

INSEM-SB ウォール工法について



所属名：全国コンクリート製品協会中国支部
共和コンクリート工業(株)
発表者：樋口 経太

1 はじめに

砂防ソイルセメントとは、施工現場において粒度調整しない現地発生土砂とセメント、水を攪拌・混合した材料を用いて、砂防施設の構築や地盤改良を行う工法である。この工法により現地で発生する土砂を有効利用し、現場から搬出する土砂を少なくすることで、資源循環型社会の構築、環境への負荷の低減、コスト縮減等の効果がある。砂防ソイルセメントには、スランプを発生しない超硬練り材料を振動ローラの締め固めにより構造物を構築する INSEM 工法（現場発生土砂にセメントを混入し現地に定着させる工法）、CSG 工法（礫質材料にセメントを混入し固結する工法）、砂防 CSG 工法とセメントミルクと土砂をツインヘッダーの攪拌混合により構造物を構築する ISM 工法がある。ここで対象とするのは INSEM 工法である。

INSEM 工法は現地発生土砂を主材料としているため、発生土の土質が様々であり、圧縮強度、単位体積重量にバラツキが生じるとともに、セメントで固化しても水流による侵食や土石流による衝撃等に対する抵抗性が小さく、使用にあたっては設置場所や外的条件から用途が限られる。よって砂防堰堤や擁壁などの露出部は、耐久性のある現場打ちコンクリートなどにより保護しなければならない。そこで現場打ちコンクリートに比べ、施工が容易なプレキャストコンクリート部材及び軽量鋼矢板部材（図-1）を用いた INSEM-SB ウォール工法を開発した。

この工法により INSEM 材の敷き均し、締め固め作業が容易となり、施工の効率化による省人化、省力化を図ることが可能となる。また内部に使用する INSEM 材の強度を確保するため、必要なセメント量、加水量を設定できる配合設計の技術を併せて構築したものである。

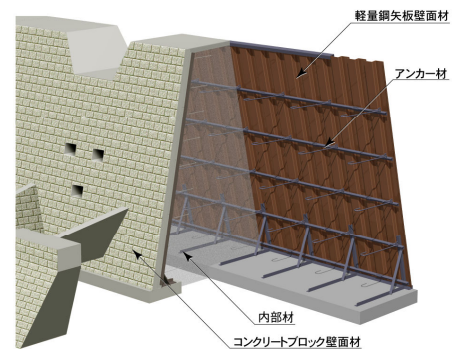


図-1 構造イメージ

2 現地発生土の活用

2.1 現地発生土の活用

現地発生土砂の活用方法の検討フローを図-1 に示す。

計画施設の規模に対して現地発生土砂の活用が可能であるか、また貯存量を十分であるかなどを把握した上で検討を進めなければならない。

現地発生土砂は粘土質、シルト質や砂礫、またこれらが混じりあったものまで多様であり、現地発生土にセメントと水を混合すれば目標とする強度が得られるものや、セメント量を増やし混合しても強度の出ないもの、さらに六価クロムが基準値以上溶出するものなど現場の土質により異なる。

そこで、発生土砂が INSEM 材として使用できるのか、また使用するためにはクラッシュランなどの改良材の添加が必要であるかなど配合の検討を行わなければならない。配合試験は現地発生土砂を事前に採取し、土質試験により性状を把握し、過去の試験結果を参考にセメントの添加量や含水率を推定して行い、施工前には現場にて確認試験を行う。

2.2 配合の検討

現地発生土砂が目標強度を確保できる材料であるか、表-1、図-3 に示す粒度分布を目安に単位セメント量を設定し、室内配合試験を実施する。INSEM-SB ウォール工法では強度レベルⅢ (3.0~6.0N/mm²) 以上の強度を目標としているため、粒径 0.075mm 以下が 15%以下の含有率であれば、単位当たり 200kg/m³のセメント量を混合することで使用できるが、シルト、粘土が多く含まれると改良材を用いるなど粒度分布の改良が必要となる。使用するセメントは高炉 B 種を標準とする。

表-1 使用できる粒径の範囲

単位セメント量200kg未満			
上限		下限	
粒径 mm	通過百分率%	粒径 mm	通過百分率%
20	100.0	75	100.0
2	60.0	20	50.0
0.85	45.0	5	15.0
0.075	15.0	0.075	0.0

出典:SBウォール工法研究会

※ 強度レベルⅢ ; 3.0~6.0N/mm²

※ 強度レベルⅣ ; 6.0~18.0N/mm²

配合検討例を示す。図-4 に示す発生土砂は粒径 0.075mm が 17%と細粒分が多い材料である。そのため現地発生土砂 100%では目標とする強度を得ることができない可能性があるため、改良材としてクラッシュランを混合した。

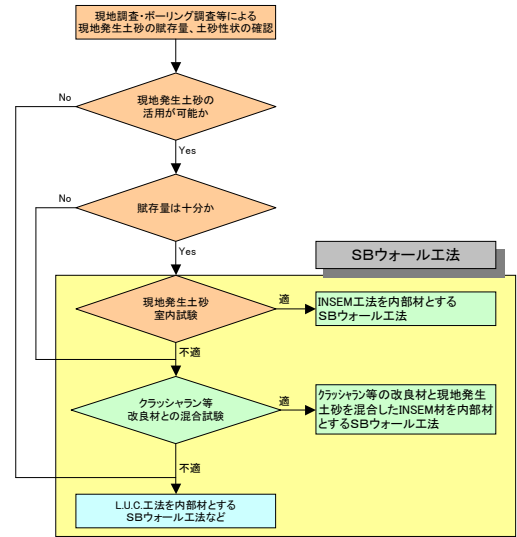
図-5 に示す CASE.1 ではクラッシュラン 70%を加えて、単位セメント量を 100kg/m³~250kg/m³まで添加した試験結果である。

含水率を 11%(下限)、12% (中央)、13% (上限)

で変化させた結果、単位セメント量 100kg/m³、含水率 12%以上で目標強度が確保できることが分かる。

図-6 に示す CASE.3 では現地発生材 70%使用して、単位セメント量を 150kg/m³~250kg/m³、含水率を 11%~13%に変化させた試験した結果である。

CASE-1 に比べ、単位セメント量を 50kg/m³増やした配合により目標強度を確保できる。よって、発生土砂が粘土やシルトであっても粒度分布の改良を行うことで、目標強度を得るこ



LUC-SBウォール工法:平成14年6月建設技術審査証明(砂防技術)技審証第0202号財団法人砂防・地すべり技術センター。

INSEM-SBウォール工法:平成17年2月建設技術審査証明(砂防技術)技審証第0503号財団法人砂防・地すべり技術センター。

図-2 現地発生土砂活用フロー図

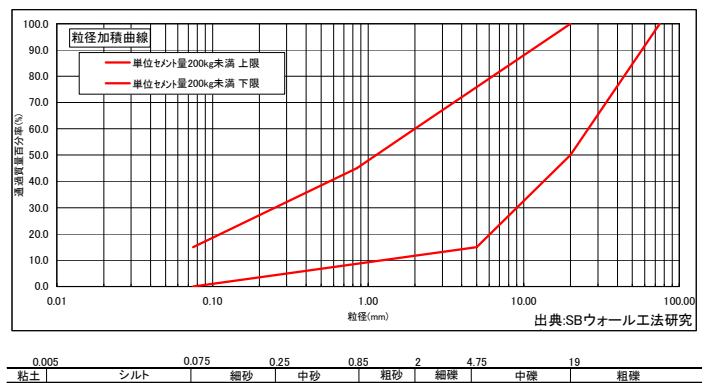


図-3 活用可能な粒度分布の範囲

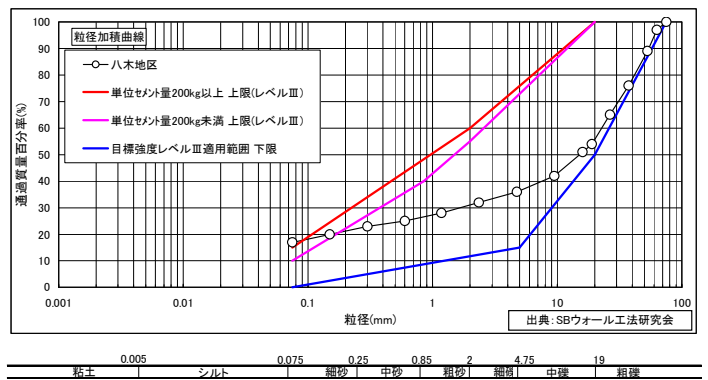


図-4 粒度分布

表-2 検討ケース

CASE	現地発生土砂	クラッシュラン
1	30%	70%
3	70%	30%

とが分かる。

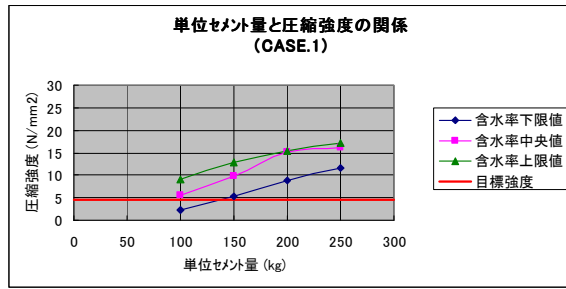


図-5 単位セメント量と圧縮強度(1)

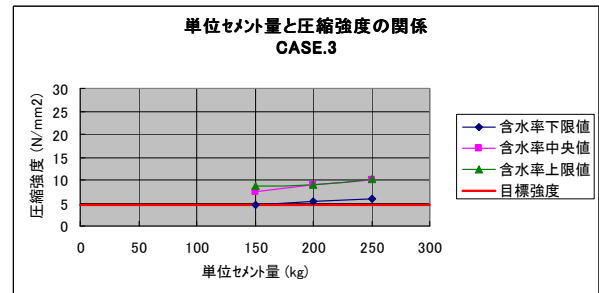


図-6 単位セメント量と圧縮強度(2)

3 INSEM-SB ウォール工法

3.1 構造

土石流対策堰堤、砂防堰堤や導流堤などの構造物において、外部から受ける磨耗や衝撃、凍結融解などの外力に対して、内部材に使用する INSEM 材を保護するとともに、施工性の向上を図るため、軽量鋼矢板及びコンクリートブロックを外部保護材として設置した複合構造物である。これら外部保護材は長さ 1m のアンカー鉄筋を用いて内部材と密着させることにより、衝撃時などの内部材の変形に対して追随し、剥がれ落ちることがなく安全である。

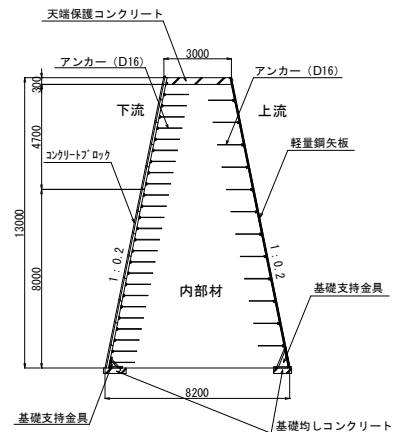


図-7 基本断面例

3.1.1 軽量鋼矢板

上流外部保護材に用いる軽量鋼矢板は、土石流による衝撃等の外力に対して、実物大衝撃実験（写真—1）、載荷重試験で安全性を確認した部材であり、表—3 に適応できる土石流の規模を示す。また安全性等について建設技術審査証明書（(財)砂防・地すべり技術センター）を取得している。

厚さは 4mm または 5mm があり土石流の規模により選択する。火山地帯など酸性の濃度が高い場所では、耐久性の高いめっき塗装部材を用いることができる。



写真—1 実物大衝撃実験

表-3 実物大衝撃実験により安全性が確認された最大衝撃エネルギー

上流外部保護材厚 (軽量鋼矢板) t (mm)	土石流規模		最大衝撃エネルギー E _{max} (kN·m)
	礫径 φ (m)	流速 V (m/s)	
4.0	1.0	9.0	55.17
5.0	1.5	9.0	186.10
6.0	1.5	9.0	186.10

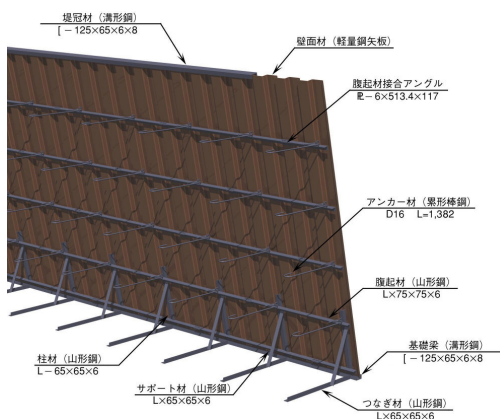


図-8 軽量鋼矢板設置イメージ図

3. 1. 2 コンクリートブロック

下流保護材に用いるコンクリートブロックは、部材厚が 15cm で上下・左右を支持金具により一体化した構造である。下流面では景観に配慮した布積模様で、堰堤の重厚感と安定性を醸し出すことができる。

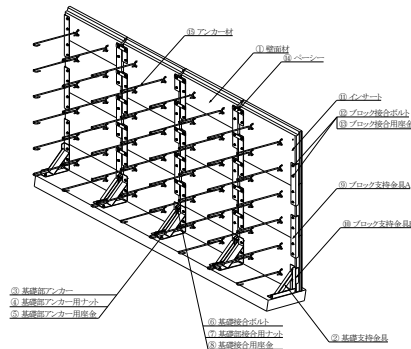


図-9 コンクリートブロックイメージ図

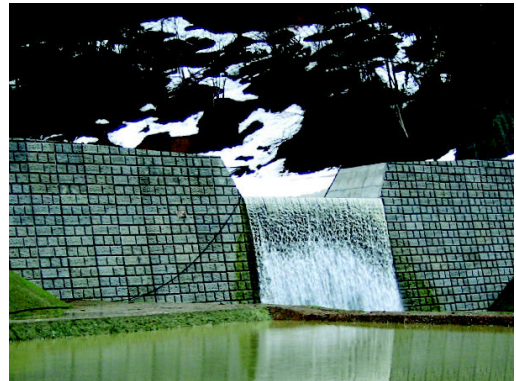


写真-2 コンクリートブロックの模様

3. 2 内部材の設計・施工

3. 2. 1 目標強度

一般的な重力式砂防堰堤（堤高 15m、越流水深 2m）における内部応力は、最大で 0.5～0.6N/mm² であり、INSEM-SB ウォール工法では安全率を見込んで目標強度を 3.0N/mm² 以上とする。

また室内配合試験における配合強度は割増係数 (=1.5) を考慮し 4.5N/mm² 以上とする。施工時の強度管理は混合時に製作する標準供試体と施工本体からのサンプリングコアにて行う。



写真-3 INSEM 材のコア抜き

3. 2. 2 単位体積重量

単位体積重量は、現地発生土砂および再生クラッシュランの種類または性質によって異なるため、配合試験等により確認した上で設定するものとし、室内試験によって確かめられた下限値の 90～95%を用いる。施工時の単位体積重量管理では RI 計器又は突砂法（クラッシュラン 100% の場合は砂置換法）による密度試験により確認する。



写真-4 現場密度試験

3. 3 施工手順

施工を大きく分けると、仮設ヤードの整備（現地発生土砂の堆積、ふるい分け、混合整備の整備、現地発生土砂の運搬）と INSEM 材の製造（セメントとの混合、運搬）、施工（敷き均し、締め固め、養生）、外部保護材の設置（軽量鋼矢板、コンクリートブロックの設置）である。

3. 3. 1 仮設ヤードの整備

現地発生土砂を堆積し、INSEM 材に使用する際は、最大径 12.5cm 以下の径でふるい分けを行う。



図-10 施工手順(ふるい分け)



写真-5 ふるい分け状況

3.3.2 INSEM 材の製造

INSEM 材の標準的な製造は鋼板で組み立てた混合機において、バックホウを用いてセメントと水を加えて攪拌混合する。添加するセメント、水は配合試験により設定した示方配合を用いる。

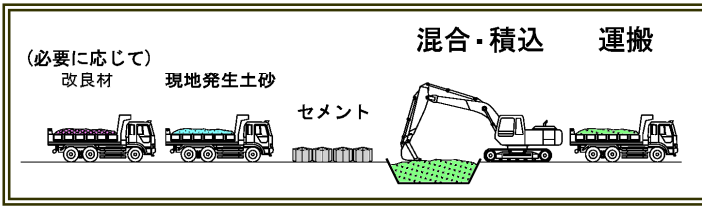


図-11 施工手順(INSEM 材の攪拌混合)



写真-6 バックホウ攪拌混合状況

3.3.3 INSEM 材の施工

INSEM 材の施工はブルドーザで敷き均し、振動ローラで締め固めを行い、1層 25cm の厚さに仕上げる。連続施工が可能であり、1日あたり 125cm の厚さ(25cm×5層)まで施工が可能である。

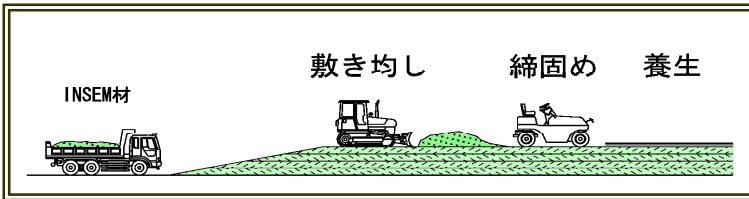


図-12 施工手順(INSEM 材の敷き均し・締め固め)



写真-7 敷き均し・締め固め状況

3.3.4 外部保護材の設置

軽量鋼矢板は軽量で人力により設置する。

コンクリートブロックは専用の吊り金具を用いて、クレーンで吊り上げ設置する。



写真-8 外部保護材の施工状況

4 施工事例

中国地区における施工事例を紹介する。

4.1 大山砂防真野2号砂防堰堤

形状 ; 透過型ダムの袖部
 内部材 ; 再生クラッシュランを使用
 目標強度=3.0N/mm² 配合セメント量=100kg/m³
 外部保護材; 下流面=擬石コンクリートブロック (砂付)
 滑面コンクリートブロック
 上流面=軽量鋼矢板 t=4mm (袖部の勾配変化は特殊)



写真-9 施工状況