

現地の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

株式会社 本久 ○小布施 栄 堀口哲夫
 国土交通省 日光砂防事務所 飯原征敏 杉田 毅
 (一財)砂防・地すべり技術センター 嶋 丈示
 パシフィックコンサルタンツ(株) 飛岡啓之 井上隆太
 株式会社 浜屋組 一條澄夫 小川裕司

1 はじめに

現場は栃木県日光市に位置する土石流危険渓流で堰堤建設地にはローム層・軽石層・土石流堆積物・崩壊堆積物が厚く堆積している。これらの地盤は基礎地盤としては不適であり、厚さ6.0mの基礎処理工が計画された。これらの土砂のうち軽石層・土石流堆積物は自然含水比が高く礫つぶれが顕著で、崩壊堆積物には粗石・巨石(以下「粗石」)を多量に混入している。このため砂防ソイルセメント転圧タイプ(以下「転圧タイプ」)や原位置攪拌地盤改良工法の適用ができない。そこで締固めが不要で転圧タイプでは活用できないφ150 mm以上の粗石を多量に含む土砂を有効活用できる砂防ソイルセメント流動タイプ(以下「流動タイプ」)が採用された。また当該現場では計画施工量 9,000m³に対して活用可能な土砂は約6,000m³であり、現地発生土砂を最大限に活用する必要性が生じたことからφ500 mm程度までの粗石を活用する流動タイプを採用した。本報ではその施工結果について報告する。

2 施工方法と施工性

2.1 粗石を活用した流動タイプの概要

流動タイプはφ300 mm以下の粒径範囲の現地発生土砂(以下「母材」)とセメントミルクを混合攪拌し施工箇所へコンクリートのように流し込んで構造物を構築する工法である。転圧タイプに比べて活用可能な粒径範囲が広いことに加え密実な改良体が期待できる。従来は特殊な攪拌装置を有するISM工法が代表的な工法であったが汎用型バックホウによる混合攪拌やビット混合したソイルセメント材の打設事例(図-1)も出てきており、当該現場でも汎用機械および汎用設備によるビット混合施工を行った。φ300 mm以上の粗石を有効活用できる工法としては「粗石コンクリート工法」と「新粗石コンクリート工法」がある。これらの工法は並べた粗石間にコンクリートを充填するという

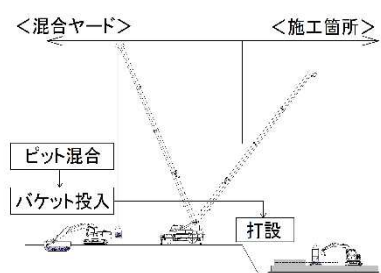


図-1 ピット混合と打設の施工概略図

点に特徴があり、確実な充填性を得るため高い流動性を必要とするが、流動タイプには礫間を充填するほどの流動性はない。こうした流動タイプの性状で粗石を活用する方法としては母材とセメントミルクでベースソイルセメントを練り上げた後に粗石を混合する二次混合方式(図-2)と流動タイプのソイルセメント材を施工箇所に打設後、粗石を投入・沈設させる方式がある。共に良好な充填性が得られることが確認できているが、当該現場では粗石を均一に分散させることができる二次混合方式で施工を行った。

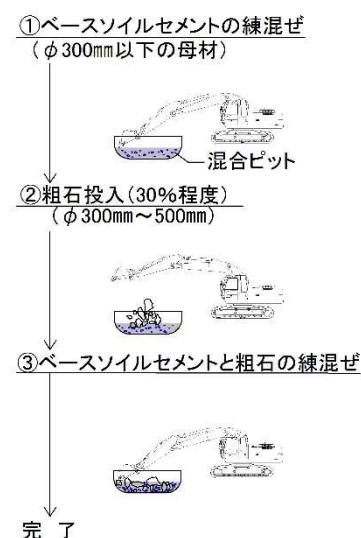


図-2 二次混合方式の概略図

2.2 土砂物性と示方配合

試験に供する土砂は試掘を行い、現場を代表する箇所から採取した。土砂物性値を表-1示す。この土砂は同一箇所でも物性の相違が著しいため、配合試験に先立ち簡易配合試験を複数実施した。この結果、土砂物性のバラツキによる品質の低下を抑えるため、強度発現に優れるセメント系固化材を選定した。一方、流動タイプの配合検討では発現強度に加え良好なワーカビリティを確保することが重要なポイントである。当該土砂はスランプロスの程度が著しいため、ベースソイルセメントの練り上がり直後の現場管理スランブを20cm以上、打設時に必要な最小管理スランブを10cm以上とし60分経過後でもワーカビリティを確保できるよう配合を決定した。示方配合および現場製造計画を表-2、スランブ測定結果を表-3に示す。

表-1 土砂物性値と土砂変化

項目	物性試験時	配合試験時	施工中
自然含水比 %	40.5	18.2	17.0~21.0
ふるい分析			
礫分(2~40mm) %	17.2	-	73.7
" (4.75mm以上) %	11.9	57.5	52.9
砂分(0.075~2mm) %	33.5	-	27.3
細粒分(0.075mm以下) %	49.3	-	9.0
密度・吸水率			
表乾密度 g/cm ³	1.94	2.05	2.33
絶対密度 g/cm ³	1.56	1.65	2.08
吸水率 %	24.7	23.9	11.9
有機不純物試験	濃い(暗赤褐色)	-	-

表-2 ソイルセメント材の示方配合とバッチあたり製造計画

項目	配合試験時	施工中
セメントの種類	セメント系固化材	
示方配合	kg/m ³ C200 W340 (高性能減水剤C×1.5%)	
目標強度(配合強度)	N/mm ² 1.11 (2.02)	
ソイルセメント材の最大骨材寸法	mm	300
二次混合する粗石の骨材寸法	mm	300~500
二次混合する粗石の投入量	%	ソイルセメント材の30%程度
1バッチの製造量	m ³	5.0(ソイルセメント材)+1.7(粗石)=6.7
現場管理スランブ	cm	20
最小管理スランブ	cm	10
1バッチの打設完了目標時間	分	60

2.3 施工性

2.3.1 施工時のスランプの低下

実際の施工では配合試験結果と異なり初期スランプ 10cm 程度、30 分経過後で 5cm 程度の硬いコンシステンシーとなった。母材の含水比は工事期間中 20%前後で推移し、施工中に実施した土砂物性試験結果からも土砂物性は変化していないことが確認できた。このスランプ低下は母材の自然含水比が配合試験時より 2%程度高く、その分加える調整水量が減ったことが影響したものと推察される。2%の含水量は 30kg/m³の水量に相当し、配合試験時におけるスランプ測定結果と酷似する結果である。この結果から増分の母材の含水は土粒子に吸着する水として作用し、ワーカビリティの向上には寄与していないことが推察される。スランプの低下に対して、実際の施工では練り上がり後 30 分以内で打設を完了することで対処でき、最小管理スランプを事前に設定する有効性を確認できた。今後の課題としては現場での土砂変化の相違に対して余裕のある配合とすることが必要である。

2.3.2 流動タイプの施工性と粗石混入率

流動タイプはセメントミルクにより母材がほぐれやすくなるため混合性は良好かつ容易である。施工は普通バケットにて行ったが施工性について問題はなく、脱型後の表面観察やボーリングコアの観察結果から未改良部も認められず品質面でも問題がないことが確認できた。一方、粗石混入に伴う施工性については粗石混入率が体積比で 30%程度であれば問題はなく、過度の粗石混入は打設作業に支障が生ずるとの既往施工事例報告がある。今回の施工でも 30%程度の粗石混入率で施工を行い、混合性・打設性ととも良好であることが確認できた。なお実験的に 50%程度の粗石を混入してみたがバイブレータの打設作業に支障が生じた。

2.3.3 流動タイプの日施工量

今回実施した流動タイプの製造日あたりの施工量について結果を表-4 に示す。ベースのソイルセメント材の平均製造量は 73m³ となり粗石をあわせると 98m³ となった。流動タイプの施工量は二次混合をしているため砂防ソイルセメント施工便覧に参考として示される日施工量の平均値 (80m³/日) より若干低いが、粗石を投入することで製造効率が 30%程度向上し日施工量の増加につながった。

表-3 配合試験時におけるスランプ測定結果

バッチNo.	1	2	3	4	5(決定)
C kg/m ³	250	250	250	250	200
W kg/m ³	290	300	310	340	340
混和剤 %	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
SL (0min) cm	0.0	4.0	9.5	25.5	25.5
SL (30min) cm	-	-	0.0	13.0	16.0
SL (45min) cm	-	-	-	4.0	11.5
SL 60(min) cm	-	-	-	-	11.5

表-4 日施工量集計結果

	流動タイプ 施工量	粗石 投入量	合計 施工量
全施工量 m ³	4,390	1,490	5,880
最大施工量 m ³ /日	115	39	154
最少施工量 m ³ /日	20	7	27
平均施工量 m ³ /日	73	25	98

3 ボーリングコアによる外観観察と一軸圧縮強度結果

流動タイプの密実さの程度、粗石周りの充填状況、粗石との付着の程度を確認するためにφ86 mmのチェックボーリングと一軸圧縮強度試験を実施した。粗石コンクリート工法では粗石下部にコンクリートが行き渡らず、こぶし大の空隙や材料分離に伴うジャンカが多量に形成されやすいことが指摘されている。今回実施したコアの外観観察では小さな気泡が全体的に認められたものの粗石下部に大きな空隙やジャンカを多量に形成することはなかった。空隙の総量はコア全体平面積の 0.6~1.1%と小さく、配合設計時の単位体積重量と比較しても密なもの判断できる。図-3 に全長コアの展開写真と空隙の大きさ、分布の状態を示す。次に粗石の影響が少ない通常破壊形態のコアと粗石縁部に沿って破壊する界面破壊形態のコアの一軸圧縮強度試験結果を表-5 に示す。全試料が所定の強度を大きく上回り、粗石との付着程度も良好であった。母材の物性のバラツキが小さかったこと、添加する水が少なくなったこと、粗石の吸水による単位水量の減少といったことが一体となって良好な水和反応を促したものと考えられる。

表-5 コアの一軸圧縮強度試験結果

コアの状態	一軸圧縮強度 (N/mm ²)		単位体積重量 (g/cm ³)		材齢 日
	測定値	平均値	測定値	平均値	
通常破壊	8.99	9.43	2.174	2.045	93
	10.2		1.894		79
	9.09		2.066		79
粗石界面破壊	7.02	6.66	2.142	2.197	93
	6.34		2.266		85
	4.57		2.260		79
	8.70		2.122		57
参考)配合試験	7.43	7.43	1.894	1.894	28

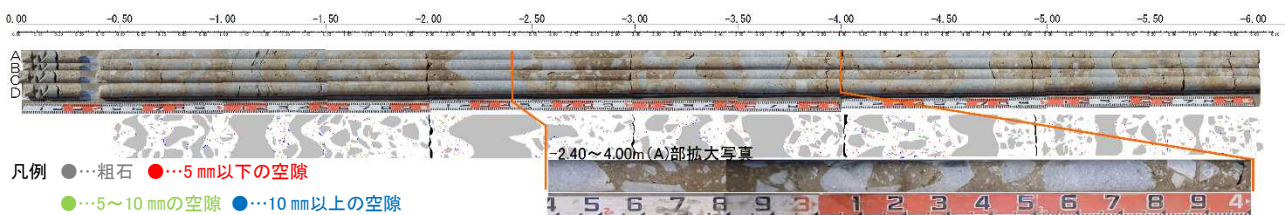


図-3 チェックボーリングコア4面の展開写真と空隙の分布状況

4 まとめ

今回の粗石を活用した流動タイプの施工結果から良好な施工性と品質を確保できることが実証できた。そして粗石を活用することで 6,000m³の現地発生土砂のほぼ全量を活用でき、より一層の残土発生の抑制と環境負荷の低減が図れたものと考えられる。更に粗石を活用することで約 300t のセメント系固化材の使用量の低減を図ることができコストのみならず搬入総量の低減にもつながった。今後さらに技術研鑽を深めることでまだ事例の少ない本工法の信頼性向上につながるよう知見を蓄積したいと考える。

【参考文献】1) (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 9 月，2) 小布施ら；現地の粗石を活用した砂防ソイルセメント流動タイプの試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 平成 29 年 5 月，3) 八木澤ら；流動タイプの配合試験に関する一考察 平成 29 年度砂防学会研究発表概要集 平成 29 年 5 月