

流動化ソイルセメントの特性とその活用方法についての一考察

JFE 建材 株式会社 ○山口聖勝 飯塚幸司  
株式会社 土木管理総合試験所 八木澤一哉  
(一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示  
政策研究大学院大学 水山高久

1. はじめに

近年、現地発生土にセメントを混合する砂防ソイルセメントが注目され、砂防堰堤などに活用されている。

砂防ソイルセメントを活用した堰堤には、上下流に外部保護材を設け内部材に砂防ソイルセメントを使用した重力式砂防堰堤がある。砂防ソイルセメントには、振動ローラーで転圧するタイプ（以下、INSEM）とコンクリートのように流動化させて打設するタイプ（以下、流動化ソイルセメント）があり、材料性状と施工方法により分類されている。この二つのタイプに適用可能な砂防ソイルセメント堰堤が開発<sup>2)</sup>されている。

一方、既往の砂防ソイルセメントの研究では各タイプの工法別に検討はされているものの、現地発生土の物性ならびに現地状況に応じて活用するなど、双方の長所を活かす研究は行われていない。

そこで、室内配合試験を実施し、粒度に応じた各タイプの有効性および流動化ソイルセメントの適用拡大について混和剤に着目して検討したので報告する。

また、砂防ソイルセメント堰堤における流動化ソイルセメントの特長・活用方法についても考察する。

2. 室内配合試験

2.1 評価項目

上述の各タイプの適用性（強度、施工性）を確保するため、評価項目を以下の内容とした。

- ① 圧縮強度
- ② ワークビリティ（スランプ値 15cm 以上）
- ③ トラフィカビリティ（コーン指数  $\geq 500\text{kN/m}^2$ ）

なお、コーン指数は普通ブルドーザ（15 t 級程度）が走行できる値とした。

2.2 検討項目

本試験は粒度とセメント量別に以下の内容を検討した。

- ① 圧縮強度ピークと含水比（加水量）の関係
- ② コンシステンシーと含水比（加水量）の関係
- ③ 流動化剤の有効性、コンシステンシーとの関係
- ④ 施工性と細粒含有量の関係

2.3 試験試料

粘土と碎石（C-40）を混合して 5 種類の試料を作製した。表-1 に混合材料の粒度特性を示す。

表-1 混合材料の粒度特性

試料名	A(粘土)	B	C	D	E(碎石)
粒径					
礫分 (%)	1.6	26.5	44.4	57.9	68.4
砂分 (%)	10.9	16.5	20.5	23.5	25.9
細粒分 (%)	87.5	57.0	35.1	18.6	5.7
0.075mm以下含有率 (%)	87.5	57.0	35.1	18.6	5.7
2mm以下含有率 (%)	98.4	73.5	55.6	42.1	31.6
工学的分類	粘性土		細粒分質砂質礫		細粒分(混)砂質礫
分類記号	(Cs)		(GFS)		(GS-F)

2.4 試験結果

(1) 細粒分含有量と圧縮強度ピーク加水量の関係

図-1 に細粒分含有量(以下、Fc)と圧縮強度ピークを得るための加水量の関係を示す。加水とともに圧縮強度が増加するのは Fc=60%までであり、以降は加水少量または無加水状態が圧縮強度ピークとなる。単位セメント量が多くなるに従い、また Fc が大きくなるに従い、圧縮強度ピークを得るための加水量は増える。

(2) 流動化剤の有効性

図-2 に図-1 の線形に、流動化剤を単位セメント量に対し 1~3%添加した場合の Fc とスランプ 15cm 以上を得るための加水量の関係を破線で重ね合わせたものを示す。

流動化剤を使用して流動化ソイルセメントが有効となる範囲（スランプ 15cm 以上を確保し、かつ圧縮強度ピークを得るための範囲）は、Fc=0%~60%、単位セメント量  $\geq 200\text{kg/m}^3$  であった。

(3) 施工性と細粒分含有量の関係

図-3 に Fc と圧縮強度ピーク時のコーン指数（混練直後）の関係を示す。コーン指数  $\geq 500\text{kN/m}^2$  を確保できる条件は、Fc  $\leq 30\%$ 、単位セメント量  $\leq 200\text{kg/m}^3$  であった。

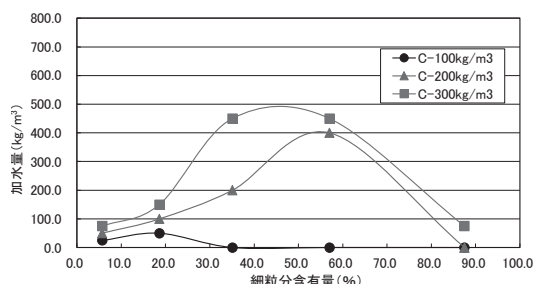


図-1 Fc と圧縮強度ピーク加水量の関係

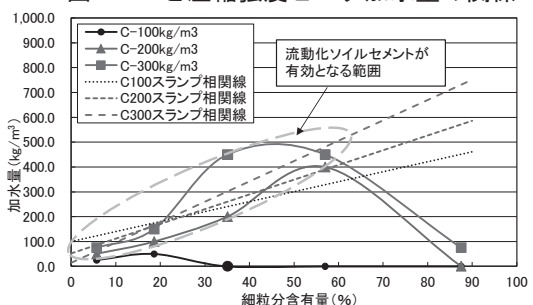


図-2 Fc と加水量（圧縮強度ピーク、スランプ 15cm、流動化剤添加）の関係

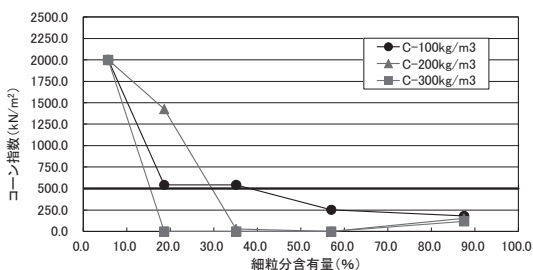


図-3 Fc と圧縮強度ピーク時のコーン指数の関係

### 3. 流動化ソイルセメントの活用方法

#### 3.1 流動化ソイルセメント対応の外部保護材

外部保護材の波形鋼板パネルは四辺ボルト接合が可能で、内部材が流出しない。このため、砂防ソイルセメント堰堤に流動化ソイルセメントが適用できる。

図-4 に波形鋼板パネルの形状とボルト接合の状況を、図-5 に流動化ソイルセメントの施工状況を示す。

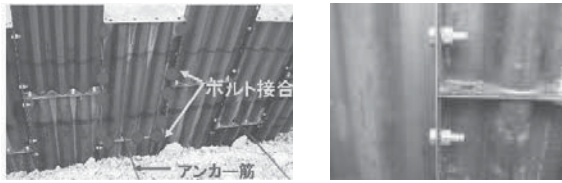


図-4 波形鋼板パネルの形状とボルト接合（堤内側）

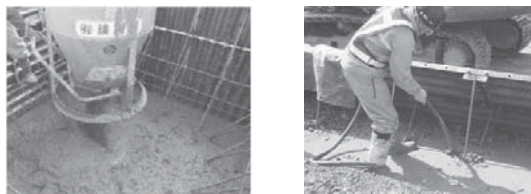


図-5 流動化ソイルセメントの施工状況

#### 3.2 流動化ソイルセメントの特長

表-2 に INSEM と流動化ソイルセメントの違いを示す。流動化ソイルセメントは軟練り材料であるため、コンクリートホッパー・ポンプ打設、棒パイプ等で施工できる。

その他に流動化ソイルセメントの特長を以下にまとめる。

- ・水和反応に必要な加水量を十分に確保できる。
- ・コンクリートホッパーなどを用いることで、狭小部にも打設が可能である。
- ・粘性土であってもトラフィカビリティを気にする必要がない。
- ・INSEM と比較して、打設計画が柔軟に対応できる。

表-2 INSEM と流動化ソイルセメントの違い

砂防ソイルセメントの種類	INSEM	流動化ソイルセメント
混合方法	バックホウ 土質改良機他	バックホウ他
固化材	セメント	セメント、セメントミルク
単位セメント量 材料特徴	C=100~200kg/m <sup>3</sup> ゼロスランプ	C=200kg/m <sup>3</sup> 以上 有スランプ
適用土砂 (粒径)	0.075mm: 10%以下 最大粒径:80~150mm	0.075mm: 50%以下 最大粒径 :150~300mm
締固め	転圧必要	転圧不要

#### 3.3 流動化ソイルセメントの活用方法

図-6 に流動化ソイルセメントの活用方法について示す。

##### (1) 上流壁面側への活用

必要な支持力が確保できない場合、堰堤の上流勾配を緩くすることで堰堤の支持力が低減できる。しかし、上流壁面材の勾配が緩いと壁面材の近傍では重機による

転圧が困難であるため INSEM は適用できない。そこで、上流壁面側に転圧が不要な流動化ソイルセメントを活用することで上流法勾配が緩い堰堤の構築が可能となる。

##### (2) 狭隘な部位への活用

狭隘な地形では転圧重機の施工が困難であるため、流動化ソイルセメントを活用することで施工効率を落とさずに施工が可能となる。

##### (3) 高所部位への活用

砂防堰堤袖部の転圧重機の施工は高所のため危険作業となる。このため、流動化ソイルセメントを活用することで重機の高所作業が無くなり安全性向上が図れる。

##### (4) 人工地山部への活用

人工地山部は施工場所が狭く転圧重機の活用が困難であるため、流動化ソイルセメントを活用することで安全に施工ができる。

##### (5) 転圧機械の搬入が困難な現場への活用

転圧機械が不要となり機材の少量化が図れる。

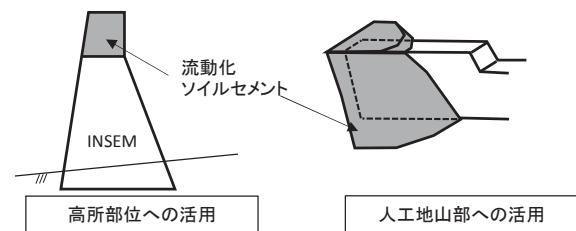
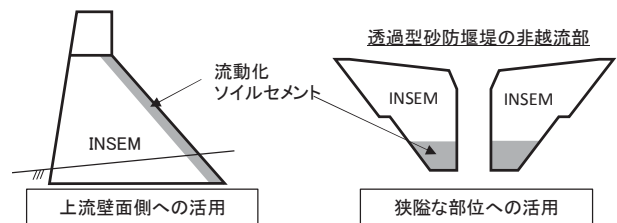


図-6 流動化ソイルセメントの活用方法

### 4. おわりに

室内配合試験を実施して、Fc ならびに圧縮強度ピークに着目し、流動化ソイルセメントの適用可能性について検討した。以下にその結果を示す。

- ・Fc が大きいと流動化ソイルセメントのほうが圧縮強度ピークを出しやすい。
- ・流動化ソイルセメントは単位セメント量 $\geq 200\text{kg/m}^3$ で有効
- ・流動化剤の使用で単位水量を抑えることが可能
- ・Fc $\leq 30\%$ までは INSEM が有効

また、流動化ソイルセメントの特長を整理し、砂防ソイルセメント堰堤における活用方法について考察した。

今後もセメント系固化材やその他混和剤を含めた試験データを蓄積し、配合設計・施工タイプの選定に活用することで、現地発生土の性状や施工条件を考慮した砂防ソイルセメント堰堤の提案をしていきたい。

#### 参考文献

- 1) 砂防ソイルセメント設計・施工便覧, (財)砂防・地すべり技術センター, 平成 23 年
- 2) (一財)砂防・地すべり技術センター. 建設技術審査証明(砂防技術)報告書 JSウォール堰堤工法, 平成 25 年 9 月