

施工現場における砂防ソイルセメント配合検討の課題

東北地方整備局新庄河川事務所 山口真司 ○栗田政芳

1. はじめに

砂防ソイルセメント工法は、発生土を有効利用できる工法として、砂防施設の構築に採用され、その施工事例も増加しているところである。

砂防ソイルセメントの配合は、工法実施前に室内試験、試験施工で得られた結果から検討を進めているが、工事段階の配合検討内容を示す資料が少なく、各現場で試行を重ねているのが実情である。本報告は、最上川水系で実施された配合検討事例をもとに、その留意点と課題について報告するものである。

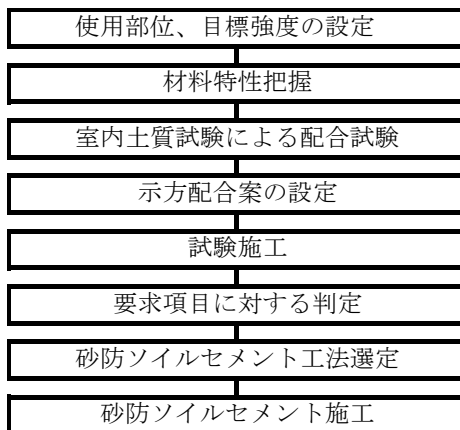
2. 砂防ソイルセメント配合検討概要

対象工事は、掘削による発生土砂を有効的に活用するために砂防えん堤の内部材に INSEM 材を計画したものである。検討経過を図 1 に、施工までの順序を示す。

配合検討は、現地発生土に対応した土砂混合割合、セメント使用量、設計含水比等の配合を検討し、これに基づく試験施工を行い、要求品質の確認を行った。

本検討では、試験施工の結果、発生土砂を混合する INSEM 材では、所定の強度が得られなかったことから、改良材を 100% 使用する LUC 材を採用することとした。

検討期間は、 $\sigma 28$ を必要とする室内試験と試験施工の実施により 4 ヶ月程度を要した。

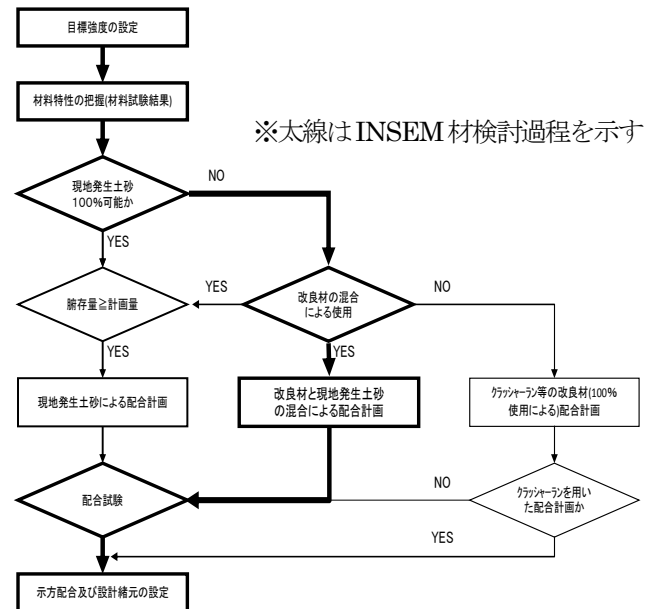


(図 1 - 砂防ソイルセメント施工までの流れ)

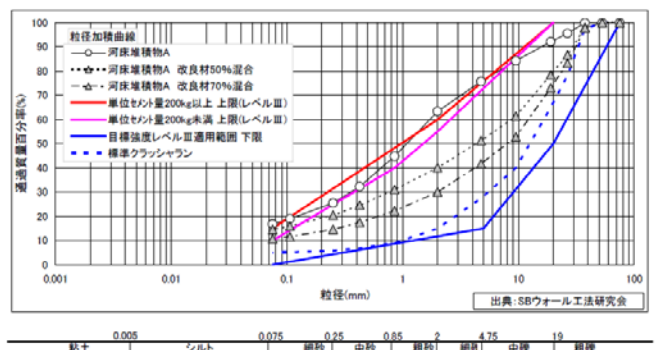
3. 示方配合案の検討手順

現地施工における示方配合案の設定は、図 2 - 室内土質試験による示方配合検討フローに示す。

各検討段階においてその可否を判断する手法は、過去の実績における物理特性をとりまとめた範囲図、相関図等に当該物性値を挿入して判定を行った。



(図 2 - 室内土質試験による示方配合検討フロー)



(図 3 - 現地発生土砂の適用判断分布図)

4. 室内配合試験結果から求められる示方配合

室内配合試験は、発生土混合割合、使用セメント量、設計含水比を変えた 1 2 ケースについて実施した。

設計に適用されている単位体積重量 19.6kN/m³ を満足し、えん堤内部材として INSEM 材の配合強度 4.5N/mm²(室内 50%割増し)を確保したものが 1 ケースであった。

(表 1 - 配合試験結果一覧表)

配合ケース	配合名	使用材料混合割合 (%)		単位セメント量 (kg/m ³)	設計含水比 (%)	湿潤密度 (材齢28日) (kN/m ³)		圧縮強度 (N/mm ²)		備考
		現地発生土砂	クランチャー			7日	28日			
CASE ①	C-150, W-22.5	50	50	150	22.5	19.407 (1.979)	1.11	1.49	$\sigma 28 / \sigma 7 = 133%$ (伸び率)	
	C-150, W-24.5	50	50	150	24.5	20.263 (2.066)	1.89	2.98	$\sigma 28 / \sigma 7 = 158%$ (伸び率)	
	C-150, W-26.5	50	50	150	26.5	20.333 (2.074)	1.72	3.23	$\sigma 28 / \sigma 7 = 188%$ (伸び率)	
CASE ②	C-200, W-23.5	50	50	200	23.5	20.207 (2.061)	1.87	2.85	$\sigma 28 / \sigma 7 = 152%$ (伸び率)	
	C-200, W-25.5	50	50	200	25.5	20.327 (2.073)	2.21	3.60	$\sigma 28 / \sigma 7 = 163%$ (伸び率)	
	C-200, W-27.5	50	50	200	27.5	19.883 (2.028)	2.24	3.47	$\sigma 28 / \sigma 7 = 154%$ (伸び率)	
CASE ③	C-150, W-15	30	70	150	15.0	19.390 (1.977)	0.98	1.47	$\sigma 28 / \sigma 7 = 149%$ (伸び率)	
	C-150, W-17	30	70	150	17.0	20.723 (2.113)	2.56	3.06	$\sigma 28 / \sigma 7 = 119%$ (伸び率)	
	C-150, W-19	30	70	150	19.0	21.513 (2.194)	2.28	4.32	$\sigma 28 / \sigma 7 = 189%$ (伸び率)	
CASE ④	C-200, W-15	30	70	200	15.0	19.753 (2.014)	2.07	2.13	$\sigma 28 / \sigma 7 = 102%$ (伸び率)	
	C-200, W-17	30	70	200	17.0	20.607 (2.101)	3.00	3.81	$\sigma 28 / \sigma 7 = 127%$ (伸び率)	
	C-200, W-19	30	70	200	19.0	21.660 (2.209)	4.25	6.90	$\sigma 28 / \sigma 7 = 162%$ (伸び率)	

3. 示方配合案の検討手順

示方配合は目標を達成した配合ケースを配合実績により調整し、表2に示すものとした。

(表2-試験施工に用いた示方配合)

ケース	単位セメント量	混合割合 (%)		設計含水比 (%)	備考
		現地材	C-40		
CASE①	175	30	70	19	設計含水比適用範囲 (18.0~20.0%)

5. 試験施工の実施と結果

室内試験より求められた示方配合により、実施工で使用する作業機械（振動ローラ、ハンドローラ）による締固を行い、表3に示す要求品質の確認を行った。

(表3-試験施工試験項目)

試験項目		細目	試験方法
混合時	材料試験	含水比試験	直火法により、現地発生土砂を30分以上加熱する。
	標準供試体 (φ=150mm×H=300mm)	単位体積重量試験	モールド内の容積と重量から算出する。
	混合状態の確認		混合材料にフェノールフタレイン溶液を散布目視確認
敷布均圧時	沈下量測定		水準測量
	突砂法による密度測定		A 1214「突砂法による土の密度試験方法」
	転圧面の目視確認		写真撮影
施工後	標準供試体 (φ=150mm×H=300mm)	圧縮強度試験	σ ₇ , σ ₂₈ JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」
		単位体積重量試験	モールド内の容積と重量から算出する。
	コア採取 (φ=150mm)	圧縮強度試験	σ ₇ , σ ₂₈ JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」
		単位体積重量試験	コアの平均径と重量より算出する。
		外観評価	RCD工法施工の手引きを準拠

6. 要求項目に対する判定

圧縮強度試験の結果は表4に示すものであるが、現地にて製造したINSEM材について、モールド内で突棒と振動機により締固めた標準供試体では、材令28日で6.5N/mm²を確認した。

しかし、振動ローラ、ハンドローラによる試験施工箇所から採取した供試体では、目標強度3.0N/mm²を下回る結果となり、示方配合案による施工では要求品質を得ることができないことが判明した。写真1は、供試体写真であるが、試験施工試料で下層部に多数の空隙が認められた。

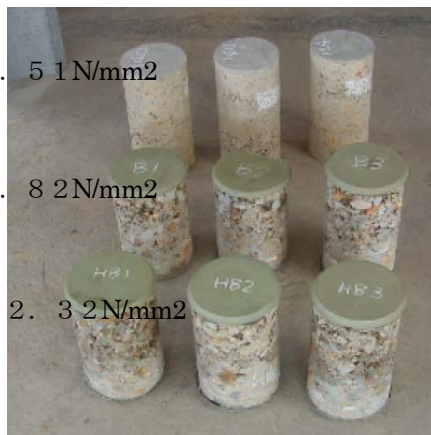
(表4-圧縮試験結果)

管理項目	確認方法	管理基準値	試験結果	判定
圧縮強度	①標準供試体	σ ₂₈ =4.5N/mm ² 以上	6.51N/mm ²	OK
	②サンプリングコア(B)	σ ₂₈ =3.0N/mm ² 以上	1.82N/mm ²	OUT
	③サンプリングコア(HB)		2.32N/mm ²	OUT

①標準供試体 6.51N/mm²

②振動ローラ 1.82N/mm²

③ハンドローラ 2.32N/mm²



(写真1-供試体①②③)

7. 供試体作成の留意点

圧縮強度試験に大きな違いが生じたため、室内試験、試験施工における供試体作成の留意点を以下に述べる。

- 1) 供試体にクラック、端部の凹凸が発生した場合には当該箇所を切断し、キャッピングされるため、不良部分を除いた試料の評価となる場合がある。
- 2) 標準供試体は、コンクリートの供試体作成方法に準拠し、3層に分けて突棒、振動機により締固めを行ったが、現場施工は1層敷均締固であるため、より施工実態を反映させた作成方法とする必要がある。
- 3) 室内試験の標準供試体は、水中養生であるため、セメントの水和作用が進む状況にあるが、実施工では水の供給が無い。

8. 砂防ソイルセメント工法選定

1) INSEM材における示方配合等修正の可能性

試験施工の結果から、示方配合案では、要求品質を達成できないことが判明したため、示方配合等の修正を検討したが、セメント及び改良材の使用数量を増加させた場合にも要求品質を確保することが困難であると判断された。

2) LUC材の採用

現地発生土砂を活用したINSEM材では要求品質を得ることができなかったため、図2のフローによりクラッシャーラン40~0mmを使用したLUC材を内部材とした。

9. 課題とまとめ

施工現場で実施する砂防ソイルセメントの配合検討は手順が多く、σ₂₈を必要とする室内試験、試験施工を行うことから、施工に至るまでに多くの日数を要しており、各現場で検討期間を短縮する手法の構築が求められている。

本事例から考えられる検討期間短縮の手法としては、①全国事例の収集蓄積と土質特性に応じた適用区分の絞り込み、②σ₂₈の目安となるσ₇評価手法の確立と運用、③実施工をより反映した標準供試体作成方法の確立が求められる。

発生土の有効活用を図る砂防ソイルセメントの活用は、省エネ、リサイクル、ゼロエミッション等への取り組みを推進する手法の一つであり、今後の活用手法の発展に取り組んでいきたい。

[引用・参考文献]

- 1) 砂防ソイルセメント活用研究会 砂防ソイルセメント活用ガイドライン 鹿島出版会 2002
- 2) SBウォール工法研究会 SBウォール工法設計・施工マニュアルVer.1 2009