

生コンクリートが搬入できない条件下での流動タイプ砂防ソイルセメント堰堤の施工

JFE 建材株式会社 ○飯塚 幸司, 山口 聖勝, 水山 高久
 長野県北信建設事務所 柴本 一也, 米澤 拓馬
 株式会社藤巻建設 上野 真人
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 井川 忠
 株式会社本久 木下 勝

1. 緒言

砂防堰堤の計画位置は県道から林道を遠回りするため効率が悪く、生コンクリートを搬入するには2時間以上の運搬時間を要する(図1)。加えて、林道から施工箇所へ向かう既設道路が20%以上の急勾配で、狭小部に位置する。このため、コンクリートの品質確保、資材搬入が困難な現場である。既設堰堤の堆砂敷に河床砂礫が堆積しているものの、200mm以上の大礫(以下、粗石)が多く含まれているため、転圧タイプに必要な土砂が不足する状況であった(写真1)。このような条件化で検討した結果、①生コンクリートを極力用いず施工可能、②掘削土砂を有効活用でき、③施工効率に優れ、工期短縮に寄与できる砂防ソイルセメント工法の流動タイプ(粗石入)が選定され、2019年から施工を開始した。これまでに、施工着手前に流動タイプ(粗石入)、現場練りコンクリートの試験施工が実施されてきた¹⁾。そこで、本稿ではこれまでの施工に関する内容を整理し、流動タイプに粗石(φ500mm以下)を活用した砂防ソイルセメント堰堤の施工を中心に報告する。

2. 現場概要

現場の横湯川流域は、長野県下高井郡山ノ内町の夜間瀬川上流に位置し、堤高14.5m、堤長89.0m、容積3,925m³(内部材3,583m³、現場練コンクリート342m³)の透過型砂防堰堤を建設中である(図2)。堰堤計画位置は既設堰堤の堆積敷で、河床勾配1/20程度の土石堆積区間に位置している。

一方、林道から施工箇所に向かう侵入路が急勾配のためケーブルクレーンにより機材関係を運搬、内部材の施工となった。また、現場の河床には粗石が多く点在していることから、掘削土砂の搬出低減、掘削と粒径処理の作業効率化が求められた。このため、粗石径200mm以上の活用、狭小部の施工に対応できる工法として、流動タイプの活用が検討されるに至った。

3. 流動タイプの配合

表1に本工事の配合を示す。砂防ソイルセメント工法で必要とされる内部材の配合強度を5.91N/mm²以上とした。ケーブルクレーン打設を考慮し、製造後30分経過した流動タイプのスランプ値を5.0cm以上と設定した。このため、混和剤に高性能AE減水剤を使用し、良好なワーカビリティを確保した。

4. 流動タイプの施工

4.1 流動タイプの製造・運搬

表2に主要な設備一覧を示す。最初に一次混合として、スラリープラントでセメントミル製造後に混合機で現地発生土とセメントミルクの攪拌混合を行う。二次混合として、同じ混合機に粗石径200~500mmを1m³当たり30%まで混入し混ぜ合わせた。500mm以下に粒径処理をすることで、ほぼ全ての現地発生土を効果的に活用でき、実施工でも試験施工と同様に均質なソイルセメントの製造が可能となった。

製造が完了した流動タイプ(粗石入り)を堤高が低



図1 堰堤周辺図



写真1 堰堤計画位置の状況

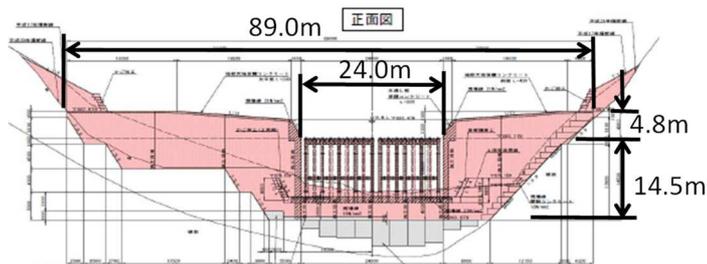


図2 堰堤計画図(正面図)

表1 基本配合(流動タイプ)

単位セメント量	kg/m ³	225
単位水量	kg/m ³	220
製造後30分後のスランプ	cm	5.0以上
目標強度	N/mm ²	3.0
配合強度	N/mm ²	5.91

表2 主要設備一覧

名称	規格	用途
バックホウ	山積0.80m ³ 級	掘削、流動タイプ投入、粒径処理等
バックホウ	山積0.28m ³ 級	流動タイプ堤内打設
不整地運搬車	4t,クローラ型	流動タイプの運搬
スラリープラント	DM500	セメントミル混合、混和剤の計量
ベッセル	1.0m ³ (鋼製)	流動タイプのケーブルクレーン打設用
ベッセル	3.0m ³ (鋼製)	流動タイプのバックホウ打設用
混合機	15m ³ (鋼製)	流動タイプの混合機
高周波バイブレータ	φ52	流動タイプの締め固め用

い箇所の打設では、不整地運搬車上のベッセル(3.0m³)にて運搬し、バックホウで施工箇所に流動タイプ(粗石

入り)を投入した。堤高が高い場合では、ベッセル(1.0m³)を利用してケーブルレーンで運搬・投入することで効率化を図った。

4.2 流動タイプの打設

投入された流動タイプ(粗石入り)を堤内にある小型バックホウで敷き均し、締固め機で締固める。流動タイプは、締固め機による粗石周りの締固め効果と、時間経過による粗石間の隙間への充填効果が期待できる。これは、試験施工で流動タイプが粗石周りに空隙なく充填された状態¹⁾、他の施工事例でもその充填性が確認されている²⁾。つまり、転圧タイプのように施工しにくい地山側端部、外部保護材の壁際に対して十分充填され密実な状態を確保することができる(写真2)。

4.3 流動タイプの冬季養生

施工位置周辺は、豪雪地帯により冬季間に施工できない。寒冷地による流動タイプの養生の影響を調査するため、養生温度を測定した。図3に養生の測定位置、表3に各CASEの養生条件、表4に温度測定結果を示す。

表4より外気温は積雪期間以降0℃以下を下回る状況である。改良体表面の最低気温の平均値はCASE1(シート無し)で-1.4℃となり、凍結する可能性がある。また、CASE2、CASE3の改良体表面の平均温度は0.0～2.5℃で凍結する可能性は少ない。よって、上記の環境下ではCASE2のシート1枚あれば改良体は凍結しないと予想でき、流動タイプの養生として適当である。ただし、積雪前に外気温が今回の測定以下に低下する場合、改良体の凍結する恐れがあるため、CASE3(シート1枚+エアーカーップ+シート1枚)が望ましい。

4.4 外部保護材

堰堤の上下流外部保護材には土石流区間に適用可能な波形鋼板パネル³⁾を使用した。波形鋼板パネルの特長は、1枚30kg程度で人力施工が可能で、転圧タイプ以外に流動タイプのソイルセメントに使用できる(写真3)。この外部保護材で流動タイプを施工する場合、打設時の側圧に抵抗するため堤内側に、補強鉄筋により外部保護材をサポートする必要がある。当初計画では流動タイプの打設高1.0mである。しかし、外部保護材の長さ1.25mのため、打設高さとも一致しないので、補強鉄筋長が長くなり堤内側に張り出しが大きく施工時の障害となりやすいのが課題であった。このため、打設高さを適宜調整するなどして改善を図った。

4.5 流動タイプの圧縮強度・単位容積重量の推移

表5に2019年から2022年の圧縮強度、単位容積重量の試験結果の平均値と、圧縮強度の変動係数を示す。表5より圧縮強度の変動係数は2019年で24.5%となり、2020年以降は変動係数が低下している。砂防ソイルセメント活用工法であるISM(In Situ Mixing)工法における変動係数の標準値(1≦f_{ck}<6N/mm²)では30%であるが⁴⁾、今回対象データに基づく供試体強度に対する変動係数は、ISM工法の事例と同等な値であった。

5. 結言

本研究は、資材搬入が困難な条件化での粗石を活用した流動タイプの施工事例を示した。4年間の施工では品質確保、効率化の観点で試行錯誤しながら進めてきた。今後は、施工実績の少ない工法であるため、工法の普及を図っていきたい。

【参考文献】

1)小布施ら：現地粗石を活用した砂防ソイルセメント流動タイプの試



写真2 壁面端部の締固め状況



写真3 壁面材の組立状況

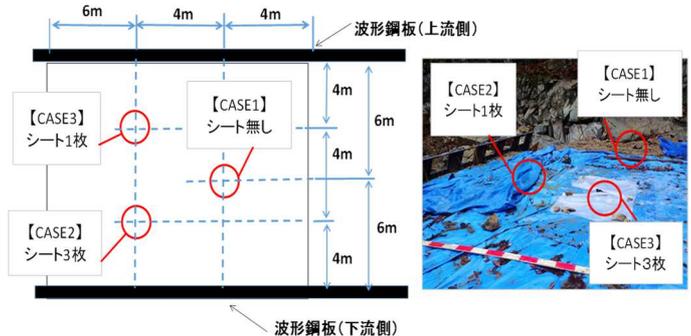


図3 養生温度の測定位置

表3 各CASEの養生条件

養生条件	ブルーシート、緩衝材(エアーカーップ)	データロガー(温度測定)
CASE1	暴露状態	内部材上面に設置
CASE2	シート1枚	内部材上面に設置
CASE3	シート1枚+緩衝材(エアーカーップ)+シート1枚	シート1枚目上面に設置

表4 期間別の温度測定結果

期間	項目	外気温(℃)	CASE1	CASE2	CASE3	
			(℃)	(℃)	(℃)	
積雪前	11/28	最大値	4.1	1.0	2.4	
		↓	最小値	-4.5	-3.1	-2.3
	12/25	平均	-1.3	-1.4	0.0	2.5
積雪中	12/26	最大値	6.9	0.1	0.7	2.0
		↓	最小値	-11.4	-0.7	-0.2
	4/2	平均	-2.1	0.0	0.3	0.9
雪解け	4/3	最大値	3.0	1.6	2.3	2.8
		↓	最小値	-1.5	-1.4	-1.3
	4/16	平均	0.4	-0.3	0.2	1.2

表5 圧縮強度と単位容積重量の試験結果

(2019～2022年の測定値の平均)

	測定数	単位容積重量(kN/m ³)	圧縮強度(N/mm ²)	圧縮強度の変動係数(%)
2019年	23	20.6	7.98	24.5
2020年	39	20.5	8.25	23.9
2021年	12	20.6	8.30	12.4
2022年	21	19.8	8.57	17.8

験施工の実施事例について、平成29年度砂防学会研究発表概要集、pR04-140-141

2)小布施ら：現地粗石を活用した砂防ソイルセメント流動タイプの基礎処理適用事例について、平成30年度砂防学会研究発表概要集、pV-17-85-86

3)(一財)砂防・地すべり技術センター：砂防ソイルセメント施工便覧 平成28年版、参考資料 p228-234

4)(財)先端建設技術センター、ISM工法研究会：現地位置攪拌混合固化工法(ISM工法)設計・施工マニュアル 第1回改訂版、平成19年3月