

## INSEM-SBウォール工法

---

～砂防ソイルセメント工法による堤体内部材と機能性に優れた外部保護材を  
組み合わせた、複合構造形式の砂防堰堤工法～

SBウォール工法研究会

<http://www.sbwall.org/>

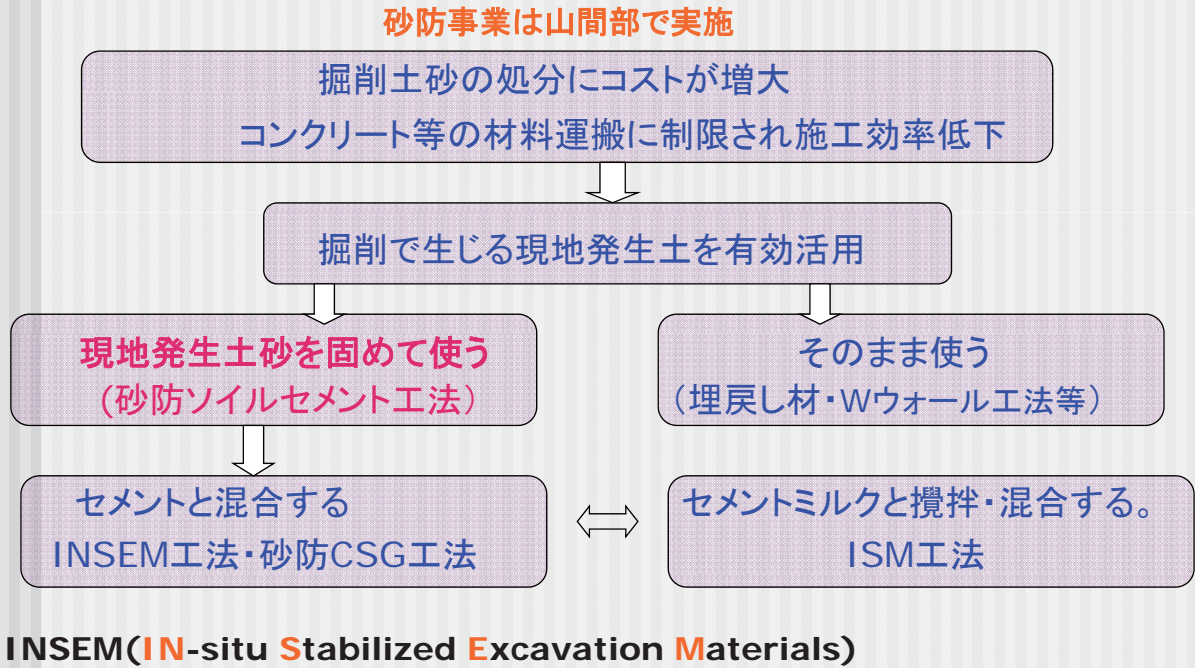
## 次第

---

1. 砂防ソイルセメントの概要
2. INSEM-SBウォール工法の概要及び特長
3. 施工実績
4. 設計
5. 配合の検討
6. 施工・施工管理
7. 施工事例

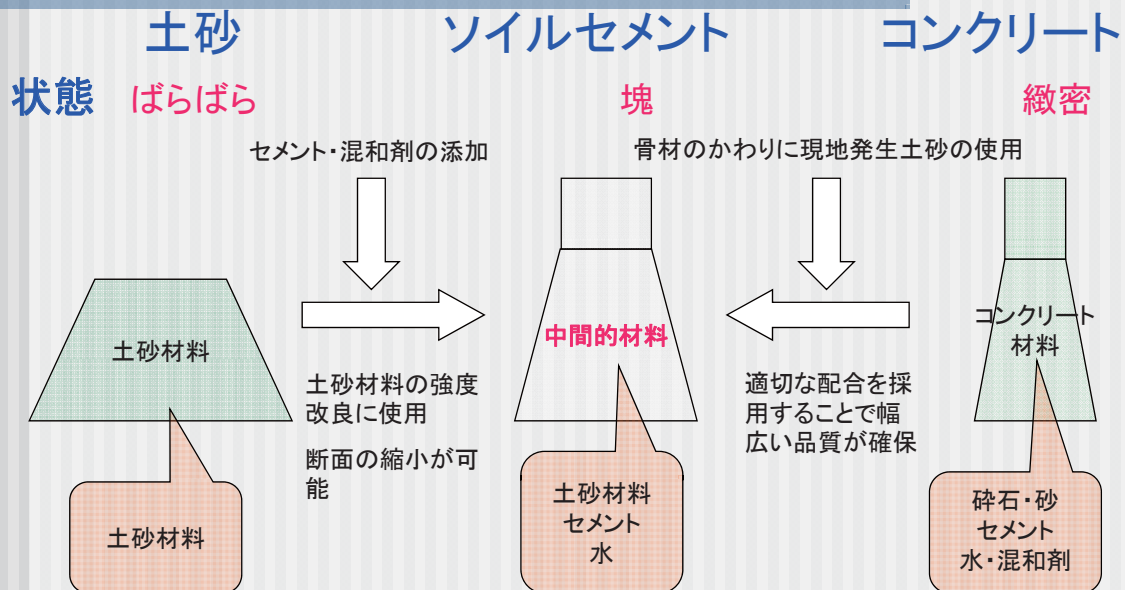
# 1. 砂防ソイルセメントの概要

## (1) 基本的考え方



# 1. 砂防ソイルセメントの概要

## (2) 強度及び性状



# 1. 砂防ソイルセメントの概要

## (3) 目標強度と対象とする施設や部位

(砂防ソイルセメント設計・施工便覧 P19)

目標強度		要求性能	適用部位
目標強度 レベルⅠ	0.5～ 1.5N/mm <sup>2</sup>	盛土材・安定処理 材としての品質	砂防堰堤の間詰め工、緩衝材・土 留工・盛土材・人工地山、工所用 道路(路盤材)など
目標強度 レベルⅡ	1.5～ 3.0N/mm <sup>2</sup>	改良材・基礎工とし ての品質	砂防堰堤・床固工、水叩き、護岸 工、導流堤・導流工など (内部応力;0.4～0.75N/mm <sup>2</sup> 程度)
目標強度 レベルⅢ	3.0N/mm <sup>2</sup> ～	内部応力に対する 抵抗性	砂防堰堤・床固工の内部材 (内部応力;0.75N/mm <sup>2</sup> 程度以上)

# 1. 砂防ソイルセメントの概要

## (4) 砂防堰堤の内部強度

内部応力(圧縮応力)最大値は **0.4～0.9N/mm<sup>2</sup>**

ここで安全率n=4 ⇒ 0.4～0.9×4=**1.6～3.6N/mm<sup>2</sup>**

**内部材強度(目標強度)**

**目標強度;3.0N/mm<sup>2</sup>以上(目標レベルⅢ)**

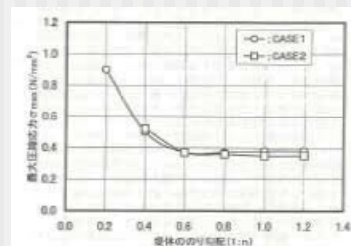
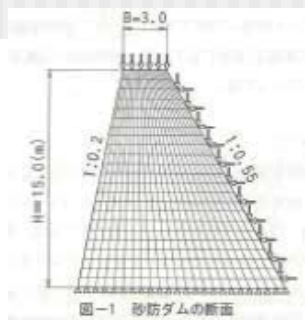
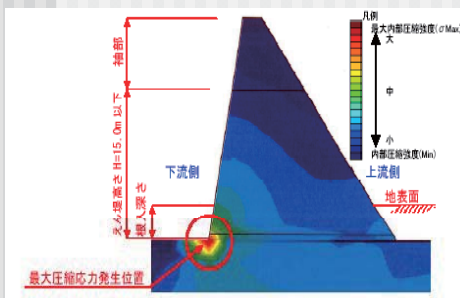


図-2 堤体の勾配比と最大内部圧縮応力の関係

※H=15mの土石流対策堰堤における解析例

※平成13年砂防学会研究発表会概要集(「低強度建設材料を使用時の内部応力に関する一検討」(p6)参照)



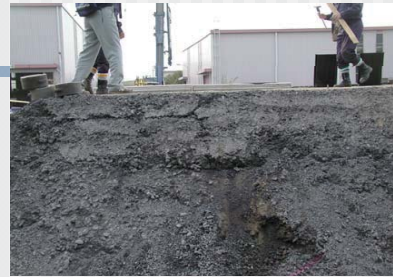
# 1. 砂防ソイルセメントの概要

## (5) 耐摩耗性

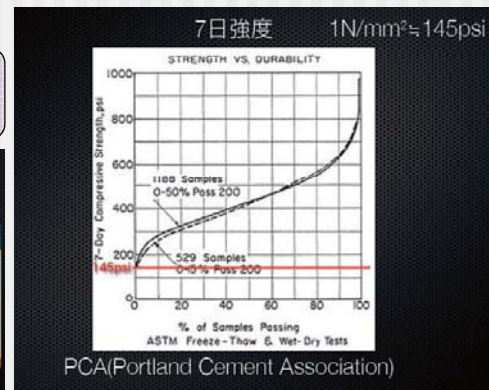
砂防ソイルセメントは耐摩耗性の小さい材料

流量が大きい箇所、土石流発生頻度の高い箇所や巨礫が流れる箇所などでは浸食、摩擦を受ける。但し土羽処理を行えば降雨程度で浸食は受けない。

外部保護材; 軽量鋼矢板・コンクリートブロック  
・現場打ちコンクリート



盛りこぼした面



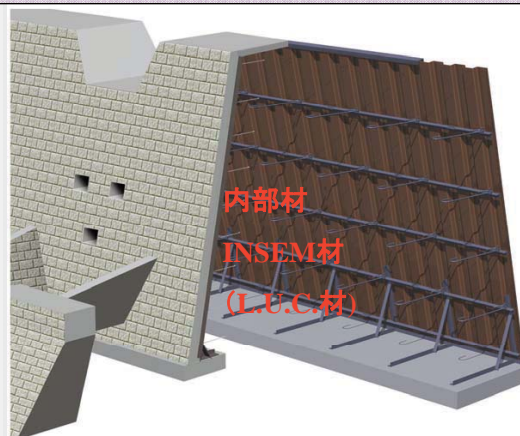
# 2. INSEM-SBウォール工法の概要

## (1) 構造

■外部保護材及び現場打ちコンクリートによりINSEM材を覆う構造

■INSEM材の施工時には型枠として敷均し、締固めに対して安定した構造

下流外部保護材  
コンクリートブロック



上流外部保護材

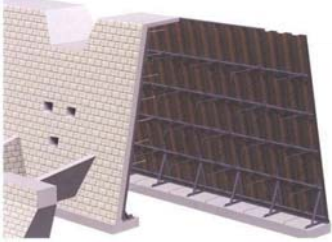
軽量鋼矢板

LSP-3A

t=4.0mm

SBウォール(Steel wall or Concrete Block wall)工法

## 2. SBウォール工法の概要

形式		LUC-SBウォール工法	INSEM-SBウォール工法
構造	外部保護材		上流側:軽量鋼矢板 下流側:コンクリートブロック
	内部材	主材料	クラッシュラン100% 再生クラッシュラン100%
		配合試験	不要 (RCの場合は必要)
建設技術審査証明		取得(H14.6) 技審証第0202号	取得(H22.2)更新 技審証第0503号
NETIS登録		登録済(H15.4) CB-020051	事後評価済(H23.8) CG-050010-V

⇩ **SBウォール工法** ⇩

## 2. INSEM-SBウォール工法の特長(1)

### ①現地発生土砂の活用

・搬出土砂の減少、運搬費や処分費の減少

・生コン車、ダンプトラックの往来が少ない

### ②環境負荷の低減

・新たな建設資材の搬入が少ない、セメント使用量が少ない

・CO<sub>2</sub> 排出抑制、「eco砂防(低炭素型工事)」の対応

	SBウォール工法堰堤	コンクリート堰堤
堰堤高、堤長	14.0m、60m	14.0m、60m
堰堤体積	5,202m <sup>3</sup>	4,295m <sup>3</sup>
上流面積	641m <sup>2</sup>	
下流面積	626m <sup>2</sup>	
単位セメント量	100kg/m <sup>3</sup>	
CO <sub>2</sub> 排出量 コンクリート		262kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
INSEM材	63.9kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	
外部保護材(上流)	80.6kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	
外部保護材(下流)	84.1kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	
合計	460トン-CO <sub>2</sub> (41%)	1,130トン-CO <sub>2</sub> (100%)



## 2. INSEM-SBウォール工法の特長(2)

### ③工期の短縮

- ・コンクリート堰堤の打設リフト割り、養生期間が異なる。
- ・内部材は養生を必要としないため連続打設が可能。(平均100m<sup>3</sup>/日以上)の施工が可能)

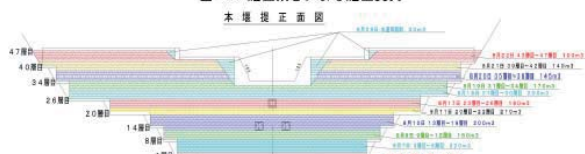
国土交通省標準積算基準による日あたり施工量

- 混合 : バックホウ混合 **171m<sup>3</sup>/日** (BH0.8m<sup>3</sup>)
- 運搬 : 積込(地山土量) **240m<sup>3</sup>/日** (BH0.8m<sup>3</sup>)  
運搬(締固土量) **125m<sup>3</sup>/日** (DT)
- 敷均し: **128m<sup>3</sup>/日** (BH0.2m<sup>3</sup>)
- 締固め: **128m<sup>3</sup>/日** (3~4t)

施工事例  
(朝里温泉スキー場沢川3号砂防堰堤・北海道)  
○堰堤規模  
V=1808m<sup>3</sup>、H=8.5m、47層  
○作業期間  
8/6~8/28まで 12日間施工  
○日当り打設量  
30~220m<sup>3</sup>(平均150m<sup>3</sup>)



図-24 施工業者による施工実例



## 2. INSEM-SBウォール工法の特長(3)

### ④施工条件の緩和

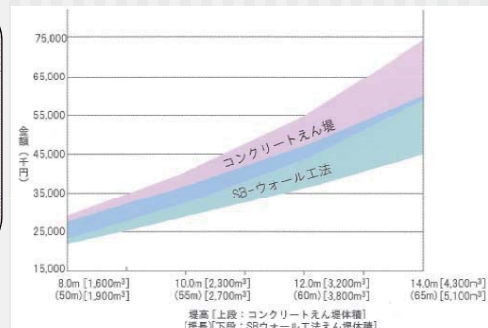
- ・施工条件が厳しい箇所でも機械を搬入し施工が可能である。(谷止工での施工、機械を小型化 ⇒ )
- ・索道による資材の搬入、モノレールによる資材の搬入及び現地でのINSEM材製造により構築することができる。  
(索道による機械、材料の搬入 ↓)



## 2. INSEM-SBウォール工法の特長(4)

### ⑤コスト縮減

- ・現場発生土砂とセメントを施工現場等で混合し建設材料を製造するため、材料単価の大幅な低減と工期の短縮等によるコスト縮減が可能である。
- ・コンクリート堰堤と比較すると、施工量が1,400m<sup>3</sup>から比較的安価で、4,000m<sup>3</sup>以上になると安価になる傾向がある。



INSEM材の製造・施工単価・現地発生材100%

1.0m<sup>3</sup>あたり(円/m<sup>3</sup>) (鹿児島県)

単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> )	数量	100	150	200
粒径処理費 (85%) (ほぐし状態)	1.33m <sup>3</sup>	1,279	1,279	1,279
製造 (BH0.8m <sup>3</sup> )	1.00m <sup>3</sup>	1,700	2,219	2,739
運搬費(円) (DT10t) (地山状態)	1.11m <sup>3</sup>	416	416	416
敷均・締固費 (BH0.28m <sup>3</sup> ・SR3t~4t)	1.00m <sup>3</sup>	912	912	912
合計 (円)		4,307	4,826	5,346

## 2. INSEM-SBウォール工法の特長(5)

### ⑥安全性の向上

- ・汎用性のある機械を用いて合理化、省人化施工により危険箇所での作業が減少し安全性が向上
- ・盛土に比べて固化して流出・沈下しないので安全性が高い

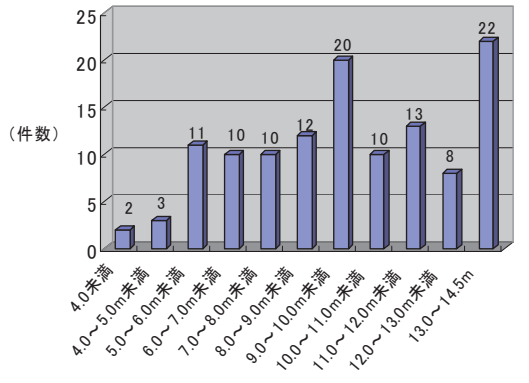
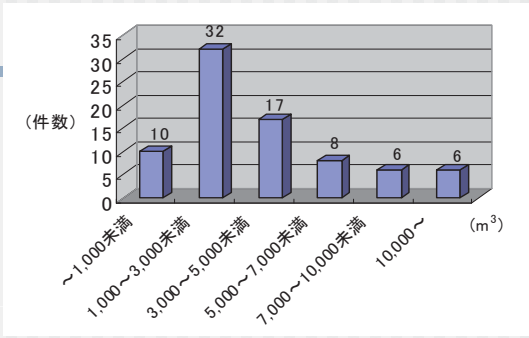
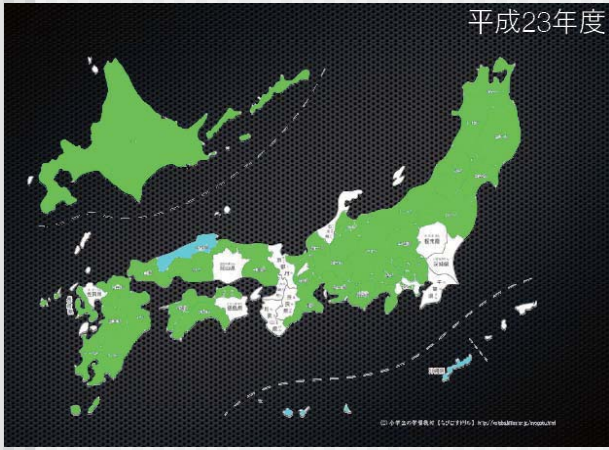


(事例;洗掘を受けたが内部材料は流出しない)



### 3. 施工実績

INSEM-SBウォール工法は平成13年より施工実績を積み重ね、平成23年度までに**145件**の実績



### 4. 設計

#### (1) 外部保護材 (上流部) 袖部の破壊に対する検討

重力式コンクリートえん堤	SBウォール工法														
<p>袖部と本体の境界面</p> <p>土石流の水深 <math>D_s</math></p> <p>※: 袖部の自重 <math>R</math> 土石流液体力 <math>F</math> 流の衝撃力と流水の衝撃力を比較して大きい衝撃力</p> <p>(a) 壁の直径 &gt; 土石流の水深 (b) 壁の直径 &lt; 土石流の水深 注意) 壁の衝撃力が流水の衝撃力より小さい場合、(a)と(b)中のRは流水の直径の1/2とする。</p> <p>土石流・流木対策設計技術指針及び同解説, p70</p>	<p>礫径と流速から算出される衝撃エネルギーと実物大衝撃実験における最大衝撃エネルギーを比較し、袖部の破壊に対する安全性を照査する。 (※) 審査証明参照</p>														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">上流外部保護材厚 (軽量鋼矢板) <math>t</math> (mm)</th> <th colspan="2">土石流規模</th> <th rowspan="2">最大衝突エネルギー <math>E_{max}</math> (kN-m)</th> </tr> <tr> <th>礫径 <math>\phi</math> (m)</th> <th>流速 <math>V</math> (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.0</td> <td>1.0</td> <td>9.0</td> <td>55.17</td> </tr> <tr> <td>4.0</td> <td>1.5</td> <td>9.0</td> <td>186.10</td> </tr> </tbody> </table>	上流外部保護材厚 (軽量鋼矢板) $t$ (mm)	土石流規模		最大衝突エネルギー $E_{max}$ (kN-m)	礫径 $\phi$ (m)	流速 $V$ (m/s)	4.0	1.0	9.0	55.17	4.0	1.5	9.0	186.10
上流外部保護材厚 (軽量鋼矢板) $t$ (mm)	土石流規模		最大衝突エネルギー $E_{max}$ (kN-m)												
	礫径 $\phi$ (m)	流速 $V$ (m/s)													
4.0	1.0	9.0	55.17												
4.0	1.5	9.0	186.10												



## 4. 設計

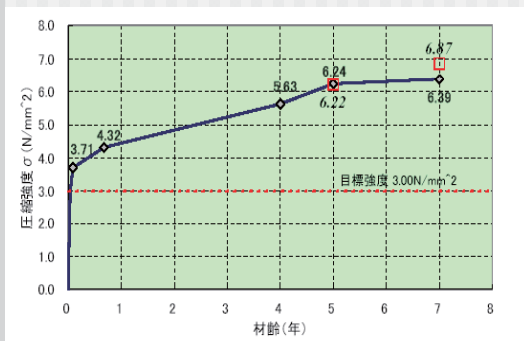
### (2)外部保護材の規格・構造

上流外部保護材(軽量鋼矢板)	下流外部保護材(コンクリートブロック)
<p>厚さ=4mm</p> 	<p>厚さ=150mm</p> 

## 5. 配合の検討

### (1)目標強度

INSEM材の目標強度  $3.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上  
ただし長期強度は施工後7年で1.85倍



長期強度の測定



供試体

## 5. 配合の検討

### (2)配合の検討(土質試験)

現地発生土砂の特性把握、適用の可否、配合試験の定数の把握

試験名称	基準	目的
ふるい分け試験	JIS A 1204	粒度分布の把握のため。
密度および吸水率試験	JIS A 1109, 1110	材料物性値の把握のため。 配合計算時に使用する場合もある。
含水比試験(自然)	JIS A 1125	混合時の加水量決定のため。
土の締固め試験	JIS A 1210	乾燥密度と最適含水比の把握

## 5. 配合の検討

### (3)配合の検討(セメント添加量の検討)

#### ■ セメント添加量の設定

最適含水比

細骨材吸水率

最大乾燥密度

細粒分通過率

20%未満であれば使用  
可能

	分類A 河床 砂礫	分類B 砂質土 マシ土等	分類C 粘性土 質	分類D 有機質 土ローム	項目別 判定 影響度
最適含水比 (%)	8	13	25	50	大
細骨材吸水率 (%)	8	10	25	50	大
最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.8	1.7	1.4	1.1	中
細粒分通過率 (%)	20	30	40	50	小
単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	100	150~ 200	180~ 230	200~ 250	-
改良材の比率 (%)	0	0~50	50~80	50~80	-

## 5. 配合の検討

### (4)配合の検討例

#### ■ 鹿児島地区の指標分類と配合事例

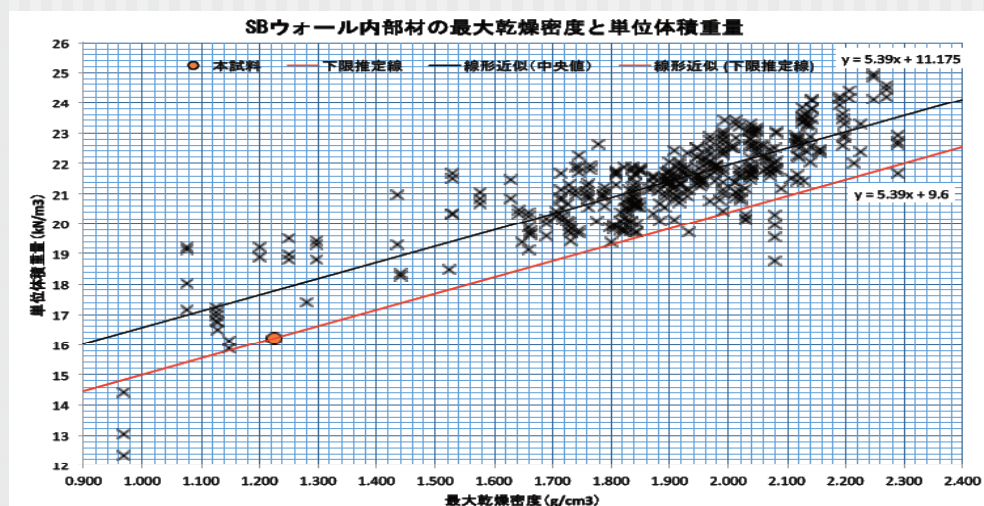
	アミダ川 第3号	持木川3-1 床固	加治木産 シラス	高山産 シラス	吉田産 シラス
最適含水比 (%)	12.7	9.6	31.3	15.7	30.6
細骨材吸水率 (%)	6.0	1.3			
最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.86	1.835	1,218	1,715	1,199
細粒分通過率 (%)	8.5	3.7	16.2	12.5	19.0
分類結果	A	A	C	B	C
単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	100	100	200	200	150
混合割合 (発生土率)	100	100	50	70	50
含水比 (%)	12.0	9.5	16	16	16
7日強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.70	3.76			
28日強度 (N/mm <sup>2</sup> )	8.53	8.31	7.01	8.29	8.55

## 5. 配合の検討

### (5)単位体積重量

#### ■ 土質試験結果からの推定

推定単位体積重量 =  $5.39 \times \text{最大乾燥密度} + (9.6 \sim 11.175)$  (最小～中央値)





## 5. 配合の検討

### (6) 配合試験の数量

単位セメント量	3種類
設計含水比	3種類
練混ぜ回数	9バッチ
供試体本数	2材齢(6本)×9=54本

○単位セメント量の上限値は250kg/m<sup>3</sup>程度で設定

○現地材の使用量が多い場合や、改良材との混合など特殊な場合は、より精度を高めるため、配合ケースを増やす

### (7) INSEM材室内配合試験の状況



供試体寸法  
φ125×H250



# 5. 配合の検討

## (8) 試験施工

試験施工は転圧回数  
の設定、密度の確認、  
供試体とコア抜きによ  
る強度確認



アマダ川第3号堰堤における試験施工状況

- ・単位セメント量 100kg/m<sup>3</sup>
- ・含水比 12%

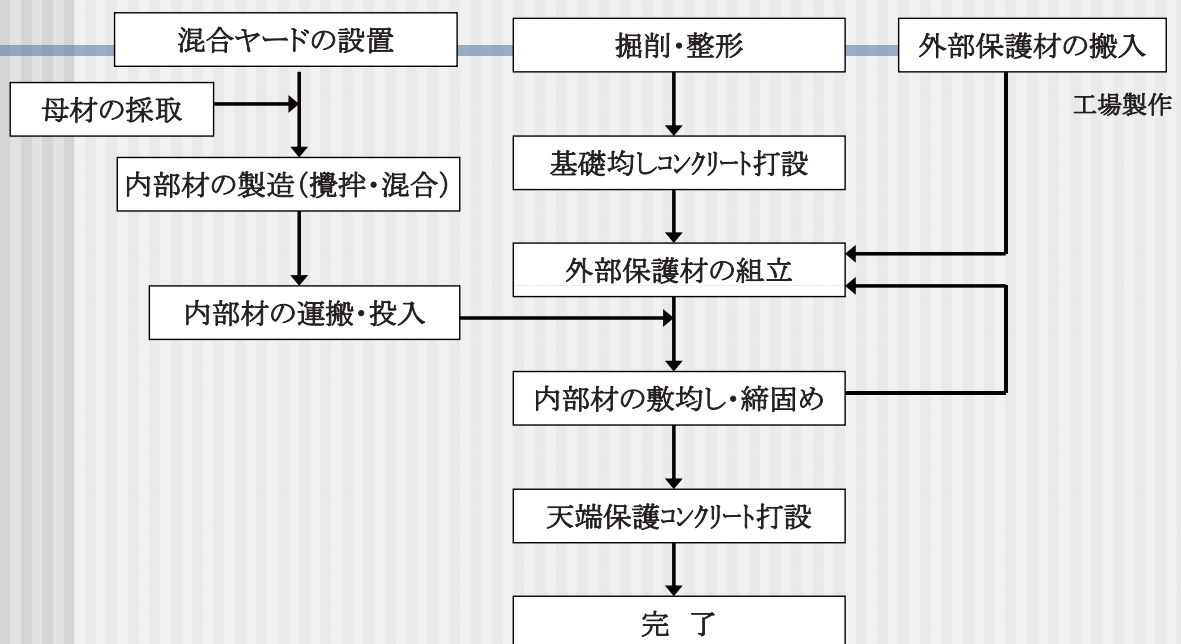


# 6. 施工と施工管理

## (1) 施工手順

### 混合ヤード

### 施工ヤード



SBウォール工法の施工手順



## 6. 施工と施工管理

### (2) 混合方法(バックホウ混合・土質改良機)



※本堤施工場所近傍に混合ヤードの設置が望ましい

※施工場所近傍に混合ヤードが設置できない場合、製造開始から打設完了まで2時間を限度に混合ヤード場所を設置する。

## 6. 施工と施工管理

### (3) 施工方法 INSEM材の運搬・投入

- ・ダンプトラックによる運搬・直接搬入
- ・バックホウによる投入
- ・ラフタレーンクレーン+バケットによる投入

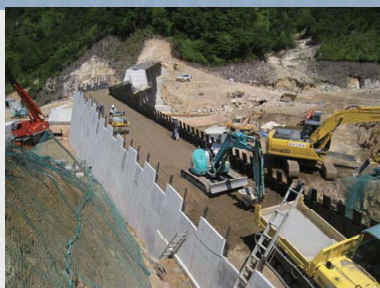




## 6. 施工と施工管理

### (4) 施工方法 INSEM材の敷均し・締固め

- ・敷均しはブルドーザー、ミニバックホウにより行う。
- ・締固めは振動ローラー、ハンドガイド、ランマによる締め固め



## 5. 施工と施工管理

### (5) 外部保護材の施工

上流外部保護材(軽量鋼矢板)



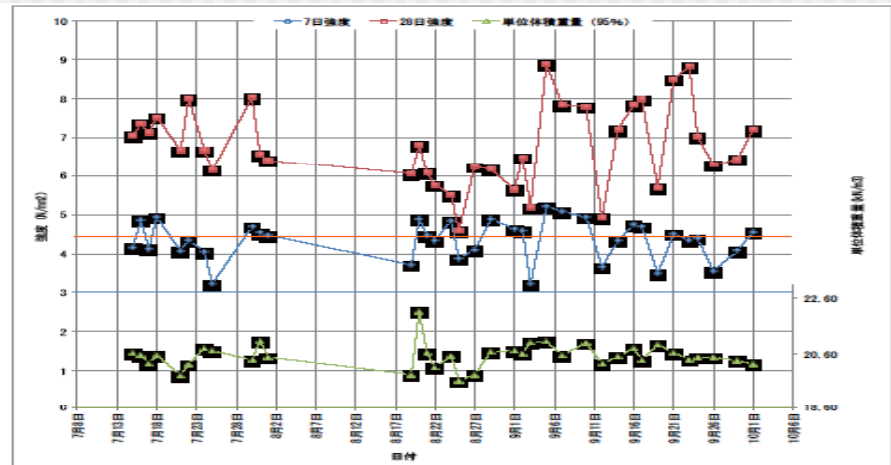
下流外部保護材(コンクリートブロック)



# 6. 施工と施工管理

## (6) 施工管理 強度のばらつき

- ① 現地発生土砂の土質試験(施工前・土質変化時)
- ② 施工時の強度管理(施工日ごと6本供試体製作)
- ③ 施工時の密度管理(500m<sup>3</sup>に1回以上)
- ④ 施工箇所のコアによる強度試験(1回以上)



# 7. 施工事例

## (1) アミダ川第3号えん堤(鹿児島県)

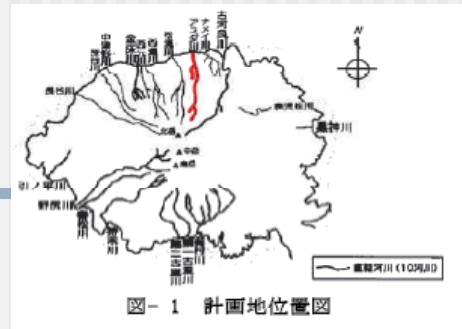
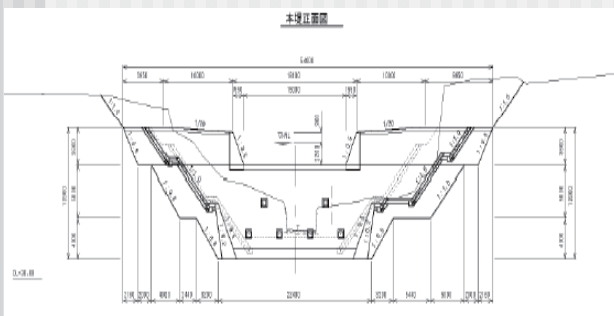


図-1 計画地位位置図

表-2 工法比較検討表

比較工法	コンクリートえん堤		INSEM-SBウォール工法	
標準断面図				
断面比率 (越流部)	A=53.32m <sup>2</sup>	100%	A=63.45m <sup>2</sup>	119%
経済性	100%		80%	○
総合評価	従来工法であることから、安全性は高いものの施工性・経済性で劣る。		△ 安全性・施工性で信頼性が高く、経済性において従来工法に比べ安価となる。ただし、現地発生土砂を活用するため、バラツキが生じることから品質管理が重要となる。	



# 7. 施工事例

鹿児島県 アミダ川3号砂防堰堤(本堤・副堤・1号床固工)

H=9.0m L=54.0m V=2412m<sup>3</sup> C=100kg/m<sup>3</sup>



混合(土質改良機);300m<sup>3</sup>/日



敷均し(ミニバックホウ)



締固め(振動ローラ)



締固め(ランマ)



# 7. 施工事例 (2)(持木川3-1号床固工)

桜島 持木川現場見学会 資料

【位置図】





## 7. 施工事例

鹿児島 持木川3-1号床固工

H=6.0m L=59.0m V=2144m<sup>3</sup> C=100kg/m<sup>3</sup>



混合(バックホウ)



混合(セメント投入)



搬出(ダンプトラック)



搬入・敷均し



## 7. 施工事例

(3)直轄緊急災害関連緊急事業の事例

山口 防府 V=5770 m<sup>3</sup> H=11m L=99m



2010,3,1



2010,5,13



2010,6,4



2010,7,9



## 7. 施工事例

### (4) 透過型砂防えん堤(非越流部への適用)



## 7. 施工事例

### (5) 景観への配慮

(下流面; 石積模様・割石模様・巨石模様・間伐材)



石積模様(砂付)



石積模様



アマダ川(割石模様)



巨石模様



間伐材

# 7. 施工事例

## (6) 人工地山の構築

- ・砂防堰堤の袖部が貫入出来ない箇所での地山を構築
- ・袖部が崩落等で掘削できない箇所での地山を構築



人工地山

# 7. 施工事例

## (7) 導流堤・護岸工



導流工への適用事例 ( INSEM-S、INSEM-B )



護岸工への適用事例 ( INSEM-B )

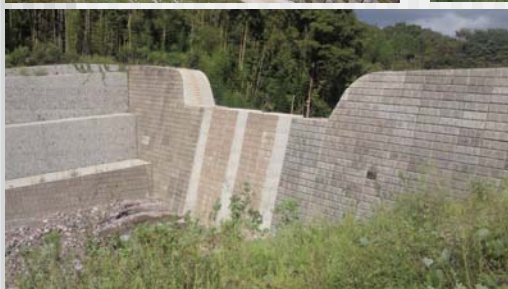
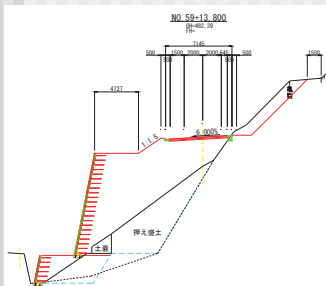


# 7. 施工事例

## (8) 山間部の道路擁壁、工事用道路等擁壁への対応

・補強擁壁の背面地山からの出水が多い箇所での擁壁を構築

・盛土材を固めることで、内部にすべりを押さえ、押さえ盛土としても活用できる



ご清聴ありがとうございました

