

砂防ソイルセメント(INSEM 工法)工事における土質改良機の活用について

国土交通省富士砂防工事事務所 ○安藤直樹, 三輪賢志, 谷田良三, 大石英男
井出徳建設株式会社 中村敏弘, 秋山達志
SB ウォール工法研究会 秋山祥克, 橘木貞則

富士山凡夫沈砂地工事は、コスト縮減、低環境負荷、工期短縮の観点から、現地土砂を活用した砂防ソイルセメント工法で計画され、内部材をINSEM工法で施工し、それを軽量鋼矢板、コンクリートブロックで保護する構造としている。なお、INSEM材の要求品質は、砂防ソイルセメントガイドラインで規定されているところのレベルⅢ（3.0～6.0N/mm²）である。（以下本文中のINSEM工法はレベルⅢ以上を指す）

工事を施工するにあたり、効率化を図る為 INSEM 材の製造を目的として新しく開発された土質改良機を試験的に導入した。これについて、INSEM 材製造に関する基本的な要求性能や、品質に関する検討と現場での品質確認や照査を行った。

1. INSEM 材製造の効率化

INSEM材の製造については、バックホウによる施工が多く標準的である。施設計画箇所近傍の施工ヤードに練混ぜ槽を設置し、INSEM材 25m³あたり約 1 時間かけて、土砂、水、セメントを計量・投入、攪拌・練混ぜという工程で製造しており、日打設量 100m³を施工計画の目安としている。このため、規模の大きい工事では、施工計画上INSEM材の製造工程がクリティカルポイントとなるケースもある。

当該施設は内部材V=6,767m³と比較的規模が大きく、合理化施工の推進を目的に、日施工量の目標を 200～250m³に設定して土質改良機を導入した。

2. INSEM 工法と土質改良工法の比較

INSEM 工法は水・セメント・土砂の配合割合を室内配合試験で詳細に検討し、コンクリートミキサーで混合して供試体の 28 日強度を目標強度とする等、土質改良工法とは配合試験方法や管理方法が異なり、どちらかと言えば CSG 工法と類似している。このため、土質改良機の導入検討に際し、まず土質改良工法と INSEM 工法の要求品質について相違点を比較した。

表 1 INSEM 工法と土質改良工法要求品質

要求品質	INSEM工法	土質改良工法
目標強度	3.0N/mm ² ～6.0N/mm ²	0.5N/mm ² ～1.5N/mm ²
練混方法	水、セメント、土砂	セメント、土砂
計量精度	高い	低い
練混精度	高い	低い
施工条件	高品質・狭い現場が多い	大量製造・広いエリア

INSEM 工法と土質改良工法の違いを列举すれば、

- 改良土の適用部位は路盤や基礎部であり、文字通り土砂の改良と言う範疇を出ていない。これに対して INSEM 材は、目標強度が高く、コンクリート的な管理・製造を行い、適用部位も構造物本体に使用する等、従来のコンクリートの代替的な活用が多いため、必然的に要求する品質も異なる。
- 基本的に、INSEM 材は加水しコンクリート同様に水和反応による固化を期待する強度領域を目標とするが、土質改良は基本的に加水を要しない場合が多い。
- 施工条件としては、INSEM 工法の場合、砂防えん堤等構造物に使用する 경우가多く、高品質を求めるのに対し、土質改良では広範囲かつ大量施工を優先的に求められる。

このように、土質改良工法は施工方法が INSEM 工法と類似しているが、要求品質は異なっている。

3. INSEM 材製造から見た機械への要求性能

これまでの検討をふまえ、INSEM 工法を前提とした INSEM 製造機の要求性能を整理した。

表 2 INSEM 製造機の要求性能

要求性能	要求事項
練混機能	加水に対応出来る事、コンクリート製造に近い混合性能。
計量機能・性能	計量の自動化、単位セメント量の計量、0.1%単位での加水量計測精度
製造能力	高ければ高いほど良いが、構造物に適用する 경우가多く、200m ³ ／日以上以上の製造が可能であれば、バックホウ製造の倍の効率化が図れる
大きさ・重量	砂防えん堤を前提としており、現場は山間地の狭小な現場も多く、11t以下の搬送用トラックで対応できるものが望ましい。

当工事では、新たに開発された日立建機レック株式会社の INSEM 材製造機を導入し、INSEM 工法への適応性を確認した。



図 1 INSEM 製造試験機械

表 3 INSEM 製造機の概要

練混機能	室内配合試験等で用いられる強制2軸パドルミキサーと同様の練混ぜ性能
計量機能・性能	セメント量、加水量、土砂量の計量及び制御を行う専用制御盤を開発し、ほぼ自動で配合するシステム
製造能力	時間当り30～50m ³
大きさ	自走機能を廃し、4つのパーツに分割することで、4tトラックでの搬送が可能
重量	また各パーツは2t以下とし、索道での搬送も可能

4. 試験稼動結果

4.1. 狭小な現場への適応性

バックホウで製造する場合、一般的に 25m³程度の INSEM材を一括製造するため、30m³程度の土砂を常時ストックし、投入時間を効率化する必要がある。一方、INSEM製造機の場合、土砂の投入に応じて INSEM材が製造されるため、必要量に応じて随時土砂を投入することから、基本的に広い仮置きヤードは必要ない。



図 2 INSEM 製造機の土砂混合槽，仮置き槽

4.2. 施工の合理化

INSEMの製造は必要な量だけ随時製造が可能であるため、施工計画に対してフレキシブルに対応でき、工程上の無駄が軽減できる。なお、当工事での日平均施工量は、220m³、最大施工量は 280m³であった。

4.3. INSEM 材品質

INSEM材強度推移は、新規導入機械の安定した配合により、供試体、コア抜き共目標強度を充足したが、現地土砂のバラツキから 1 月 16, 17 日の両日は

28 日強度が急激に増え、最大 17.6N/mm²となった。

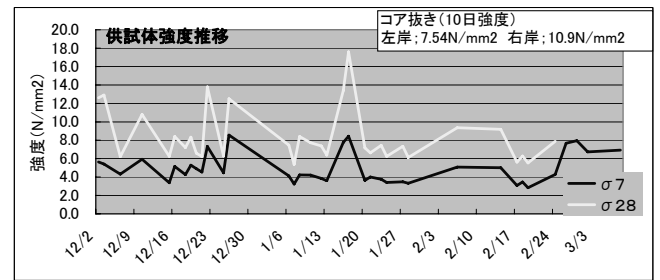


図 3 供試体による強度推移グラフ

4.4. 2 種類の現地発生土砂の活用

当工事では性状が大きく異なる 2 種類の現地土砂が掘削され、配合試験からこの 2 種類の土砂を適正混合割合することで INSEM 材へ適合させた。

今回導入した INSEM 材製造機械では、異なる 2 種類の土砂を計量配合する機能は無く、図 2 のとおり製造機へ投入前に簡易な土砂混合槽で配合、混合してから製造機に投入した。

表 4 凡夫沈砂地工事での示方配合

目標強度 (配合強度)	単位セメント量 (kg/m ³)	設計含水比 (%)	使用材料混合率(%) 粘性系土砂	スコリア
σ 28=3.0N/mm ² (4.5N/mm ²)	230	16.0 ～19.0	20	80

4.5. 低炭素化に関する評価

今回導入した機械の動力部分は防音型発電機械に絞込まれ、低炭素化へ配慮されている。炭素排出量をバックホウ混合の場合と比較すると平均で約 30% 程度軽減できると考えられる。

表 5 INSEM材 1.0m³当たりのCO₂ 排出量

製造機械	INSEM製造能力 時間/100m ³	1.0m ³ 当りCO ₂ 排出量 kg-co ₂ /m ³	比較 %
バックホウ	7.0	2.8	100
INSEM製造機械	2.0～3.3	2.46～1.49	88～53

5. まとめ

当工事では、INSEM 工法の合理化施工の観点から INSEM 製造機の評価を行ったが、現場の施工ヤードが広く比較的施工条件としては良好であった。今後は、より狭小な山間地等の施工現場での使用などを踏まえ、より合理的な砂防ソイルセメント工法の推進に貢献できる様、期待したい。

<参考文献>砂防ソイルセメントガイドライン；砂防ソイルセメント活用研究会編，SB ウォール工法設計施工マニュアル・配合試験マニュアル；SB ウォール工法研究会