

## 流動ソイルセメントにおけるプラントを用いない製造方法の有効性

株式会社 本久 ○森 剛 小布施 栄  
JFE 商事テールワン株式会社 友重 勇気 長屋 祐美  
一般財団法人砂防・地すべり技術センター 嶋 丈示

### 1. はじめに

砂防ソイルセメント工法は、現地発生土砂の有効活用に資する有効な技術とされるが、習熟を要することや技術対応の困難さから、大規模施設や災害時の緊急対応といった限定的な事業領域への適用に偏重し、普及が拡大しているとは言い難い状況である。この適用の偏在は、技術の定着を妨げ、結果として現地発生土砂の有効活用が限定的となる一因となっていると考えられる。このような背景のもと、技術普及を促進するためには、施工プロセスの簡素化が不可欠であり、適用範囲の拡大に資する技術的アプローチが求められる。特に今後は、厳しい施工条件下での適用や、これまで導入が進まなかった小規模施設、人工地山、峽部などの制約の多い現場への展開も視野に入る。砂防ソイルセメント流動タイプは、これらの条件に対して高い適応性を有する一方、その施工には専用プラントや専門性の高い製造管理手法が必要であり、実施工における導入障壁となっている。本研究では、専用プラントを使用せずに製造した砂防ソイルセメント流動タイプの試験施工事例を示し、その施工性および品質の評価を通じて、現地適用の可能性と技術の有効性について検討を行う。

### 2. 試験施工での機材配置検討および施工体制

#### 2.1 試験施工の目的

本試験施工は、施工条件に制約のある施設・部位への適用を目的として、砂防ソイルセメント流動タイプの施工方法の簡素化に向けた検討を行うものである。具体的には、既存砂防堰堤の改築、人工地山、工事用道路の拡幅部など、転圧タイプの適用が困難とされる箇所への適用を想定している。これらの現場においては、工程の柔軟性および施工の円滑化を図るため、専門業者に依存せず、一般の建設事業者によって対応可能な施工方法の確立が求められる。すなわち、本研究が目指す施工方法は、①資機材の調達が容易であること、②高い専門性を要さないこと、③現場条件に応じた施工上の工夫が可能であること、を満たすものである。

#### 2.2 機材と配置

本試験施工に用いた主な製造機材は、リースで調達可能な機材で構成されている。使用機材の一覧を表-1に示す。使用した鋼製混合機は自社製作によるもので9mm厚および12mm厚の鋼板を用い、1バッチあたり5m<sup>3</sup>の製造を想定して製造した。現場内での移設を考慮し、総重量は3t未満に抑えている。混合攪拌に要するバックホウは、通常、混合用と投入用にそれぞれ1台ずつ、計2台の配置することが合理的である。一方、小規模施工や打設高さ制限のある条件下では、1台で混合および投入を兼用する運用も可能である。混合機についても、通常は2基配置が望ましいが、施工規模に応じて1基で対応することも現実的である。本試験施工では小規模施設での適用を見据えた施工能力の検討を目的に混合機1基で実施した。

砂防ソイルセメントの施工においては、製造ヤードの確保が課題となる。特に、母材置場や投入機械の配置を含む作業ヤードの計画が必要であるが、バックホウによる直接投入が可能な小規模部位であれば、大規模なスペースを必要とせずとも効率的な施工が可能となる。本試験施工では試験体も含めたヤード面積は300m<sup>2</sup>である(図-1)。

#### 2.3 母材の計量方法

母材の計量は、一般的に土量を基準として混合機にマーキングする。この方法では、正確な投入量の確認をするために、平坦な敷均し作業が求められる。本試験施工では、バックホウのバケットすり切り1杯あたりの平均質量(628.8kg)を事前に計測し(図-2)、投入杯数(12杯)により管理する方法を採用した(図-3)。この手法により、投入量のばらつきを抑制できるとともに、投入作業の効率向上も期待できる。また、杯数による管理は特別な計測機器や煩雑な施工管理を必要とせず、簡便であるという利点がある。なお、流動タイプでは出来形管理が体積を基準とするため、製造量の妥当性は、仕上がり量を混合機から測り下げることで確認可能である。

表-1 使用機材

項目	仕様	数量	用途
バックホウ	0.5m <sup>3</sup> 級 クレーン仕様(平爪)	1台	母材投入
バックホウ	0.5m <sup>3</sup> 級 クレーン仕様(平爪)	1台	混合攪拌 投入・排出
水中ポンプ	2インチ	2台	加水
発電機	2kVA	1台	加水
鋼製水槽	3m <sup>3</sup>	1台	加水
鋼製水槽	10m <sup>3</sup>	1台	貯水
鋼製混合機	B:3.00×W:2.57×H:1.52	1台	混合攪拌
高圧洗浄機		1台	保守
パイプレーター	φ50	1台	打設
インバーター		1台	打設
ウェルダ		1台	保護材組立

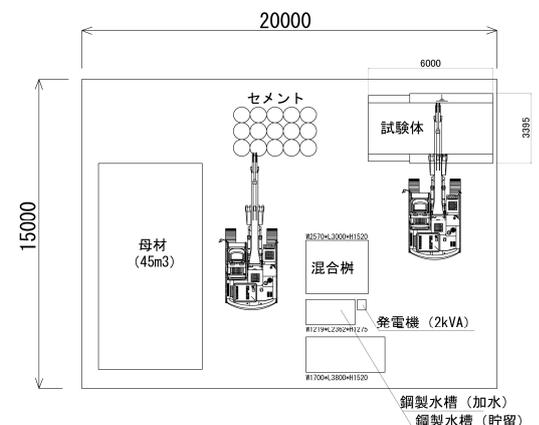


図-1 施工ヤード

## 2.4 混合攪拌方法

混合攪拌は、転圧タイプと同様に、セメントと母材を空練りによって予備混合し、セメントを母材全体に均等に分散させた後、水を加えて本練り混合を行う。水の給水は、加水用の鋼製水槽からポンプを用いて供給した。従来の施工では、専用プラントで製造されたセメントミルクを用いる手法が一般的である。本手法では、セメントミルクの直接投入に比べて製造にかかる所要時間は増加するものの、プラント設備の削減や、施工における専門性の低減が可能となる。

## 2.5 水の計量方法

水量の管理は、材料性状および強度に直接的な影響を及ぼすため、適切な計量と施工管理が求められる。一般に、流量計や吐出制御装置を用いた計量方法が採用されることもあるが、これらの機器には一定の専門性が要求され、管理には専任作業員の配置も必要となる。本試験施工では、貯留用と加水用の水槽を分離し、加水用水槽の平面積を基に、製造1バッチあたりの所要水量に対応する水深を算出した。その水深に対応する検尺を磁石で水槽内壁に設置し、目視により加水量を管理する手法を採用した(図-4)。この方法は、現場作業員にとっても扱いやすく、特別な計測機器を必要としない点で実用的である。また、水槽内の水深に対する1cmあたりの水量を事前に把握しておくことで、加水量の微調整も容易となり、土の物性に応じた柔軟な製造管理が可能となる。さらに、加水前後の水位差を比較することで、施工管理記録としての活用も容易であり、施工管理の効率化にも資する。

2.6 施工体制  
本試験施工は、以下の5名体制で実施した。混合攪拌およびソイルセメント材の投入を行うバックホウオペレーター1名、水の投入および混合状態を確認する補助作業員1名、投入指示を行う作業員1名、ならびに打設作業を担当する作業員2名で構成される。砂防ソイルセメント堰堤の施工においては、打設作業に加えて外部保護材の施工が必要となる場合が多く、両者で求められる作業員が一致しないことがある。そのため、本手法のように少人数で対応可能な施工体制は、施工全体の合理化に資するものといえる。

## 3. 施工結果

### 3.1 日施工量の評価

本試験施工における1バッチ(4m<sup>3</sup>)の母材投入から練り混ぜ完了までに要した時間は25分であった。これを基にした時間あたりの製造能力は9.6m<sup>3</sup>となり、日施工時間を6.3時間とした場合、日あたりの製造量は約60.5m<sup>3</sup>と算出される。一方、練り混ぜ完了から打設完了までには40分を要し、時間あたりの打設量は6.0m<sup>3</sup>となる。これに基づく日施工量は約37.8m<sup>3</sup>である。混合樹1基による施工では、1バッチあたりの製造から打設完了までの総所要時間が65分となり、日施工量は23.3m<sup>3</sup>にとどまる。一方、混合樹を2基配置した場合は、投入効率の制約が軽減され、日施工量は最大で36.0m<sup>3</sup>となる。スラリープラントを用いた従来の施工では、日施工量はおよそ50m<sup>3</sup>程度であり、本手法と比較すると施工効率はやや低下する。しかし、小規模施設への適用を想定した場合、打設可能範囲にも物理的制約があることから、本手法の施工能力は実用的と判断できる。加えて、従来のセメントミルクを用いる手法では、休憩時や終業時にプラントおよびポンプ、ホース内部に残留するセメントミルクの洗浄作業や保守対応が必要となる。対して、本手法ではプラントを必要としないため、これらの保守作業や関連コスト、ならびに専門人員の負担軽減が図られる。したがって、打設効率が一部低下したとしても、全体の施工効率という点では、必ずしも非効率とはいえない。

### 3.2 品質評価

本試験施工では、単位セメント量を90kg/m<sup>3</sup>として実施した。これは、標準的な製造における単位セメント量の下限值200kg/m<sup>3</sup>と比較して著しく少なく<sup>1)</sup>、性状不良や強度のばらつきが懸念される値である。また、試験初日の母材温度は37℃、2日目は27℃であり、同一配合であってもソイルセメント材の性状に差異が生じた。実際、スランプ値は初日が6.5cm、2日目が17.0cmであった。このように粘性に差が認められたものの、材齢28日の圧縮強度は、初日が2.26N/mm<sup>2</sup>、2日目が2.37N/mm<sup>2</sup>と、セメント量の少なさやコンシステンシーの違いによる顕著な強度差は見られなかった。以上の結果から、本試験施工の手法は、品質の観点からも妥当であると評価できる。

## 4. まとめ

本試験施工で実施した現地製造による砂防ソイルセメント流動タイプが、施工性および品質の両面において実用性を有することが確認された。専門的設備や特別な管理手法を用いずに施工可能な点は、小規模施設等現場制約の多い施設への適用拡大だけでなく、技術の普及にも寄与しうる有効な手法であるといえる。

【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年版



図-2 母材投入量の事前計測



図-3 母材投入状況



図-4 検尺による水量管理



図-5 製造状況