

「中島鎌谷川第二堰堤における砂防ソイルセメント配合試験に関する一考察」

福井河川国道事務所 工務第1課 河合源悟・角鹿一徳・山崎誠一
株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○志村猛志・井川忠

1. はじめに

近年、砂防事業では環境負荷軽減・コスト削減の観点から、主に砂防堰堤を中心として、現地発生土砂を有効活用した砂防ソイルセメント構造物による施工例が増加している。砂防ソイルセメントは、現地発生土砂にセメント粉体を混合する INSEM 工法、主にセメントミルクを混合する ISM 工法に大別され、現地発生土砂の貯存量・粒径・地質・含水比・有機不純物含有量などのパラメータの違いにより強度特性が異なることがこれまでの実績で明らかになっている。

本稿は、真名川ダムに流入する中島鎌谷川で施工予定である中島鎌谷川第二堰堤において、堤体内部材料の選定に資する目的で実施した砂防ソイルセメント（INSEM 工法、ISM 工法）配合試験について、締固め特性と強度の関係について考察したものである。

2. 配合試験方法

2.1 材料試験

材料試験は、砂防ソイルセメントの工法選定の判断指標ならびに配合計算に必要となる、粒度特性、締固め特性、含水比、および有機不純物含有量に関する試験について実施した。

2.2 配合条件

2.2.1 INSEM 工法

INSEM 工法の配合は、セメント量、水量を変化させたケースを設定した（表 1）。単位セメント量は、過去の管内での配合試験実績に基づき大局的な活用の可能性の判断を目的として 200kg/m^3 および 300kg/m^3 の 2 ケースとした。水量は、予備配合試験においてセメント、土砂、水を混合した材料の締固め試験による最適含水比および VC 試験の結果から判断した最適含水比+2%の 2 ケースとした。締固め試験における突固め方法は、堤体内部材料としての高い安定性を得ることを目的とするため、十分な締固め方法である C・D・E 法のうち、ウェットスクリーニング後の粒径（40mm 以下）に対応できる E 法を採用した（表 2）。

2.2.2 ISM 工法

ISM 工法の配合は、セメント量を変化させたケースを設定した（表 1）。水量は、単位容積質量試験（ジッキング法）により求めた実績率とセメント量から計算により設定した。単位セメント量は、INSEM 工法と同条件とするため、 200kg/m^3 および 300kg/m^3 とした。

表 1 配合試験ケース

工法	単位セメント量 (kg/m^3)	含水比、 水セメント比 (%)	ケース数
INSEM	200	6.7 (Wopt)	4 ケース
		8.7 (Wopt+2%)	
	300	6.4 (Wopt)	
		8.4 (Wopt+2%)	
ISM	200	110	2 ケース
	300	69	

表 2 突固め方法の種類

呼び名	ランマー 質量 (kg)	ランマー 落下 高 (cm)	モールド 内径 (cm)	モールド 容積 (cm^3)	突固 層数	各層 の突 固め 回数	許容 最大 粒径 (mm)
A	2.5	30	10	1000	3	25	19
B	2.5	30	15	2209	3	55	37.5
C	4.5	45	10	1000	5	25	19
D	4.5	45	15	2209	5	55	19
E	4.5	45	15	2209	3	92	37.5

3. 試験結果

3.1 粒度特性

材料試験結果の概要を表 3 に示す。採取土砂は、0.075mm 以下の粒径が 6.3%、2mm 以下の粒径が 23%と微粒分量が比較的少ない粒度分布を示している。（図 1）。

表 3 材料試験結果

試験名		試験から得られる特性等	単位	試験結果	
				A 材料	
				細骨材	粗骨材
①	ふるい分試験	粒度特性	—	—	
	微粒分試験	0.75mm 以下の微粒分量	%	6.3	
②	含水比試験	自然含水率	%	8.15	
③	骨材の密度 吸水率試験	骨材の密度（絶乾密度）	g/m ³	2.32	2.57
		骨材の吸水率	%	5.65	2.14
④	単位容積質量試験	ジッキング法	kg/l	1.787	
⑤	突固めによる 締固め試験	C=200	最大乾燥密度	g/m ³	2.220
		kg/m ³	最適含水比	%	6.7
		C=300	最大乾燥密度	g/m ³	2.216
		kg/m ³	最適含水比	%	6.4
⑥	細骨材の 有機不純物試験	有機不純物の含有状況	—	淡い (不純物少ない)	

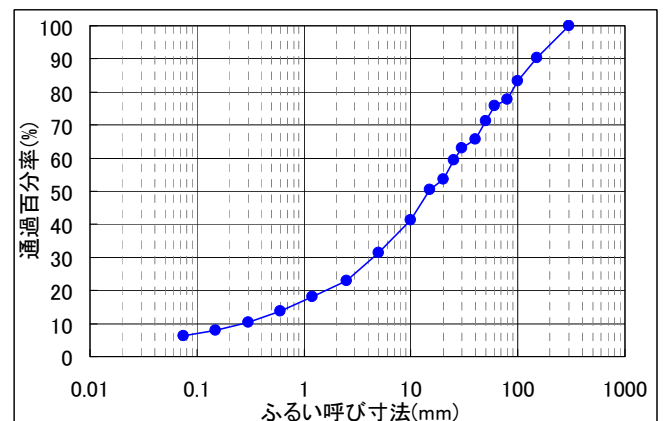


図 1 粒度分布図

3.2 締固め試験および VC 試験（INSEM 工法）

INSEM 工法において、締固め試験から求めた最適含水比と自然含水比の関係を図 2 に、VC 試験結果を表 4 に示す。図 2 より採取土の自然含水比 8.15% に対して各ケースの最適含水比が 2% 程度下回っていることがわかる。

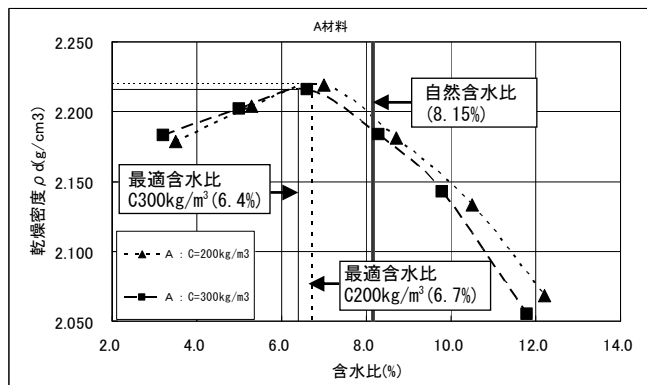


図 2 INSEM 工法による乾燥密度と含水比の関係

VC 試験の結果からは、施工上最適な VC 値とされる 20 ± 10 秒に対して、最適含水比の場合よりも最適含水比+2%の含水比の方が近い値を示しており、施工上望ましいコンシステンシーであると判断できる。

表 4 VC 試験結果

単位セメント量 (kg/m ³)	目標含水比 (%)	VC 値 (秒)	沈下量 (cm)
200	6.7	Wopt	60.00※
200	8.7	Wopt+2%	30.40
300	6.4	Wopt	60.00※
300	8.4	Wopt+2%	48.48

※は 60.00 秒以上

3.3 圧縮強度試験

3.3.1 INSEM 工法

INSEM 工法における単位セメント量と圧縮強度の関係を図 3 に示す。圧縮強度試験値は、設計強度に割増し係数を乗じた配合強度を満たさない結果であった。

今回実施したセメント量の範囲においては、単位セメント量による圧縮強度への影響はほとんど見られず、含水比が大きく影響していることがわかる。

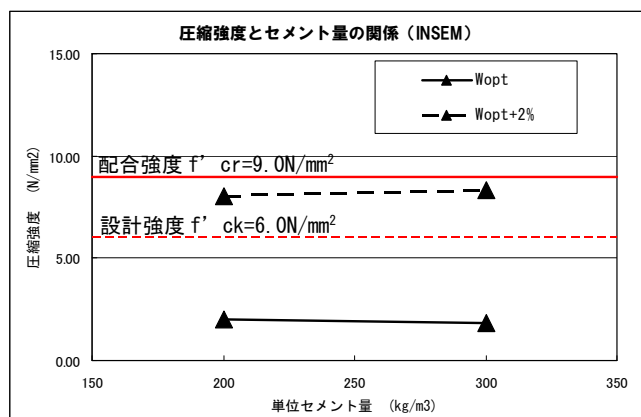


図 3 圧縮強度とセメント量の関係 (INSEM 工法)

3.3.2 ISM 工法

ISM 工法における単位セメント量と圧縮強度の関係を図 4 に示す。圧縮強度試験値は、各配合ケースにおいて設計強度に割増し係数を乗じた配合強度を満足する結果となった。傾向としては、単位セメント量による圧縮強度への影響が顕著であることがわかる。

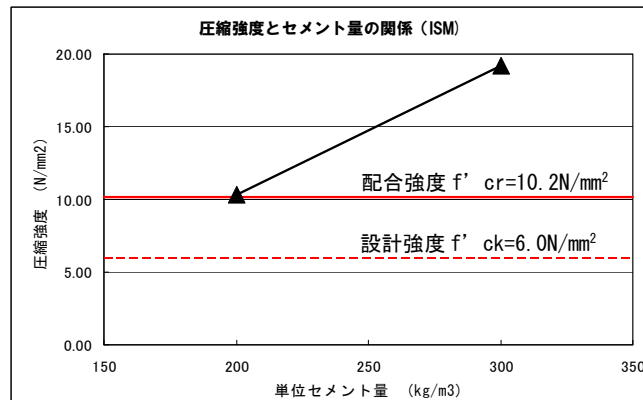


図 4 圧縮強度とセメント量の関係 (ISM 工法)

4. まとめ

図 3 の強度特性からは、最適含水比+2%以上の含水比を設定した場合、配合強度以上の強度発現が期待できる。しかし、図 2 の締固め特性から想定すると、含水比の増大により密度が低下し材料分離による強度低下を招くことが推察される。また、VC 試験値の低下により転圧施工が困難になることも推察されるため、試験結果からは、INSEM 工法の採用は困難であると判断した。今回の試験結果のように、INSEM 工法の場合、含水比が発現強度に大きな影響を及ぼすことは多分に想定される。このことから、配合試験においては、強度のみならず締固め特性を把握し、最適含水比との関係、VC 試験値などを基に総合的に判断する必要がある。

5. おわりに

今回の配合試験では、締固め試験における突固め方法として E 法を採用した。突固め方法が最適含水比に与える影響は大きいと考えられ、他の締固め試験を適用した場合には最適含水比が自然含水比に近い値となることも考えられる。今後は、突固め方法の違いによる最適含水比の傾向、VC 試験値の傾向を把握することで、より施工性に配慮した適切な工法選定が可能となると考えられる。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 砂防ソイルセメントの材料特性に関する調査 平成 18 年 8 月: 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム、(財)砂防・地すべり技術センター