

平成 18 年 6 月 23 日

東洋建設株式会社

## ハイブリッド・クレイ・バリアの実用化

—地震や沈下に対する変形追随性をもつ廃棄物海面処分場の土質系遮水材—

このたび東洋建設株式会社は、廃棄物海面処分場に用いる土質系遮水材料ならびに遮水工、ハイブリッド・クレイ・バリア（HCB：Hybrid Clay Barrier）の施工技術を確立しました。

HCBは、浚渫粘性土に線状高分子と固化材を混合した複合材料であり、廃棄物海面処分場の遮水工に求められる変形追随性と遮水性能を併せ持つ土質系遮水材料です。この材料は、京都大学嘉門雅史教授の指導の下、大阪府立産業技術総合研究所と太陽工業株式会社と共同開発したものです。さらに東洋建設では、実機プラントを用いた現場実験により、様々な性状の浚渫粘性土に対する混合打設方法を検証し、実際の廃棄物海面処分場で施工できる技術を完成させました。

### ◇技術の特徴と開発目的

廃棄物海面処分場の遮水工は、地震、波浪・潮汐の作用、軟弱地盤の沈下などに起因する変形の影響を受けやすいため、変形に対する追随性が求められています。HCBは、軟弱な高含水比粘性土に固化材と線状高分子材料を混合した高い靱性（粘り強さ）を特徴とする土質材料であり、廃棄物海面処分場の遮水工に用いる土質系遮水材料として開発したものです。高含水粘性土の固化処理による透水性低下の効果と、線状高分子材料の混合による靱性の向上効果により、大ひずみ領域でも耐力を有し、かつ不透水性を保持できる土質系遮水材料です。

### ◇従来技術との相違、開発経過

東洋建設では、高含水比の浚渫粘性土にセメント等の固化材を混合する安定処理技術を保有しています。しかし、従来のセメント固化処理土は脆性的な性状をもつため、大きい変形を受けたときの遮水性能が十分でないことが問題でした。そこで、線状高分子材料として短繊維を使用し、東京湾および大阪湾内の浚渫粘性土を用いて実施した配合試験等の室内試験結果から、上記の問題が改善されて遮水材料としての性能が確保できることが確認できました。

HCBの実用化に当たって、東洋建設が独自に保有する「粘性土の解泥・混練りシステム TOUGH-KON（タフコン）」を用いて、粘性土と固化材および繊維を効率よく均質に混合する方法を開発しました。また、水中打設においては流動性と水中不分離性が求められ、これに対応した現場配合と打設方法を含む全体の施工システムを確立したことにより、HCBの実用化が達成されました。

実際の工事では、東洋・古川建設共同企業体が受注した東京都港湾局発注の「平成16年度新海面処分場Gブロック西側護岸建設工事」における遮水工に用いる追随性材料としてHCBを提案し、採用されました。

### ◇今後の展開

浚渫粘性土、建設残土等の利用価値が低い土質材料を有効に利用して付加価値の高い土質材料を創り出す観点から、今後は線状高分子材料のリサイクル材の有効利用も視野に入れて応用展開を図っていく計画です。

# ハイブリッド・クレイ・バリアの実用化

---Hybrid Clay Barrier (HCB) ---  
廃棄物海面処分場の土質系遮水材料

東洋建設(株)

# ハイブリッド・クレイ・バリア（HCB）の実用化

- 管理型廃棄物海面処分場と遮水工
- 廃棄物海面処分場における土質系遮水材料(概説)
- 要求性能: 遮水性 & 変形追随性
- ハイブリッド・クレイ・バリア（HCB）の特徴  
    靱性: 強度変形特性、遮水性
- 室内試験(基礎研究) ⇒ HCBの材料特性 ⇒ 標準配合
- プラント実験 ⇒ 混合打設方法・施工システムの確立
- 施工実績 ⇒ H17年 新海面処分場西護岸工事
- 今後の展望 ⇒ 用途、材料

# 管理型廃棄物海面処分場



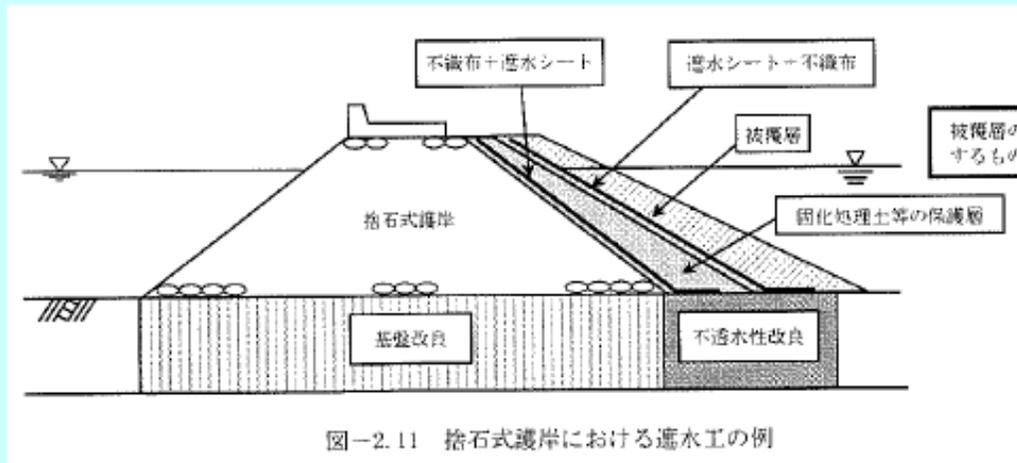
一般廃棄物および産業廃棄物の最終処分

⇒ 都市部では、海面処分が主体

管理型廃棄物処分場

⇒ 遮水工：基準省令による構造規定を満足すること  
遮水性能を満足すること

# 廃棄物海面処分場の遮水工

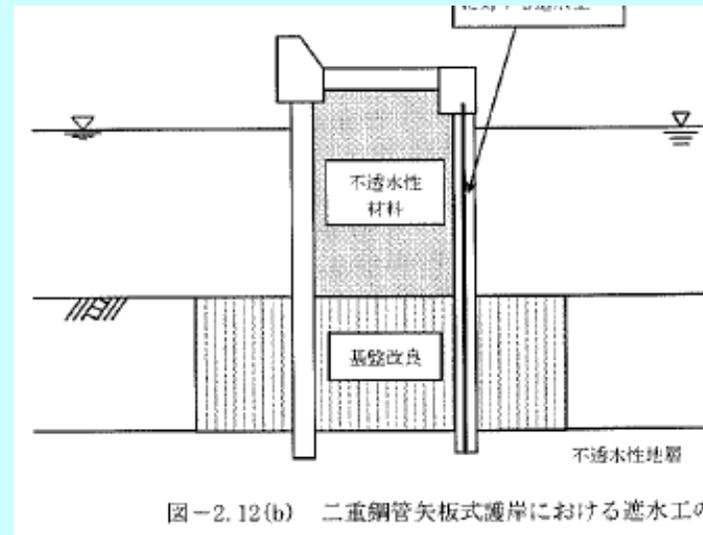
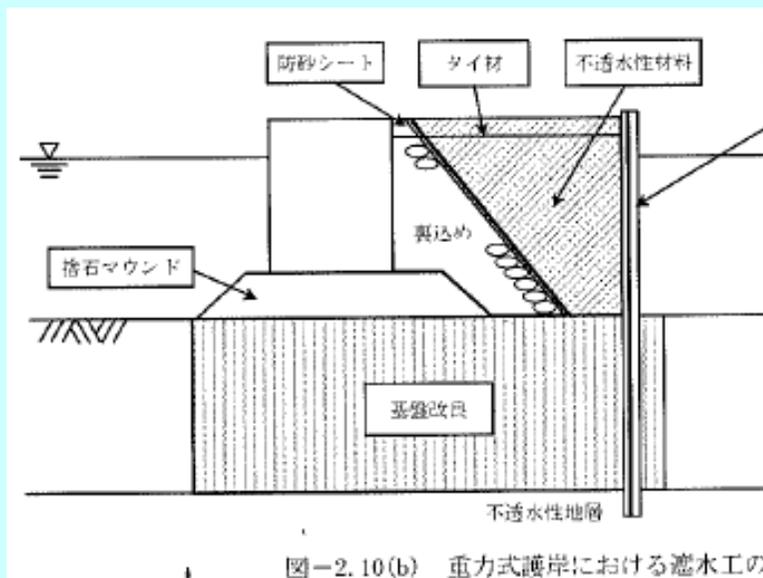


遮水工：

◎二重遮水シート

◎遮水鋼矢板

○土質系遮水材 ←HCB



(WAVEマニュアルより引用)



# ハイブリッド・クレイ・バリア (HCB)

変形追随性と遮水性能を併せ持つ土質系遮水材料



① 浚渫粘性土  
東京湾、大阪湾など



② 線状高分子材料: 短繊維  
長さ 12mm, 24mm, 45mm  
径 26  $\mu$ m, 100  $\mu$ m, 200  $\mu$ m



③ 固化材  
普通セメント、高炉B種セメント

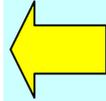
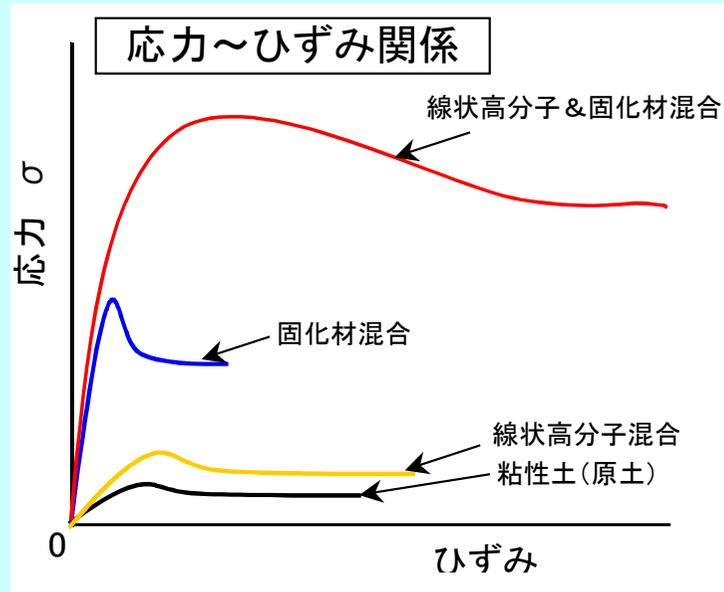


混合

- ・ 線状高分子材料(繊維)の混合による靱性の向上効果 (繊維: 体積比 1% 程度の混合)
  - ・ 高含水比粘性土の固化処理による透水性低下の効果 (固化材: 50~150kg/m<sup>3</sup>程度の配合)
- ⇒大ひずみ領域でも耐力を有し、且つ遮水性を保持できる性能を発揮できる土質系遮水材料

# 力学特性と透水性

## (材料の概念)



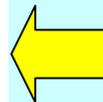
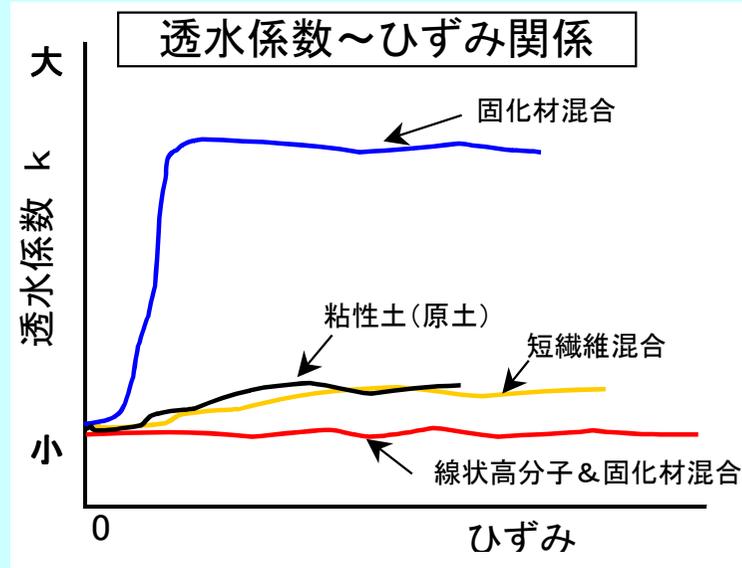
### 力学特性 (強度変形特性)

- ・ 固化材混合の効果  
強度の増加, 剛性の増加 (ただし脆性)
- ・ 線状高分子混合の効果  
**靱性の増加**: 破壊時ひずみ・残留強度の増加

### ☆線状高分子&固化材混合の効果

**靱性の増加, 強度の増加**

⇒線状高分子と固化材の混合率をコントロールして、**所定の強度変形特性**を有する土質材料が得られる



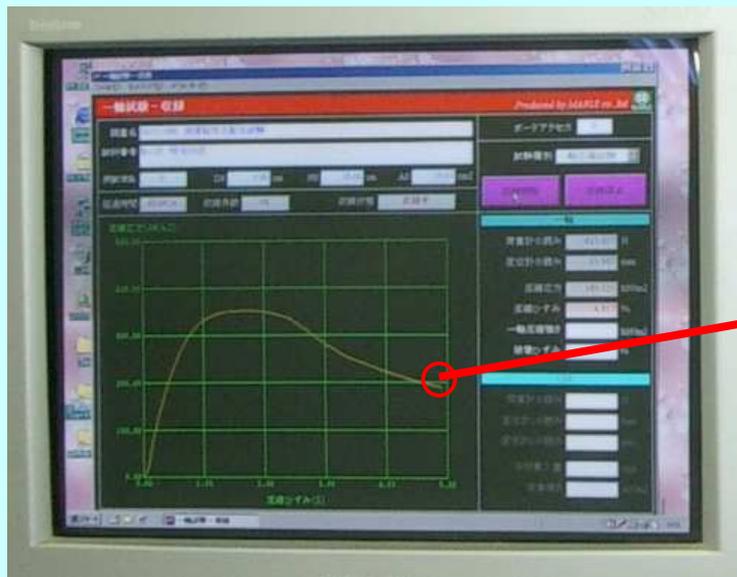
### 透水性 (遮水性)

- ・ 固化材混合の効果  
固化処理土は一般に**難透水性**であるが、**脆性**を有するため、小さいひずみ領域で透水性が大きくなる。

### ☆線状高分子&固化材混合の効果

大きいひずみ領域でも、粘性土(原土)と同程度に小さい透水性を保持できる。

# 一軸圧縮試験状況



ポストピークの供試体



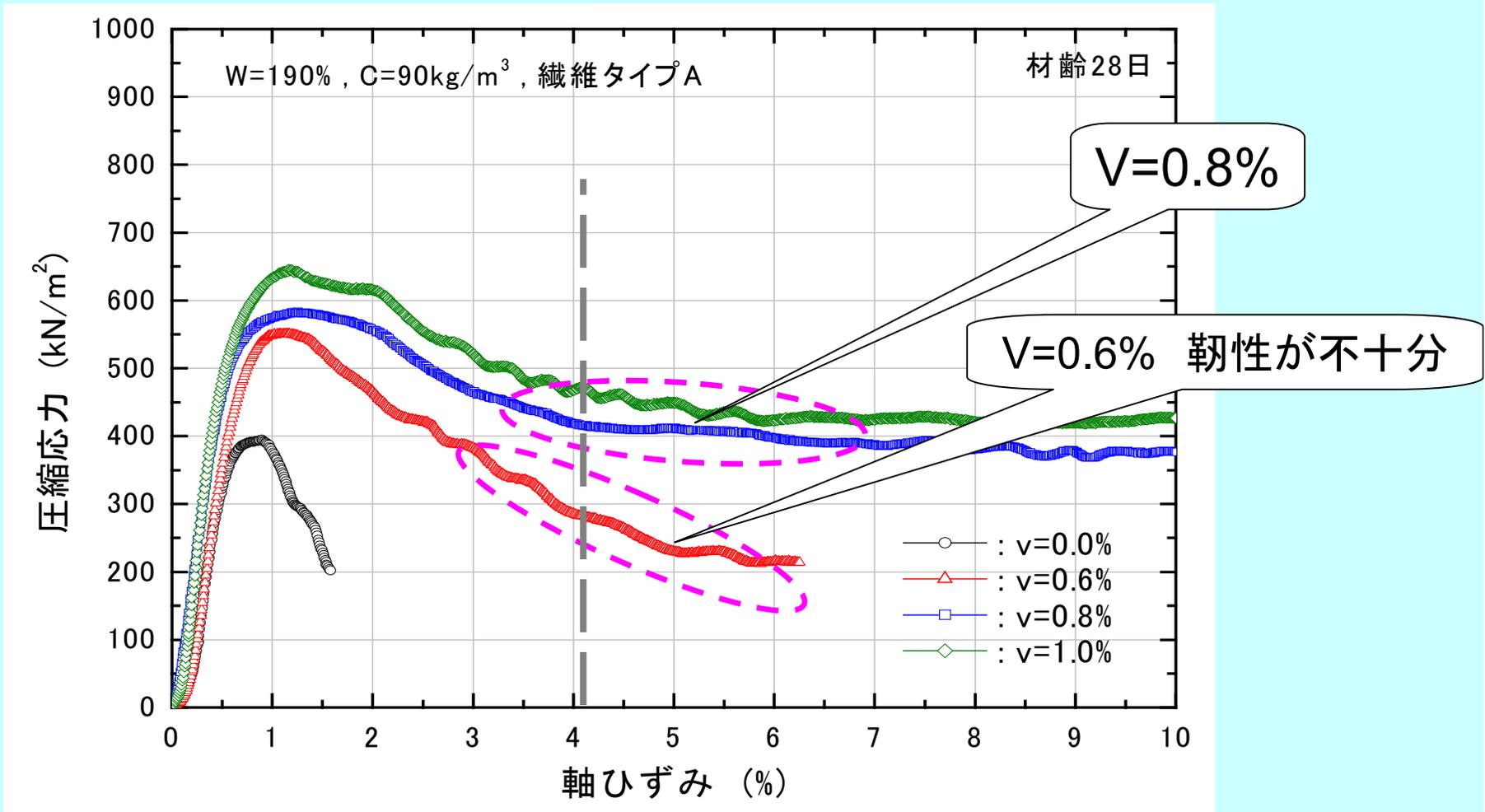
供試体破壊面の状況

# 繊維混合の効果

## 一軸圧縮試験結果の例

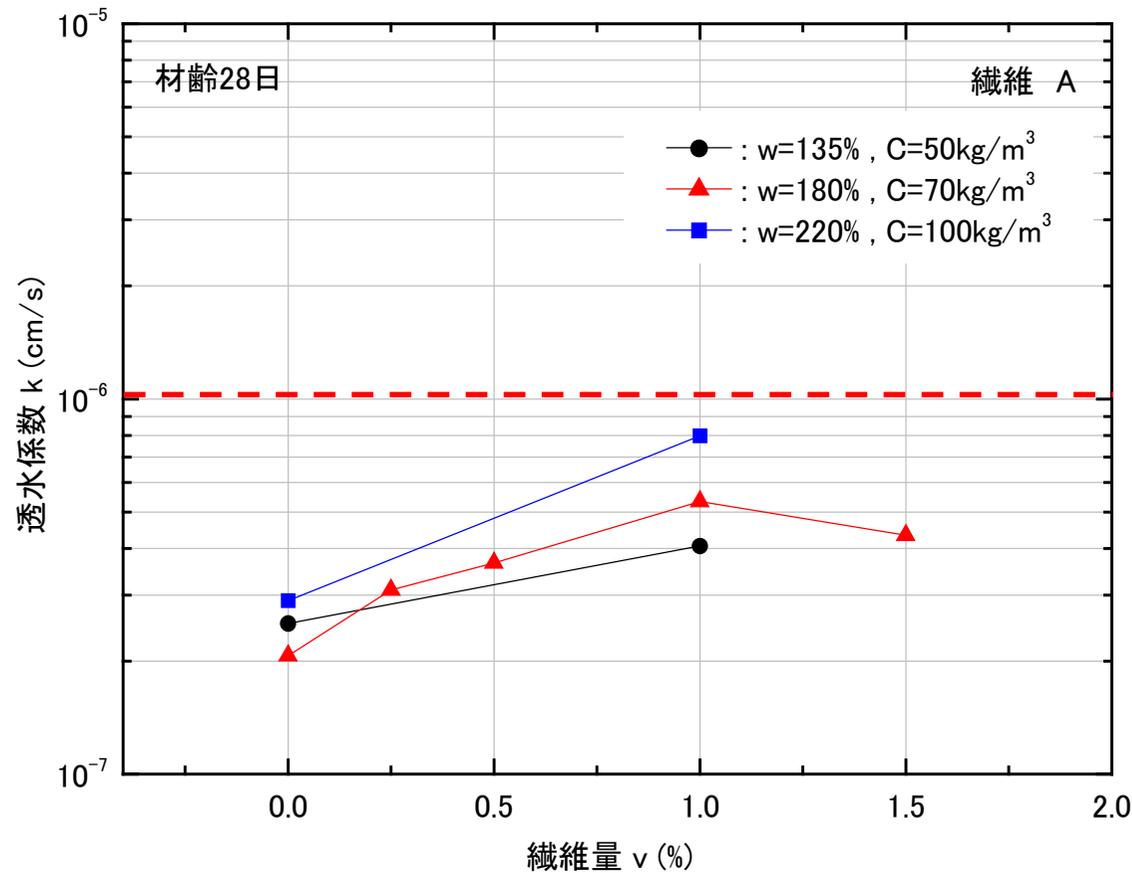
応力～ひずみ関係

⇒ 靱性向上効果（ねばり強さ）



# 遮水性 (透水試験結果)

繊維量と透水係数の関係  
— 含水比, 水セメントの影響 —



## 固化材と繊維混合の効果

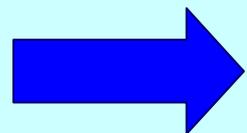
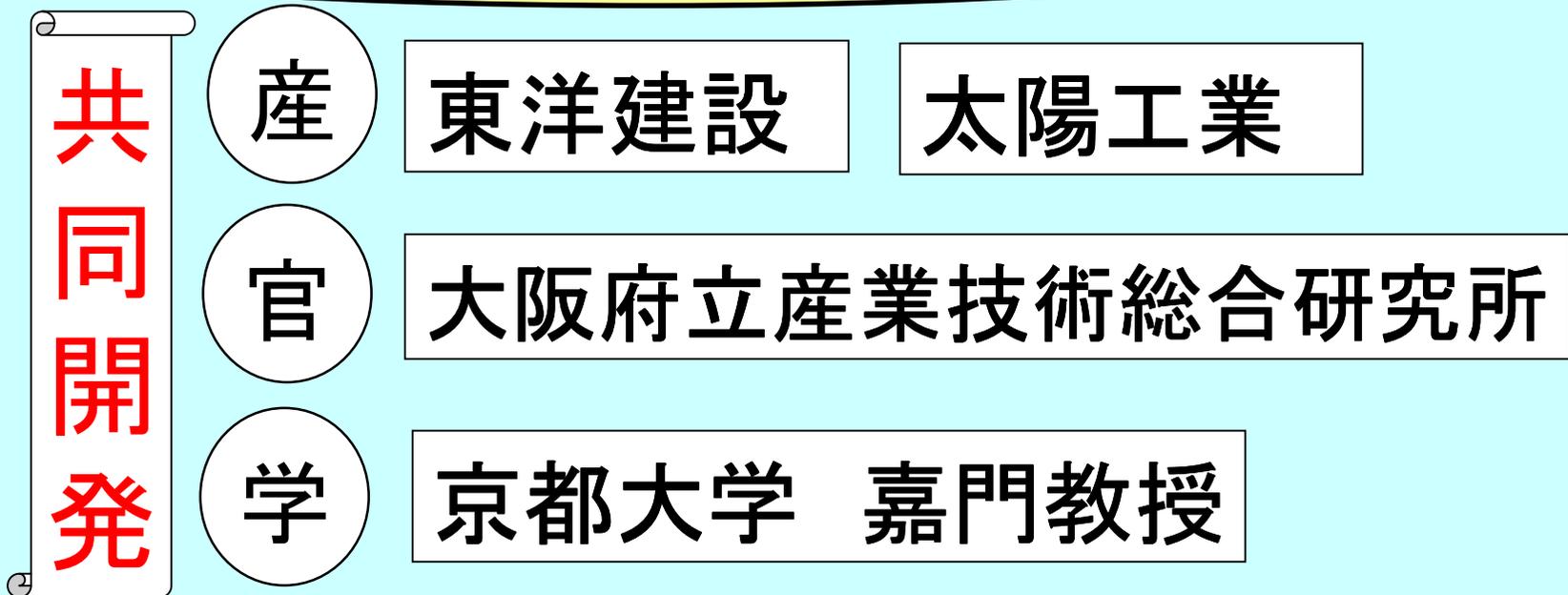
高含水比粘性土 ( $W_L$ の2.5倍まで) を固化処理し, 靱性向上効果が十分に発揮される繊維量を混合した場合でも、

透水係数は  $k=1.0 \times 10^{-6}\text{cm/s}$ 以下



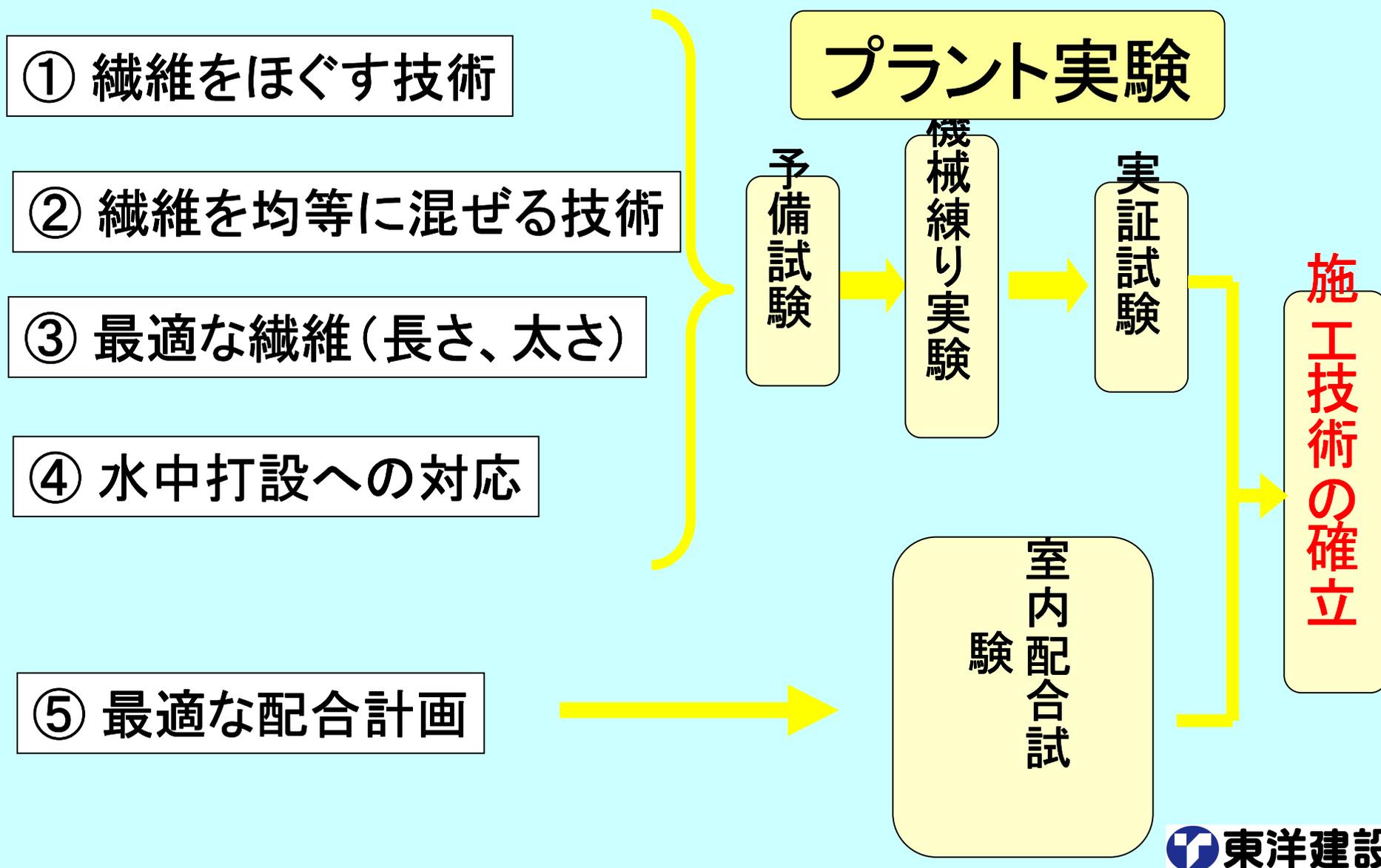
# 研究開発体制

線状高分子混合処理土の基礎研究  
ハイブリッド・クレイ・バリア (HCB)



技術開発 実用化 東洋建設

# 実用化への課題と解決



# 混練機 タフコン 硬質粘性土の実績



土で繊維をこね回す!!

# 実機プラントによる混合打設実験



土砂改良プラント タフコン30



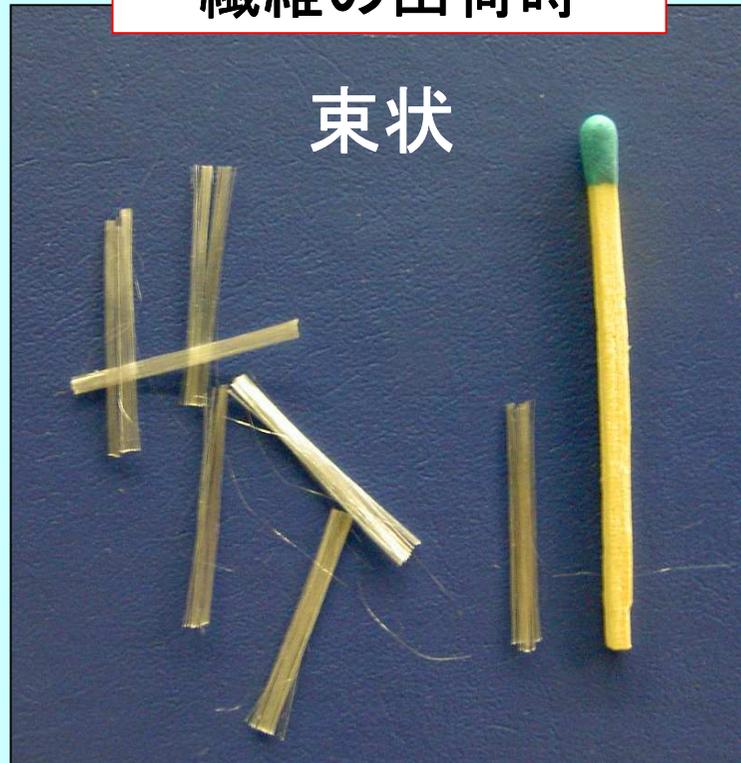
二軸リボンミキサ



粘性土+固化材+繊維の混合攪拌状況

# 繊維の選定 混合攪拌効率と均質性

繊維の出荷時



繊維の径( $\phi$ )  
200  $\mu$ m  
100  $\mu$ m  
40  $\mu$ m  
**26  $\mu$ m**  
13  $\mu$ m

ほぐした繊維



繊維の長さ(L)  
45mm  
**24mm**  
12mm

# 標準配合の範囲と現場配合

## ①粘性土

東京港航路～新海面にて採取  
細粒分:98%, 液性限界LL=90~110 %  
加水→流動化  
含水比調整 LLの1.5, 2.0, 2.5倍



## ①粘性土

新海面採取  
含水比w=220% (LLの2.0倍程度)

## ②線状高分子: ビニロン(PVA) 繊維

繊維添加→靱性向上  
添加量: v= 0.25~2.0%  
繊維長: L=12mm, 24mm, 48mm  
繊維径:  $\phi=26\mu\text{m}$ ,  $100\mu\text{m}$ ,  $200\mu\text{m}$

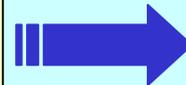


## ②ビニロン(PVA) 繊維

添加量: v= 0.7~1.0%  
繊維長: L=24mm  
繊維径:  $\phi=26\mu\text{m}$

## ③固化材: 高炉・普通ポルトランドセメント

固化材添加→透水性低下・均質性確保  
貧配合 c=50~150 kg/m<sup>3</sup>



## ③固化材: 高炉セメント

添加量 c=100 kg/m<sup>3</sup>程度

## ④流動化剤(遅延剤)

流動化剤添加→遮水性を維持しながら  
流動性確保(遅延効果)



## ④流動化剤(遅延剤)

添加量 3 kg/ m<sup>3</sup>程度

一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、透水試験、フロー試験

# 標準配合の範囲と現場配合

影響要因	記号	標準範囲	現場配合
粘性土の含水比	W	$(1.8 \sim 2.2) \times LL \%$	$2.0 \times LL \%$
セメント添加量	C	$70 \sim 100 \text{ kg/m}^3$	$90 \text{ kg/m}^3$
繊維添加量	F	$0.7 \sim 1.0 \%$	$0.8 \%$
流動化材添加量	R	---	$3.6 \text{ kg/m}^3$

繊維寸法： $\phi=26 \mu\text{m}$  and  $L=24\text{mm}$

# 主要特性と影響要因

影響要因	記号
粘性土の含水比	W
セメント添加量	C
繊維添加量	F
流動化材添加量	R

優先 順位	特 性	影 響 要 因			
		W	C	F	R
1	遮水性	●	●	△	--
2	靱性	--	○	●	--
3	流動性	◎	--	◎	●
4	均質性	△	△	○	○
5	強度	◎	◎	△	△

1) 影響要因の記号は、表-1を参照

2) 記号 ● : 配合の決定要因  
 ○ : 影響を与える  
 -- : 影響を与えない

◎ : 大きく影響を与える  
 △ : 少し影響を与える

# 工事概要・位置図



工事件名 : 平成16年度新海面処分場Gブロック西側護岸建設工事  
発注者 : 東京都  
施工者 : 東洋・古川建設共同企業体

# 新海面処分場



# 新海面処分場

施工位置  
延長109m

A

B

浮棧橋

C

G

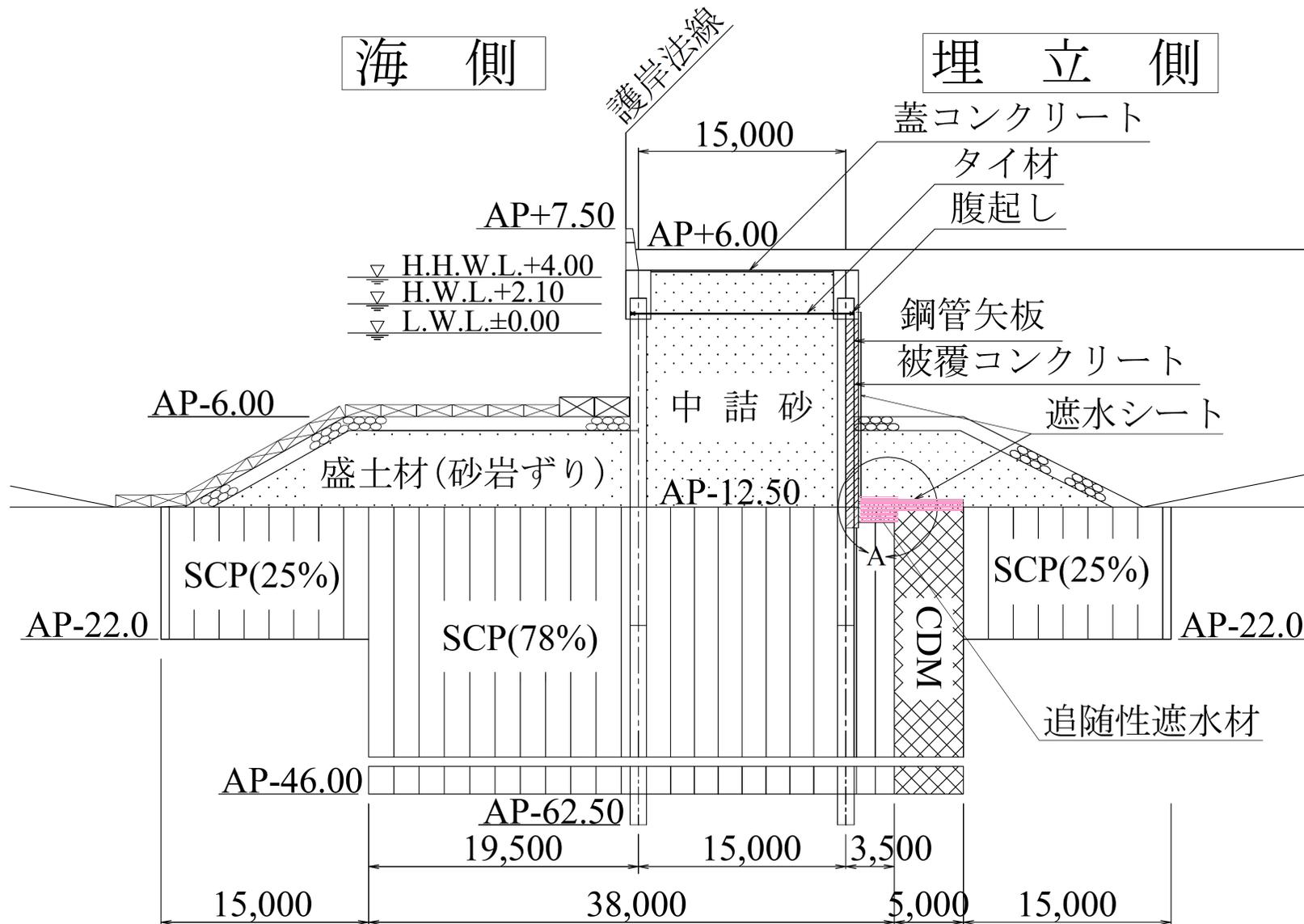
D

F

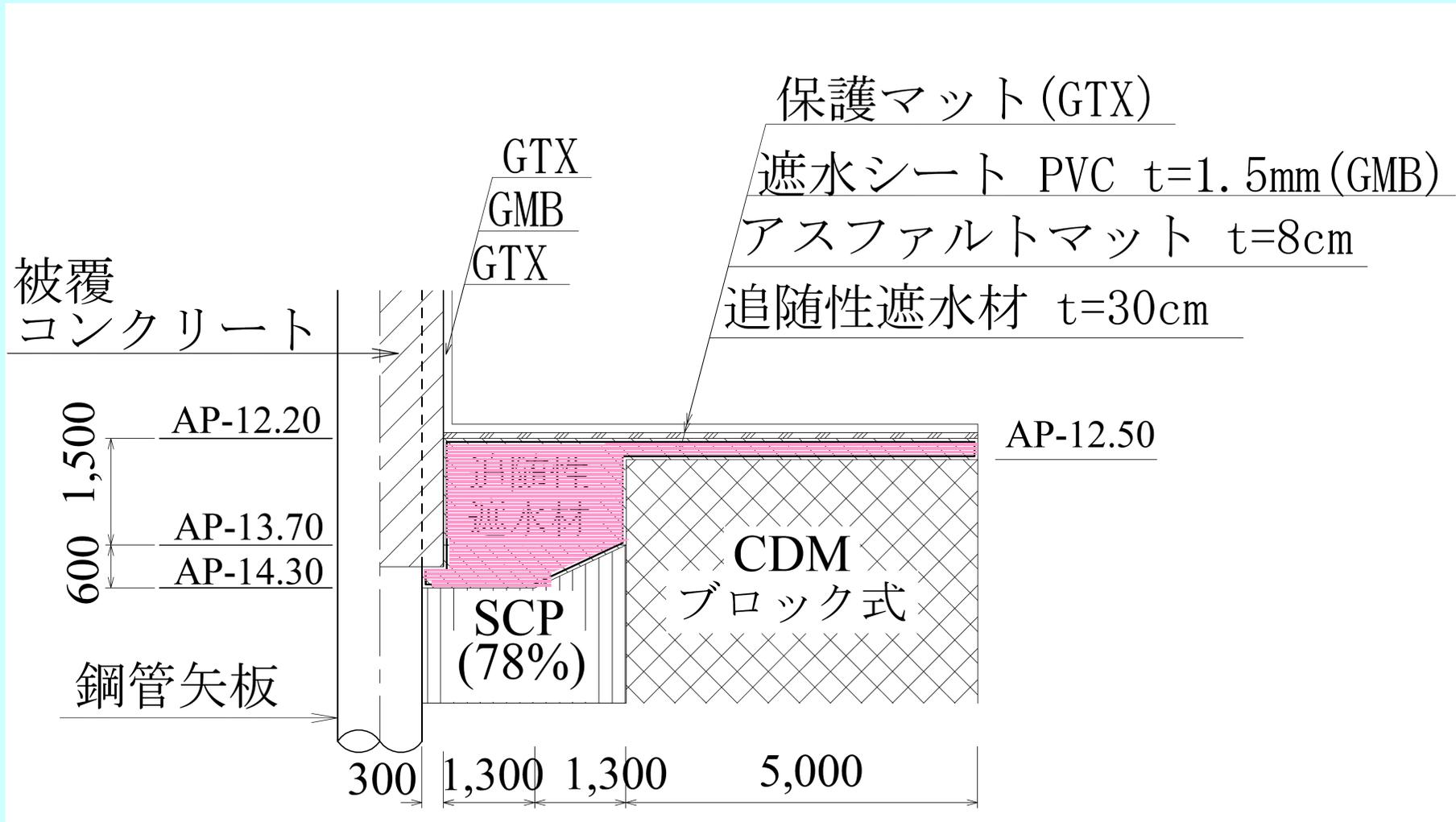
E

約480ha

# 廃棄物護岸の標準断面図



# 遮水工詳細図



# 特記仕様書による要求品質

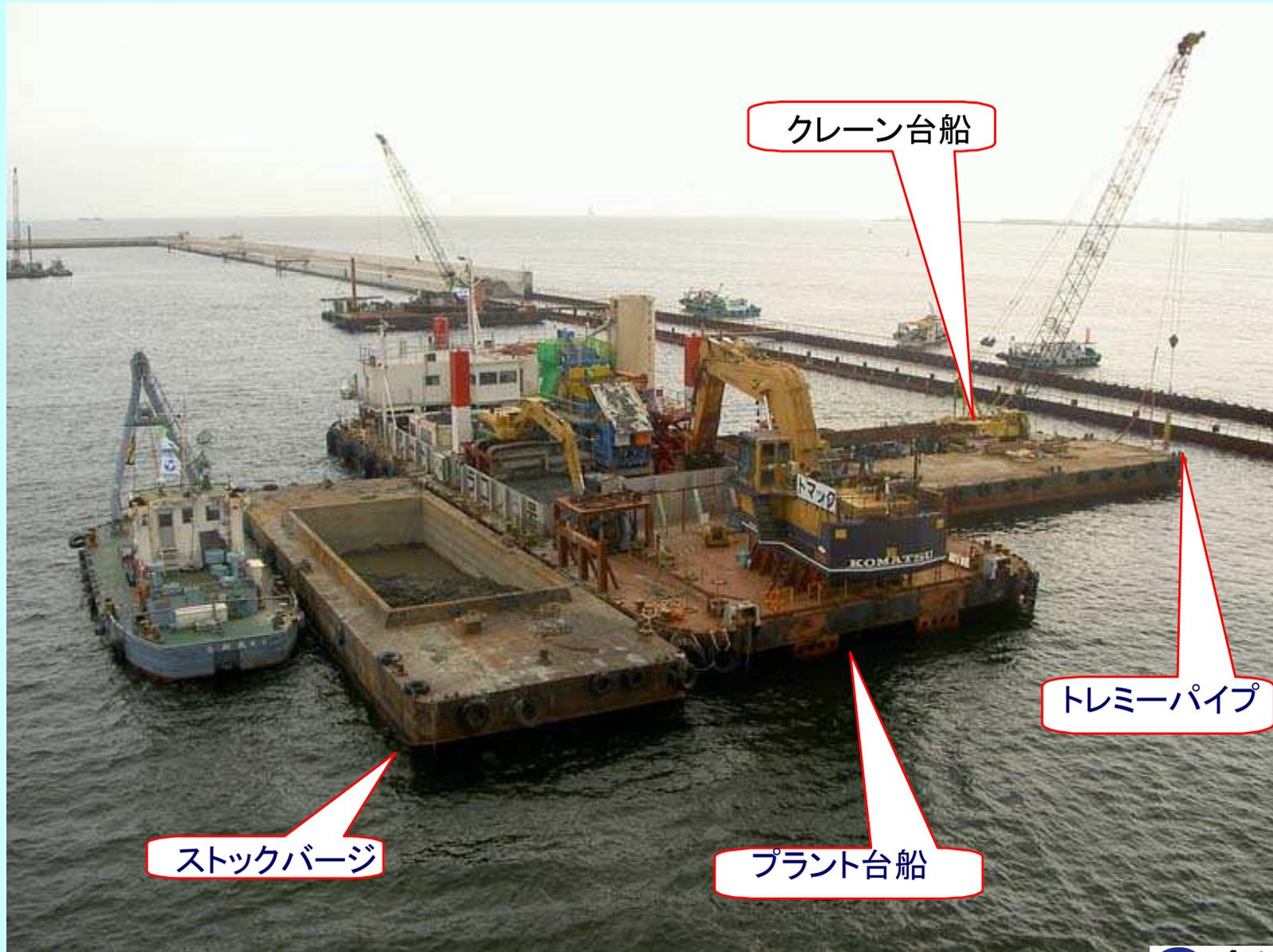
透水係数  $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  以下

『鋼管矢板の変位及び地盤の沈下等に対し十分な追随性があり、ひび割れや空隙を生じないもの』

変位・沈下に追随し、変形しても遮水性能を保持

**変形追随性遮水材**

# 遮水材プラント船団



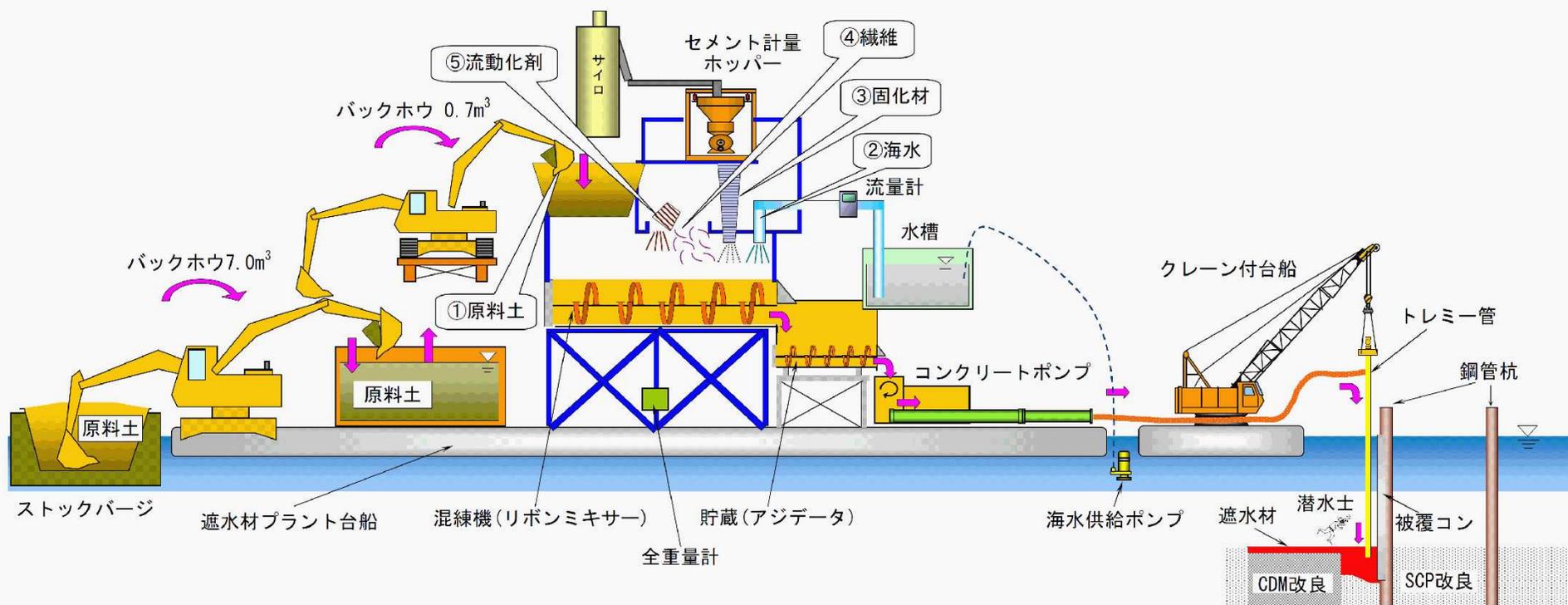
クレーン台船

トレミーパイプ

ストックバージ

プラント台船

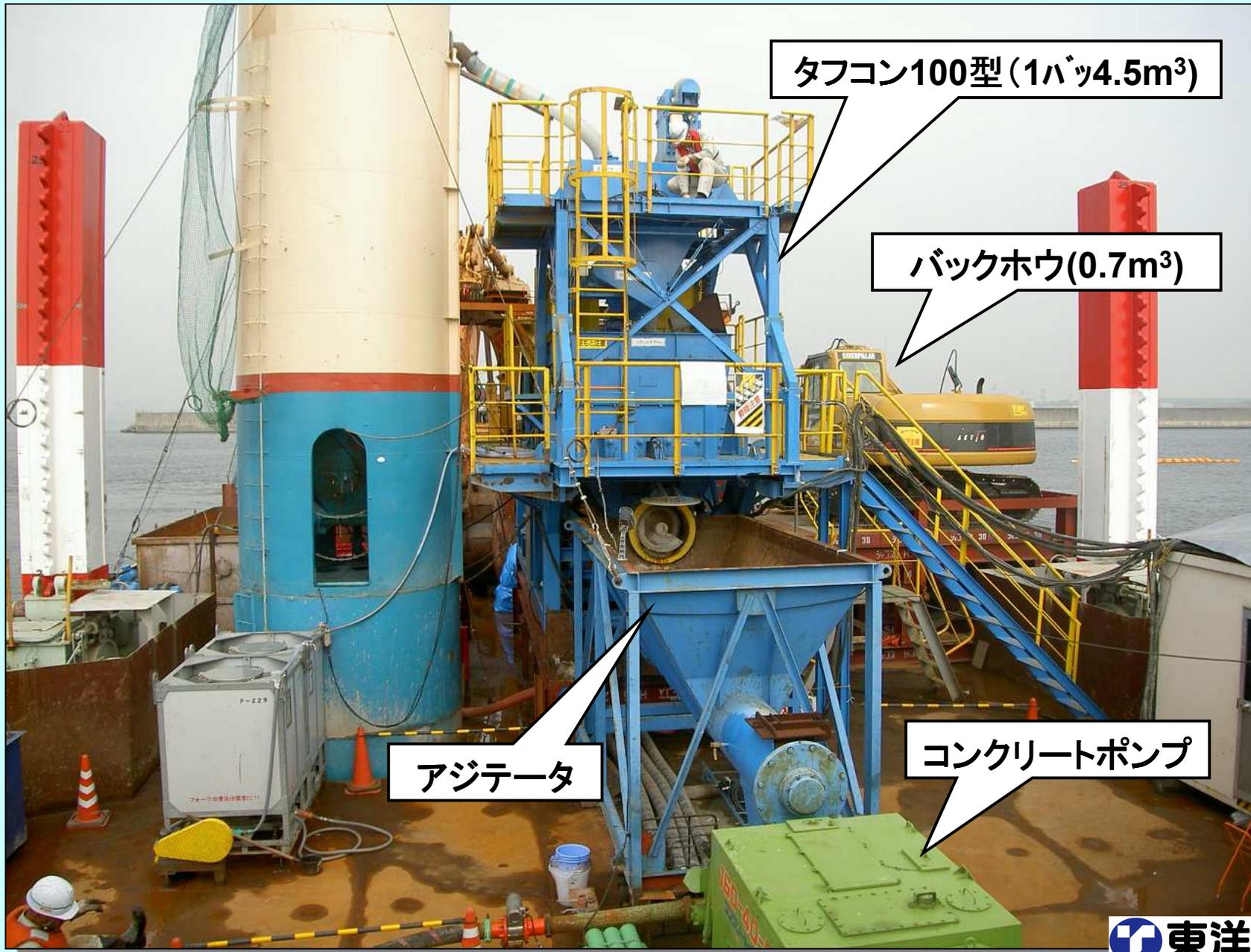
# 施工システム



# プラント台船



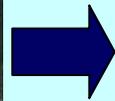
# 混練り機 タフコン100型



# ビニロン繊維



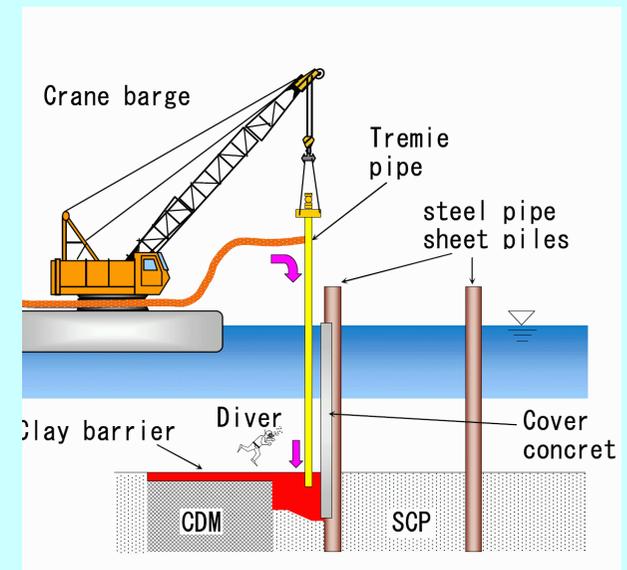
# リボンミキサーによる攪拌状況



# 混合攪拌後（アジテーター）



# トレミーパイプ



# スランプ試験



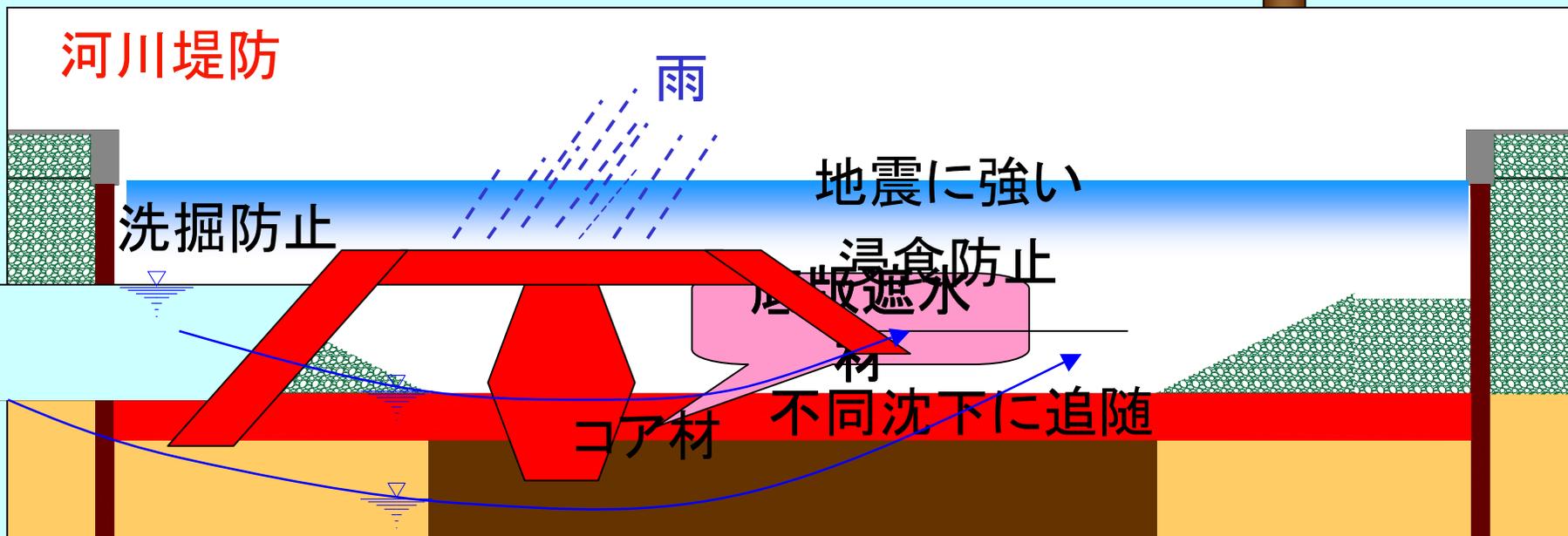
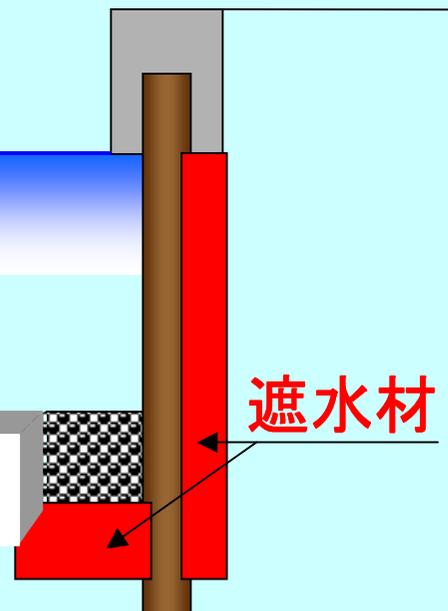
管理値 : 18-20 cm

# 今後の展開 ——用途開発

・廃棄物埋立護岸の遮水材料

・海面廃棄物処分場での底版遮水材

・河川堤防での遮水材料、斜面の遮水壁



# 今後の展開 ——材料・機械設備

- 線状高分子材料（繊維）  
リサイクル材の有効利用
- コストダウン  
材料と施工機械設備

# まとめ

廃棄物海面処分場の土質系遮水材

浚渫粘性土に固化材と線状高分子材（繊維）を混合した土質系遮水材

“線状高分子混合処理土 ⇒ ハイブリッド・クレイ・バリア  
“Hybrid Clay Barrier (HCB)”

## 基本性能

### 1) 繊維混合の効果

固化処理土の靱性を向上

### 2) 遮水性能

高含水比粘性土（ $W_L$ の2.5倍）を固化処理し、靱性向上効果が十分に発揮される繊維量を混合した場合でも透水係数は $k=1.0 \times 10^{-6}$ cm/s以下

## 実用化

### 3) 現場配合設計法の確立

流動化材の効果確認、配合設計

### 4) 施工システムの確立

保有する混合攪拌・流動化処理技術の延長

タフコン（リボンミキサー）による混合攪拌、水中打設

施工実績（品質管理）

## 今後

・用途開発    ・コストダウン