

阿蘇山周辺溪流での砂防ソイルセメント流動タイプの活用検討

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○井川 忠
 東亜コンサルタント株式会社 中濃 耕司、株式会社本久 小布施 栄
 国土交通省九州地方整備局河川部河川計画課 山上 直人
 国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所 宮元 謙次

1. はじめに

阿蘇山系の砂防堰堤工事では、これまでの豪雨・震災により発生した崩壊・堆積土砂の有効活用の観点から砂防ソイルセメントが採用されているが、火山灰質粘性土が主体の現地発生土は不良なため、所要の強度を発生させるために、良質材と混合して活用されてきた。良質材との混合は、製造を煩雑化させるだけでなく、現地発生土砂の有効活用という砂防ソイルセメントの活用目的の効果を低減させることになる。このような実状を踏まえ、阿蘇カルデラ内における火山灰質粘性土を施工現場外からの良質材と混合せずに砂防堰堤の堤体材料として活用するための方法について検討を行った。

2. 阿蘇山周辺溪流の材料特性

本検討に使用した現地発生土砂は、阿蘇カルデラ内の砂防工実施中の3溪流(西湯浦川1, 盤名木川, 東下田川2)で採取した。表1及び図1に物理特性を示すが、細粒分が37.9~58.0%と多く、これが良質材との混合を必要とする大きな要因となっている。

表1及び図1には、他の地域における現地発生土砂の物理特性も、合わせて示したが、細粒分が多いこととこれに伴う含水比が高いこと、湿潤密度が小さいことが阿蘇山の現地発生土砂の特性であることが理解できる。

表1 現地発生土砂の物理特性

| 試料名 | 自然含水比(%) | 粒度特性 | | | 有機不純物試験 5色判定 | 湿潤密度(t/m³) | |
|--------------|----------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|-------|
| | | 細粒分 φ75μ以下(%) | 砂分 φ2mm以下(%) | 礫分 φ2mm以上(%) | | | |
| 阿蘇山(火山灰質粘性土) | 西湯浦川1 | 84 | 47.0 | 31.6 | 21.4 | 暗赤褐色 | 1.433 |
| | 盤名木川 | 44 | 37.9 | 18.0 | 44.1 | 暗赤褐色 | 1.609 |
| | 東下田川2 | 71 | 58.0 | 25.2 | 16.8 | 暗赤褐色 | 1.502 |
| 河床砂礫 | 富士川 | 2.6 | 2.1 | 23.3 | 74.6 | 淡黄色 | 2.123 |
| 花崗岩質(マサ土) | 広島県 | 10.7 | 1.8 | 63.4 | 34.8 | 濃黄色 | 1.917 |
| | | 17.1 | 24.7 | 61.9 | 13.4 | 暗赤褐色 | 1.998 |
| 他火山山麓 | 浅間山 | 10.6 | 4.8 | 48.7 | 46.5 | 淡赤褐色 | 1.574 |

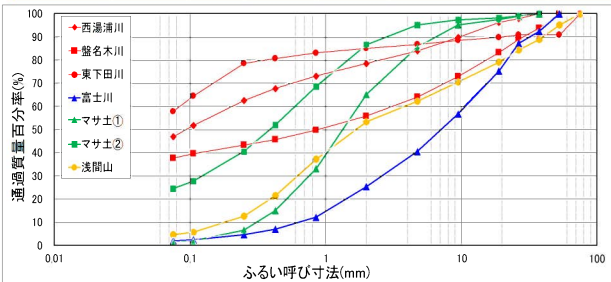


図1 粒径加積曲線

3. 阿蘇山の現地発生土砂の活用方法

細粒分を多く含む阿蘇山の現地発生土砂において、発

現強度を増大させる手法として、①土粒子の表面に固化材付着量(具体的には、固化材量もしくは固化材+水(以下、「ミルク」と称す)量)を多くする方法や②現地発生土砂のうち強度の大きい石材を活用する方法等が想定される。固化材付着量の増大方法としては、土粒子間へ行き渡り易く表面に付着しやすいミルク量を増大させることが有効と推測される。

このような考えから、従来まで阿蘇山系で採用されてきた砂防ソイルセメントのうち、「転圧タイプ」ではなく、固化材付着量が多く、径の大きな石材の活用が容易な「流動タイプ」の活用について検討を行うものとした。

図3に「転圧タイプ」と「流動タイプ」の混合後状態のイメージを示すが、「流動タイプ」の場合、礫の周辺は全てミルクで満たされ、その結果、流動性が付与されパイプレータによる締め固め方法での施工となることから、φ15cm以上の石材でも活用しやすくなる。

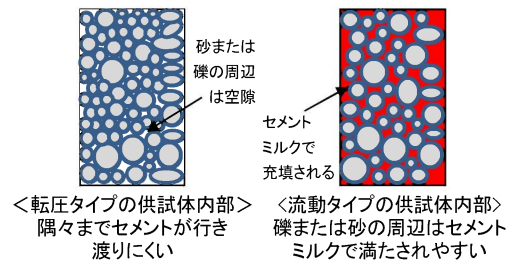


図2 転圧タイプと流動タイプの混合後状態のイメージ

4. 試験方法及び結果

(1)試験方法

本検討は、小径供試体(直径50mm×高さ100mm)を用いた配合試験により行った。湿潤密度から設定される単位土砂量に対して、所定の単位量の有機質対応のセメント系固化材と水を一定比率で混合したミルクを投入・混合し、流動タイプの砂防ソイルセメントを製造する。硬化前には、混合状態の確認とフロー値(JHSA313)を測定するとともに、硬化後に圧縮強度、単位体積重量の計測(JIS A 1108)を行った。なお、混和剤をセメント量の2%使用するとともに、現地の石材の活用を想定して、碎石を加える場合と加えない場合で配合試験を実施した。

(2)碎石を加えない場合の流動タイプの配合試験

まず、現地発生土砂100%(碎石なし)、水(W)と固化材(C')の比がセメントW/C'=100%、C'=200kg/m³・300kg/m³・400kg/m³の条件で配合試験を実施した。

試験結果を図3~4に示す。盤名木川、東下田川2、西湯浦川1の順で強度及び単位体積重量が大きい値を示す。これは、自然含水比が小さく湿潤密度が大きい順であり、

現地発生土砂の性状が相対的に良い順序と判断される。また、単位固化材量が多いほど強度発現が大きく $C' = 400\text{kg/m}^3$ の場合、 $2.93 \sim 6.97\text{N/mm}^2$ と最小管理強度 2.0N/mm^2 以上の強度が確認でき、良質材を加えなくとも活用できる可能性があることを示唆している。

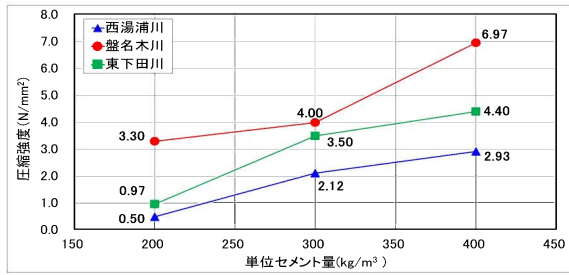


図3 圧縮強度と単位セメント量の関係

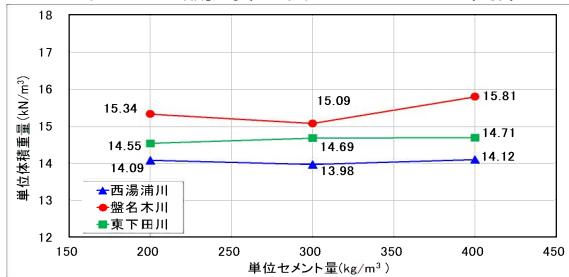


図4 単位体積重量と単位セメント量の関係

(3) 砕石を加えた場合の配合試験

流動タイプでは、転圧タイプで活用不能な径の大きい石材の混合・活用が可能である。石材の活用により建設残土の削減及び単位固化材量の低減、発現強度・質量の増大、発熱量の低減が期待できる。このような状況を考慮し、図5に示す8条件で配合試験を実施した。なお、CASE-1は転圧タイプの配合である。砕石①、②、③は、それぞれ $0.84 \sim 2.0\text{mm}$ 、 $13 \sim 16\text{mm}$ 、 $26.5 \sim 31.5\text{mm}$ の砕石であり、②の配合試験時に材料分離が認められたことからとミルクの濃度を濃くした(水と固化材の比 $W/C' = 80\%$)。

| CASE-1 | CASE-2 | CASE-3 | CASE-4 |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 水 | 水 | 水 | 水 |
| セメント | セメント | セメント | セメント |
| 現地発生土砂 100% | 現地発生土砂 100% | 現地発生土砂 75% | 現地発生土砂 75% |
| | | 砕石 (0.84~2.0mm) 25% | 砕石 (13~16mm) 25% |
| CASE-5 | CASE-6 | CASE-7 | CASE-8 |
| 水 | 水 | 水 | 水 |
| セメント | セメント | セメント | セメント |
| 現地発生土砂 75% | 現地発生土砂 50% | 現地発生土砂 50% | 現地発生土砂 50% |
| 砕石 (26.5~31.5mm) 25% | 砕石 (0.84~2.0mm) 50% | 砕石 (13~16mm) 50% | 砕石 (26.5~31.5mm) 50% |

図5 砕石を含む配合試験の実施ケース模式図

図6及び図7に(2)の試験で強度発現が最も小さかった西湯浦川の圧縮強度、単位体積重量の測定結果を示す。図6より、転圧タイプよりも流動タイプの方が強度発現が大きいことが確認された。これは、図2に示したように固化材+水(ミルク)量が流動タイプの方が多いため、土粒子の表面に固化材の付着率が高くなるためと想定される。

また、ばらつきはあるものの石材量が多くなるほど、見かけの単位固化材量は小さくなるにもかかわらず、強度が大きくなる傾向が認められた。単位体積重量は、石材を含まない場合には流動タイプの方が転圧タイプよりも小さいが、砕石を混入することにより流動タイプの方が大きくなる。

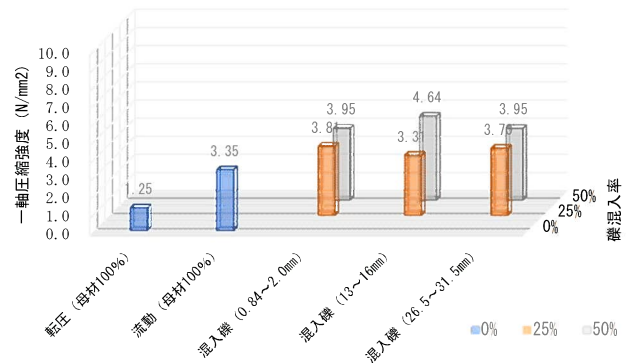


図6 圧縮強度試験の結果(西湯浦川)

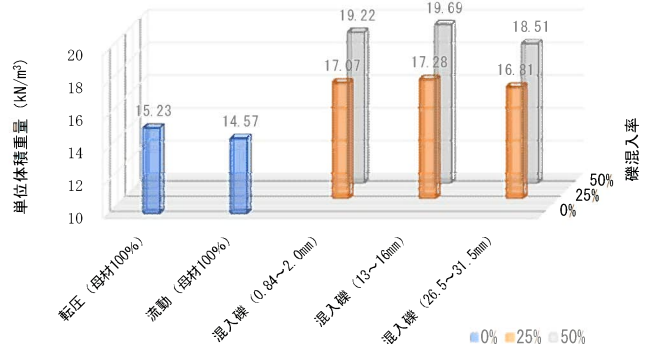


図7 単位体積重量の結果(西湯浦川)

5. まとめ

阿蘇山カルデラ内溪流の火山灰質粘性土に対して流動タイプのソイルセメントの活用を想定した配合試験の結果、流動タイプの方が転圧タイプよりも強度発現が大きいことや、石材の混合により母材特性を改善でき、強度発現や単位体積重量の増大が期待できることが確認できた。紙面の関係で割愛したが、流動化タイプの場合、施工可能なコンシステンシーを長時間維持する必要がある。この課題に対しては、セメントミルク量の増量や遅延剤の活用が有効であることをフロー値の測定結果により検証している。また、発熱温度についても、石材の活用により、初期状態から低減できることも検証した。ただし、本配合試験では、砂防ソイルセメント材を製造する過程で粘性土塊を碎片化(破碎)するように練混ぜた。実現現場にも粘性土塊を碎片化するように混合することが重要であることに留意が必要である。今後、流動タイプの砂防ソイルセメントを活用した砂防堰堤の実現に向けて検討を進め、コスト縮や石材活用の効果について検討したい。

【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