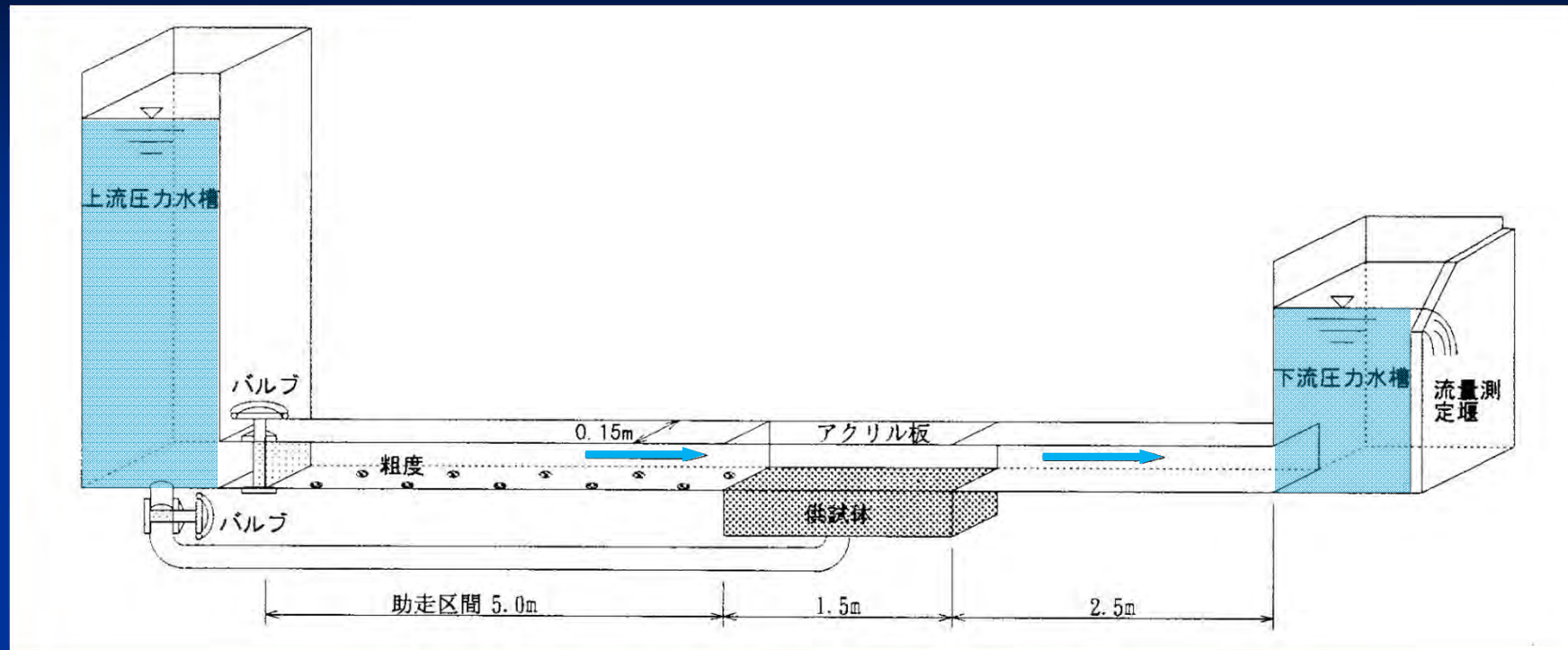


図 1-8 公園、プレイグラウンド



# 耐侵食性の向上 (流水実験)



流水による侵食実験

耐久できる流速が上昇

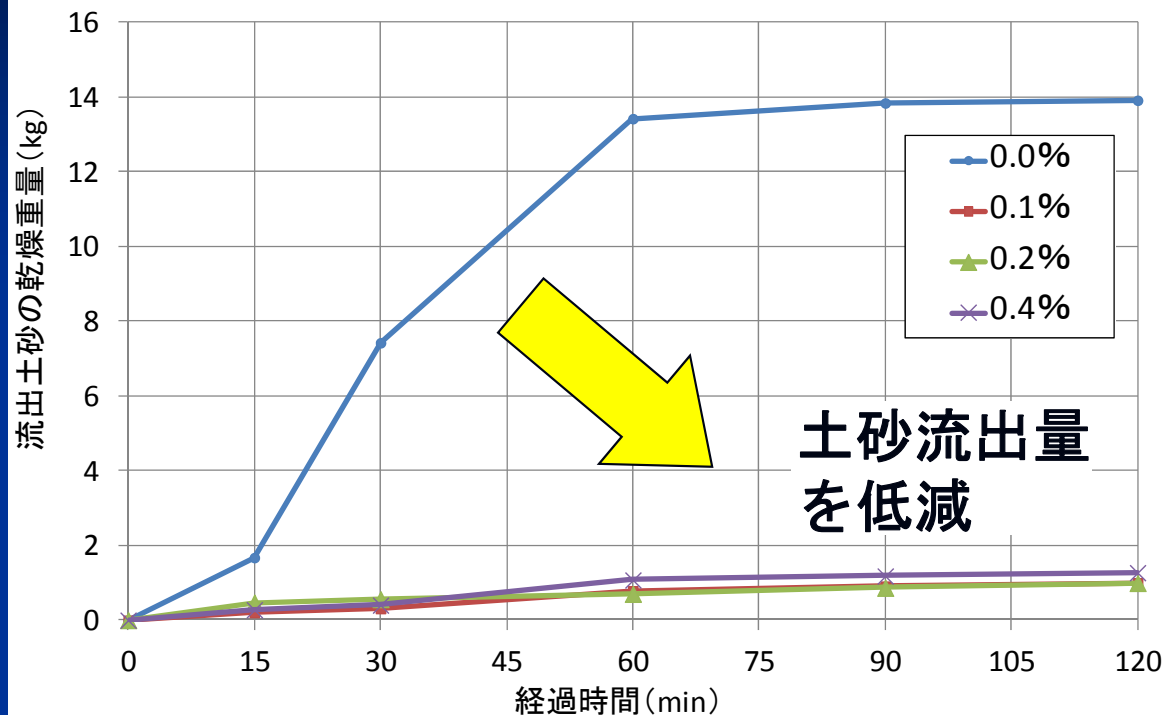
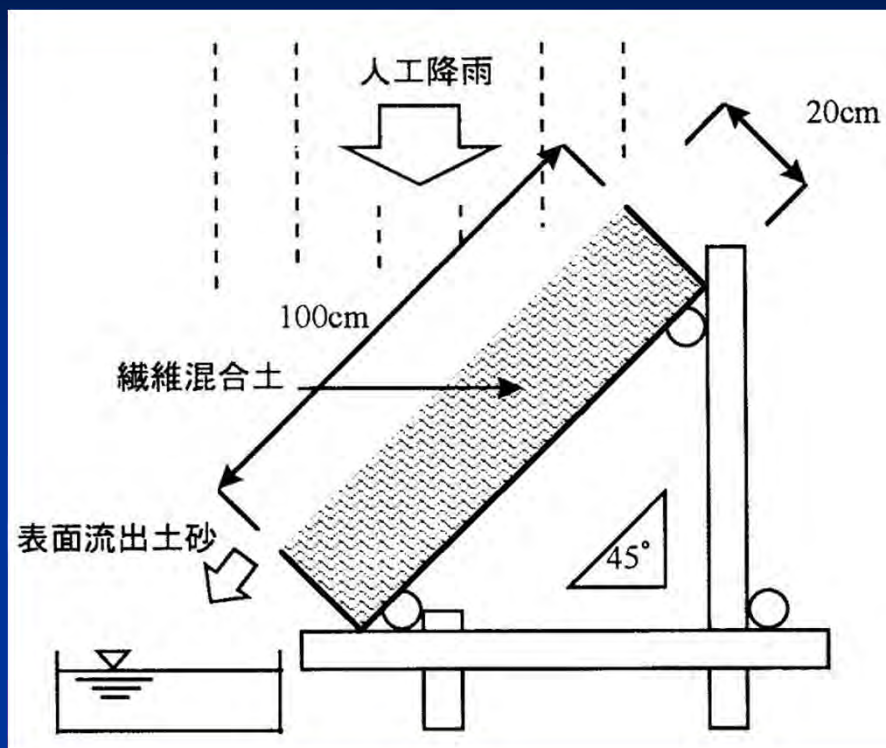


短繊維を混合すること

により流水に対する

耐侵食性が向上

# 耐侵食性の向上 (降雨実験)



降雨による侵食実験

土砂流出量を低減



短繊維を混合することにより

降雨に対する耐侵食性向上



短繊維なし



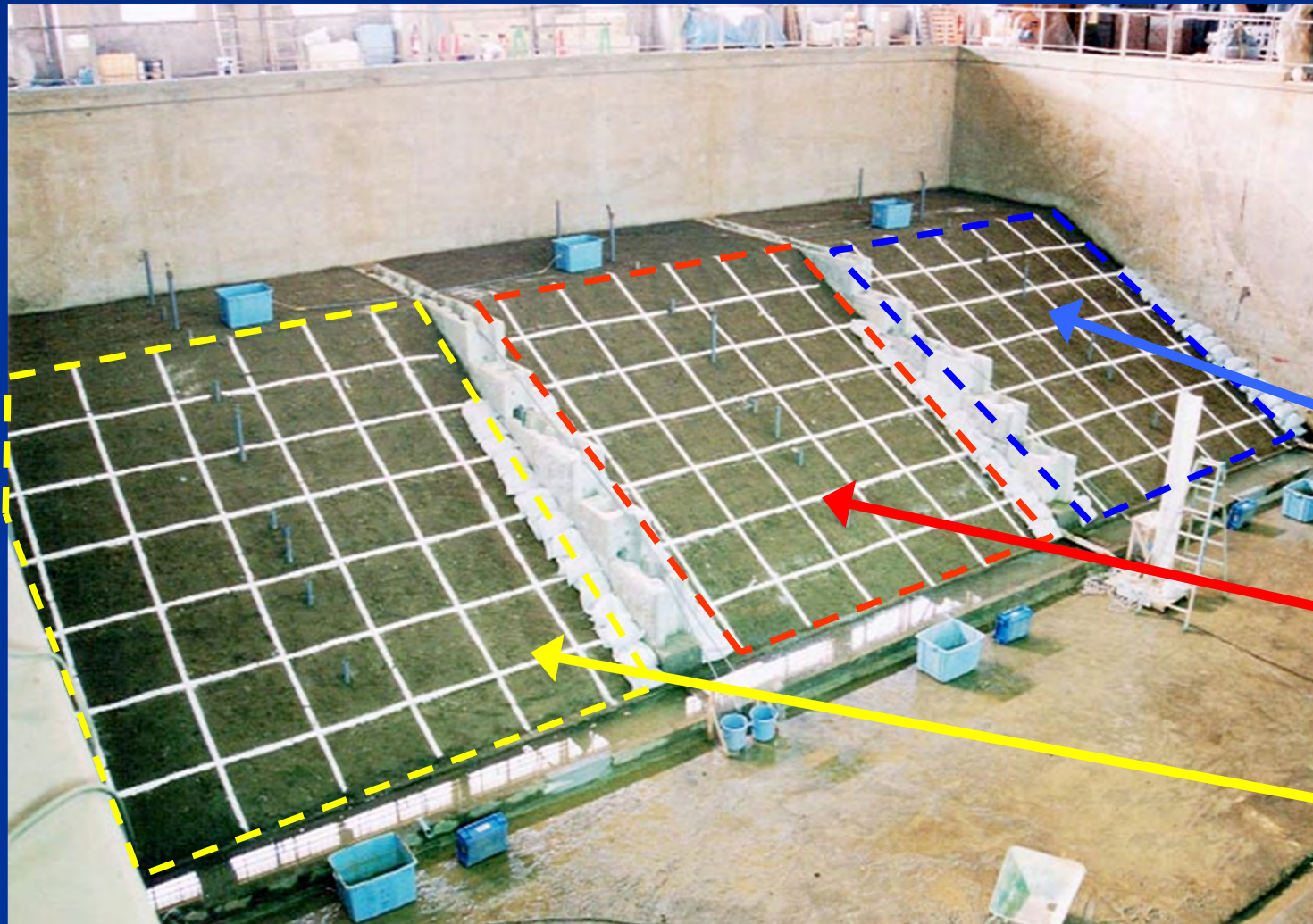
短繊維0.2%混合



# 耐侵食性の向上（模型実験）

実物大模型を用いた河川堤防強化対策実験

＜試験前＞



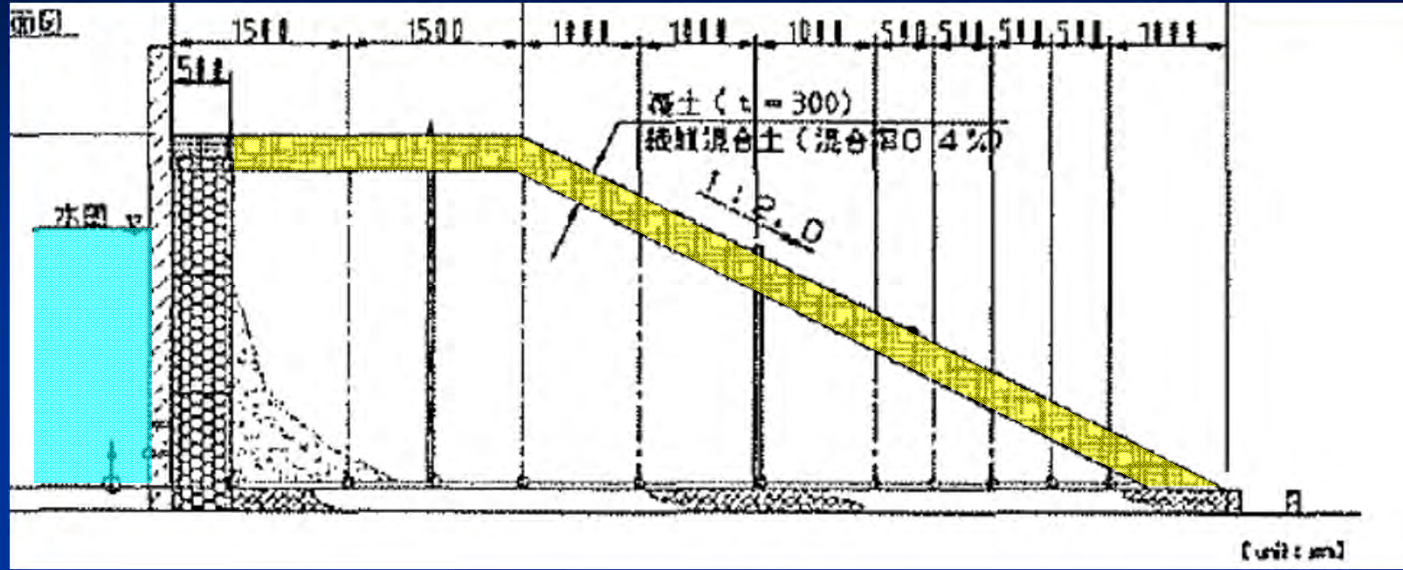
被覆 + 敷込み

無処理

被覆のみ

降雨  
10mm/h

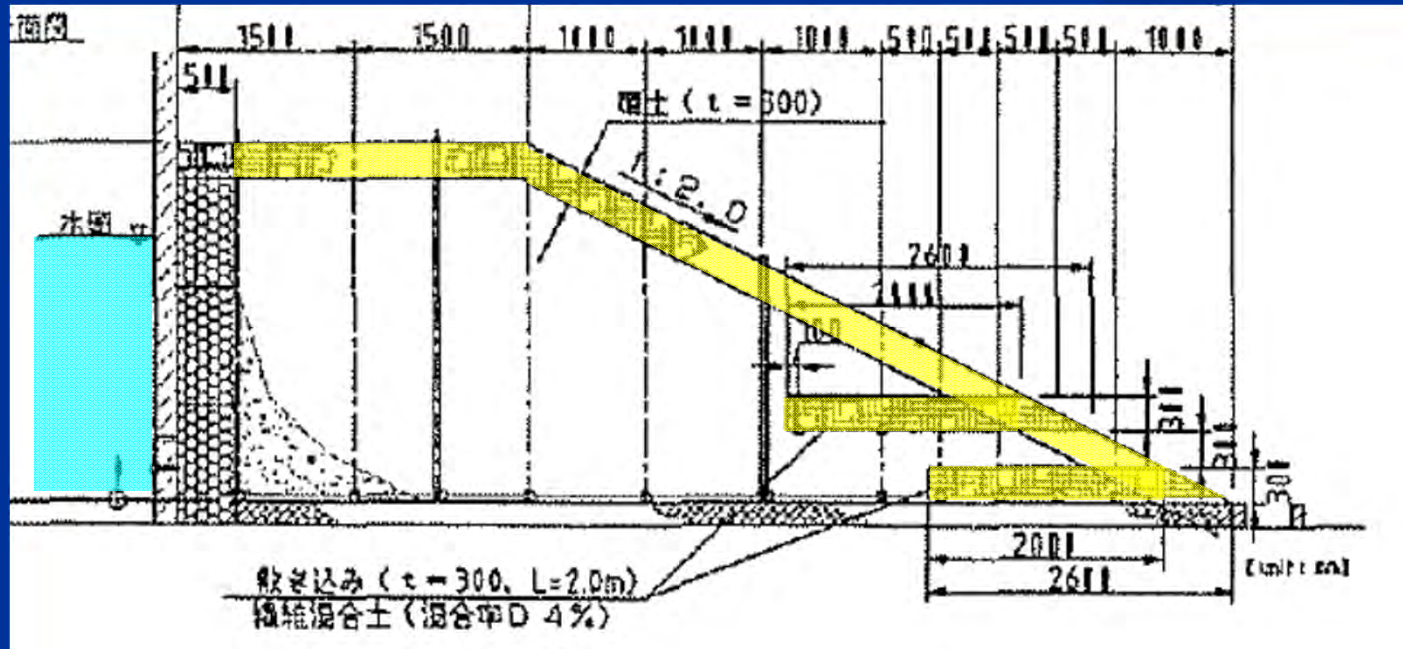
3 m



被覆のみ

9 m

3 m



被覆 + 敷込み

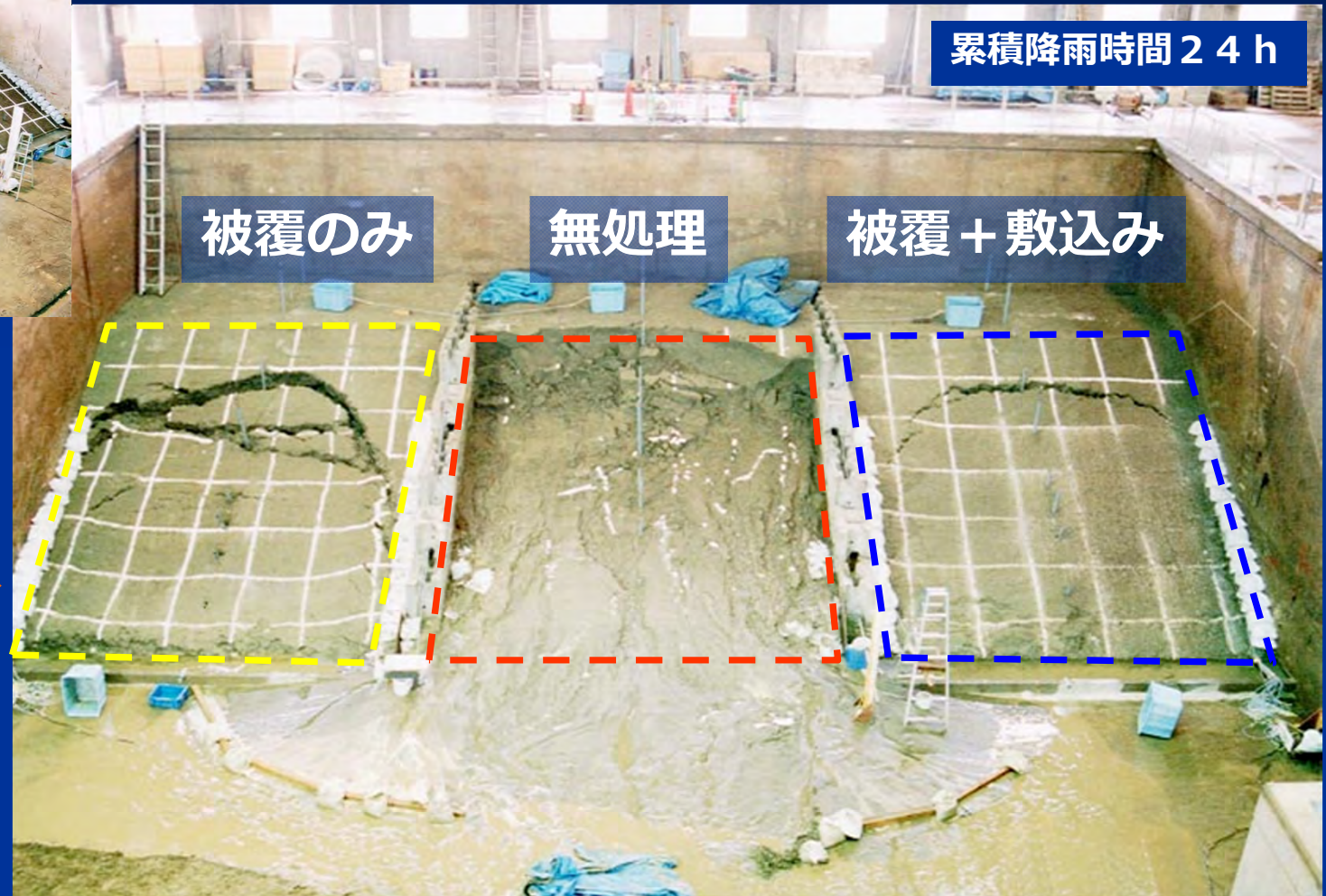


# 実物大模型を用いた河川堤防強化対策実験

＜試験後＞



累積降雨時間 24 h



被覆のみ

無処理

被覆 + 敷込み

降雨および河川水位による変状を抑制



短繊維を混合することにより **のり面の安定性が向上**



# 耐侵食性の向上(試験施工)

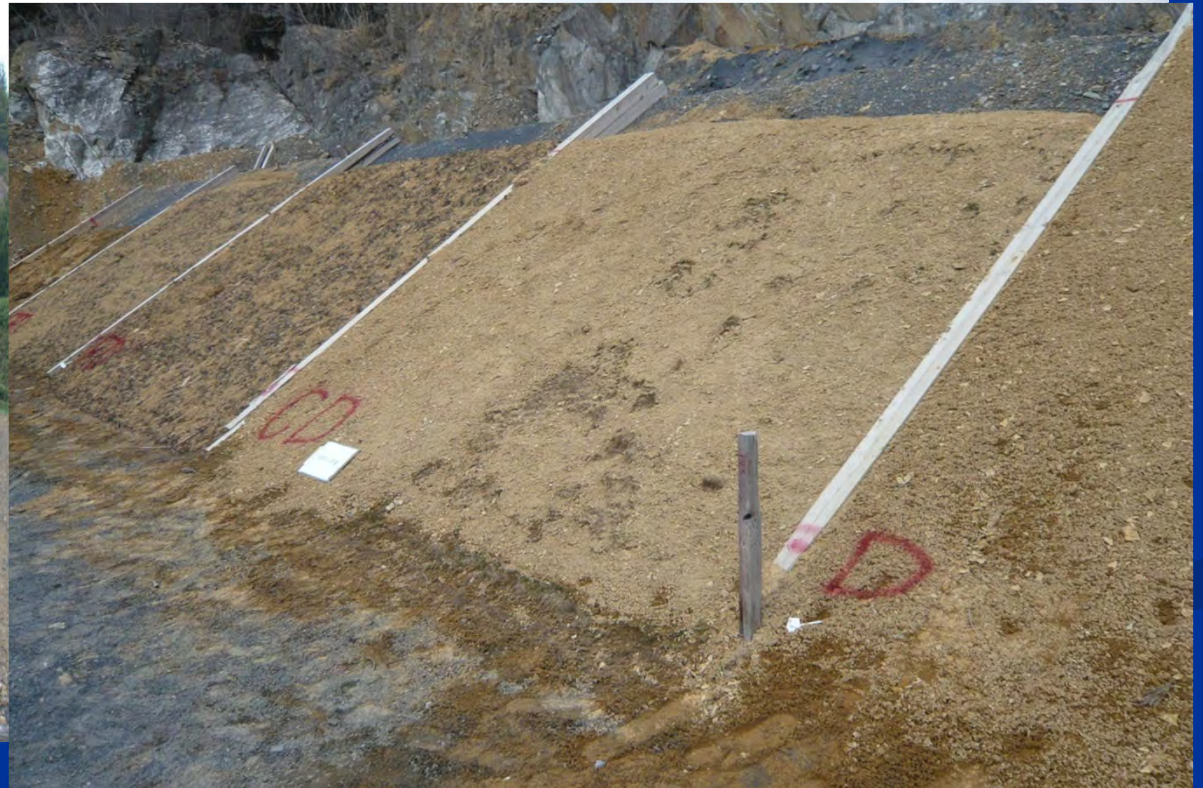
施工場所

宮城県登米市登米町

試験施工場所



試験ヤード

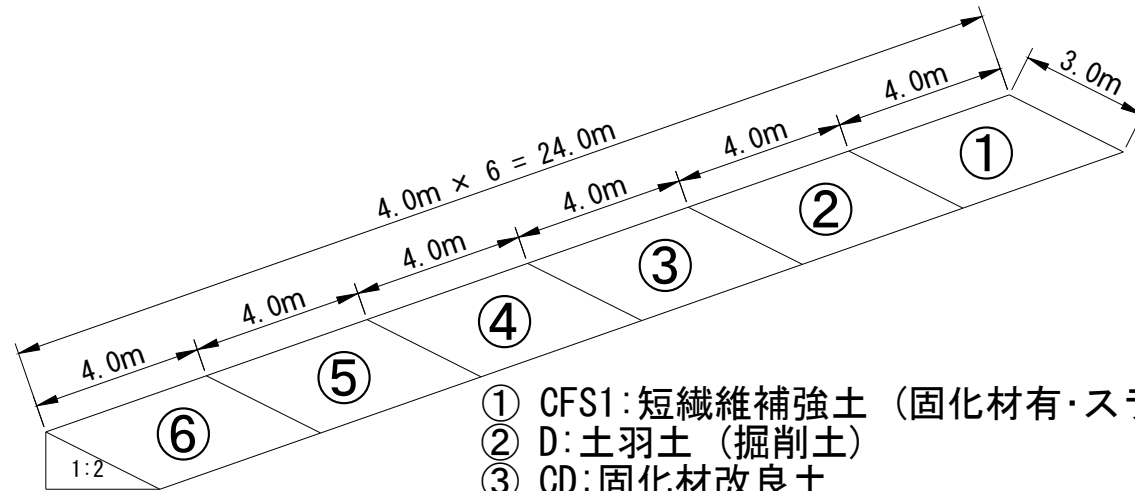




# 施工ケース

		固化材	短繊維	打設方式	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )
①	CFS1	セメント	有	スラリ	1.569
②	D	無	無	ドライ	1.693
③	CD	セメント	無	ドライ	1.615
④	FD	無	有	ドライ	1.887
⑤	CFD	セメント	有	ドライ	1.705
⑥	CFS2	セメント	有	スラリ	1.569

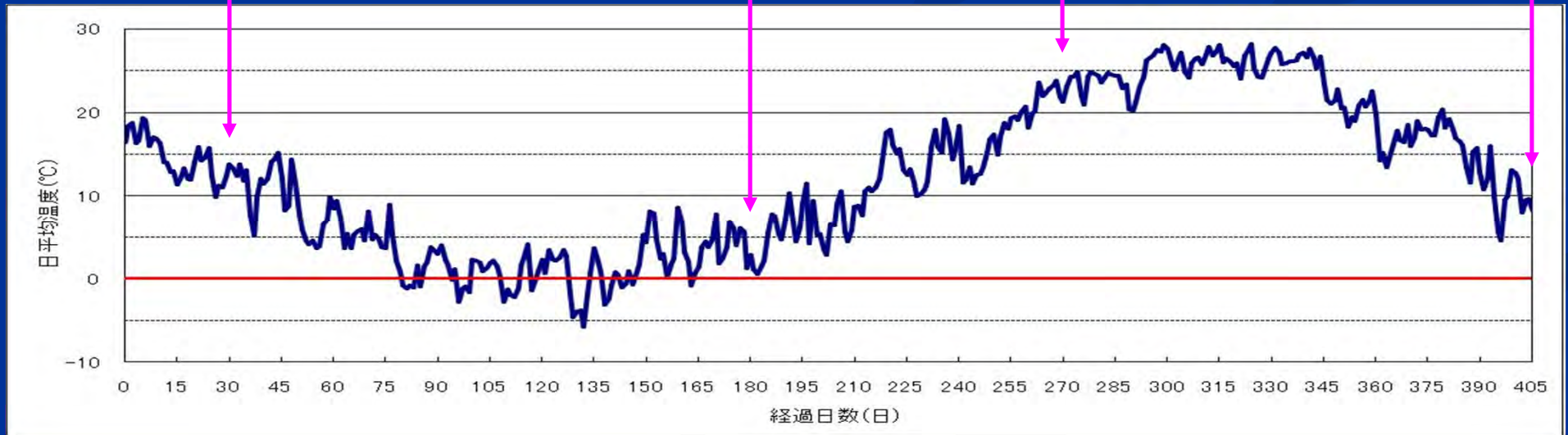
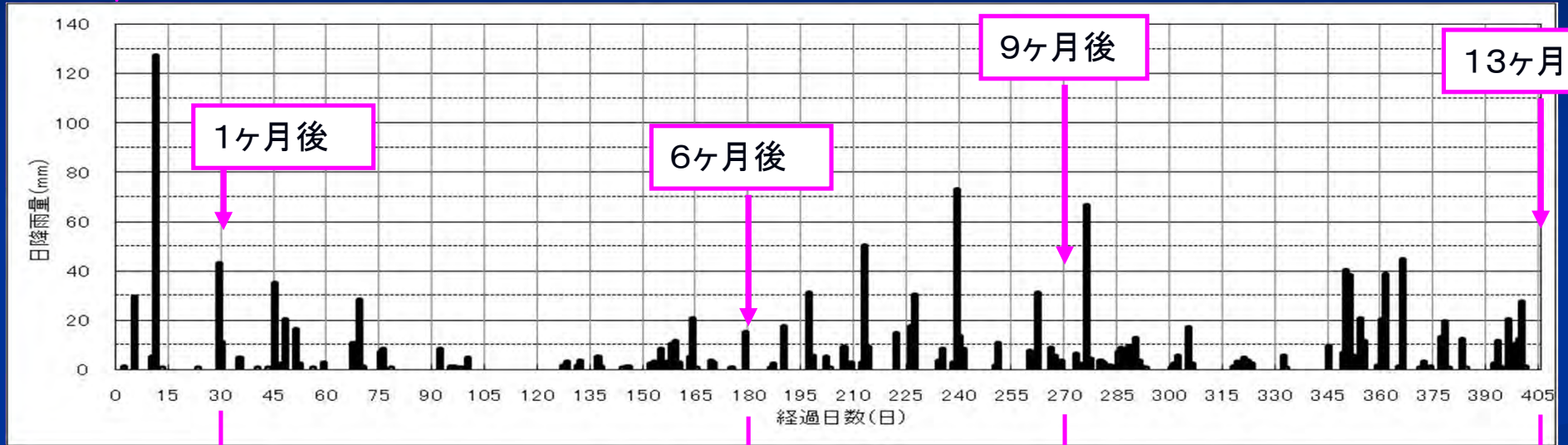
## 施工ケース概要図



- ① CFS1:短繊維補強土 (固化材有・スラリ)
- ② D:土羽土 (掘削土)
- ③ CD:固化材改良土
- ④ FD:短繊維補強土 (固化材無・ドライ)
- ⑤ CFD:短繊維補強土 (固化材有・ドライ)
- ⑥ CFS2:短繊維補強土 (固化材有・スラリ①配合)

# 気象データ

2009年9月29日





# 打設表面状況(9ヶ月後)



ケース D

短繊維なし



ケース CD

ガリ侵食有



ケース FD

短繊維あり



ケース CFD



# 打設表面状況(13ヶ月後)



ケース D

**短繊維なし**



ケース CD

**ガリ侵食有**



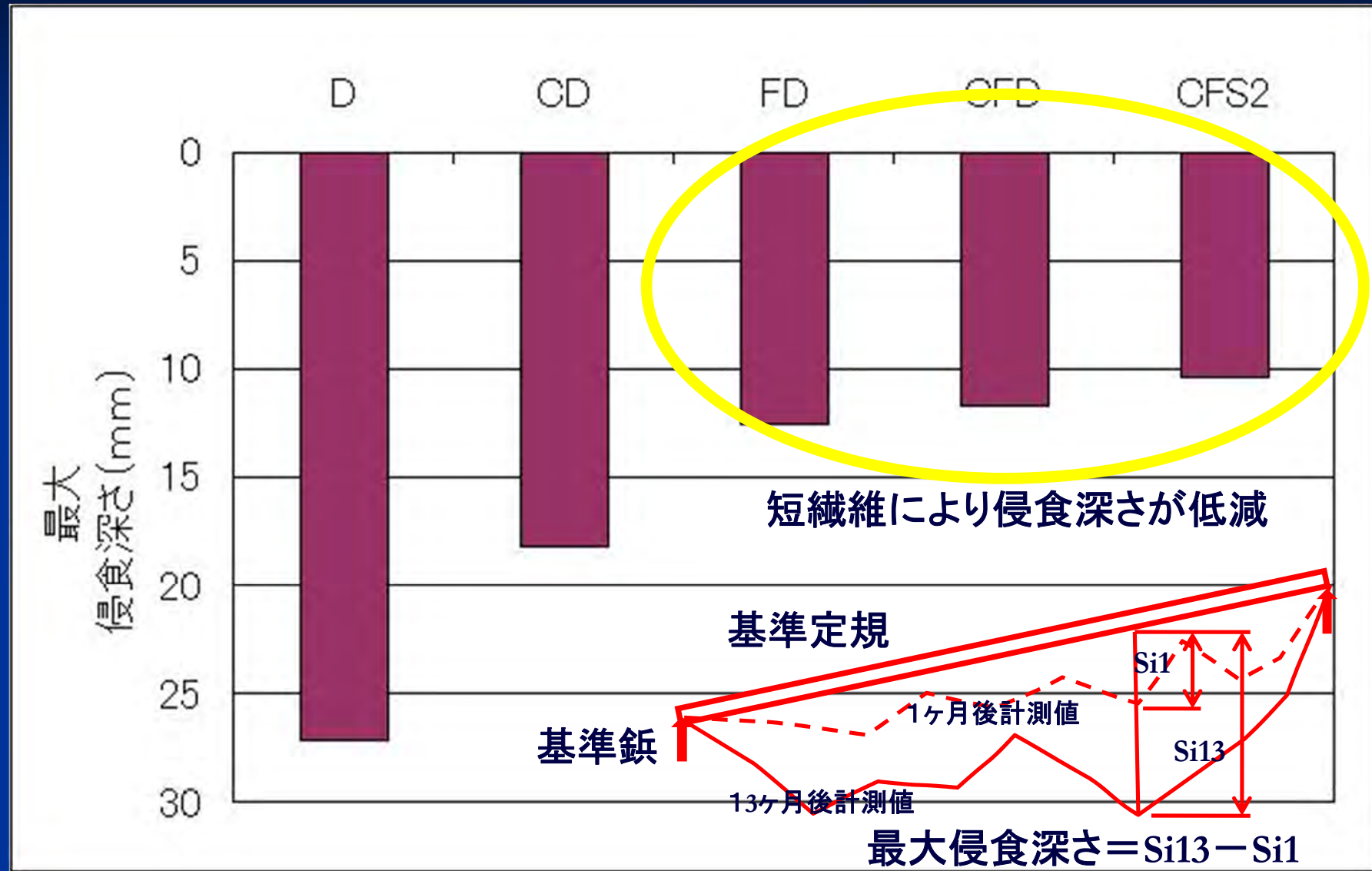
ケース FD

**短繊維あり**



ケース CFD

# 13ヶ月暴露による最大侵食深さ

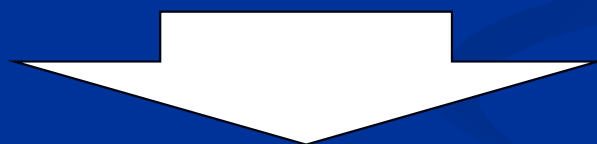


試験施工により、短繊維を混合することで、  
実際の気象条件の下、降雨による耐侵食性の向上を確認

# 耐侵食性の向上についてまとめ

降雨実験、流水実験、河川堤防の模型実験、のり面への試験施工、により

短繊維を混合することで、**降雨・流水に対する耐侵食性の向上**が明らかになった



河川堤防、道路盛土等の**のり面保護**に有効

- ・ 近年頻繁に発生する豪雨
- ・ 良質な覆土の不足
- ・ 植生が生育するまでのガリ侵食防止

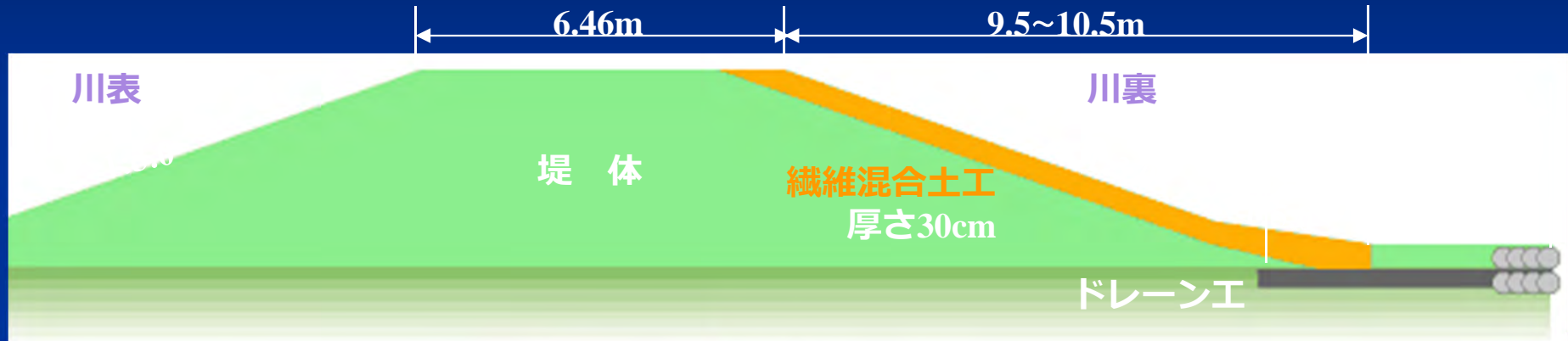
などの困り事に対応



# 耐侵食性の向上 (適用事例1)

砂質土

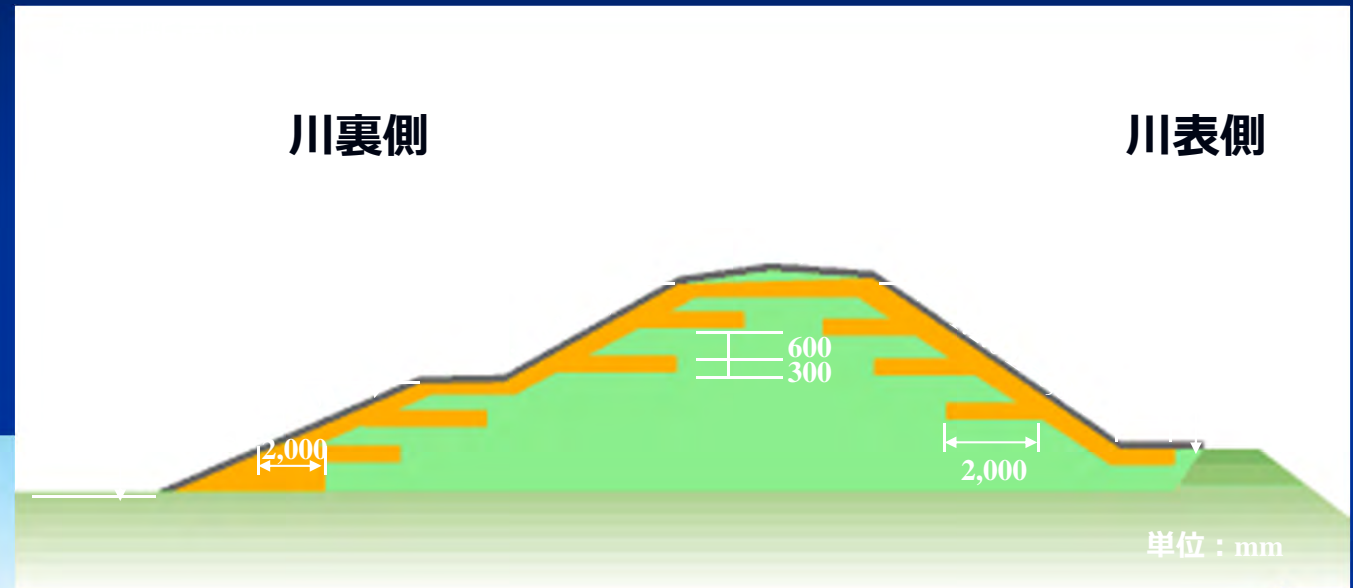
河川堤防のり面被覆



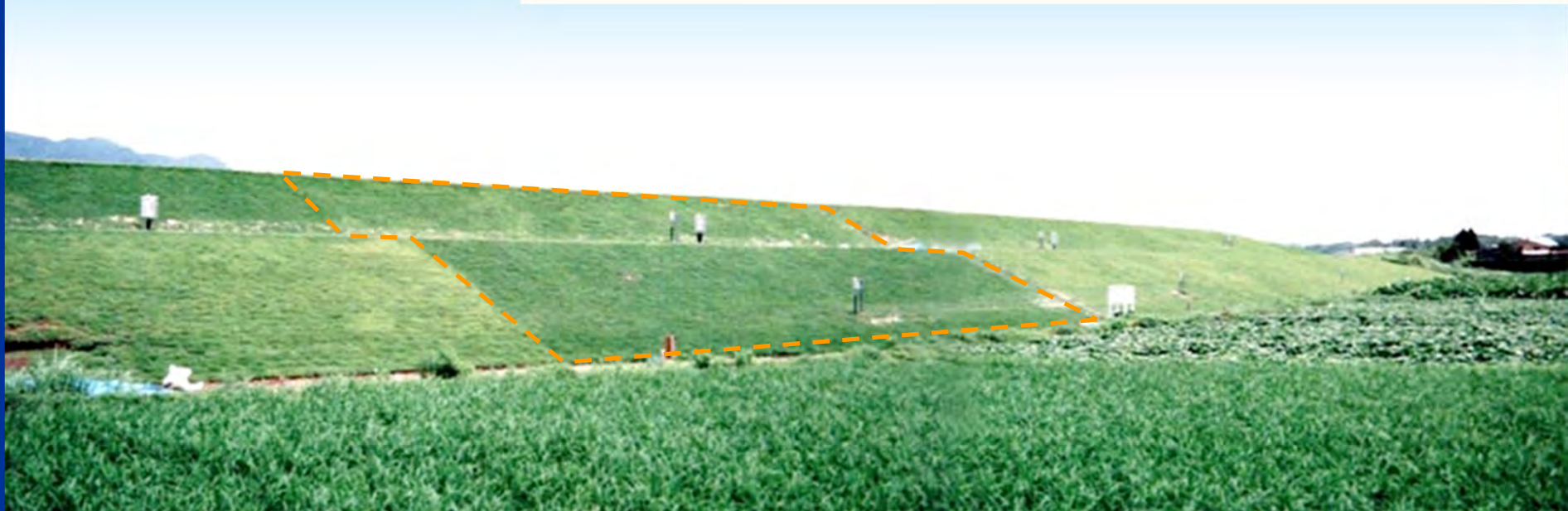
# 耐侵食性の向上 (適用事例2)

## 河川堤防盛土補強工・のり面被覆工

しらす



2ヶ月後





# 耐侵食性の向上 (適用事例3)

## 河川堤防のり面被覆工

### 他工事発生土



搬入されてきた発生土



短繊維混合補強土



施工状況



施工後 1年





# 耐侵食性の向上（適用事例4-1）

【降雨後 現場状況 平成22年5月21日】



「短繊維混合補強土工法」で製造した土羽土施工箇所

しらす土砂で築堤した箇所



しらす土砂で築堤した箇所

「短繊維混合補強土工法」で製造した土羽土施工箇所



# 耐侵食性の向上（適用事例4-2）

降雨後 現場状況 平成22年7月29日】

しらす土砂で  
築堤した箇所



「短繊維混合補強土工法」で  
製造した土羽土施工箇所



「短繊維混合補強土工法」で  
製造した土羽土施工箇所



# 力学的特性の向上(一軸圧縮強度)



一軸圧縮試験

供試体サイズ:

$\phi$  100mm × 高さ200mm

- ・砂質土 ( $F_c=17\%$ )
- ・短繊維 ポリエステル製  
長さ60mm、太さ17dtex
- ・固化材 高炉B種セメント
- ・添加剤 高分子系流動調整剤



打設前:

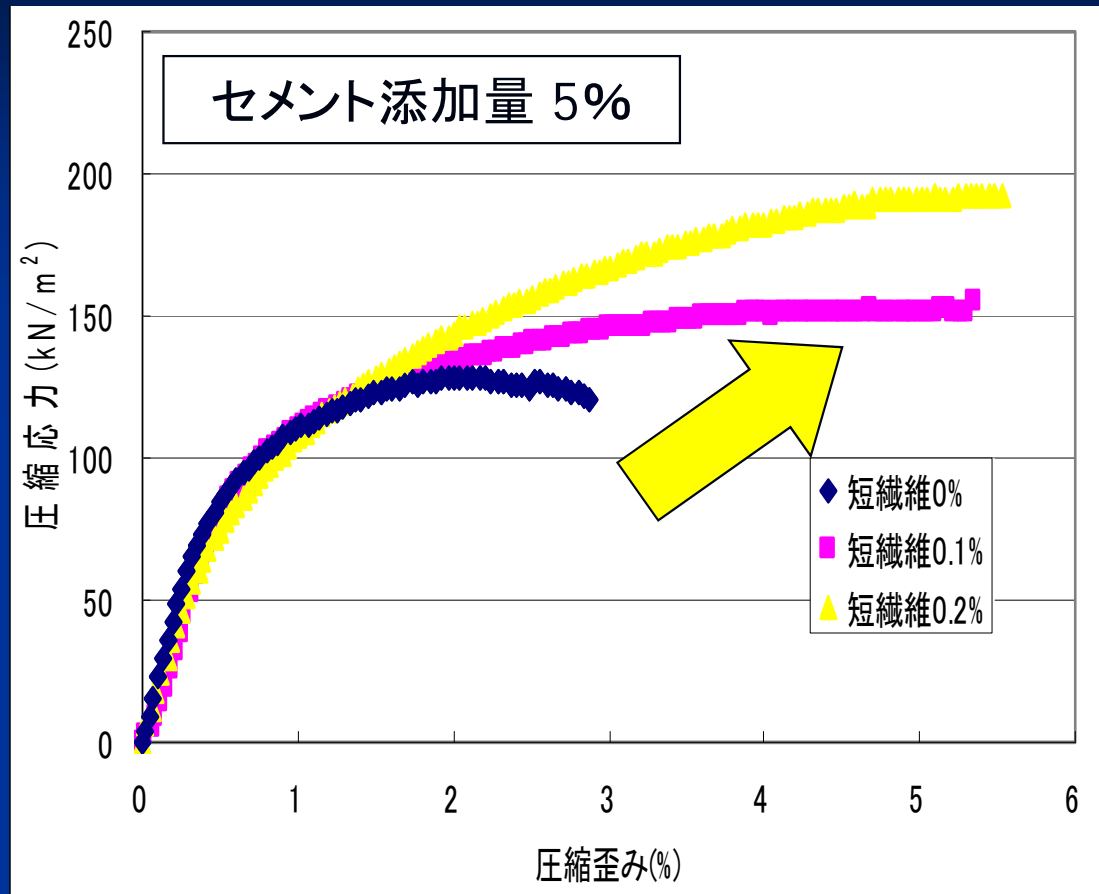
ポンプ圧送に適した流動性が必要  
(フロー値150mm前後)

打設直前:

施工性を考慮  
(フロー値90mm前後)

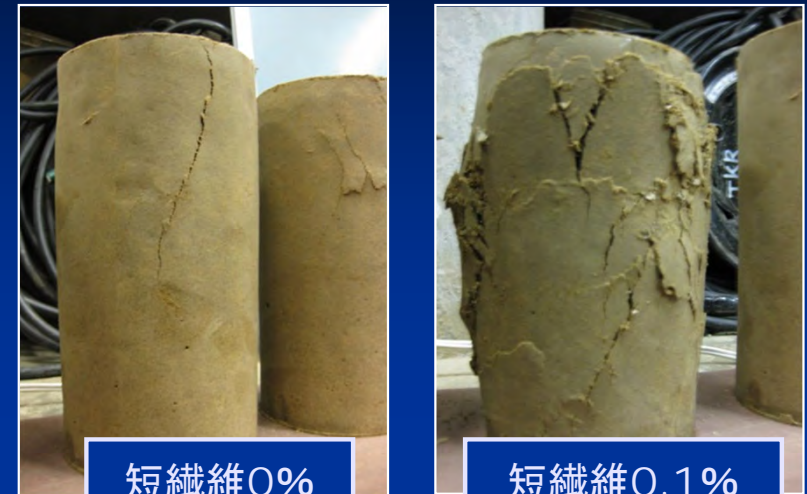


# 力学的特性の向上（一軸圧縮強度）



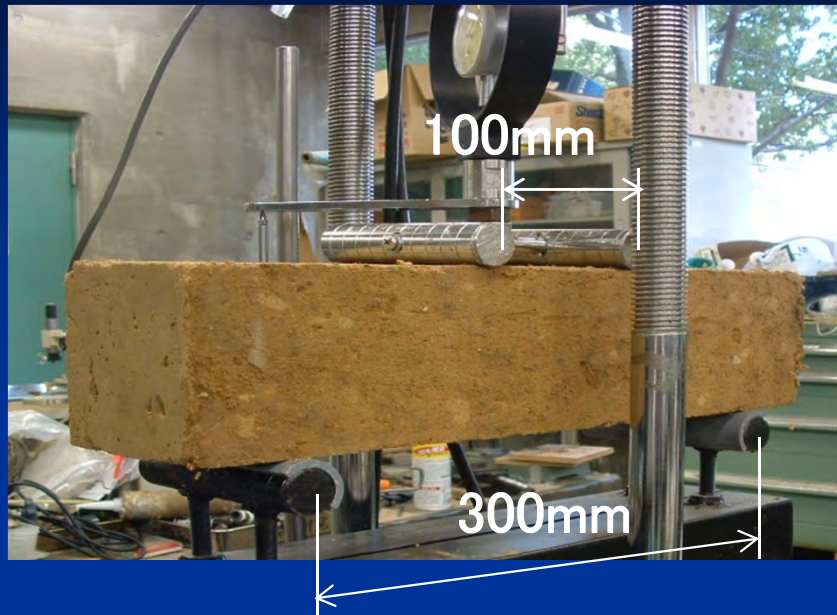
一軸圧縮試験結果（4週養生）

短繊維を混合することにより  
一軸圧縮強度が上昇傾向、かつ圧縮  
応力の急激な低下はみられない（靱性向上）



試験後の供試体  
（セメント添加量5%）

# 力学的特性の向上(曲げ強度)



※コンクリートの曲げ強度試験方法  
(JIS A 1106)に従って実施

供試体サイズ:

高さ100mm × 幅100mm × 長さ400mm

使用材料は、一軸圧縮試験と同じ



曲げ強度試験状況

供試体条件

	固化材	短繊維	打設方式
CD	セメント 3%	無	ドライ
CFD	セメント 3%	0.1%	ドライ
CFS2	セメント 5%	0.1%	スラリー

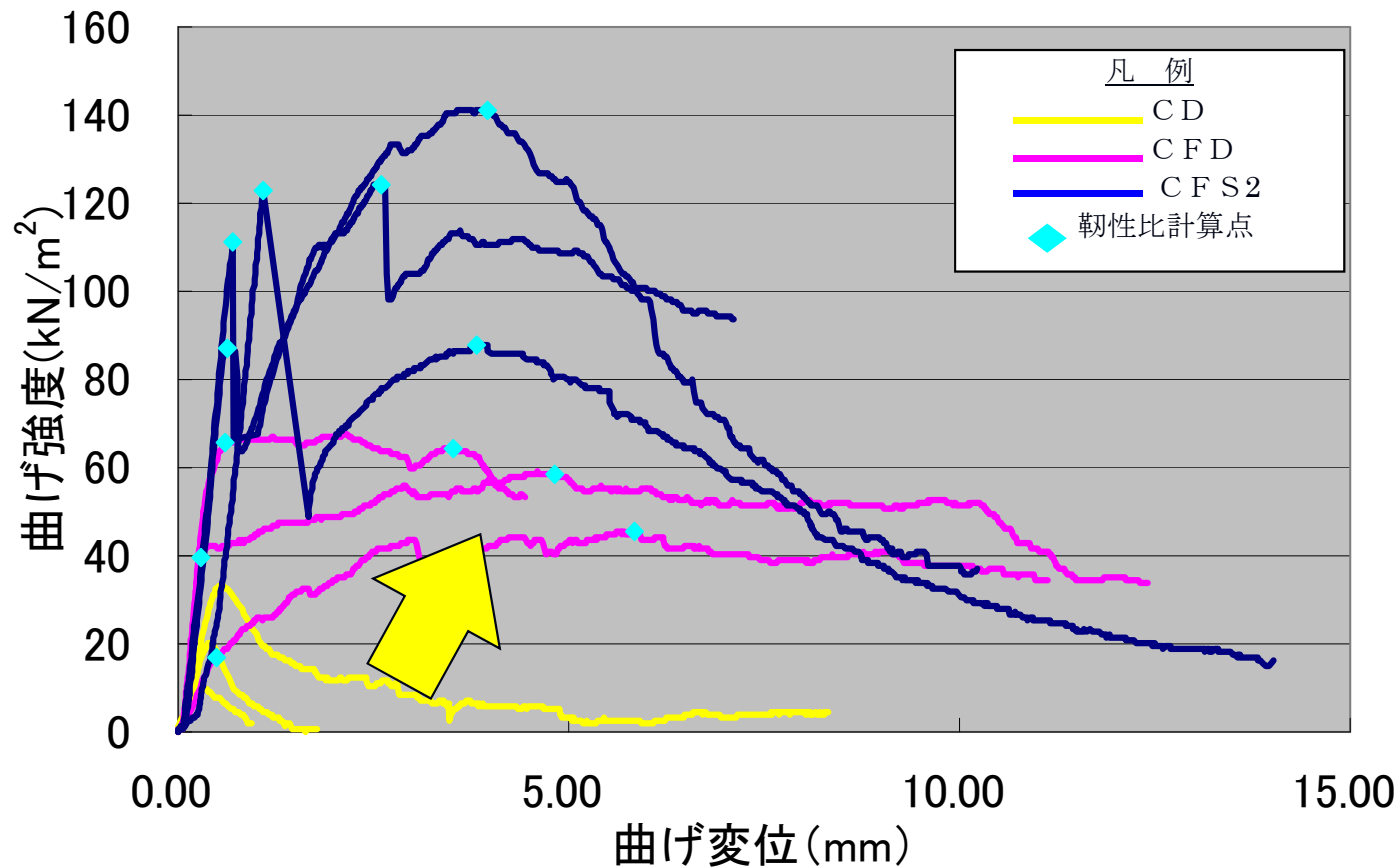




曲げによる  
引張りに対して  
短繊維が抵抗



# 力学的特性の向上(曲げ強度)



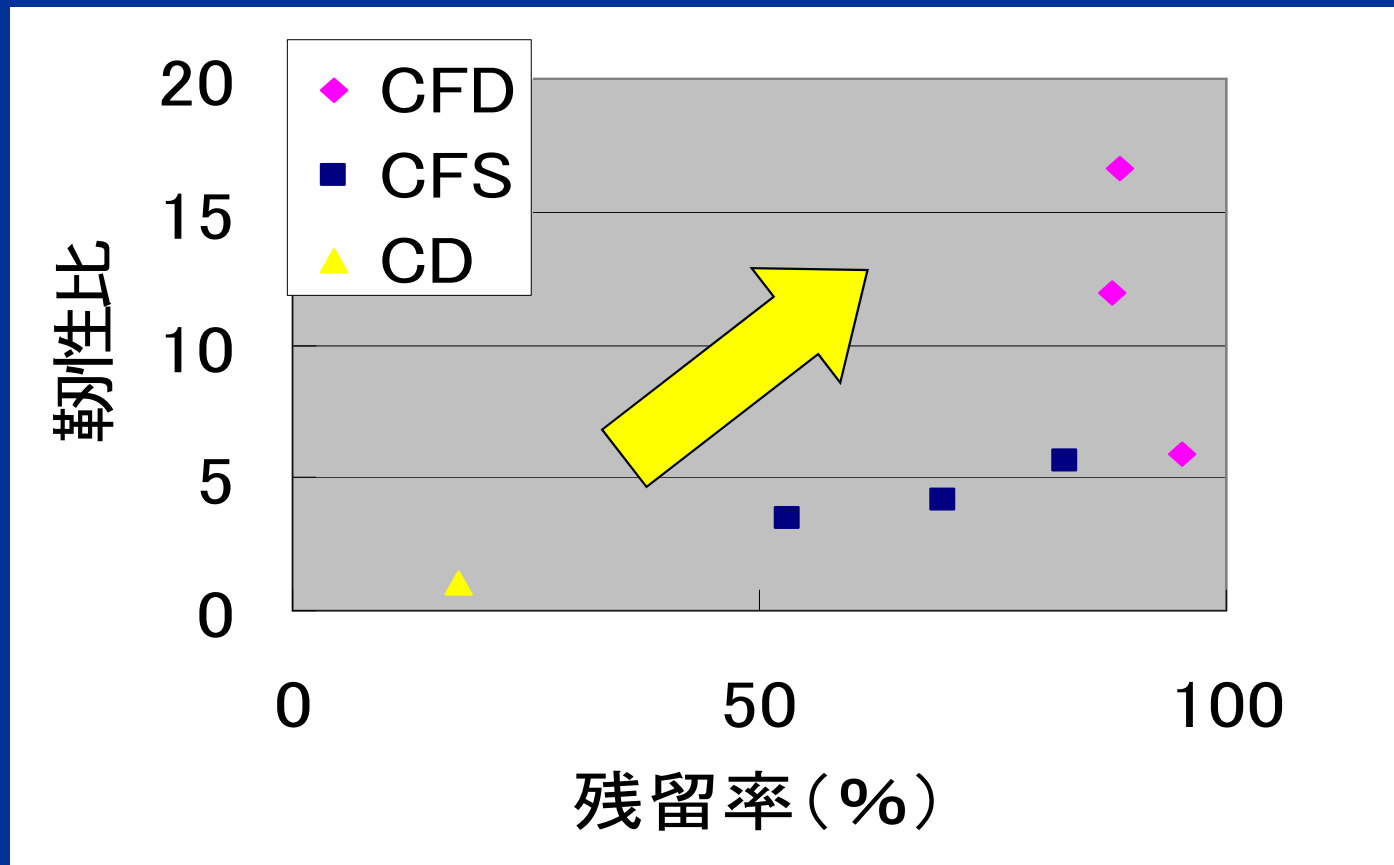
たわみ量と曲げ強度

短繊維を混合することにより  
曲げ強度が上昇傾向、かつ曲げ強度の  
急激な低下はみられない (靱性向上)

# 力学的特性の向上 (曲げ強度)

$$\text{残留率(\%)} = \frac{\text{(最大強度時のたわみ量+3mm) 時の強度}\sigma_{b(3\text{mm})}}{\text{最大強度}} \times 100$$

$$\text{靱性比} = \frac{\text{軟化開始時の曲げ変位}}{\text{第一強度低下 (降伏) 時の曲げ変位}}$$



短繊維により  
粘り強さが  
飛躍的に向上



# 製造方法(その1) ドライ方式

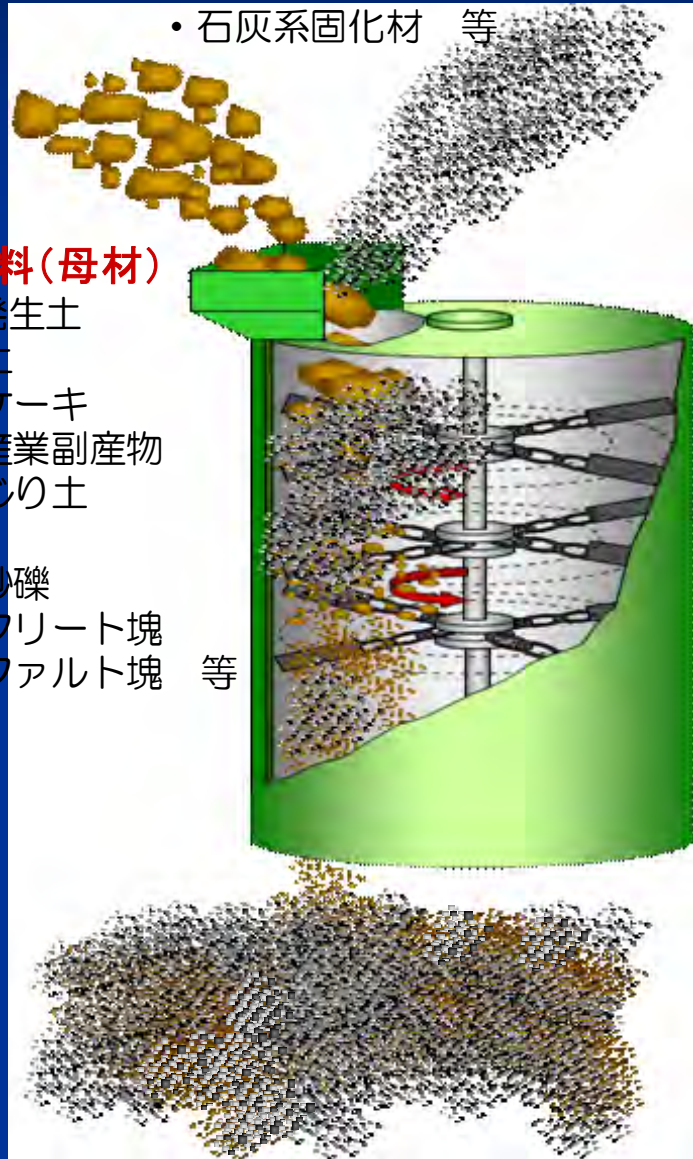
## 回転式破碎混合工法(ツイスター)

### 添加材料

- ・ベントナイト
- ・セメント系固化材
- ・石灰系固化材 等

### 土質材料(母材)

- ・建設発生土
- ・浚渫土
- ・脱水ケーキ
- ・各種産業副産物
- ・礫混じり土
- ・軟岩
- ・河床砂礫
- ・コンクリート塊
- ・アスファルト塊 等





# 製造方法(その2) スラリー方式

(吹き付け工法)





# 製造方法(その3) ターボミキサ方式 (ドライ・スラリ両用)



ターボミキサ方式のプラント

寒冷地における現地施工実験(宮城県登米市)



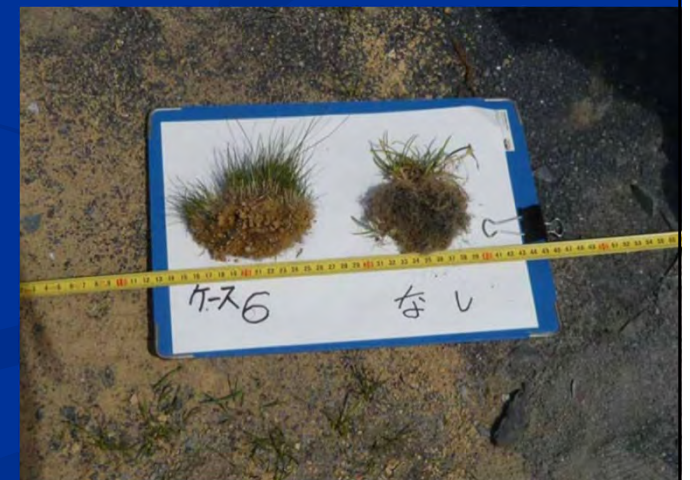
9ヶ月後の現地状況



セメント+短繊維



セメントのみ



左:短繊維あり 右:短繊維なし



# 製造方法(その4) 最近の話題

## 原位置攪拌方式 (スラリー)



# まとめ

短繊維混合補強土は、

- 耐侵食性が向上 → のり面保護に有効
- 一軸圧縮強度・曲げ強度が上昇、かつ  
    靱性が向上

以上の特長を生かし、現場の困り事を  
解決していきます