

砂防ソイルセメントの集中プラントにおける品質管理について

(株) インボックス ○橋木 貞則 秋山 祥克 松村 俊秀

1 はじめに

平成 28 年（2016 年）熊本地震の災害関連緊急砂防工事では、平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害事業での実績を考慮して、砂防ソイルセメント（以下「ソイルセメント材」と称す）の製造方法に集中プラント方式を採用した。

本発表では、平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害事業にてソイルセメント材製造の効率的な管理および品質管理項目の立案・検証と課題を掲げ対処した実績より設定した品質管理方式（水和反応に着目した）について、結果および効果を報告する。

2 集中プラントの概要および品質管理項目

集中プラント方式とは、複数の砂防堰堤で使用するソイルセメント材の供給を 1 箇所で行うのみではなく、独自の品質管理手法を用い多種多様な土砂を受け入れ、適切な水和反応を起こすソイルセメント材を安定供給することが目的である。

本事業で実施した集中プラントは 3 箇所であり、各プラントより供給する現場および要求品質・製造量は次のとおりである。

表 1 ソイルセメント材を活用する工事箇所

地区名	プラント名	堰堤名	製造数量(m³)	
			本堤	人工地山
阿蘇地区	集中プラント①	一里山川砂防堰堤	7,689	2,367
		宇土川砂防堰堤	11,444	
	集中プラント②	車帰川 2 砂防堰堤	6,273	
		的石川砂防堰堤	4,828	
		石ノ前川砂防堰堤	2,525	
			2,000	
立野地区	集中プラント③	立野川 1(下流)砂防堰堤	10,045	
		新所川 4 砂防堰堤	4,082	

2.1 製造管理項目（母材管理）

ソイルセメント材の製造に専用混合機械（SR-メサイア）を使用する事から日製造量がバックホウ混合に比べて飛躍的に多くなる。また、施工速度が速いことがソイルセメント材の特徴である事から 1 日当りに使用する母材（現地発生土砂）の使用量も多くなる。よって事前の母材管理は重要であり、かつ早急な対応が必要となる。この事を考慮して、本事業では平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害事業の実績より設定した下記管理項目を実施した。

表 2 母材管理項目一覧表

	試験項目	管理及び試験方法	頻度	規格値または確認事項
母材管理	材料試験	配合試験と同項目を実施	500m³/回 事前に実施	試験時の特性と適性判断指標にて比較確認
	示方配合妥当性確認試験	SBウォール工法マニュアルに準拠	500m³/回 事前に実施	配合試験および試験施工から得られた規格値と比較確認

2.2 材料試験（現地発生土砂のバラツキ把握）

前述のとおり集中プラント方式では、様々な工事で発生する土砂を活用するため、活用する現地発生土砂のバラツキが通常より更に大きくなる。また、活用する現地発生土砂の賦存量は豊富であるがソイルセメント材として適用外となる巨礫が多い。この事を考慮して本事業では、工事の工程計画にそって入手可能な土砂を目視により次の 3 種類に分別して各検討した。

- 各砂防工事で掘削される土砂（掘削土砂）
- 使用不可となる巨礫 ⇒ 破砕材として活用
- 明らかに活用できない土砂（表土を含む）

これらの現地発生土砂の物理特性を把握し、ソイルセメント材としての適応性について評価した。これまでの一般的な評価は、物理特性を把握しても適応性について詳細な評価を実施することが出来なかったが、本事業では SB ウォール工法研究会で公表している指標チャートを用いて評価したことにより、土質の性状のバラツキなどを把握する事ができた。

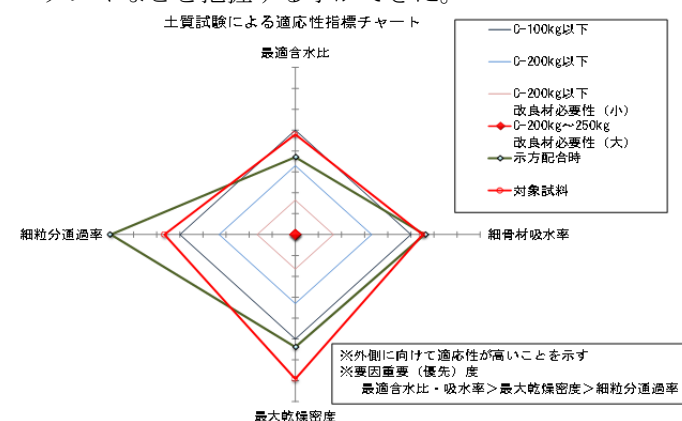


図 1 ソイルセメント材の適性指標分類チャート図

2.3 示方配合妥当性確認試験

使用する示方配合については、設計段階で集中プラントにて活用する現地発生土砂の種類に応じて下記の配合が設定されていた。

表 3 集中プラント設定示方配合一覧表（設計段階）

地区名	プラント名	堰堤名	当初配合		
			土砂 (%)	改良材 (%)	単位セメント量 (kg/m³)
阿蘇地区	集中プラント①	一里山川砂防堰堤	30	70	190
		宇土川砂防堰堤	30	70	190
	集中プラント②	車帰川 2 砂防堰堤	30	70	190
		的石川砂防堰堤	30	70	190
		石ノ前川砂防堰堤	30	70	190
立野地区	集中プラント③	立野川 1(下流)砂防堰堤	40	60	150
		新所川 4 砂防堰堤	40	60	150

製造するソイルセメント材の目標強度は、 $\sigma = 3\text{N/mm}^2$ (最小管理強度 $\sigma = 2\text{N/mm}^2$) 以上である。この強度を充足するためには、コンクリートと同様にセメントによる水和反応が必須であり、水和反応によってソイルセメント材は長期的な耐久性が担保される。

しかし、本事業で活用する現地発生土砂は、阿蘇特有の高有機質な土砂である黒ボクが主体である。黒ボクは、有機物の含有量・種類などによっては全く水和反応を起こさないことが、これまでの実績より確認されており、標準セメントでは固話が極めて難しい事が解っている。よって、採用する示方配合には、適切な検討を行い、十分な水和反応が確認できる事が必須条件である。

ところが集中プラント方式では、様々な現地発生土砂が対象となるため、各現地発生土砂に対して水和反応の確認を目的として、配合試験を実施する必要があるが、多くの費用と日数が必要となる。

そこで本方式では、施工開始時において詳細な配合試験は未実施とし、代わりに対象土砂に応じて物理特性による指標分類および簡易で詳細な結果が得られる示方配合妥当性確認試験を実施して、採用する示方配合の補正を行った。また、この補正頻度を上げる事でソイルセメント材の安定供給を可能とした。

2.4 各管理の実施結果

実施した集中プラントでは、母材管理を事前に実施する事で使用する現地発生土砂に応じた示方配合を簡易に補正する事が可能となった。示方配合妥当性確認試験にて補正した示方配合を以下に示す。

表 4 集中プラント補正後示方配合一覧表(実施工時)

地区名	プラント名	堰堤名	当初配合			使用配合		
			土砂 (%)	改良材 (%)	単位セメント量 (kg/m^3)	土砂 (%)	改良材 (%)	単位セメント量 (kg/m^3)
阿蘇	集中プラント①	一里山川砂防堰堤	30	70	190	30	70	225
		宇土川砂防堰堤	30	70	190	30	70	225
	集中プラント②	車堀川 2 砂防堰堤	30	70	190	40	60	215
		的石川砂防堰堤	30	70	190	40	60	215
		石ノ前川砂防堰堤	30	70	190	40	60	170
立野	集中プラント③	立野川 1(下流)砂防堰堤	40	60	150	40	60	120
		新所川 4 砂防堰堤	40	60	150	40	60	120

- 集中プラント①では、当初配合から 18%セメント添加量が増加した。
- 集中プラント②では、当初配合から改良材の混合割合は 10%低減・セメント添加量は 13%増加したが、採用土砂の変更により改良材の混合割合が 10%およびセメント添加量が 12%低減した。
- 集中プラント③では、セメント添加量が 25%低減された。

2.5 現地発生土砂のバラツキ状況

実施工で活用した現地発生土砂の物理特性の変化状況を以下に示す。なお、実施工では約 6 万 m^3 と膨大な土砂を活用したため、バラツキも顕著であった。主要な各実施項目の最大・最小・平均のみを記載した。

表 5 阿蘇地区集中プラント①(材料特性一覧表)

番号	試料採取日 年月日	試料名	土の粒度試験 (%)			細骨材の密度及び吸水率試験			塑性指数による土の分類の試験		土の自然含水比 (%)	細骨材の有機不純物試験
			全量	砂分	シルト・粘性土	表乾比重 (g/cm^3)	飽和比重 (g/cm^3)	吸水率 (%)	最大乾燥密度 (g/cm^3)	最適含水比 (%)		
1	2018年2月2日	品質-1	53.7	7.3	39.0	2.46	2.34	5.60	1.010	41.6	86.1	暗赤褐色
最大値			53.7	46.1	62.9	2.47	2.34	8.27	1.398	54.6	115.4	暗赤褐色
最小値			19.6	7.3	23.5	2.30	2.12	4.80	0.949	20.2	39.1	暗赤褐色
平均値			33.5	17.5	49.0	2.39	2.25	6.20	1.135	41.4	69.9	暗赤褐色

2.6 品質確保の確認

実施した母材管理の結果、ソイルセメント材として活用する現地発生土砂の適応性が事前に確認する事が可能となり、施工速度の低下および工事中止などは発生しなかった。

また、製造時に実施した品質管理の結果では、基準値を十分に満足している事が図 2 から解る。この結果より明瞭で十分な水和反応が得られるソイルセメント材の製造が出来ている事が解る。

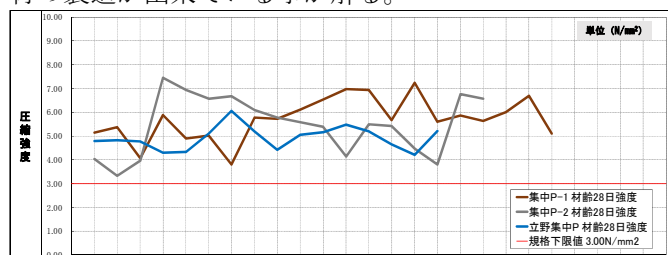


図 2 品質管理の強度結果一覧表

図 2 に示す様に、要求品質を満足する事が可能であり、かつ設定工期期間に対して 3~4 ヶ月の短縮が可能となった。実施した集中プラントの製造期間、月製造量および累計製造量に関するデータを以下に示す。

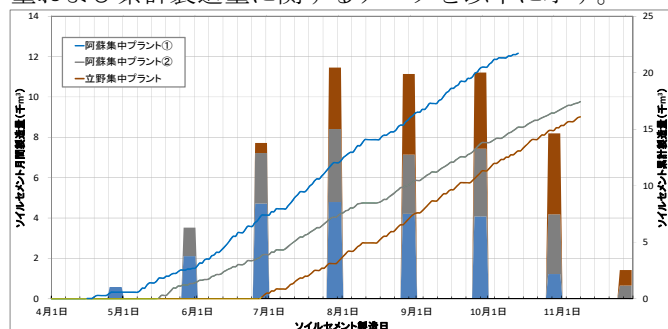


図 3 ソイルセメントプラント製造量推移

3 結論

本方式のように（一般的な土質改良方法の確認ではなくソイルセメント材の水和反応の確認を主とした品質管理）を実施する事で阿蘇特有の黒ボクであっても、より合理的で信頼性の高い安定した品質のソイルセメント材を供給する事が可能となった。また、ソイルセメント材として活用する現地発生土砂が黒ボク以外の土砂であれば、より簡単に適応性の適否が事前に確認できるため、ソイルセメント材の活用がより簡単に多くの構造物に適用する事が可能となる。

参考文献：1)砂防ソイルセメント施工便覧 H28 年度版 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター2)SB ウォール工法各種マニュアル SB ウォール工法研究会