

砂防ソイルセメント（INSEM）の発現強度について

財団法人 砂防・地すべり技術センター ○川村崇成, 松井宗廣, 嶋丈示
 鶴島土地改良区 小澤岩雄
 日宝工業株式会社 島田世玄

1. はじめに

山梨県上野原市で実施されている鶴島土地改良事業において、土砂の貯留堤の構築に砂防ソイルセメント工法の1つである INSEM 工法が採用され、現在施工が進められている。そのうち、平成 22 年 8 月初旬に施工した箇所から採取したコアの圧縮強度を確認したところ、目標強度 ($\sigma_{28}=3.0\text{N/mm}^2$) に達していなかった。この箇所に用いた土砂は、事前の室内配合試験では十分に目標強度以上が得られていたことが確認されているものであった。最終的に、施工後に目標強度に達していなかった部分は取り除き、再度目標強度が得られるよう INSEM を打設し直すこととなり、施工の手戻りとなった。本報告では、貯留堤の INSEM の施工実態を紹介するとともに、上記の事態に至った原因についての考察、並びにその後の対策について報告する。

2. 鶴島土地改良事業の概要

山梨県上野原市鶴島地区の沢入川の谷間（砂防指定地内）において、土留めとしての貯留堤を建設し、その上流に浚渫土や建設工事残土等の公共残土を処分し、最終的には平地を農地として造成するものである。また、相模湖貯水池末端の浚渫土砂を処分することもあり、水害防止にも寄与する事業である。主な事業内容は貯留堤建設と農地造成で、関連事業として流路工・砂防堰堤・遊砂池・沈砂池の建設が含まれる。このうち、INSEM 工法が採用された貯留堤について、主な諸元等を以下に挙げる。

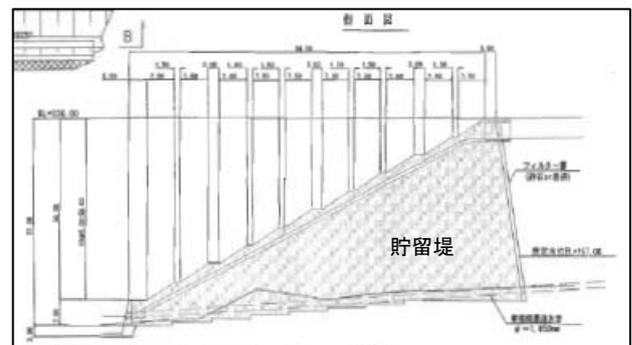
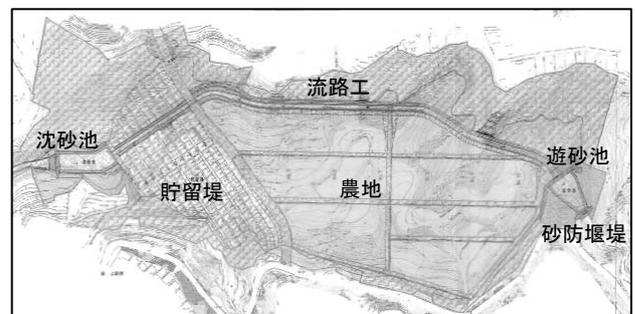
- ・ 堤高：57m
- ・ 堤長：247m
- ・ 堤幅：110m
- ・ INSEM 施工量：375,000m³
- ・ INSEM の目標強度レベル：Ⅲ（砂防堰堤と同等）
- ・ INSEM の目標強度：3.0N/mm²（ σ_{28} 強度）
- ・ INSEM の基本セメント使用量：150kg/m³

3. INSEM の施工概要

貯留堤の INSEM 施工は、一般的な砂防堰堤の INSEM 施工¹⁾と同様に、①土砂採取・選定、②配合試験、③攪拌混合、④敷均し、⑤締固め、⑥養生の順に行われている。写真 1 に敷均しと締固めの様子を示す。主要な工程における使用機材を表 1 に示す。土砂とセメント粉末の攪拌混合については、当初は固化材混合機を用いて行われたが、搬入土砂が不足したことによる 1 日当たりの INSEM 施工量減少により、バックホウによる攪拌混合方法に切り替えられた。

表1 主要工程と使用機材

工程	使用機材
攪拌混合	固化材混合機・バックホウ
敷均し	ブルドーザー(8t級)
締固め	10t級振動ローラ
養生	養生シート



4. INSEMの施工品質管理

4.1 施工品質管理

貯留堤のINSEM施工における主な品質管理項目と管理方法・基準を表2に示す。施工時には、まず攪拌混合前に含水比を確認して必要に応じて調整している。また、締固め後にはRI計器にて密度を確認し、更に施工されたINSEMのコア(σ28)を採取して発現している圧縮強度を確認している。

4.2 品質管理上の課題

平成22年8月2日～7日に施工された貯留堤のINSEMについて、コア(σ28)を採取して1軸圧縮強度試験を行ったところ、目標強度である3.0N/m²に達していなかった。1軸圧縮強度試験の結果を表3に示す。

粒度分布からはINSEM工法への適用性が高いと判断できる土砂であり、事前の配合試験においても所定の圧縮強度発現が確認されていた。一方、施工中は日中の気温が連日35度以上であった。

5. 品質管理上の課題への対応

5.1 発現強度不足の原因と考察

上記の事象について原因を推定するため、施工時の状況・作業内容の確認、及び現地にて対象部位の状態を目視にて確認した。以下に、推定された発現強度不足の原因を挙げる。

- ① 高温環境下であったため、施工途中に水分が蒸発してしまった。このため、セメントの水和反応に必要な水分量が不足し、強度発現が促進されなかった。
- ② 現場では、対象部位から木片などの有機物が確認できた。これらの有機物が事前に十分に除去されず、残った有機物が強度発現を妨げた^{2) 3)}。

また、発現強度不足の原因として締固めが不十分であった可能性も考えられたが、図4に対象部位の密度測定結果を示すように、INSEMの密度は管理基準値以上を満たしており、締固めは十分に行われていたと考えられる。従って、強度不足の原因は上記①、②の可能性が高いと考えられる。

5.2 発現強度不足に対する対処法

以後のINSEM施工において、同様な発現強度不足を起こさないために、以下の対処法を挙げた。

- ① 夏期の高温環境下でのINSEM施工においては攪拌後、敷き均後、締固め時の各段階における含水比を計測して予め含水比の変化傾向を把握しておき、締め固め時点で所定の含水比となるように加水調整する等の処置を検討する。
- ② 使用する土砂について、攪拌混合前に目視により確認できる木片などの有機物をできるだけ除去する。

6. まとめ

今回、INSEM工法による貯留堤の実施工現場にて

発生した、施工済みINSEMの発現強度不足について、原因の推定と施工改善に向けた対処方法を挙げた。

INSEM施工において、特に夏期の高温環境下での施工では、作業途中での水分蒸発によりセメントの水和反応が十分に促進しない可能性があることを考慮し、施工時の含水比管理に留意することが必要と考える。

最後に、本報告が今後の全国でのINSEM施工現場における施工管理の参考となることを期待する。

表2 施工品質管理

管理項目	管理基準	管理頻度
粒度分布	0.075mm以下10%以内、 かつ2mm以下55%以内	1回/1,500m ³ 、 または1回/1週
最適含水比	15%以下	1回/15,000m ³
配合試験供試体の圧縮強度	σ28≥4.5N/mm ² 、 もしくはσ7≥3.2N/mm ²	1回/15,000m ³
六価クロム	六価クロム溶出試験	1回/15,000m ³
施工時の含水比	混合前含水比8～15%	1回/日
施工現場密度	最大乾燥密度の90%以上 (RI計器)	1回/日
サンプリングコアの圧縮強度	σ28≥3.0N/mm ² (3供試体の平均) 最低値は上記基準の85%以上	1回/30,000m ³

表3 1軸圧縮強度試験結果

現場目標値 qu(N/mm ²)	3.0		
一軸圧縮試験結果 qu(N/mm ²)	供試体番号		
	1	2	3
	2.534	2.672	2.468
平均	2.558		
試験結果の判定	「×」現場目標値を満足しない		

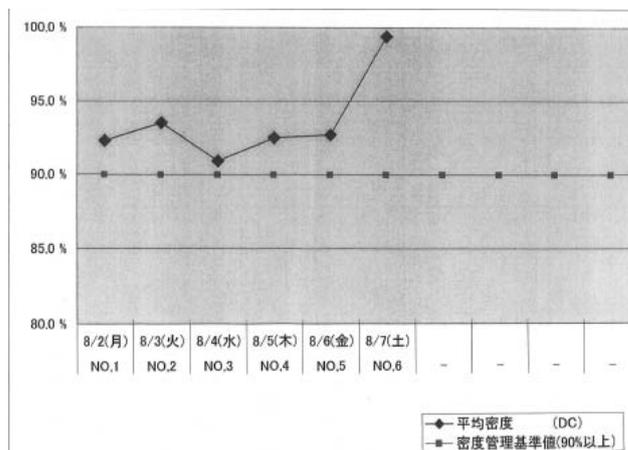


図4 8/2～8/7の平均INSEM密度

※参考文献

- 1) 砂防ソイルセメント活用ガイドライン：砂防ソイルセメント活用研究会，2002
- 2) セメント系固化材による地盤改良マニュアル 第3版：社団法人セメント協会，2003
- 3) マサ土を用いたINSEMの強度に影響を与える要因に関する一考察：平成22年度砂防学会研究発表会概要集