

SBウォール工法

大幅な工期短縮とコスト縮減

SBウォール工法は、現地発生土砂を活用する砂防ソイルセメント工法のメリットを最大限に活かせる合理化工法です。

この資料は、SBウォール工法を採用した事業において、雑誌への掲載文や発表された論文から、工期短縮、コスト削減について記述されたものを抜粋し、参考文献として掲載したものです。

東京都（三宅島災害復旧事業）-資料1-P2	砂防えん堤本堤
参照；平成16年砂防学会研究発表会概要集	
工期短縮、コスト縮減	
内部材；15,400m ³ 、日打設200m ³ を確保。 壁面設置は施工上のクリティカルパスとはならず、3.5ヶ月で本体施工が完了。	

新潟県（中越地震災害復旧事業）-資料2-P5	砂防えん堤本堤
参照；防災701号（平成19年度最優秀災害普及事業技術発表）	
工期短縮、コスト縮減	
内部材；13,000m ³ 、1ヶ月間で6,700m ³ の内部材施工。 内部材は、クラッシュランを主材料	

国土交通省（熊本県）-資料3-P12	導流堤
参照；平成19年度九州国土交通研究会	
工期短縮、コスト縮減	
自走式改良機の活用により、内部材日施工量300m ³ を確保。36%のコスト縮減	

鹿児島県 -資料4-P17	砂防えん堤本堤
参照；株式会社荻原技研-紹介事例-	
工期短縮、コスト縮減	
45%のコスト縮減	

合理化施工による砂防えん堤構築について-三宅島しらみ沢における事例-

東京都建設局河川部防災課

飯塚政憲

東京都総務局三宅支庁

相場淳司

大成・三宅島建設共同企業体

○村松正重

LUC-SB ウォール工法研究会 岩本吉弘, 堀 謙吾, 本田隆秀

1. はじめに

当えん堤は 2000 年噴火の災害復旧事業として、しらみ沢に計画されたもので、現地発生土砂の有効活用及び工期短縮、コスト縮減が可能な工法として以下のような条件の下、検討されたものである。

- ・ 三宅島にはコンクリート製造プラントが少ないため、出来る限りコンクリートの使用量が軽減出来る工法であること。
- ・ 建設残土処理場の確保が困難であるため、建設残土を極力用いる工法であること。
- ・ 工期短縮が図られる工法であること。
- ・ コスト縮減が図られる工法であること。

1.1 当工法の特徴

当工法は、外壁材と内部材とを交互に施工していくというもので、内部材は現地土砂（スコリア、砂礫の混合）に水、セメントを混合し、締固めることにより施工する。また、外壁材は上下流とも直高 1m の壁面材が縦方向に千鳥状態に配置され、内部材の施工に対応し、自立性、締固め時の安定性に優れた構造を有している。

内部材の混合は、一度に 25m³ が混合できる混合機を作成し、バックホウにより混合する。外壁材の施工にあわせて内部材が供給できるだけの数の機を設置するものとし、当工事では 2 基の混合機を設置し、日打設量を平均 200m³ と計画した。

1) 施工概要

当えん堤の概要は以下のとおりである。

堤長：307m ・堤高：10m ・内部材体積：15,400m³ ・上流壁面材面積：2,092m² ・下流壁面材面積：2,606m²（露出部は修景）

2) 内部材の施工

当初の設計では、スコリアと砂礫を 50%の割合で混合した材料にセメント量を 200kg/m³ と水を混合する仕様となっていた。しかし、現地で掘削したところ、スコリアの賦存量が不足する事が判明し、現地で再度配合試験を行い、示方配合を以下のように変更した。

設計時 スコリア：砂礫＝50：50、セメント量＝200kg/m³

変更後 スコリア：砂礫＝30：70、セメント量＝200kg/m³

また、混合機によるバックホウ混合で練り混ぜ試験を行い、次のような混合方法を採用した。

現地発生土砂の投入→攪拌→加水→攪拌→セメント投入→攪拌

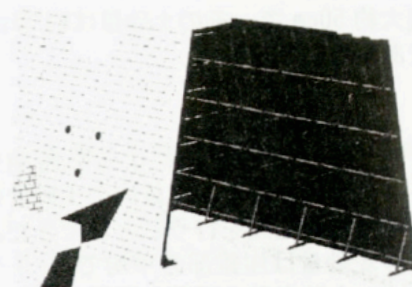
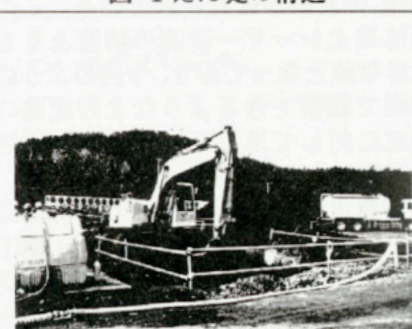
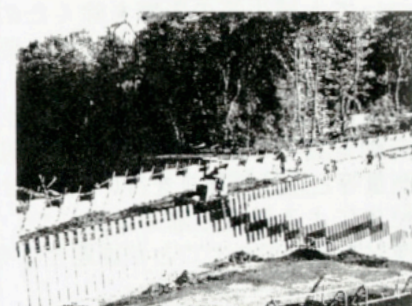


図-1 えん堤の構造



混合状況



内部材敷均し状況



内部材転圧状況

写真-1 施工状況

資料-1 平成16年砂防学会研究発表会概要集

1.2 外壁材の施工

外壁材は、それぞれが連結され、アンカー材により内部材と密着する構造になっており、転圧によるはらみ出し等の変位は見られなかった。また内部材が早期に固化するため圧密沈下による変位も見られず、内部材の施工に対して安定していると考えられる。なお外壁材の位置調整は高さ 1m 毎に確認した。

壁面設置は施工上のクリティカルパスとはならず、約 3.5 ヶ月でほぼ本体の施工が完了した。

1.3 品質管理

当えん堤は、その構造上、内部材の品質を管理することが重要であることから、内部材の品質管理は表-1の要領で行った。なお、打設日毎の供試体による圧縮強度はポスターセッションで発表した。

表-1 品質管理頻度一覧表

	試験項目	試験方法	毎日	1回/1000m ³	随時
混合時	含水比試験	電子レンジ法（現場）	○		
	粒度試験	ふるい分け試験（試験室）		○	
	添加水pH試験	pH試験紙（現場）	○		
	単位体積重量（試験体）	試験体重量（プラント試験室）	○		
	1週強度試験	一軸圧縮試験（プラント試験室）		○	
盛立転圧後	4週強度試験	一軸圧縮試験（プラント試験室）	○		
	仕上がり層厚確認	現場確認	○		
	現位置密度試験	現位置砂置換法（現場）		○	
完了後	転圧回数	現場確認	○		
	強度試験	天端よりコア抜き試料採取			○
	単位体積重量	同上			○
その他	出来形測量	測量			○
	排水pH試験	pH試験紙（現場）			○
	セメント品質確認	目視及び品質証明		○	
	六価クロム溶出試験	溶出分析（試験室）			○

一方、加水量の決定は、打設日毎に含水量を測定し、目標含水比から加水量を決定する方法をとっている¹⁾が、今回、現地材を用いた配合試験では図-2のような試験結果が得られた。このグラフでは材料の持つ含水比にこだわらず、加水量によって強度が変化する傾向が見られる。今後は、従来の含水比による管理に加え、これらの試験結果についても、考察を加えていきたい。

3. 合理化についての検証

3.1 工期短縮

内部材施工で採用された INSEM 工法は、コンクリート施工と違って基本的に内部材の連続施工が可能であることから、工期が大幅に短縮できることが特徴のひとつとなっている。また、外壁材は内部材の保護機能のほかに施工時の型枠機能を有しており、内部材と外部材の合理化による工期短縮が図られたと考えられる。

3.2 建設残土の軽減

現地発生土砂により、内部材を施工する構造のため、建設残土のほとんどが現場内で処理することが出来た。

4. 今後の課題

現地発生土砂を有効活用する工法は、砂防においていろいろな工法が現在開発されている。今回施工した工法は、内部材に INSEM 工法を適用し、外壁材に軽量鋼矢板、ブロックを用いたもので、構造面や施工面において合理化が達成された。今後の課題として次の事項について検討していく必要があると考えられる。

1. 土砂の管理手法（設計時の想定土砂以外の土砂がある場合の対処方法）
2. 現場での必要強度（配合強度の安全率の検証、必要内部圧縮強度からの安全率）
3. 内部材の品質管理頻度の考察

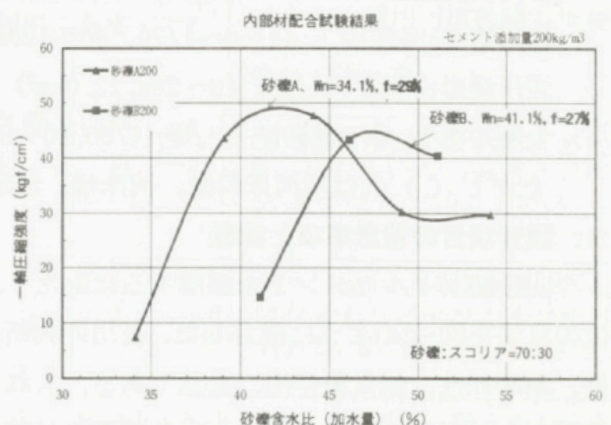


図-2 含水比と加水量の強度変化グラフ
(同程度加水した供試体の強度変化)

資料-1 しらみ沢砂防えん堤完成写真



平成19年11月1日

防 災

第701号 (9)

平成19年度優秀災害復旧事業技術発表〈最優秀賞紹介〉

中越地震により旧山古志村油夫地区で発生した土砂災害における早期復旧に向けた取り組みについて



新潟県長岡災害復旧部
震災工務第1課
田中 太郎

1. はじめに

1.1 被害の概要

中越大震災により旧山古志村油夫集落では、大規模な地すべりが発生（写真-1）し、住宅6戸と山古志中学校校舎が全壊した（写真-2）。また、谷部を流下する油夫川へは地すべり土塊や斜面崩壊土（20万 m^3 ）が到達し、延長1.1km区間の河道が埋塞し、既設の堰堤4基と床固工3基が完全に埋没した（写真-3）。

1.2 対策工事の内容

埋塞した施設等を被災前の状態まで掘り返すことは、新たな地すべりを誘発するおそれがあることから砂防設備災害においては原形復旧不可能と判断し、以下①②の復旧工法を申請し査定決定を受けるとともに地すべりに対しては以下③を災害関連緊急

地すべり対策事業により対応した（図-1）。（総工事費は砂防災、災関合わせて約24億円）

①油夫川最下流の適地に基幹となる砂防堰堤（ $H = 14.5\text{m}$ 、 $L = 121.0\text{m}$ ）1基を設置し、不安定堆積物の流出を防止する。

②上記①堰堤で全ての不安定堆積物の捕捉は困難である。そこで、18基の床固工群を緩勾配（縦断勾配1/40）の盛土工の上に設置する。これにより、不安定堆積物の土石流化を抑制する。

③油夫集落内で発生した地すべりに対しては、抑制工（集水ボーリング・集水井等）を設置、滑落崖対策として法枠工やアンカー工を行う。また上記②の盛土工は地すべりに対する押さえ盛土工（ $V=35\text{万}\text{m}^3$ ）を考慮して計画し、流路工を配置した。

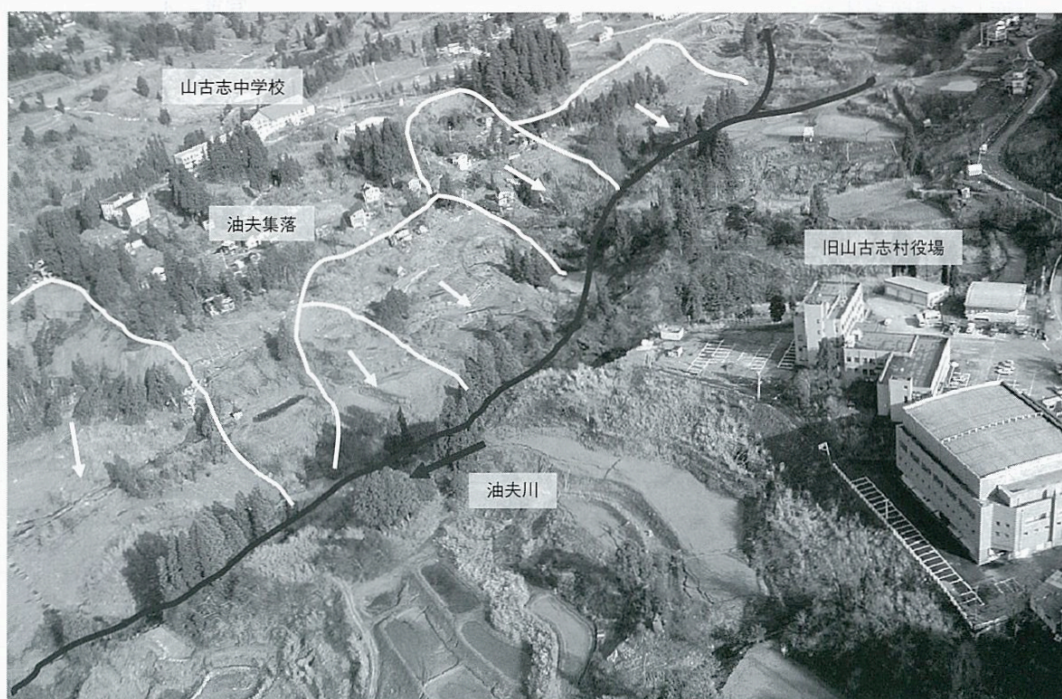


写真-1

(10) 第701号

防 災

平成19年11月1日



写真-2



写真-3

2. 早期復旧に向けて直面した課題

ここではまず早期復旧に向け特に重要となった①速やかな工事用道路の設置、②35万 m^3 もの土砂の効率的な受入れ、③規模の大きい砂防堰堤の早期完成について、直面した課題を述べる。

2.1 工事用道路

油夫集落内の道路は壊滅状態であった(写真-4)ことから、復旧工事を実施するため、さらには仮設住宅で暮らしている住民の一時帰村に供するため、早急なる工事用道路の設置は最優先事項であった。

しかし設置延長が2kmと長く、さらに押さえ盛土($V=35\text{万}\text{m}^3$)の施工のため、ピーク時は600台/日のダンプ通行量が想定されたことから、路面については舗装する必要があったが、舗装資材や施工機械そして人手が中越全体の道路復旧の始まりにより著しく不足しており、当砂防・地すべり工事を平成18年度内に完了させるための設置期限をクリアできるか危ぶまれた。

2.2 残土の搬入

押さえ盛土工の盛土材($V=35\text{万}\text{m}^3$)は山古志地区等で実施されている災害復旧工事の建設発生土を活用する。しかし短期間で扱う量としては大きく、また残土を受入れる復旧工事も100件以上になり、



写真-4

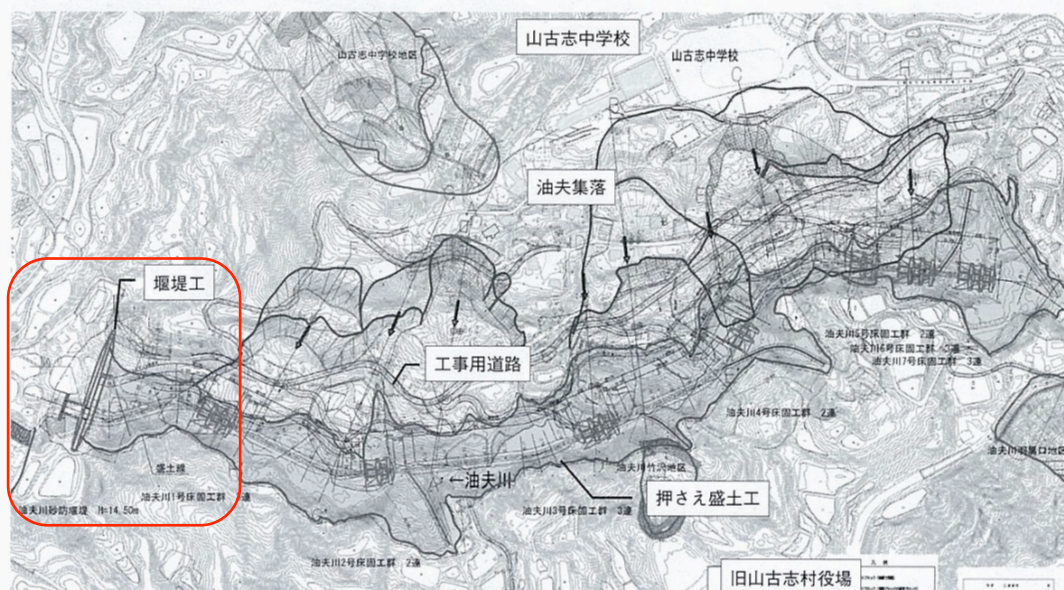


図-1

平成19年11月1日

防 災

第701号 (11)

当工事の進捗を上げるためだけでなく、山古志地区全体で実施されている災害復旧工事が円滑に進むためにも、効率的な残土の搬入・受入の実施が求められた。

2.3 砂防堰堤の施工

最下流に計画された砂防堰堤は溪流の早期安定のため短期間での設置が求められたが、直高14.5m、堤長121m、堤体積13,000m³（中越地震による復旧工事で設置される堰堤の中では最大）と規模が大きく、生コンクリートによる打設では約500日の工期を要するものと推測され、さらに生コンクリートが著しく不足している現状も重なり平成18年度中の完成が危ぶまれた。

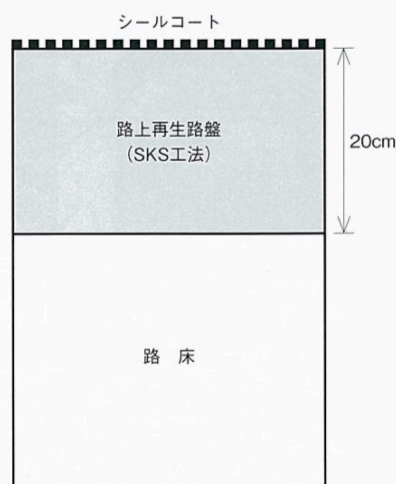


図-2

3. 課題に対する対応策とその結果

3.1 工事用道路

路体・路床は近傍の災害復旧事業の残土を用いる計画だったが、山古志地区の災害復旧事業は緒に就いたばかりであり、初期の残土量は少なく、本格的に残土受入れの始まる平成18年5月連休明けまでの完成が危うくなった。そこで新潟県で平成16年度に発生したもうひとつの激甚災である7.13水害（刈谷田川）で大量に発生していた河川改修の残土を搬入することで盛土量を満足させた。

さらに舗装工については大量に発生し、プラントで飽和状態だったアスファルト廃材に着目した。アスファルト塊から副次的に発生するグリズリアンダー材を路床の上に敷き均し、路上路盤再生（SKS）工法によりセメント瀝青安定処理し、強固な路盤を構築した（写真-5、図-2）。

これによりアスファルト舗装をすることなく供用が可能になり、早期交通解放が実現するとともに、



写真-6

資材不足の問題が解消した（グリズリアンダー材2,300m³を工事用道路において使用し、リサイクル活動にも大きく寄与した）。

また、法枠工や削井工等の地すべり対策工事の工程上の乗り込み期限や連休明け残土受入れ開始といった遅らせることのできない時間的課題も解消できた（写真-6）。

3.2 残土の搬入

残土を搬入するゲートは全部で5ゲート設置（図-3：A～E）し、残土量に応じて開放するゲートを決定し、無駄のないよう重機を配置して残土を経済的、効率的に受入れる必要があった。しかし残土を搬入する工事は100件以上にのぼり、我々が個々の工事毎に予定を聞き取ることは極めて困難であった。そこでインターネットによる「残土搬入予約システム」（写真-7）を開発し、各工事の現場代理人より携帯電話等、インターネットの使える環境か



写真-5

(12) 第701号

防 災

平成19年11月1日

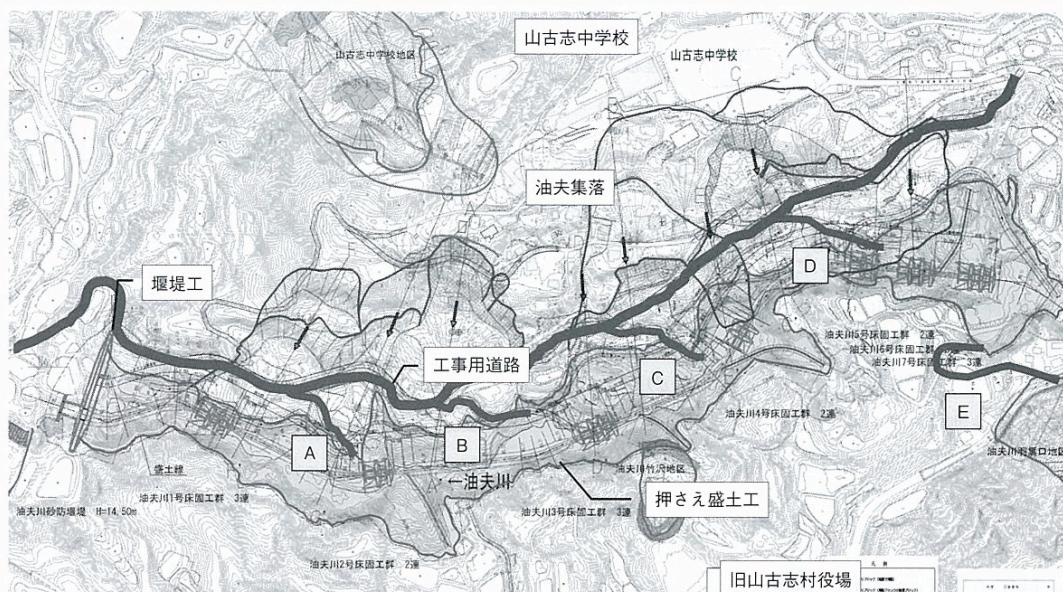


図-3

油夫地区復旧工事 搬入土予約・実績管理システム

表示したいメニューのボタンを押してください。

- 搬入土予約
- 予約履歴
- 搬入土実績管理
- 帳票ダウンロード
- ユーザー編集
- オンラインヘルプ
- ログアウト

写真-7

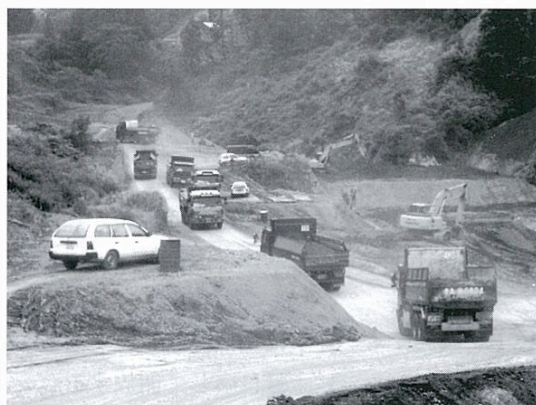


写真-8

ら搬入日、搬入量を予約してもらう方法を採用した。結果、事前に盛土の進捗や搬入量に見合った受入れ態勢を整えることが可能となり、残土の受入れが効率的、効果的に実施できた（写真-8）とともに、周辺の災害復旧工事の進捗に大きく貢献をした。

3.3 砂防堰堤の施工

堰堤工事では工期を縮減するため、建設発生土とセメントを混合してできる INSEM 工法に着目した。土質試験の結果、山古志西地区（朝日川水系）の土砂はシルト・粘土の比率が高く（最高で80%）、セメント量が増加し、INSEM 材として発生土の利用は不経済となり不適當であった。

そこで碎石のみを利用した INSEM 材によって本堤を打設した（写真-9）。結果、降雪が懸念される12月を待たずに堰堤工事は完了した。特に9月の1カ月間に6,700m³もの INSEM 材を打設し、進捗を8月時点の17%から69%に押し上げた（写真-10）。

4. 総 括

工事用道路が早期に完成したことで、工事は全て平成18年度内に完了することができた。要因は前年度に施工計画を慎重に検討した上で工事用道路設置のタイムリミットを決定し、それに向けて課題を解決しながらスタートダッシュを切れたことがあげられ、これにより油夫集落の避難指示も当初の予定よりも早く、8月に解除された。また35万m³もの押さえ盛土はインターネットを活用した予約システムがなければ完了できなかったと言っても過言ではない。

堰堤工事については砂防ソイルセメント（INSEM）工法を採用したことが早期完成という目標に対し相当有利に働いたことは間違いないが、発

平成19年11月1日

防 災

第701号 (13)



1. 混 合



2. 運 搬



3. 敷均し



4. 転 圧



5. 下流側壁材



6. 上流側壁材

写真-9



被災直後



完成後（平成18年12月）

写真-10

生土を用いず、100%クラッシャーランで施工したことが特に大きな要因であったと言える。INSEM材として利用する発生土の品質管理が不要になったからである。

いずれにしても油夫集落住民の方々のご理解をいただき、さらには施工業者、コンサルタント、県、市（山古志支所）が一同に会しての工程会議を繰り返し実施し、次第に丸となりながら、この仕事にあたる人が何よりも大きかった。

それは単に仕事を完了させたということだけでな

く、残土搬入や住民の一時帰村に利用した工事用道路は市と連携できたことで市道災により市道へと生まれ変わり、さらには押さえ盛土により創出された広大な平地は長岡市の集落再生計画や山古志フィールドミュージアム構想において農地や自然体験の場に活用されることとなり、未だ仮設住宅での暮らしを余儀なくされておられる方が多い中、今後の集落復興にも道筋を残すことになったからである。

最後にこの場を借りて、この事業に関係された方々に心より感謝を申し上げます。

(14) 第701号

防 災

平成19年11月1日



平成16年11月



平成18年12月



平成17年7月



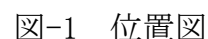
平成18年12月

資料-2 油夫川砂防えん堤完成写真



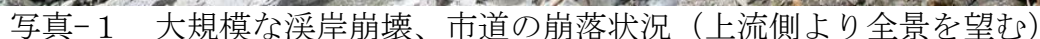
川辺川ダム砂防事務所 工務第二課 ◎渋江 吉之
○松永 邦彦

本報告は、本工事における早期復旧と、効果・効率的な事業実施を目的に採用した INSEM 工法（砂防ソイルセメント工法の一つ）の実施結果について考察するものである。



今回の災害は、台風 14 号発生に伴う大規模な降雨の影響により土石流が発生し、急峻な河床勾配を呈した河幅の狭い湾曲区間を流下したために、水位が上昇して外湾側(右岸側)の溪岸斜面が幅約 140m、高さ約 15m の範囲で侵食し崩落が発生したものである。

図-1 位置図



にがこべ谷川の対策工の実施にあたり求められる機能は以下に示すとおりであった。

-
- 重力式擁壁**
- 図 6-10-18
90-100 18
90-100 18
D = 10.10
- 通常盛土
- コンクリート
- 10.10m
- 1.50m
- 75°
- 90°

図-2 にがこべ谷川対策工の基本構造

資料-3 平成19年度九州国土交通研究会発表資料

以上より、砂防えん堤による土砂捕捉及び溪岸・河床の縦断・横断侵食防止対策、並びに導流工による崩壊溪岸の抑止対策を実施することとした。導流工の構造については、崩壊した溪岸背後の地山に対して抑え効果を十分発揮し、かつ土石流の衝突に対しても安全を確保できる「コンクリート重力式擁壁工法」が適切だと判断した。(図-2)。

3. 2 対策工法の選定

(1) 「コンクリート重力式擁壁工法」採用時の課題

先の検討結果より選定した「コンクリート重力式擁壁工法」では、以下の課題があると判断した。

- 1) 施工地点が急峻な山間地の最上流部に位置し、施工地点までのアクセスは幅員の狭い林道を通らざるを得ないため、材料（生コンクリート）の運搬に時間を要し、安定的、効率的なコンクリートの供給が困難。さらに、打設間隔や養生期間が必要であるため、施工性は低下。
- 2) コンクリートの供給条件が厳しいとともに、施工規模が大きいため（コンクリートの打設量が大量であるため）、効果的な建設コスト縮減が困難。
- 3) 気象条件、地形・地質条件等が厳しい上、治山等の他事業との輻輳から受ける工期の制約。

そこで、上記の課題を解消するために、効率的で安価な施工方法の選定を行った。

(2) 現地発生材料を有効活用した「砂防ソイルセメント工法」

近年の砂防事業において、①環境負荷の軽減、②建設副産物の軽減、③施工の省力化（工期の短縮）、④建設コストの縮減を目的として、砂防工事の現地で発生する河床材料を建設残土として処分せずに有効活用する「砂防ソイルセメント工法」が各地において推進されている。

「砂防ソイルセメント工法」は、施工現場において発生する土砂とセメント・セメントミルク等を攪拌・混合して製造し、砂防構造物を構築する工法である。近年ではその施工事例が増加しており、土石流の発生が想定される区間においても要求される強度・安定性を満足することで活用されるようになってきている。

砂防ソイルセメント工法の活用には、良質で十分な量の現地発生土砂の確保が必要不可欠となる。そこで、この条件を満足するかどうかを、にがこべ谷川の施工箇所近辺において調査のうえ、砂防ソイルセメント工法の活用が可能かを探った。

(3) 災害による発生土砂を活用した災害復旧対策工法の選定

にがこべ谷川に近接する「山の津谷川」において、にがこべ谷川と同様に台風 14 号の影響によって大規模な山腹・溪岸崩壊が発生し、河道内に大量の土砂が堆積した(写真-3)。これらの土砂の成分を調査した結果、堅硬な砂礫を多く含んだ良質な土砂であること、対策に必要な量が十分に確保可能であることを確認し、現場条件における施工性についても問題ないことから砂防ソイルセメント工法を採用可能とした。にがこべ谷川の土砂災害対策工に適する工法を決定するために、



写真-2 砂防ソイルセメント（INSEM）工法の施工状況¹⁾



写真-3 堆積土砂（山の津谷川）

コンクリート重力式擁壁工法と、砂防ソイルセメント工法を比較検討した。表-1 の検討結果から、施工性、経済性ともに有利となる「砂防ソイルセメント (INSEM) 工法 (外部保護材；軽量鋼矢板)」を採用することとした。

表-1 にがこべ谷川導流工の工法比較表

項 目	コンクリート重力式擁壁工法	砂防ソイルセメント (INSEM) 工法
標準断面図		
安全性	・流水による侵食および土石流流下に対する安全性を確保できる。 ○	・流水による侵食および土石流流下に対する安全性を確保できる。 ○
施工性	・施工地点が山間地の最上流部に位置するため、効率的な材料の供給が難しい。 ・打設に必要な間隔や養生期間を必要とするため、施工性は低下する。 △	・近隣の溪流から採取した材料を活用するため、効率的な搬入と施工ができる。 ・連続打設が可能であるため、施工性が良い。 ○
経済性	直接工事費: 1,900千円/m △	直接工事費: 1,400千円/m ○
総合評価	施設の安全性は確保されるものの、施工性・経済性の面で劣る。 △	INSEM工法を採用することで効率的な施工と効果的なコスト削減を図ることができる。 ○

4. INSEM 工法による導流工の施工

4. 1 INSEM 工法の採用により得られた施工上のメリット

(1) 自走式攪拌機の活用による効率的な施工
INSEM 工法の一般的な施工の流れは、図-3 に示すフローによる。攪拌・混合においては、当初、一般的に使用されるバックホウを計画していたが、攪拌ヤード直下にやまめ養殖場があり、セメント投入時や攪拌時に発生するセメント粉塵の影響を検討した結果自走式攪拌機を用いた施工を行った(写真-4)。この自走式攪拌機は、製造する INSEM 材の均一な品質の確保と、安定した製造量の確保を目的に採用した。この自走式攪拌機の採用により、約 40 m³/hr の安定した製造を可能とし、日平均打設量も約 300m³ を確保し、施工期間の短縮が期待できた。

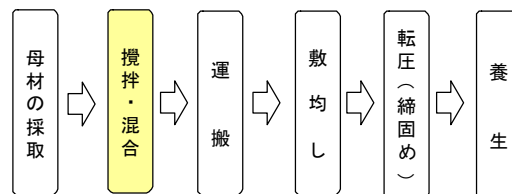


図-3 INSEM 工法の施工フロー



写真-4 自走式攪拌機による INSEM 材の確保

資料-3 平成19年度九州国土交通研究会発表資料

(2) 連続打設による工期の短縮

INSEM 工法を採用したことで、INSEM 材の連続した打設が可能となり、コンクリート重力式擁壁工法に必要とされる打設間隔や所定の養生期間の確保を削減できたため、さらなる施工期間の短縮が可能となった。

4. 2 施工時に生じた課題

INSEM 工法の締固めは、振動ローラによる転圧が基本であるが、外部保護材(軽量鋼矢板、型枠兼用)の端部の締固めについては、振動ローラが外部保護材を損傷する恐れがあるため、人力作業により丁寧に行う必要があった(写真-5)。

よって、人力作業により相当の工期を要したため、法面の勾配を変更する等、作業性を向上させる工夫が必要である。

また、土石流に対する表面保護のために軽量鋼矢板による表面保護工を使用したのが、軽量鋼矢板では直線的になるため単調で、しかも色合い(今回は黒茶色系で着色)が周辺環境になじまず、美観に劣っていると感じた。景観設計の観点から、表面保護工についても見当の余地が残った。

さらに、品質管理については、採取した母材の性質と天候等により強度の管理が難しかった。本工事では、冬季の施工であり、雪や雨などの影響を受けやすかったことから施工時期についても十分な配慮が必要であると感じた。



写真-5 人力による端部施工の状況

5. おわりに

今回の土砂災害対策の工法として、現地発生土や付近に賦存する土砂を活用した INSEM 工法により、コンクリート重力式擁壁工法に比べて、工期及びコストを縮減し、効率的・効果的な施工に寄与した。

砂防工事は、気象、地質・地形、作業条件等の極めて厳しい山間部で実施されることが多いため、掘削土砂の処分や材料の調達等に制約が大きく施工効率が厳しく低下することがある。

一方、砂防工事箇所の河床材料は砂礫等で良質であることが多く、これらの現地材料を有効に活用することは、円滑な工事進捗に有効であることが実証されたため、現場条件に応じた種々の課題を克服しながら積極的な活用を図るべきであると考えます。



写真-6 完成した導流工

資料-3 にかこべ導流堤完成写真



砂防ソイルセメント堰堤の設計

2006.11

株式会社 萩原技研 新菌, 尾崎

業務名 16 火山砂防調査設計 (アミダ川)
場 所 アミダ川 鹿児島市桜島白浜地内
発注者 鹿児島県 鹿児島土木事務所

1.はじめに

近年、砂防分野において砂防ソイルセメントが使用されるケースが多くなっている。その理由として、

- ① コスト縮減：現地発生材とセメントを施工現場で攪拌・混合し堰堤を作るため、材料費の軽減が可能である。
- ② 現場発生材の有効利用：掘削土砂等の現地発生土砂を材料として使用するため、搬出土砂が減少し残土運搬・処分費が軽減でき、建設コストの縮減も可能である。
- ③ 工期短縮：コンクリート材料に比べ短期間に構築が可能であるため、工期の短縮が可能である。

などの利点が挙げられる (図-2 参照)。

それゆえ、現地発生材の有効利用及び経済性・工期短縮等の利点を活かすため、桜島の現地発生土砂を利用して鹿児島県では初めて鹿児島市桜島白浜町地内に砂防ソイルセメント堰堤を計画することとなった。設計位置を図-1 に示す。

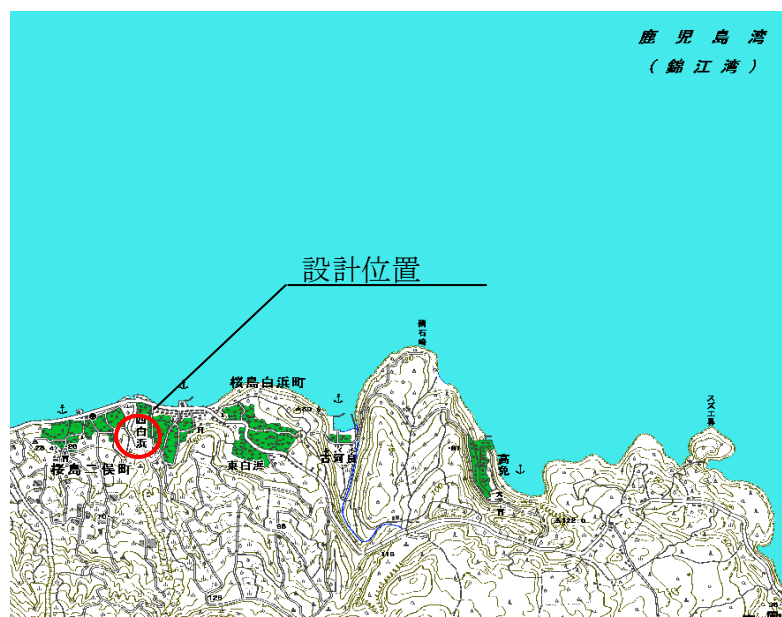
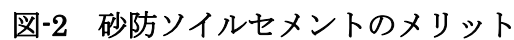
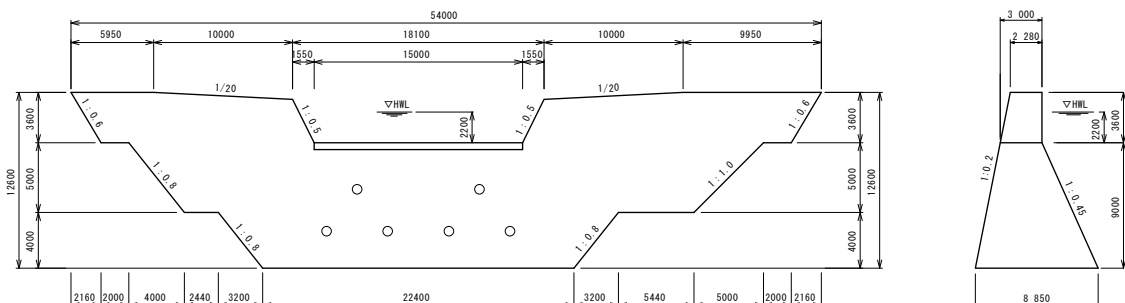


図-1 位置図



その結果、堰堤内部材の目標強度レベル 3.0～6.0N/mm² おいて数種類の配合ケースから 4 週配合強度 4.5N/mm² 以上の値が得られたことから、現地発生土砂は利用可能であると判断し砂防ソイルセメントの計画を行った。



(株)萩原技研 <http://hagiharagiken.co.jp/>
Copyright (C) 2008 Hagihara Giken Co., Ltd. All Rights Reserved.

資料-4 株式会社萩原技研-紹介事例-

3.堰堤計画

【ソイルセメント工法の選定】

砂防ソイルセメント堰堤を構築する方法として、ツインヘッダを用いた現場攪拌工法及びあらかじめ混練したソイルセメントを振動ローラで転圧する工法の2種類に大別される。前者は湿式のISM工法、後者は乾式のINSEM工法である（図-4 参照）。

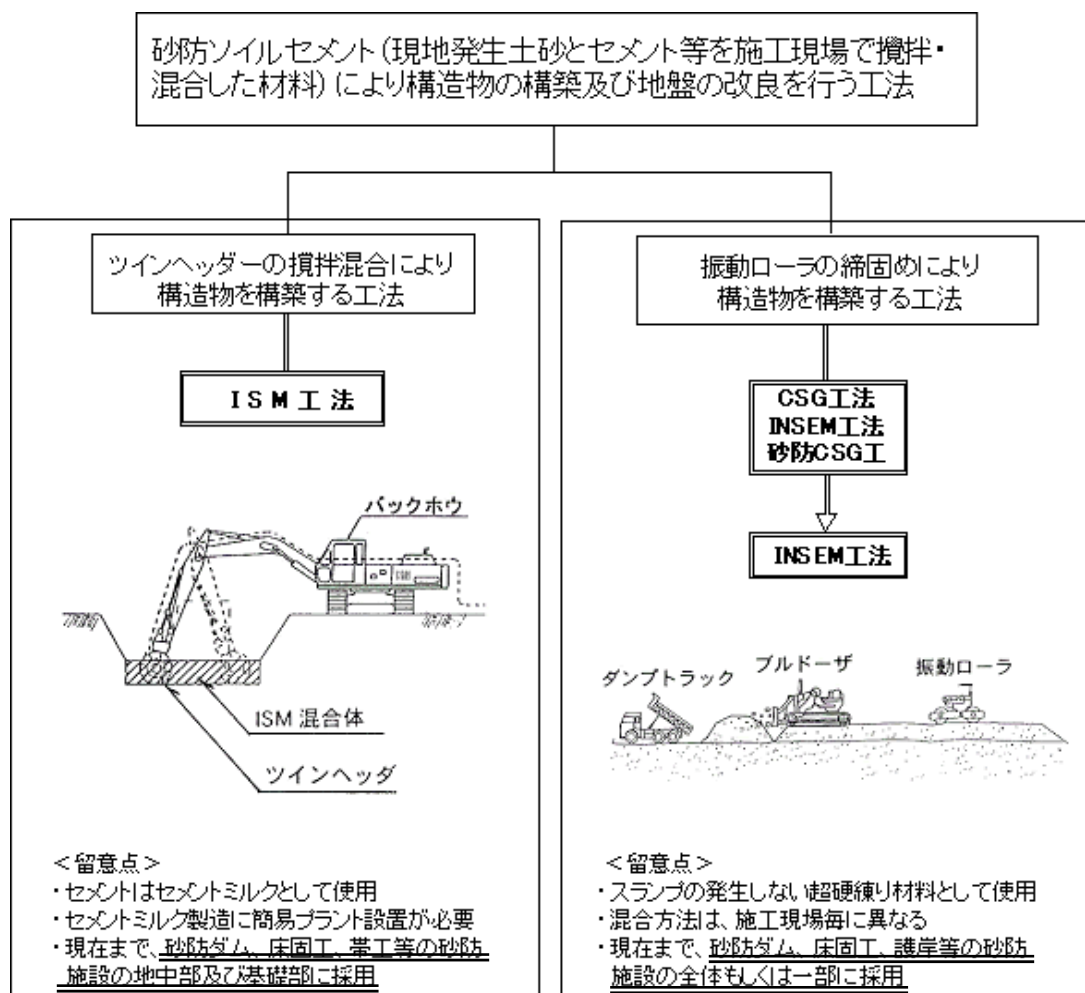


図-4 ソイルセメント工法

ISM 工法は、ツインヘッダを用いた現場攪拌であり堰堤本体の施工実績が少ないことから、堰堤本体工採用実績のある INSEM 工法を採用することとした。

今回の計画では、堰堤下流面をプレキャスト製残存型枠、上流部は土石流の衝撃を考慮して厚さ 4mm の軽量鋼矢板により補強することとした。

従来の現場打ち重力式堰堤との比較表を表-1 に示す。

表-1 経済比較表

	コンクリート堰堤	砂防ソイルセメント堰堤
断面図		
経済性	54,300千円/基 (積算表参照)	34,700千円/基 (積算表参照)
施工性	養生期間が必要。打継目型枠の設置手間がある	養生期間を省略でき、堰堤の横断方向に連続して構築できるため工期短縮ができる。
評価	△	○

堰堤底版部は、現場打ち堰堤より 500mm 程度広がっているが、砂防ソイルセメントで堰堤を構築した場合には経済性及び施工性も良い。それゆえ、砂防ソイルセメントを採用することとした。

【堰堤計画】

堰堤計画では、土石流時及び洪水時の安定計算を実施し躯体断面の検討を行った。

今回の現地発生土砂の場合、堰堤の単位体積重量は $\rho_c=18.0\text{kN/m}^3$ となり、通常コンクリートの単位体積重量の約 80%となった。

砂防ソイルセメント堰堤の計画図を図-5 に示す。

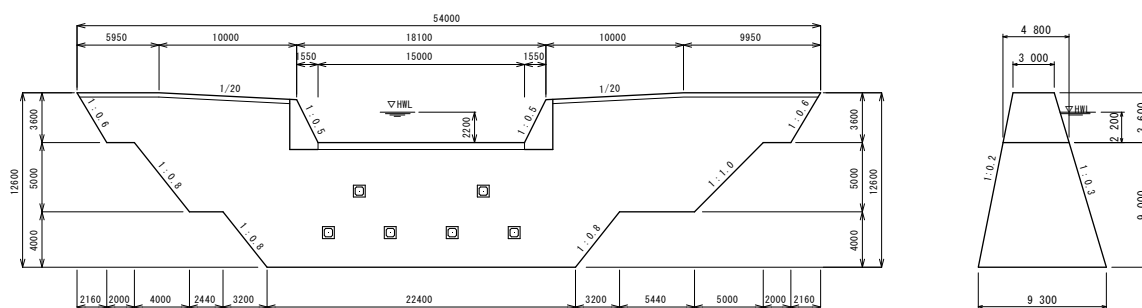


図-5 ソイルセメント堰堤

【施工計画】

ソイルセメントの一般的な施工フロー図を図-6 に示す。

今回の計画では施工性に配慮し自走式土質改良機を用いることとした。

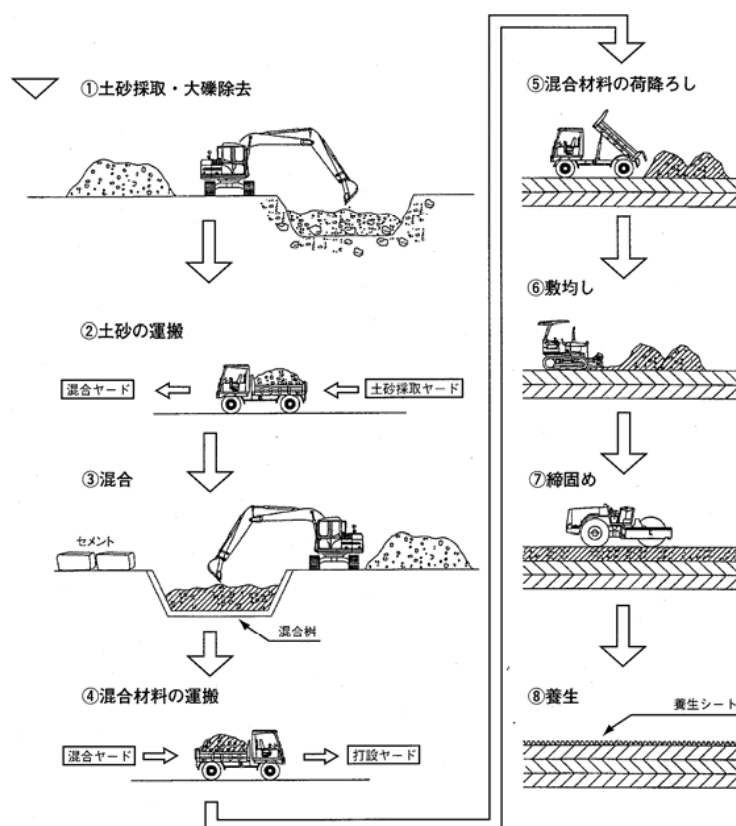


図-6 施工計画図

資料-4 株式会社萩原技研-紹介事例-

4.施工写真



写真-1 スケルトンバケットを用いた現地発生材のふり分け



写真-2 自走式土質改良機（加水機能付）



写真-3 ソイルセメント投入状況
(敷均し厚さ 25cm)



写真-4 転圧状況
(端部の施工はタンパによる人力施工)

資料-4 株式会社萩原技研-紹介事例-

5.おわりに

今回の砂防ソイルセメント堰堤の設計に対するポイントは以下の通りである。

- ① 現場発生土の特性はバラツキがあり、その余裕幅を考慮した配合設計が必要である。このことは、ソイルセメントの単位体積重量が堰堤の安定性に直接影響するため、砂防施設として安全側に単位体積重量を設定することが重要である。
- ② 砂防ソイルセメントは土とコンクリートの両者の特性を持ち、施工時は土、硬化時はコンクリートの性質を持つ。したがって、砂防ソイルセメントの品質は締固め精度に大きく影響されることから、発生土の締固め特性に十分に配慮した配合設計が必要である。

今後、砂防ソイルセメント堰堤は公共工事に対する環境への配慮が高まる中、現地発生土を有効活用できる工法として計画段階において検討の機会が増えると予想される。

砂防ソイルセメントは発生土の特性により、今回の INSEM 工法をはじめ数々の工法があり、適切な工法を選定することが重要であり、今後も積極的な技術情報収集が必要である。

資料-4 鹿児島県あみだ川砂防えん堤完成写真

