

桜島における有スランブの砂防ソイルセメントの製造方法案とその特徴

国土交通省 大隅河川国道事務所 國友 優、鶴本慎治郎、中屋 和久、中村 洋平
砂防エンジニアリング株式会社 ○中濃 耕司、金 俊之

1. はじめに

桜島では、火山活動とこれに伴う活発な土砂移動現象の影響で慢性的な土砂処理・処分が大きな課題となっている。また、平成 18 年 2 月からの昭和火口での火山活動の再開・活発化により、除石土砂を含む現地発生土砂の有効活用と、これに基づく効率的な砂防事業の推進が望まれている。このような背景もあり、桜島島内では I S M工法、I N S E M工法などの砂防ソイルセメント活用工法の適用がされてきたが、施工現場に流水がなく、“水運搬”を行いながらの施工となること等の理由から、施工性も 100m³/日程度と高くない。

このような状況を踏まえ、砂防ソイルセメントの自由度を増大するとともに現地発生土砂の有効活用促進を目的として、施工現場特性を考慮した新しい砂防ソイルセメントの製造方法(既設生コン工場を介して安定的に材料供給が可能な方法)について検討を実施した。本報では、その方法案と結果を報告する。

2. 有スランブ材料製造案及び検討方法等

図-1 に有スランブの砂防ソイルセメントの製造方法案を示す。桜島島内及びその周辺 4 箇所に生コン工場が存在し、これらを有効活用して砂防ソイルセメントを製造する方法を検討対象とした。具体的には施工現場で現地発生土砂を、生コン工場で計量したセメント・水等をアジテータ車に投入し、生コン工場から施工現場までの移動中及び待機中に攪拌・混合を行い、砂防ソイルセメントを製造する方法を想定した。ここで、アジテータ車への材料投入はセメント・水等⇒現地発生土砂の順序でも支障ないものと考えている。なお、今回の検討では、適用可能性確認を主目的とし、混合品質の確保を目的に、アジテータ車による攪拌・混合は、生コン工場内で低速回転 10 分+高速回転 2 分後に出荷するものとした。

図-2 に検討の流れを示す。配合試験と試験施工により発現品質を確認するとともに、過去に実施した同様の検討成果を含めて材料特性評価を行い、実用化に向けての課題の整理を行うものとした。また、図-3 に検討対象の有スランブ材料の適用想定部位を示した。有スランブ材料は構造物全体への適用も可能であるが、今回の検討では、流動性や付着正等の特性を考慮して異種材料の“つなぎ材”としての適用を想定した。

3. 試験結果

表-1 に平成 22 年度に実施した試験配合及び試験結果を示すとともに、過去のデータも含めて整理した試験結果の一部を図-4～7 に示した。

検討対象の有スランブ材料の目標品質は供試体強度 $\sigma_{28} \geq 4.0\text{N/mm}^2$ 、スランブ 5cm 程度(ただし、I S M工法を考慮して 10～20cm 程度は許容)とした。表-1 に示したように配合は単位セメント量を 200kg/m³を上限とし、セメントミルク量 250L/m³以下でスランブが発生しなかったことより、260L/m³以上として配合試験、試験施工を実施した。その結果、標準供試体の圧縮強度 $\sigma_{28} \geq 5.4\text{N/mm}^2$ 、スランブ 1.5～19cm が確認され

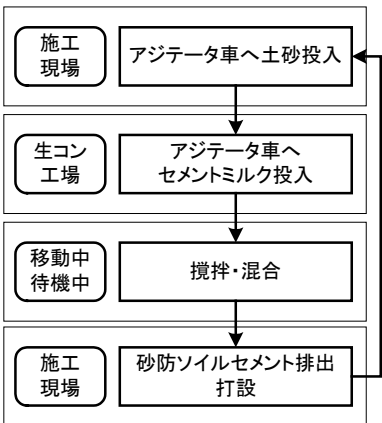


図-1 生コン工場活用時の製造案

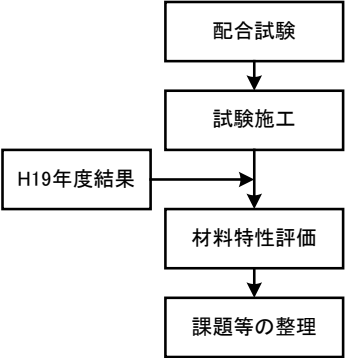


図-2 検討の流れ

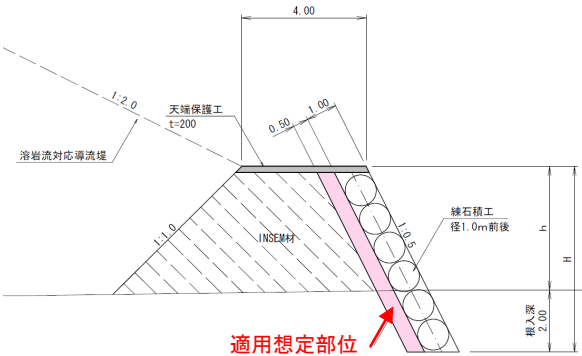


図-3 対象有スランブ材料の適用案

表-1 平成 22 年度における試験配合及び試験結果

区 分	配合名	配合諸元						温度管理			スランブ (cm)	硬化後のスラブ材料物性値				
		単位 セメント C	単位 水量 W	単位 発生材 材量 S/G	配合 密度	セメント 比(L/m³)	セメント 比(%)	水セメント 比(%)	気温 (℃)	材料 温度 (℃)		圧縮強度 (N/mm²)				
												σ_7	σ_{28}	ρ_7	ρ_{28}	
配合 試験	第1回	C170W170	170	170	1,935	2,275	226	100.0%	100.0%	28.0	29.0	0.0	4.64	8.26	2.131	2.146
		C180W191	180	191	1,873	2,244	250	94.2%	106.1%	28.5	31.0	0.0	4.85	9.07	2.148	2.137
	第2回	C200W194	200	194	1,850	2,244	260	103.1%	97.0%	32.0	33.0	1.5	3.88	8.45	2.007	2.015
		C200W204	200	204	1,825	2,229	270	98.0%	102.0%	30.5	32.0	6.5	2.96	6.03	1.965	1.977
		C200W214	200	214	1,800	2,214	280	93.5%	107.0%	32.5	33.0	11.0	3.02	6.47	1.949	1.968
		C200W224	200	224	1,775	2,199	290	89.3%	112.0%	33.5	34.5	17.5	2.29	5.46	1.955	1.957
試験 施工	1 日目	C200W234	200	234	1,750	2,184	300	85.5%	117.0%	33.0	34.0	17.5	2.53	5.65	1.986	1.989
		C200W244	200	244	1,825	2,229	270	98.0%	102.0%	30.5	32.0	4.0	3.67	7.99	1.968	1.964
		C200W224	200	224	1,775	2,199	290	89.3%	112.0%	33.5	34.5	19.0	3.43	6.54	1.935	1.945
	2 日目	C200W224	200	224	1,775	2,199	290	89.3%	112.0%	33.5	34.5	16.5	2.95	5.89	1.954	1.971

た。なお、現地発生土砂は有村川 1 号堰堤の堆砂土砂を使用した。

図-4 には、セメントミルク量とスランプの関係を示したが、セメントミルク量に対し正比例的にスランプが大きくなることが確認された。今回までの試験結果ではスランプ 5～20cm 程度を発現させるためには、270～320L/m³ 程度のセメントミルク量が必要であることが確認された。また、ばらつきはセメントミルク量で±20L/m³ 程度であることが確認された。ただし、コンシステンシーには現地発生土砂の物理特性等の影響も大きいことから、粒径等が異なる場合には、本結果と大きな差が生じることが推測される。

図-5 には、試験施工時に測定したスランプの経時変化を示した。製造直後、19cm であったスランプが 1 時間後に 5cm を下回り、2 時間後にゼロとなった。これは、直射日光や風による乾燥化の影響に加え、外気温 30℃超による水和反応の促進の影響と推測される。この経時変化を考慮すれば、初期のスランプは大きめの値に設定することが妥当と判断される。

図-6 にはセメント水比と 28 日強度の関係を示した。コンクリートと同様にセメント水比 C/W が大きくなるに従い圧縮強度を増加する傾向が認められた。ばらつきはセメント水比で±20%の範囲内にあり、目標供試体強度発現のためには、平均値で C/W≥65%、下限値で C/W≥85%必要であることが確認された。ただし、発現強度はセメント量やセメントミルク量とも関係があることに留意が必要である。

図-7 には、配合密度と実測密度の関係を示した。有スランプ材料の硬化後の密度は、標準供試体、コアに大差なく 1.9～2.1t/m³ を示した。配合密度に対する密度発現率は 85～100%の範囲内にあるものの、今回の試験結果に限れば 90%程度以下と小さい発現率であった。これは、現地発生土砂自体が発泡性が高い火山噴出物で空気を含みやすいことや単位水量が多くエントラップトエアが多かったこと等の影響と考えられる。

4. まとめ及び今後の課題

本検討結果より得た知見を以下にまとめる。

- ① 今回提案した有スランプの砂防ソイルセメント製造方法は、目標品質を確保できることが確認されたことから、実用化可能であると判断される。
- ② セメント・水等の材料を生コン工場で重量計量したにもかかわらず、発現品質にばらつきが大きいことが確認された。これは現地発生土砂の品質ばらつきや気象等の外的要因の影響が想定されるが、不可避な現象と判断される。そのため、施工性を確保するための品質項目とその範囲設定などが今後の課題である。
- ③ 今回の配合試験・試験施工は少量での検討であったことから、実用化に向けては施工性の向上を十分に検討する必要があることが確認された。例えば、施工性に影響を及ぼすアジテータ車への現地発生土砂の投入やアジテータ車移動中の攪拌・混合等については今後の検討・検証が必要である。

[謝辞]

本検討にあたり垂水櫻島地区生コンクリート協同組合の方々にご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

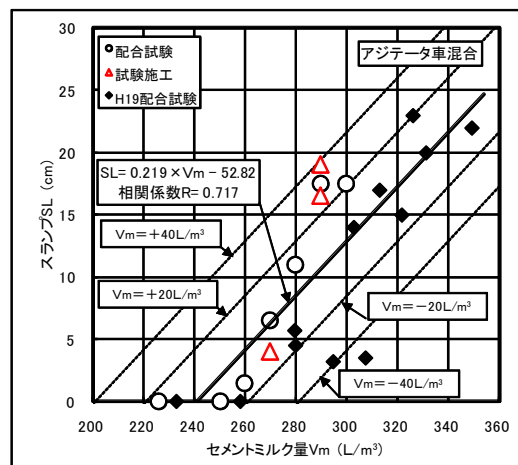


図-4 セメントミルク量とスランプの関係

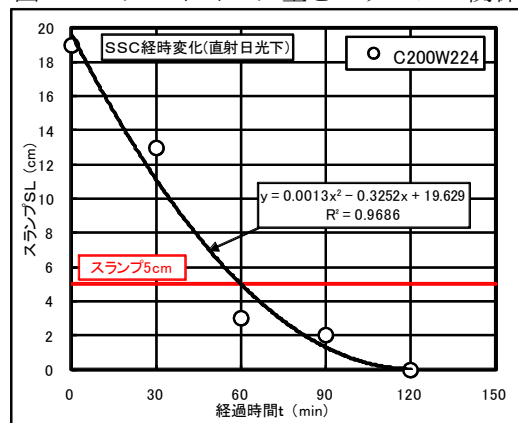


図-5 スランプの経時変化測定結果

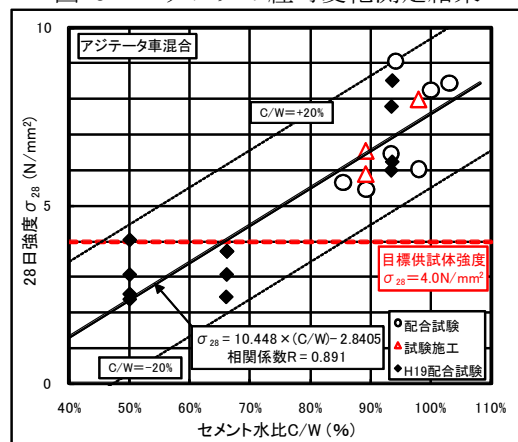


図-6 セメント水比と 28 日強度の関係

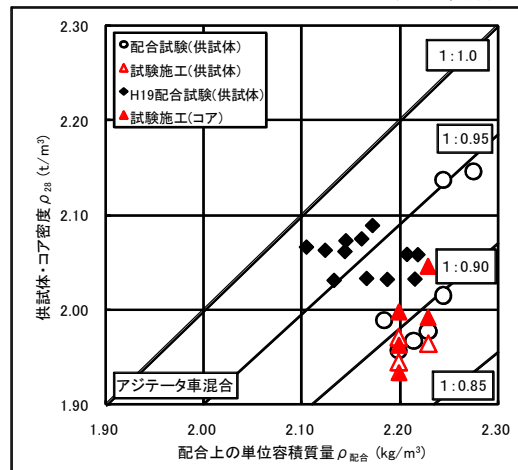


図-7 配合密度と実測密度の関係