

小規模施工地における砂防ソイルセメント工法

—高細粒分の母材における INSEM 工法について—

旭川開発建設部 旭川河川事務所 第2工務課

○日誌 智之
佐藤 英明
河村 勇太

上川町層雲峡近郊の石狩川水系リクマンベツ川は荒廃化が進んでいることから、溪流保全工を施工することにより、リクマンベツ川の下流側にある国道39号線や宿泊施設やキャンプ場を保護する計画である。左岸側の堤防(延長373m)および導流堤(延長196m)は、砂防ソイルセメント工法の一つである“INSEM工法”を適用して施工する計画であり、本検討は現地発生母材を利用するINSEM工法の課題について検討し、報告するものである。

キーワード：防災、災害復旧、基礎技術、維持管理

1. 検討概要

砂防ソイルセメント工法は、環境負荷の低減や低コストを目的として、現地発生土砂とセメント（高炉B種セメントを混合）して構築する工法であり、全国の砂防施設に活用されはじめている。

当地区では、H17年度より現地調査・室内試験および現地試験施工によるソイルセメントの検討を実施して来た。(図-1参照) H17年度～H18年度の現地調査では、母材発生箇所ごと及び掘削深度ごとに粒度のばらつきが大きいことが把握できた。

また、ソイルセメントの母材に適用可能とされる粒度分布の目安や、細粒分が少ない良質材に対するセメント添加量等について検討を行っている。H19年度以降は床固工の施工開始に伴い、掘削土砂が発生するため、堤防および導流堤実施工のための施工・品質管理基準(案)設定を目的とし検討してきた。

これまでに実施した調査・検討結果より、当地区におけるソイルセメントには大きく以下の2つの課題があることが分かった。

母材の粒度

細粒分を多く含有した母材では、ソイルセメントの強度発現が十分に期待できない。掘削発生したままの母材を使用した場合には細粒分を多く含有するため、強度発現しづらい

強度管理

環境対策等を考慮して高炉B種セメントとしたが、高炉B種セメントの強度発現が通常のコンクリートより長期養生が必要であり、管理方法(強度確認材令)に工夫が必要である

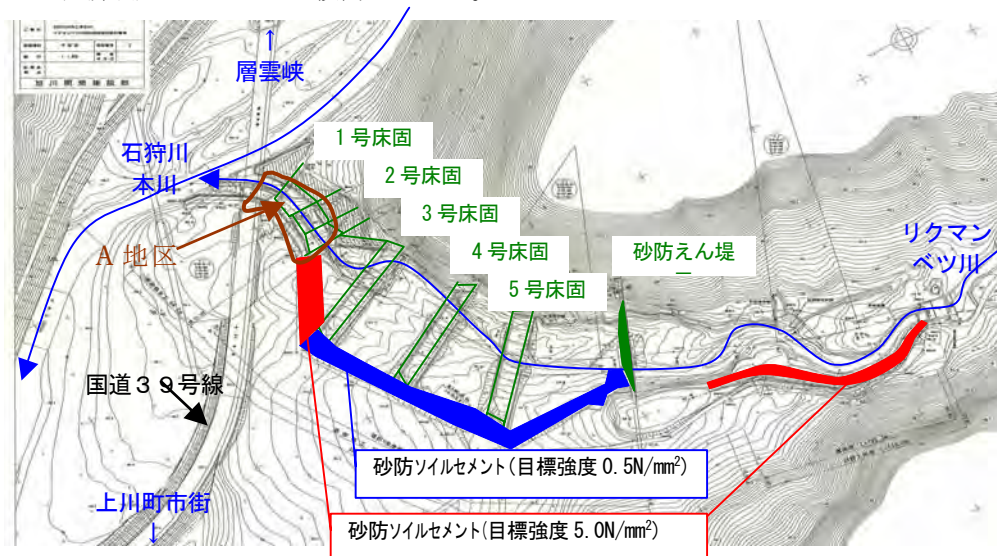


図-1 対象施設位置図

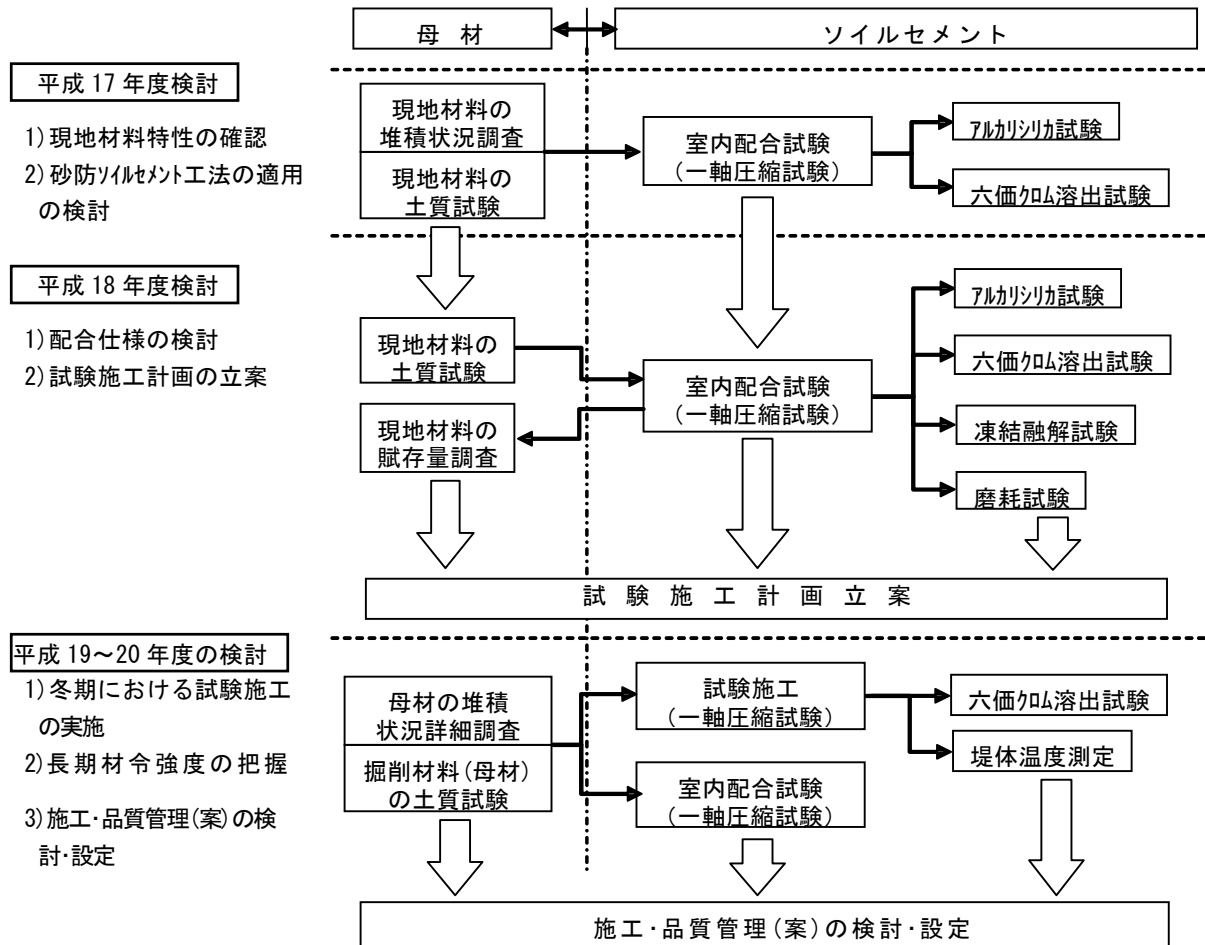


図-2 検討内容一覧

2. 調査・検討結果

2.1 母材の粒度

17年度およびH18年度に実施した母材に関する調査結果より、現地より採取される母材はばらつきが大きく、ソイルセメントに適用できると想定される母材は、細粒分が少ない良質材（1~7%程度以下、2mm以下粒径30%程度以下）に限られ、その良質材はA地区（3号床固工より下流）より採取可能であると判断していたが、H19年度以降に着手した床固工の実施工の根拠により掘削採取された母材にて実施した、室内土質試験お

よび試験施工においては、A地区に位置する1~3号床固工の掘削土においても、良質材と判断される母材は非常に少なく、細粒分を10%以上若しくは2mm以下粒径を30%以上を含有する細粒分の多い母材が主体であることが確認された(図-4参照)。

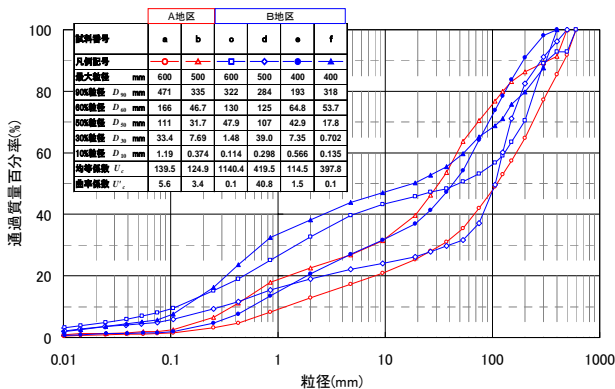


図-3 H18 粒度試験結果 (全量)

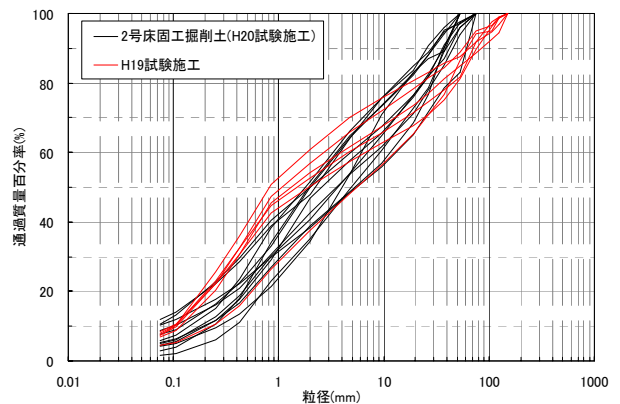


図-4 H19年度およびH20年度の母材粒度

平成20年度調査では、実施工中の2、3、5号床固工の掘削土層面のスケッチおよび粒度試験を実施し、現地における河床堆積物の堆積状況を調査した。

河床堆積物はトレンチ調査で想定した以上に複雑な堆積構造、分布状況を呈しており、良質材である8%以下の細粒分となるような母材を採取するには選択的に掘削する必要があるが、実施工を考慮すると非現実的な母材採取を行わなければならないことがわかった。

2.2 母材の粒度改良

前節に示した通り、当地区で採取可能な母材の粒度の大半は、当初想定した“良質材”に合致しないものであることが確認された。しかし、国立公園内に位置する当地区では、現地発生材料を可能な限り持ち出さないこと、また、可能な限り他地区から材料を持ち込まないことに配慮する必要がある。

H20年度の調査・検討においては、細粒分が多い粒度であるために“良質材”とは判定されない現地発生母材の有効活用を目的とした、母材の粒度改良を適用した室内試験および現地試験施工を実施中である。

母材の粒度改良においては、既存調査結果を基に「細粒分 7%程度以下、2mm 以下粒径 30%程度以下」を目安とし、購入砕石（C-80 程度想定）もしくは現地にて発生するφ150mm 以上のオーバーサイズ礫を破碎した礫材を添加することとした。図-4に示した通り、現地より採取可能な母材の粒度は、細粒分 15%程度もしくは2mm 以下粒径 60%程度のもので想定されるため、母材改良においては、礫材料を「母材：礫材=1：1」程度の割合で混入する必要があるものと判断する。

既存調査結果より、全ての堤防および導流堤を構築するだけオーバーサイズ礫は発生しないものと想定されるが、費用面でも大きな負担にはならず、発生土の有効活用も可能となるオーバーサイズ礫の破碎材を優先的に礫材として利用することとした。H20年度試験施工は現地にて自走式クラッシャーを用いてオーバーサイズ礫を破碎したものをを用いた（図-5 参照）。



自走式クラッシャー 日立建機 ZR950JC



オーバーサイズ礫

破碎礫

図-5 自走式クラッシャーによる礫破碎状況

図-6 は、試験施工時に確認された母材、破碎礫、混合材の粒度を示したものであり、破碎礫の混合により、良質材程度の材料が得られたものと判断する。

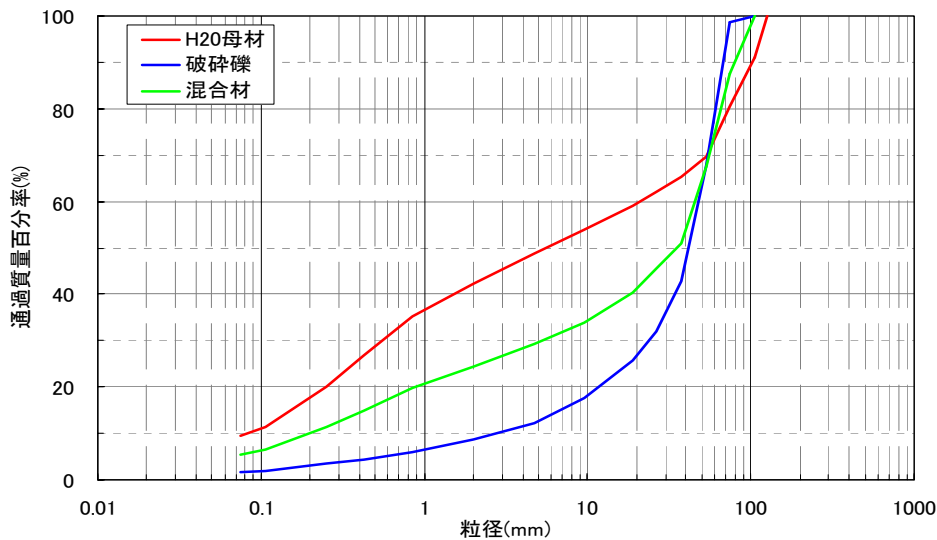


図-6 母材、破碎礫、混合材の粒度

2.3 ソイルセメントの強度

(1) 目標強度

目標強度は、表-1 に示す通りである。目標強度および配合強度は、砂防ソイルセメント活用ガイドライン(以下、ガイドラインとする)に準拠して設定したものであり、直接土石流が当たる導流堤部は目標強度レベルⅢ、直接土石流が当たらない堤防部は目標強度レベルⅠとした。室内配合試験における目標強度となる配合強度についても、ガイドラインに準拠し、割増係数 1.5 を乗じた値とした。

表-1 目標強度の設定

施設部位 (図1 参照)	目標強度 (①)	配合強度 (①×割増係数 1.5)
左岸堤防	0.5N/mm ² レベルⅠ	0.5×1.5=0.75 ∴1.0N/mm ²
左岸 導流堤	5.0N/mm ² レベルⅢ	5.0×1.5=7.5N/mm ²

(2) 圧縮強度

1) H19 年度までの調査結果

図-7はH18年度までに実施した配合試験結果とH19 に実施した試験施工にて実施したコア供試体による圧縮試験結果を示した図である。

母材に含有される細粒分が 7%程度以上になると、セメント添加量によらず圧縮強度が著しく低下し、目標強度レベルⅢに対する所定の強度を満足できないことが分かる。また、コア供試体の圧縮強度が目標強度(5N/mm²)に達していないが、これは当初想定した良質材に比較して細粒分の多い母材が混入していたこと(図-4 参照)、および、冬期施工であったため、養生温度が低かったことが主な要因であったものと判断した。

2) H20 年度の調査結果

既存調査結果を踏まえて、H20 年度試験施工においては、①礫材混合による母材改良、②冬期養生 28 日間(H19 年度は 14 日間)を新たな条件とした。また、越冬を含む1年が経過した H19 年度試験施工盛土よりコア供試体を採取し、圧縮試験を実施した。なお、H20 年度試験施工においては、H18 年度に実施された、細粒分の多い母材と購入碎石(C-80)の混合材で実施された室内配合試験結果を参考として、セメント添加量を 150kg/cm³を設定した。

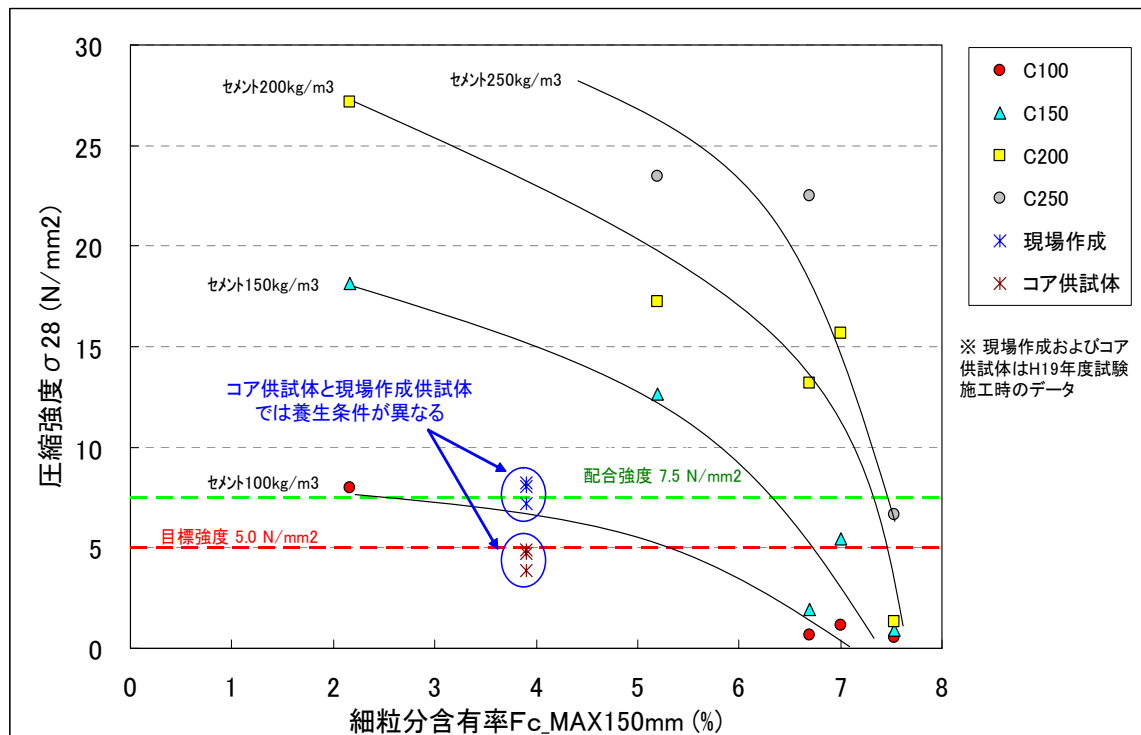


図-7 既存配合試験と H19 年度試験施工における強度試験結果

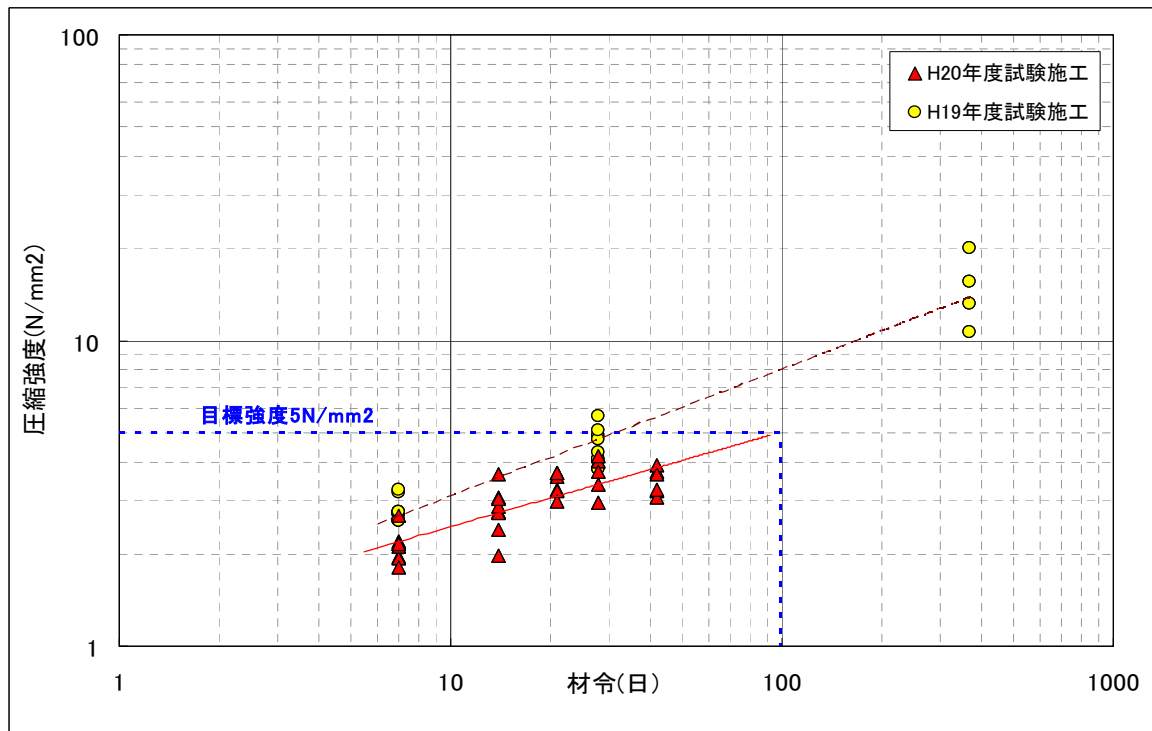


図-8 H19、H20 年度試験施工によるコア供試体の圧縮強度

図-8 は、H19 年度およびH20 年度試験施工で採取したコア供試体の圧縮強度を示したものであり、以下のことが分かった。

- 1) 19 年試験施工盛土の強度は、28 日材令時点では目標強度 (5N/mm²) を満足しなかった (平均 4.5N/mm²)。しかし、1 年材令コア供試体の圧縮強度は、10~20N/mm² という非常に高い圧縮強度を示した。
- 2) 8 日材令までの強度の伸びについては、H19 年度、H20 年度で大差ないものと判断する。
- 3) H20 年度においては、現地養生温度が特に低かったことから、21~28 日材令以降、強度の伸びがほぼ横ばいであった。

これらのことから、H19 年度試験施工において、28 日材令時点では目標強度を満足しなかったソイルセメントが、1 年間の強度発現期間を経て目標強度に対して 2 倍以上もの高強度を発現した。1 年材令強度が高くなった要因としては、以下のことが考えられる。

- 1) 養生温度の影響を受けるセメントの固化作用が、冬期に一旦休止状態となり、春以降の温暖期に再活性化したことにより強度が増加した。
- 2) 高炉 B 種セメントに含まれる高炉スラグ成分特有の“潜在水硬性”により、長期強度が高くなったことを考慮すると、42 日材令時点で目標強度を満足していない。

H20 年度試験施工盛土の強度についても、今後の強度発現期間を経過することで、目標強度を満足する可能性が非常に高いであろうと思われる。

3. まとめ

3.1 施工・品質管理基準の選定に向けて

これまでに示した通り、当地区のソイルセメントについては、

- ① 母材粒度のばらつきが大きく、選択的に母材採取することは非現実的である。
- ② 母材に含有される細粒分が多く、礫材混合による母材改良は必要不可。
- ③ 28 日材令では目標強度に至らない場合でも、長期材令強度は目標強度を満足する可能性が高い、などの特徴がある。

①と②については、これまでの調査結果より、採取される母材に対して同量の礫材を混入する (混合比 1:1) ことで対応可能であると考えられるが、③については不明な点が残っているため、継続して以下の調査・検討を実施中である。

- 1) 6 日材令でコア抜きした供試体を、その後 91 日材令まで 20°C 恒温室にて室内養生した後に圧縮試験を実施し、91 日材令でコア抜きした供試体による圧縮強度との比較を行う。

→春以降の温暖期を疑似的に経験させ、春以降に発現すると想定される強度の伸びを把握する。

- 2) 91 日材令までの室内配合試験を実施し、セメント添加量の異なったソイルセメントの長期材令強度の発現特性を把握する。
 →長期材令強度による管理を想定した場合、目標強度に対して高強度になり過ぎるため、28 日材令以降の強度管理材令とセメント添加量の関係を把握する。

3.2 施工仕様(案)

調査検討結果より設定した主な施工仕様を表-2 に示す。

表-2 施工仕様(案)

項 目		仕 様
母材	母材(混合材)の粒度	・母材: 碎石(破碎礫もしくは購入碎石)=1:1(乾燥重量比) ・混合材の細粒分は7~8%程度以下、2mm以下30%程度以下を目安
	オーバーサイズカット	・母材の最大粒径: ϕ 150mm、スケルトンバケット
母材搬入 ~ 攪拌混合	母材搬入	・30m ³ 程度を1バッチとする
	セメント攪拌混合	・セメント添加量: 150kg/m ³ (高炉B種) ・混合時間の目安: 40分、0.7m ³ 級バックホウ
INSEM 材運搬 ~ 転圧	仕上がり層厚	・50cm(25cm×2層)
	転圧	締固め度: 95%以上(自動走査式RIIによる場合90%程度以上が目安) 転圧回数: 8回、10t級振動ローラ
	打ち継ぎ目処理	表面掻き起こし+(必要に応じて)セメント粉体散布
養生	外気温が5℃以下の場合、上屋+ヒータ養生、14日間 降雨・降雪には曝さないこととする	
覆土	50cm	
気象条件	時間雨量2mm以上 黒岳沢における総雨量70mm以上の場合施工中止	
出来型管理	北海道開発局の出来型管理基準による	

4. 今後の課題

ソイルセメント工法による砂防施設に対して、28 日材令以降の長期材令による強度管理を適用した実績は見当たらないが、砂防施設の性質上、28 日材令経過後直ちに設計強度を満足しなければならないとは考えられず、28 日強度による強度管理が絶対的なものであるとは考えられない。

ただし、土木構造物としての施工性などを考慮し、どの程度の期間を管理材令に設定するかが課題であるため、実施工時までには材令管理基準(案)をまとめる予定である。