

## 大山砂防三の沢砂防堰堤 I N S E M材の強度発現について

株式会社 井木組  
玉石重機株式会社

青木 勇人、森本 好博  
○西 敏臣、筋田 大志郎

### 1 はじめに

現在、砂防ソイルセメント（I N S E M材）を用いた砂防堰堤工は砂防ソイルセメント活用ガイドライン<sup>1)</sup>の発刊後、砂防ソイルセメント設計・施工便覧<sup>2)</sup>を経て技術基準が確立され、施工事例はかなりの数に上っている。本報告は現場毎に異なる材料特性によるソイルセメント品質管理と堰堤築造によるI N S E M材の強度発現について、汎用土質改良機に比例加水制御装置を用いた事例を報告する。

### 2 施工概要

#### 2.1 本施工方法の特色

I N S E M材の製造はバックホウ混合が標準であるが、本工事では汎用土質改良機に比例加水制御装置を用い機械化製造を可能にした製造システムを開発した。機械化製造を採用することで、①混練性の均質化による品質確保、②打設要求量に応じた材料可変供給性能等の効率的な施工性、③固化材粉塵飛散防止などの建設環境の改善等、従来工法に比べて多くの特質性の向上を目指した。図-1に本製造の特徴である混練装置（2軸パドルミキサ）を示す。

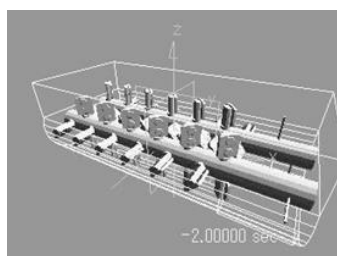


図-1 混練装置

次にI N S E M材製造過程を図-2に示す。

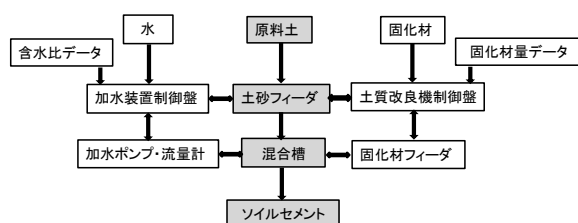


図-2 I N S E M材製造過程

すなわち、I N S E M材製造は、①土質改良機内

の土量計測結果を基に土量相関による固化材を計量添加し、②加水を自動比例制御装置によって行い、③混練装置を用いて混練する方法である。製造前に固化材、水ともに計量実測を実機にて用いて、土質改良機出力データとの相関性の確認をして製造過程の品質検証を行った。施工は、I N S E M材を製造・打設・養生を現地で一体的に行うことによって、品質管理が大きく向上した。

#### 2.2 問題点および解決法

本施工法には以下の問題点があったが、その実施解決法も見出すことができた。

##### ①原材料供給における母材粒度調整・含水比

自走式破碎機を用いて母材土砂の粒径処理を解決した。含水比に関しては、母材のシート養生による自然含水比変動を防止した。

##### ②製造面では均一な混練性

母材特性適応型の高混練性能機種を採用（2軸パドルミキサ）することによって解決した。

##### ③I N S E M材打設時間の制限、

レベルセンサーおよび転圧管理システムによる情報化施工により解決した。

④外部保護材（型枠）・控え材付近での敷き均し転圧：敷き均し転圧工程の時系列管理によるゼロストックにより解決した。

#### 2.3 使用材料の特性

・使用材料、原料土の特性は以下の通りである。

表-1 使用材料の特性

材 料	特 性
セメント	高炉B種、
現地発生材	礫質土（礫分69.7% 3%、シルト・粘土2%
	表乾密度：2.466g/cm <sup>3</sup>
	吸水率：4.58%、
	最大乾燥密度：2.00
	最適含水比9.0%

当地での原料土粒度分布は礫分69.7%、砂分28.3%、シルト・粘土分2%で目標強度Ⅱ・Ⅲに適用可能な良質材料であった。

ソイルセメント（中詰め材）の配合試験での示方配合を表-2に示す。

表-2 ソイルセメント示方配合

目標強度レベル	単位セメント量	下限含水比	上限含水比	設計含水比
I (0.5 /mm)	75kg	8.50%	11.5%	10%

施工に際しては、試験施工を実施することで示方配合の妥当性の検証と、密度管理基準設定のための転圧回数決定を行った。試験内容は室内試験結果に基づき、含水比11%での転圧回数毎による密度（単位体積重量）ならびにテストピース、サンプリングコアによる圧縮強度の確認を行った。試験施工において設計単位体積重量 2.018 g/cm<sup>3</sup>、配合強度 0.75N/mm<sup>2</sup> の基準値について、ともに満足する結果であった。表-3に試験施工の結果を示し、表-4に本工事での施工管理基準値を示す。

表-3 含水比・転圧回数・現場密度・圧縮強度

セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	含水比 (%)	転圧回数	サンプルの平均 (N/mm <sup>2</sup> )				テストピース (N/mm <sup>2</sup> )	
			上: 単位体積重量 (g/cm <sup>3</sup> )	下: 材令28日	平均	材令7日	材令28日	
75	11.0	6回	2.164	2.209	2.187	2.187	1.05	1.87
		7回	2.008	2.140	2.198	2.115		
		8回	2.273	2.311	2.193	2.259		
		9回	2.078	2.432	2.127	2.212		
		10回	2.108	2.181	2.195	2.161		
		11回	1.981	2.289	2.165	2.145		
		12回	2.092	2.143	2.157	2.131		
			2.175	2.134	2.382	2.230		

表-4 施工管理基準値

単位セメント量	最適含水比	転圧回数
75kg	11.0%	6回

### 3 INSEM砂防堰堤の強度発現

INSEM材砂防堰堤の $\sigma_{28}$ 強度について図-4に示すが、単位セメント量 75kg/m<sup>3</sup>の添加量で目標強度 0.5N/mm<sup>2</sup>（配合強度 0.75N/mm<sup>2</sup>）に対して平均値で 4.84N/mm<sup>2</sup>（最小 2.18N/mm<sup>2</sup> 最大 8.81N/mm<sup>2</sup>）であった。室内配合試験での $\sigma_{28}$ 強度は 3.81N/mm<sup>2</sup>であり、強度比（現場/室内）は 4.84/3.81=1.27 であり、高い混練性能であることが確認され、配合強度に比べ平均 6 倍程度の強度発現が得られた。単位体積重量における品質管理面では 53 層までのリフトアップでの現場密度試験結果を図-5に示すが、管理値 90%に対して平均締固度は

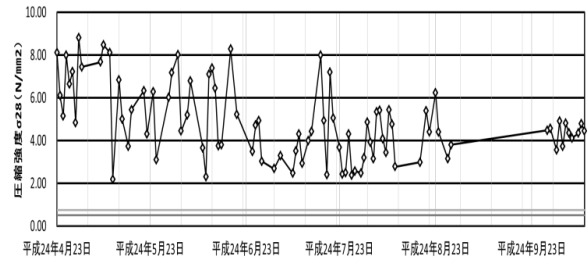


図-4 圧縮強度  $\sigma_{28}$

93.7%（最小 91.7% 最大 96.9%）であった。図-5に現場密度試験結果を示す。

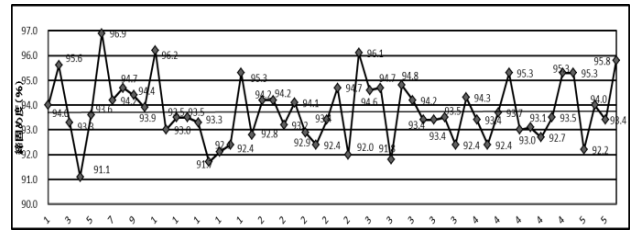


図-5 現場密度試験

強度試験結果ならびに現場密度管理試験の結果より INSEM材の均質性と土質改良機による混練性効果が確認できた。また INSEM材の生産性は日当たり施工量 267m<sup>3</sup>(最大値)を確認できバックホウ標準施工基準量 171m<sup>3</sup>/day の約 1.6 倍程度の効率性の向上があることを確認した。

### 4 おわりに

本報告は、品質向上と冬期施工制限による効率的施工等を主眼に、自走式土質改良機（比例加水制御型）を採用した INSEM材製造による施工事例と強度発現について紹介したものである。比例加水制御による発現強度と単位セメント量、ならびに強度比の特徴について本工事事例を踏まえ、今後機械化施工による砂防 INSEM材の広範な活用促進のために参考になれば幸いである。

本報告に際して、国土交通省日野川河川事務所にご指導を頂いたことに感謝の意を申し上げます。

### 参考文献：

- 1) 水山高久監修、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編、鹿島出版会、平成14年1月
- 2) 一般財団法人砂防・地すべり技術センター、砂防ソイルセメント設計・施工便覧：平成23年10月