

流動タイプのソイルセメントの設計に関する一考察

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○井川 忠、(一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示
 長野県砂防課 北原誠、丸山泰正、蒲原潤一、北信建設事務所 深澤光太、関貴幸
 (株) 本久 小布施栄、(株) 土木管理総合試験所 八木澤一哉

1. はじめに

砂防堰堤の計画位置は主要地方道から分岐する尾根沿いの林道を1時間余り走行した地点に位置する。砂防堰堤の計画位置までコンクリートを運搬する場合、生コンクリート工場から90分以上の運搬時間を要するため品質確保が困難な条件である。また、砂防堰堤の計画位置の河床は土石流堆積物で覆われており1m前後の粗石が多く、広く普及している転圧タイプのソイルセメント(以下、「転圧タイプ」)を使用する場合、堤体への活用土砂が不足する懸念がある。このことから、転圧タイプでは活用できない大きな粒径の礫を活用した流動タイプのソイルセメント(以下、「流動タイプ」)を堤体材料に活用することを目的に現地試験施工を実施した結果や設計に関する考察を発表する。

2. 活用母材の採取計画

計画位置の地形は、河床勾配1/20程度の土石流堆積区間に位置する。また、計画位置は既設堰堤の堆砂敷を予定しており、河床を構成する礫は1m前後のものが大半を占め、地表面はほぼ礫で覆われている。この河床状況において、計画砂防堰堤の堤体積である約1万m³のソイルセメント材を製造するため、無人ヘリで撮影したオルソフォトを用いて地表の礫を判読し堤体材料に活用できる母材量を推定した。図1に判読結果を示す。砂防堰堤の母材量として活用する礫の最大径は、混合機械であるバックホウで容易に混合できる大きさの0.5mを目安とし、判読する礫の閾値もそれに合わせて0.5mに設定した。計画位置の河床幅は30m程度であったが、低高度で撮影することで鮮明な河床状態を確認できるとともに、人力作業で実施する場合に比べて精度の高い礫の分布を把握できた。判読結果に基づき、堆砂敷の範囲に対して活用困難な1m以上の礫の割合を求め、その結果から活用母材の面積や掘削深の目安を算定した。

3. 配合設計における水分量に関する考察

現地試験施工の示方配合を表1に示す。単位セメント量・単位水量・混和剤等の諸条件は、現地試験施工に先立って実施された室内配合試験に基づいて決定した。現地試験施工は、本施工が夏期に実施されることから、特に練混ぜから打設までのスランプロスの想定、日々の単位水量の管理方法に着目した配合を検討した。

表1 現地試験施工の示方配合

単位セメント量	粒度	土砂採取時		高性能AE減水剤
	河床砂礫	含水比	単位水量	
180kg/m ³	礫分 44.8% 砂分 42.8% 細粒分 12.4%	18.00%	300 kg/m ³	1%

(1) スランプロスを考慮した示方配合

転圧タイプは水分量が流動タイプよりも少ないため施工効率への影響はほとんどないが、流動タイプはコンクリートと同様の性状であり製造直後はスランプを有するが時間の経過とともに硬化するのが早い。したがって、示方配合は単純に所定の強度が得られれば良いという考えではなく、施工機械による運搬や打設時間から、スランプロスを考慮した示方配合にすべきと考えた。そこで、示方配合は夏期の施工にともなう水分の蒸発や打設時間等を考慮し、30分程度のワーカビリティを維持できるスランプの確保を目標に高性能AE減水剤を含有した配合とした。その結果、練混ぜ後、30分経過した目標スランプ10cm程度を確保することができた。(図2)

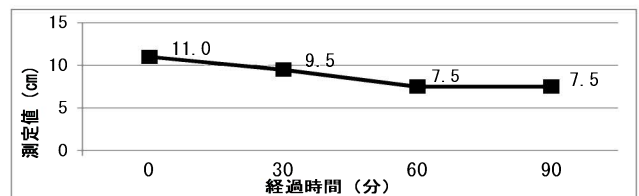


図2 経過時間毎のスランプの変化

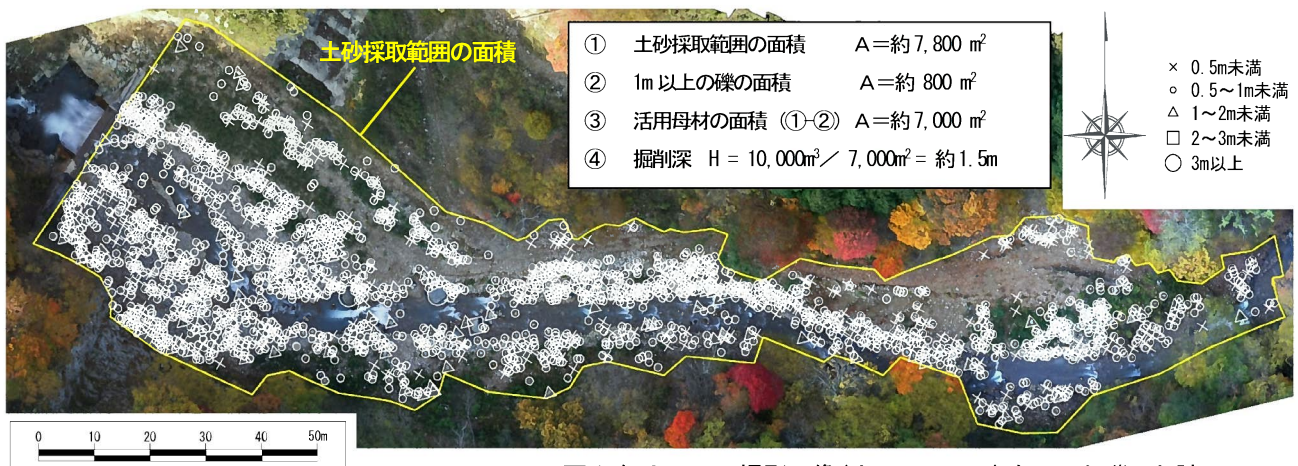


図1 無人ヘリの撮影画像(オルソフォト)を用いた礫の判読

(2) 総水量による単位水量の管理

転圧タイプは、日々の活用母材の水分量の変化に対して含水比に幅を持たせた品質・施工管理を行っている。流動タイプはスランプ値で品質管理を行うことから、できるだけW/Cを一定に保つ必要がある。しかし、母材（現地土砂）は天候などにより含水比が変動する。そこで、当日の母材の総水量が一定になるよう、母材の含水比をもとに加水量を変動させる水分量の管理方法を採用した。

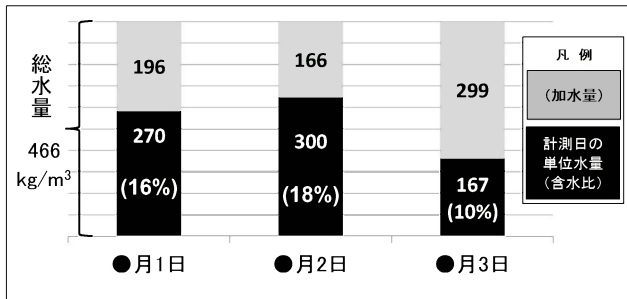


図3 総水量による管理の概念図

図3に総水量による管理の概念図を示す。日々の混合作業前に含水比を計測し、加水量を調整し、総水量は一定の値に固定した配合とする。品質管理はスランプ試験により行うが、スランプ値が日々変動する場合は、土質の変化や土粒子の表面水量の変化が影響しているものと考えられる。その場合は、加水やセメントミルクを追加投入し、微調整を行うことが適切である。

4. 大礫の活用に関する考察

転圧タイプは振動ローラで締固めるため、最大粒径は層厚の1/2程度(0.15m)に抑える必要がある。これに対して流動タイプは型枠に礫を投入できればよいので、大きさに制約はない。今回は転圧タイプの倍以上の大きさの礫(最大0.5m)を投入し施工性を検証した。打設順序のイメージを図4に示す。ソイルセメント材と礫を層状に交互打設した場合において、打設時間の短縮が図れるとともに一定の品質が確保できることが確認された。

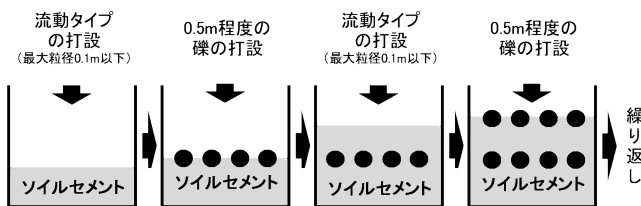


図4 大礫を活用した打設順序のイメージ

活用する0.3m以上の礫の割合は、本検討で実施した現地試験施工の結果から、打設時の締固めに用いる振動バイブレーターの挿入に0.1m程度の間隔が必要になるため、1m³当たりの製造量に対して30%程度の投入が妥当と判断した。転圧タイプでは用いることができない0.15m以上の礫の活用の適否は、砂防ソイルセメント工法で堤体に活用する母材が不足するような場合や渓床幅や施工ヤードが狭く、礫の処分が困難な場合に有効であると考えられる。

5. 練混ぜ前後の容積変化に関する考察

土砂からソイルセメント材を製造する際、容積の変化は現地土砂（地山状態）の容積⇒掘削後のほぐされた土砂の容積⇒セメント投入後のソイルセメントの容積と段階毎に変化する。転圧タイプは締固めた結果がそのまま容積として管理すればよいが、流動タイプはほぐされた土砂の空隙に水とセメントが充填されるため、事前にほぐされた土砂の空隙率を調べておくことが重要である。図5に混合前後の容積変化の概念図を示す。本施工では混合コンテナ内に計量用のラインを入れて管理する機会が多いが、この状態で投入する土砂はほぐれた状態であるため、空隙が多いことに留意が必要である。このことから、室内配合試験の段階で空隙の変化率を確認しておく必要がある。

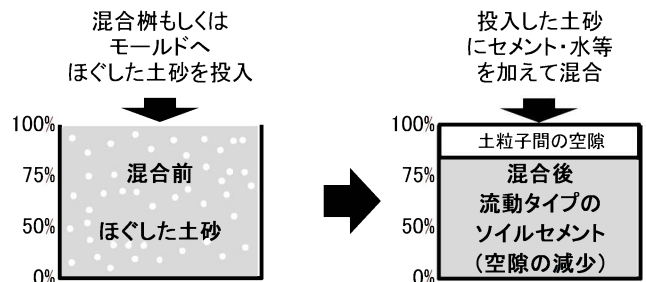


図5 混合前後の容積変化

容積変化率は、締固め試験では試験前後の重量の変化を参考にする方法、モールドを用いる場合は、軽装法により製作した供試体重量と突き棒による締固め後の供試体重量の変化率を求める方法等がある。本施工では、土粒子間の空隙が無い状態の容積になることを想定し、ほぐした土砂量に一定の変化率を乗じた土砂を準備しておくことが適切であると考える。

6. まとめ

今回実施した流動タイプの現地試験施工では、本施工で想定される課題を設計段階で確認することであった。本検討では母材の賦存量を把握する手段として、無人ヘリを活用した調査を実施した。河床幅30m程度の狭隘地形であったが上空が開けている地形条件であれば人力作業に比べて正確な情報を取得できるものと判断された。配合設計では、本現場の施工条件が6月～10月の夏期になるため、流動タイプの打設効率を念頭に置いた有効なデータが取得できたと考える。特に水分量の変動がスランプへ与える影響が大きいため、総水量による適切な配合設計が重要であると考えられる。試験施工で得られた土量変化については、室内配合試験段階で軽装法によるモールド供試体を製作することで容積変化率を推定できることがわかった。流動タイプの設計・施工事例は、ISM工法では存在するが本堤での使用例はほとんどない。従って、今後データを取得し、設計・施工技術の研鑽を図る必要がある。

【参考文献】1) 砂防ソイルセメント施工便覧 平成28年9月、2) 現位置攪拌混合固化工法(ISM工法)設計・施工マニュアル第1回改定版 平成19年3月、3) 井川ら：平成24年度砂防学会研究発表会概要集 p44-45, 2012