

# 砂防ソイルセメント工法(転圧タイプ・流動タイプ)の活用について

## 1. 砂防ソイルセメント工法の概要

砂防ソイルセメント工法は、砂防事業を推進する上で、砂防施設の構築に現地発生土砂を有効活用するために開発されたものであり、施工現場において現地発生土砂とセメント・セメントミルク等を攪拌混合して築造するもので、砂防施設とこれに伴う附属施設の構築および地盤改良に活用する工法の総称である。

振動ローラー等で締固める工法を「転圧タイプ」、セメントミルク等を加え攪拌した材料に流動性を持たせる工法を「流動タイプ」として適用範囲は大きく広がってきた。

### 1.1 転圧タイプ

#### 長所

- ① ブルドーザ・振動ローラーなどを用い、土工に近い施工で汎用性が高い。
- ② 一般的に流動タイプに比較すると、製造ヤードが小さくフレキシブルに対応できる。

#### 短所

- ① 重機転圧のため、トラフィカビリティ確保・対策が必須となる。
- ② トラフィカビリティ確保のため、十分な加水ができないケースがある。
- ③ 転圧重機が入れないような狭小部には打設が困難。
- ④ 重機走行性、充填性の観点から最大礫径の制限がある。



写真 1-1 施工状況の概略(転圧タイプ)

### 1.2 流動タイプ

#### 長所

- ① 水和反応に必要な加水量を十分に確保できる。
- ② 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。
- ③ 充填性が良いため、粗石の活用が期待できる。

#### 短所

- ① レディーミクストコンクリート同様、ワーカビリティ(打設性)を確保する必要がある。
- ② 施工方法によっては、施工機械が大がかりとなる。
- ③ 施工方法によりセメントミルクプラント等、製造ヤードが大がかりとなる。



写真 1-2 施工状況の概略(流動タイプ)

### 1.3 施工タイプの比較

下表は施工タイプを比較したものである。

(転圧タイプと流動タイプの特徴)

項目		転圧タイプ	流動タイプ
混合方法		バックホウなど	バックホウ、特殊混練機械など
硬化材		セメント	セメント
水量		少ない	多い
材料の性状		超硬練り（ゼロスランプ）	軟練り～超軟練り
締固め		必要（振動ローラなど）	不要（バイブレータなどで充填）
使用土砂	Gmax	～φ100mm 程度	～φ300mm 程度
	細粒分含有率	20% 程度以下	50% 程度以下
施工量（平均値） （最大実績値）		80m <sup>3</sup> /日 (1,100m <sup>3</sup> /日)	80m <sup>3</sup> /日 (600m <sup>3</sup> /日)
セメント使用量の目安		100～200kg/m <sup>3</sup>	100～300kg/m <sup>3</sup>



写真1-3 コンシステンシー（左：転圧タイプ、中：軟練り、右：超軟練り）

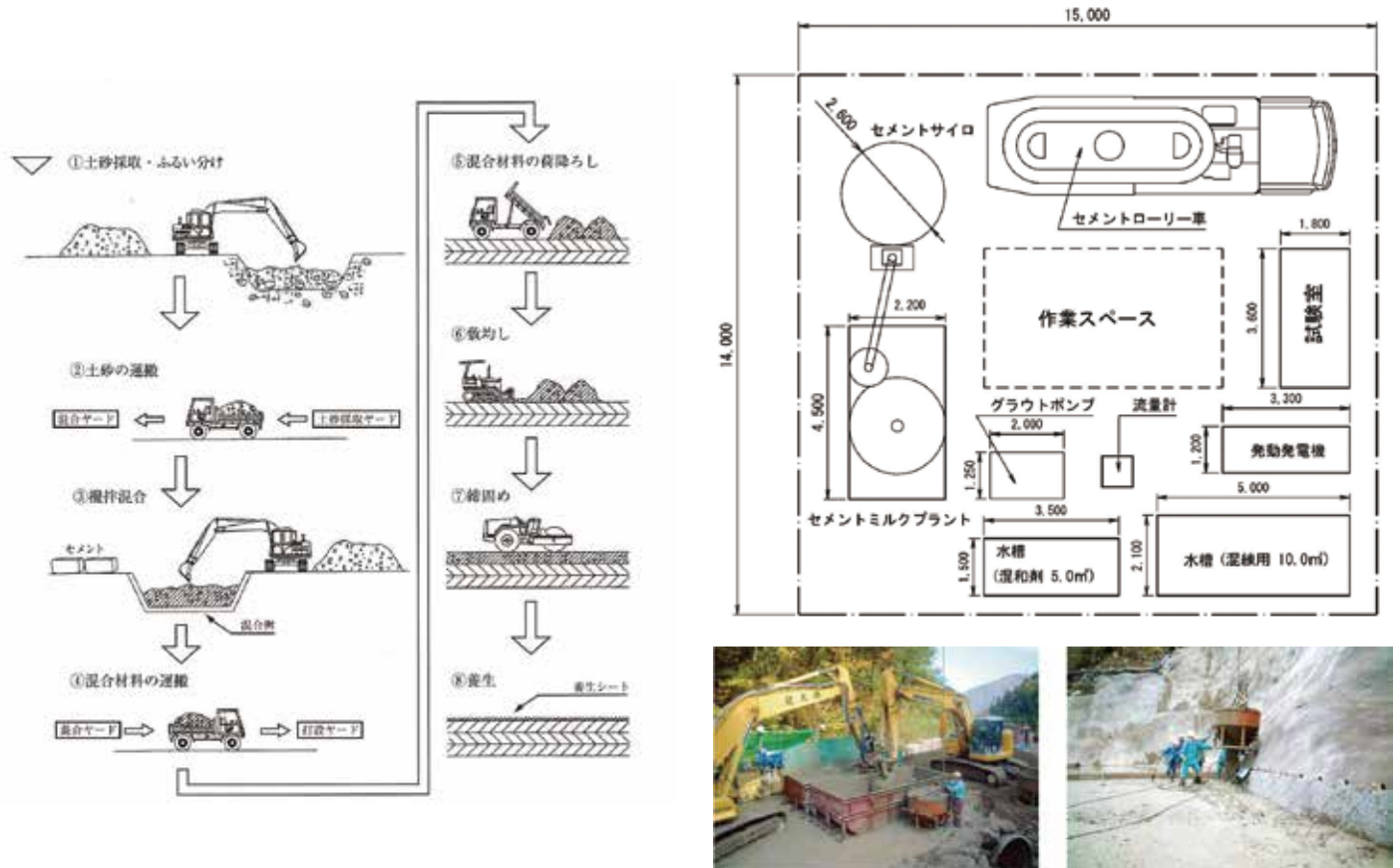


図1-1 施工概念図（左：転圧タイプ、右：流動タイプ）

## 2. 材料試験

活用する材料の物理特性から、ソイルセメントとしての適性を把握するため、材料試験を実施する。

### 2.1 現地発生土砂

砂防ソイルセメントに用いる現地発生土砂は、原則として、適用制限は設けないものとする。また、使用する現地発生土砂は掘削土砂だけでなく、既設堰堤の堆砂土砂等、施工現場付近で採取できる土砂、さらには他工事の現場からの搬入土砂等も含めたものとする。

試験項目	試験基準	備考	転圧タイプの必須項目	流動タイプの必須項目
ふるい分け試験	JIS A 1102・1204	-	○	○
締固め試験	JIS A 1210	B・E法	○	○
含水率（比）試験	JIS A 1125・1203	-	○	○
有機不純物試験	JIS A 1105	-	○	○
礫・玉石の強度試験	JGS 3421	-		○
単位容積質量及び実積率試験	JIS A 1104	1または3分級		○
密度・吸水率試験	JIS A 1109・1110	粗骨材は1～3分級		○

### 2.2 水

水は、原則として施工現場付近で採取できる河川水や流水等を使用する。ただし、使用水がセメント硬化反応を妨げることがないことを事前に確認する。

試験項目	分析項目	基準	備考
コンクリートの練混ぜ水の品質規格	懸濁物質の量	JIS A 5308 付属書 C	-
	溶解性蒸発物質の量		
	塩化物イオンの量		
	モルタルの圧縮強さの比		
	凝結時間の差		

※JIS A 5308 付属書 C または JSCE-B101

### 2.3 セメントの種類

砂防工事では、長期強度や化学抵抗性に優れる高炉セメント B 種の使用が一般的であるが、砂防ソイルセメント工法においては、セメントの種類は特に限定しない。

六価クロム抑制、早期改善など、用途に応じてセメント系固化材の使用も有効であり、例えば、対象土砂が有機質の土砂である場合、セメント水和反応を促進させるため、有機質土用セメント系固化材を活用するなど、現地発生土砂の性状、施工時期、セメントの調達性を勘案し、フレキシブルにセメントの種類を選定する。

下図は同一土砂に対して、高炉セメント B 種と有機質土用セメント系固化材を用いた場合の例である。

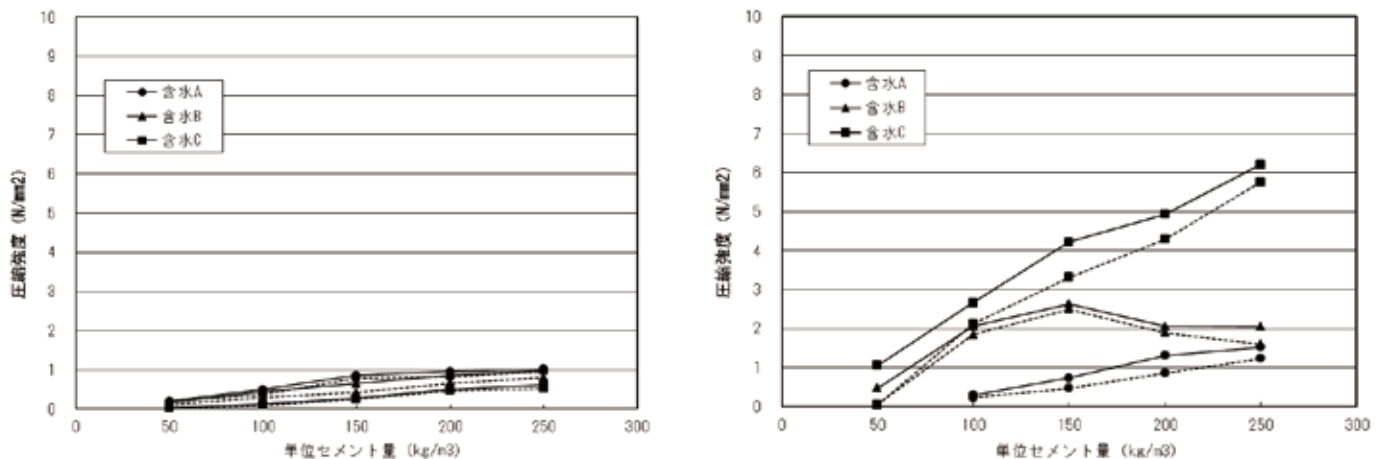


図 2-1 セメント系固化材の活用例（左：高炉 B 種、右：有機質土用固化材）

### 3. 配合試験

配合試験計画は、計画条件等をふまえ、現地発生土砂の賦存量、材料試験結果から、強度、単位体積重量等の要求性能を満足し、施工性が担保される配合を設定するための適切な配合試験ケースを検討する。

ソイルセメントの配合試験は、現地発生土砂や改良材を一定の割合で混合した土砂に対して使用セメント量や含水比を変化させて、所定の要求性能に対する最適な配合条件を得るために行うものとする。

#### 3.1 配合強度

配合強度は、示方配合を決定するために実施する配合設計において目標とする圧縮強度であり、現場強度に安全余裕度を考慮し設定する。一般的な堤高15m未滿の砂防堰堤の現場強度は3.0N/mm<sup>2</sup>となり、配合強度は、現場強度3.0N/mm<sup>2</sup>に対し、安全余裕度1.5N/mm<sup>2</sup>を加えた4.5N/mm<sup>2</sup>とする。

現場強度 > 設計基準強度 : 最少管理強度 (2N/mm<sup>2</sup>) を比較して大きい値を採用する。

配合強度 ≧ (現場強度 + 安全余裕度 (1.5N/mm<sup>2</sup>)) : 4.5N/mm<sup>2</sup>

#### 3.2 配合試験ケース

転圧タイプ、流動タイプともに配合試験方法は同様である。ただし、弊社は配合ケースを以下の通り設定している。

##### (転圧タイプ)

3セメント段階 × 3含水比水準 = 9 ケース × 材齢 2 ケース × 3 本 = 計 54 本の圧縮試験結果から示方配合を決定する。  
セメント種類を複数選定する場合や改良材等を混合する場合は、適宜、配合ケースを追加する。

##### (流動タイプ)

3セメント段階 × 3水量 = 9 ケースのコンシステンシー試験から目標コンシステンシーに見合う水量を設定する。  
次に3セメント段階 × 1 決定水量 = 3 ケース × 材齢 2 ケース × 3 本 = 計 18 本の圧縮強度を求め示方配合を決定する。  
改良材、混和剤、セメント種類を複数選定する場合は、適宜、配合ケースを追加する。

区分	試験項目	試験基準	備考
必須項目	試験室における練混ぜ	JIS A 1138	可傾式ミキサ
	供試体作製	JIS A 1132	電動締め固め機械
	圧縮強度試験	JIS A 1108	φ125×250mm σ7, 28
	六価クロム溶出試験	環境庁告示 46 号溶出試験	-
必要に応じて実施	標準 VC 試験	JSCE-F 507-2007	-
	スランプ試験	JIS A 1101	-
	コーン指数試験	JIS A 1228	-

#### 3.3 示方配合の決定

示方配合は、配合試験結果に基づき、適用部位、施工タイプ等を勘案して決定する。

下図は、施工タイプを比較して決定したケースと弊社の配合実績の一部である。

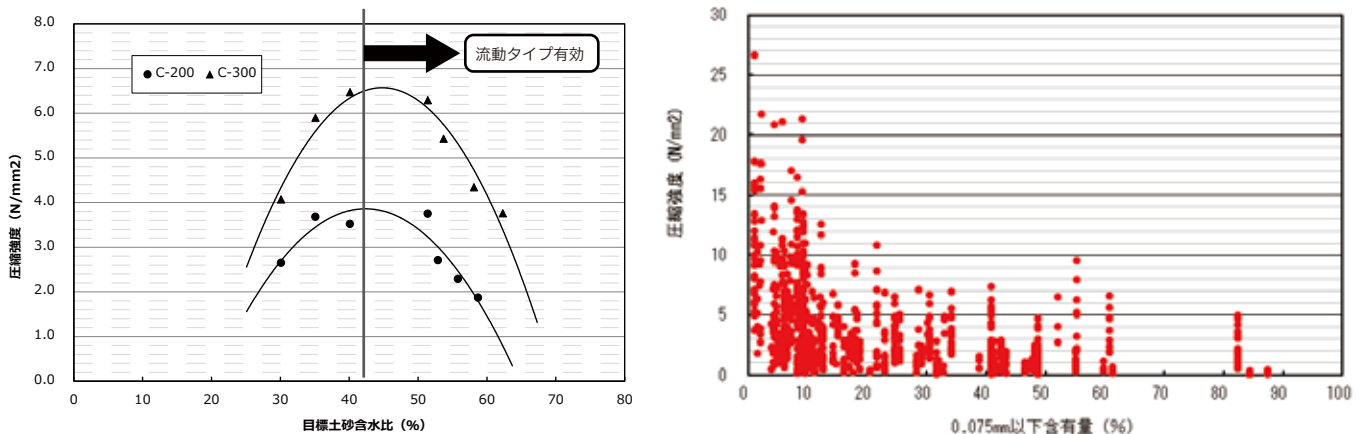


図 3-1 配合事例（左：施工タイプの比較、右：細粒分量 - 圧縮強度（弊社実績の抜粋 1,000 ケース））

## 4. 試験施工・実施工

砂防ソイルセメントの施工は、現地状況、対象となる施設の規模、使用する材料特性、施工設備、施工機材等を考慮し、施工箇所の条件に応じて施工方法を選定する。

### 4.1 混合

バックホウ攪拌が一般的で、土砂+セメントによる空練り+加水+本練りで3.0分/m<sup>3</sup>が標準的である。ただし、混合時間は試験施工等の結果により決定する。トラックアジテータ・パッチャープラント等の混合事例もある。また、流動タイプにおいては、土砂にセメントミルクを直接投入する事例が多い。

### 4.2 敷均し

ブルドーザまたはバックホウが一般的で、1リフト厚を1層か2層に分けて敷均す。

### 4.3 転圧・締固め

振動ローラーを使用し、転圧回数は試験施工等の結果により決定する。転圧後の1リフト厚:50cmの場合、大型(10t級以上)、転圧後の1リフト厚:30cm以下の場合、小型(1~5t級)が用いられている。一般的には無振動2回+有振動6回以上で行っている例が多い。

### 4.4 打継目処理

表面が乾燥する場合は散水を行い、必要に応じてセメント散布(0.5~1.0kg/m<sup>2</sup>)を実施する。なお、モルタル塗布(厚さ1.5cm程度)を実施した事例もある。流動タイプにおいては、一体性を保つ場合、原則として高圧水によるレイタンス除去と厚さ1cm程度のセメントミルク散布を行うとされている。

### 4.5 養生

原則として、養生シートを用いた養生を行うこととする。養生シートを使用し散水を併用して実施している事例が多い。冬季に極寒状態となる場合等には、養生マットの使用や熱養生を実施している事例もある。

#### (転圧タイプの品質管理)

適用	試験項目	試験基準	頻度
現地発生土砂	ふるい分け試験	JIS A 1102・1204	1回以上/1材料
	含水率(比)試験	直接加熱法(フライパン法)	1回/施工日
ソイルセメント	フェノールフタレイン散布	-	混合回数毎
	RI計器による密度試験	JGS 1614-2003	1回(3点以上)/500m <sup>3</sup>
	供試体作製	JIS A 1132	1回/500m <sup>3</sup> (σ7, 28)
	コア採取試験※	-	σ7, 28
	圧縮強度試験	JIS A 1107・1108	φ125×250mm σ7, 28

※試験施工で実施するケースが多い。

#### (流動タイプの品質管理)

適用	試験項目	試験基準	頻度
現地発生土砂	含水率(比)試験	直接加熱法(フライパン法)	1回/施工日
セメントミルク	セメントミルク密度	マッドバランス法	1回/施工日
	セメントミルク量	投入量実測	レーンまたは施工ブロック
ソイルセメント	攪拌ムラ確認	目視	レーンまたは施工ブロック
	スランプ試験※	JIS A 1101	-
	供試体作製	JIS A 1132	1回/施工日(σ7, 28)
	コア採取試験	-	σ7, 28
	圧縮強度試験	JIS A 1107・1108	φ125×250mm σ7, 28

※試験施工で確認することが望ましい試験項目。粗石を活用する場合のコア強度は、許容径を超えるため注意を要する。

お気軽にお問い合わせください

 026-462-0410



株式会社 土木管理総合試験所

C.E. Management Integrated Laboratory Co., Ltd.

〒387-0001 長野県千曲市雨宮 2347-3