

現地発生土砂の有スランブ的活用に関する研究

国土交通省 日光砂防事務所 田中 秀基、小島 隆、小峰 正
砂防エンジニアリング株式会社 中濃 耕司、○岡村 祐介、森松 芳隆

1. はじめに

INSEM工法を大規模に活用した湯沢第3砂防堰堤では、施工の安全性と耐久性対策等の観点より、堰堤上部 6.5mを従来のコンクリート打設工法で構築する計画としている。

湯沢第3砂防堰堤におけるINSEM工法の採用目的は、工期短縮による早期施設効果の発現であるが、堰堤計画地点の厳しい地形条件から堰堤上部コンクリートは 60m³/日程度しか打設できず、当該堰堤における工期のボトルネックとなっている。

このような実状を踏まえ、堰堤上部の施工性向上を図る目的で、現場外から建設材料を搬入するのではなく、湯沢第3砂防堰堤のINSEM製造プラントを用いて現地発生土砂を活用した有スランブ材料を製造することを検討するものとした。

本稿では、プラントによる有スランブ材料の製造と、製造した有スランブ材料の堰堤構築材料としての適用可能性を検証するために実施した現場配合試験結果を報告する。

2. 有スランブ材料の目標品質の設定

堰堤上部の施工に適用する建設材料は、コンクリートと同様の施工を行うものとし、コンシステンシーは一般的なコンクリートのスランブ値 5cm～12cm 程度を目標とした。

また、この有スランブ材料の目標強度は、INSEM材や一般的なコンクリートの圧縮強度を参考に 6.0N/mm²～19.5N/mm²程度を想定するものとした。

堰堤上部における有スランブ材料の適用範囲を図-1 に、検討対象である有スランブ材料の目標品質を表-1 に示す。

3. 現場配合試験の流れ

現場配合試験の流れを図-2 に示す。現場配合試験では、まず単位セメント量 200kg/m³ に固定して単位水量を変化させ、スランブ 5cm～12cm 程度が得られる単位水量の設定を行った。次に設定した単位水量において、単位セメント量を変化させ圧縮強度を確認し、所要の発現強度を得るための有スランブ材料の基本配合を決定するものとした。

なお、現場配合試験で使用する有スランブ材料はINSEM製造プラントで製造するものとし、混合時間は 60 秒、最大礫径はINSEM材と同様に 80mm を採用するものとした。

4. 現場配合試験結果

(1) コンシステンシー特性

現場配合試験で測定したスランブと単位水量の関係を図-3 に示す。図-3 より、単位水量が増量するにしたがい、コンシステンシーが小さくなりスランブが大きくなることがわかる。単位水量がスランブに与える影響は指数関数的であり、その影響度が高いと判断される。

また、図-3 には、スランブ測定値のばらつきも併せて示した。今回の試験におけるスランブ値のばらつきの範囲は、単位水量レベルで± 5 kg/m³ 程度であった。単位水量が多くなるほどスランブ値の変動幅も大きくなり W130 → 160kg/m³ において、スランブ値の変動幅は SL1.1 → 8.3cm 程度に大きく変動することが推測される。

このようなコンシステンシー特性より、現地発生土砂の自

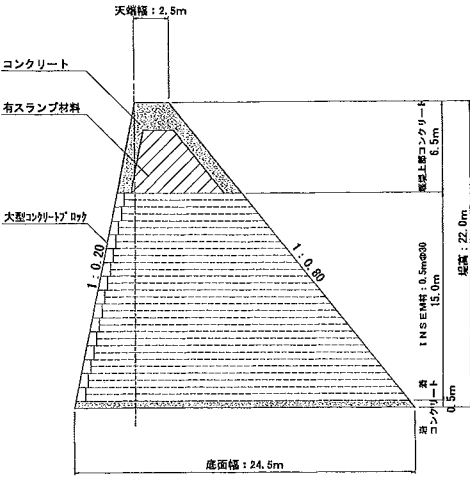


図-1 湯沢第3砂防堰堤：越流部断面形状

表-1 有スランブ材料の目標品質

	設定値	備考
コンシステンシー	スランブSL=5cm～12cm	
圧縮強度	目標強度 $\sigma_{28}=6.0\sim19.5\text{N/mm}^2$	
	目標供試体強度 $\sigma_{28}=8.0\sim25.9\text{N/mm}^2$ ※1	

※1：変動係数V15%，割増係数1.33とし、目標強度×割増係数より目標供試体強度を設定。割増係数=1/(1-1.645×V/100)により算出。

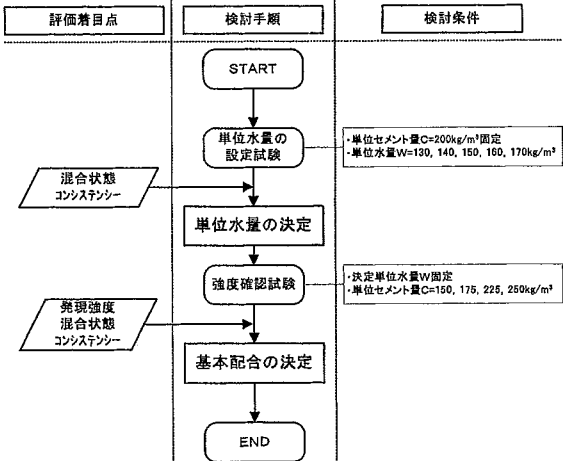


図-2 現場配合試験の流れ

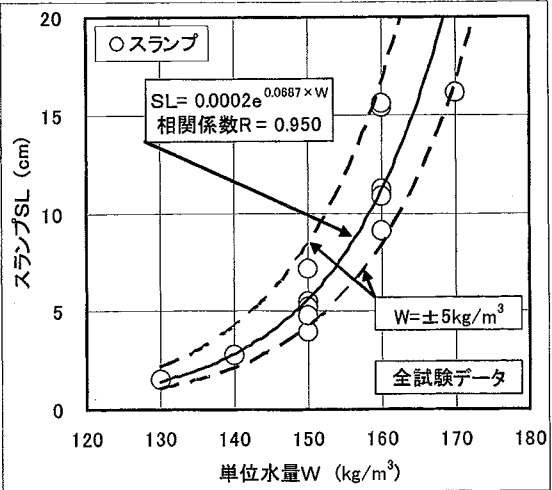


図-3 スランブ試験結果

然含水比を管理することは容易でなく、実際の施工では単位水量の変動を余儀なくされることから、スランプ値が5 cm 程度で、比較的小さい単位水量を採用することが妥当であると判断される。

(2) 圧縮強度特性

セメント水比と28日強度の関係を図-4に示す。また、図-4には平成18年7月に実施したゼロスランプ材料(INSERM材)の現場配合試験結果も併せて示した。図-4より、有スランプ材料の圧縮強度は、コンクリートと同様に高い相関でセメント水比に比例することが確認された。この圧縮強度特性より、有スランプ材料では目標とする圧縮強度に対し、適切な配合の設定が可能であると判断される。

今回の試験結果では、有スランプ材料はゼロスランプ材料に比べ、同一セメント水比における発現強度が小さいものであった。両者の発現強度の差は、配合試験時期の相違(ゼロスランプ材料：7月，有スランプ材料：11月)による外気温の影響，初期含水比(自然含水比)の相違(ゼロスランプ材料：8.73%，有スランプ材料：6.28%)及び、供試体の作製方法の相違によるものと推測されるが、データの少ない現状では詳細は不明であり、今後の検討課題である。

(3) 単位容積質量特性

有スランプ材料における供試体の単位容積質量測定結果を図-5に示す。図-5より、単位容積質量2.16～2.17 t/m³を示す供試体の数が最も多いことがわかる。また、有スランプ材料においては最小でも2.13 t/m³程度以上の単位容積質量を期待できることがわかる。この単位容積質量の測定結果より、有スランプ材料を用いた場合の単位体積重量を安全側の値となる20.59kN/m³(=2.1 t/m³×9.80665)に設定することが妥当であると判断される。

ここで、湯沢第3砂防堰堤の上部に有スランプ材料を適用した場合の安定計算を実施し、有スランプ材料の適用が設計断面における堤体の安定性に及ぼす影響を検証した。安定計算結果を表-2及び図-6に示す。なお、安定計算は、配合試験で確認した単位体積重量の±0.05 t/m³の条件となる20.10～21.08kN/m³において実施した。

安定計算の結果、有スランプ材料適用時においても湯沢第3砂防堰堤の安定性は十分確保されることを確認できた。

(4) 有スランプ材料の基本配合の設定

コンシステンシー特性及び圧縮強度特性を考慮して設定した湯沢第3砂防堰堤における有スランプ材料の基本配合(案)を表-3に示す。有スランプ材料における単位水量は、スランプ値が5 cm程度となる確率の高い150kg/m³に設定した。単位セメント量は、設定した単位水量と図-4中の強度推定式より算定するものとし、目標強度6.0，10.0，19.5N/mm²においてそれぞれ180，220，330 kg/m³となった。コンクリートと同様の圧縮強度となる19.5N/mm²を除けば、比較的妥当な単位セメント量であると判断される。

5. おわりに

今回の現場配合試験結果より、現地発生土砂をプラント混合して製造した有スランプ材料は、現地発生土砂の自然含水比，粒度等により発現品質にばらつきが生じる材料であるものの、湯沢第3砂防堰堤の内部材としての品質を確保できることから、同堰堤への適用性は高いと判断される。今後、設定した基本配合等を参考に試験施工を実施し、有スランプ材料の実用化の適否を検証する予定である。

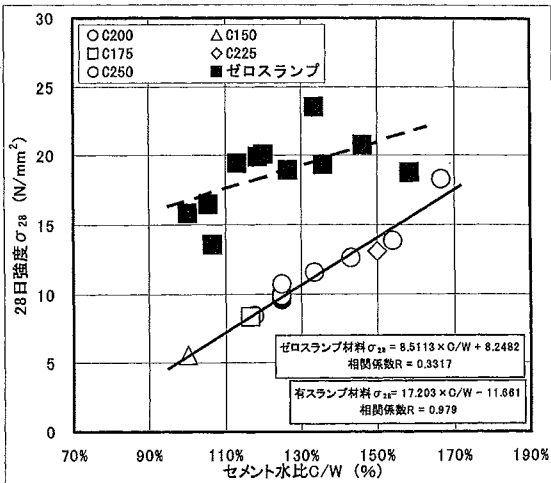


図-4 セメント水比と28日強度の関係

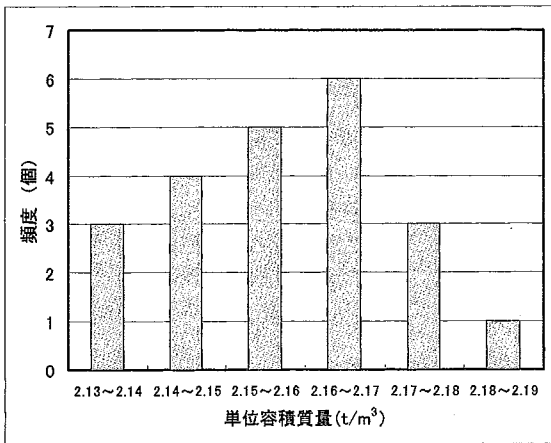


図-5 単位容積質量の測定結果

表-2 有スランプ材料適用時の安定計算結果

有スランプ材料の 単位体積重量(kN/m³)		20.10	20.59	21.08
適用部位の換算 単位体積重量(kN/m³)		21.36	21.64	21.92
滑動 Fs ≥ 4.0	地震時	5.43	5.43	5.43
	洪水時	6.08	6.08	6.09
転倒 e ≤ 4.08	地震時	3.78	3.79	3.79
	洪水時	3.61	3.62	3.62

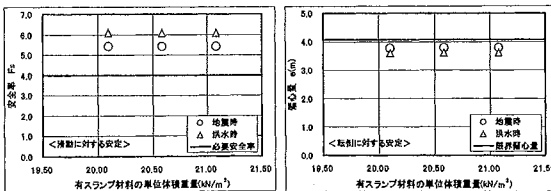


図-6 安定計算結果

表-3 有スランプ材料の基本配合(案)

強度推定式	相関 係数	目標強度 σ28 (N/mm²)	目標供試体 強度σ28 (N/mm²)	配合条件	単位量 (kg/m³)			
					水 W	セメント C	土砂 G	混和剤
σ28 = 17.203 × C/W - 11.661	0.979	6.0	6.0	C/W ≥ 114%	180	180	1,840	0.45
		10.0	13.3	C/W ≥ 145%	150	220	1,805	0.55
		19.5	25.9	C/W ≥ 218%	150	330	1,827	0.83