

スラッジ水の高度利用に関する研究-夏期コンクリートにおけるスラッジ水安定剤の性能-

全国生コンクリート工業組合連合会	正会員	○入 江 一 次
株式会社 まるせ		砂 田 栄 治
東京エスオーシー株式会社		伊 藤 司
全国生コンクリート工業組合連合会	正会員	山之内 康一郎

1. 目的

環境保護や資源の有効利用等の観点から、スラッジ水の有効活用はコンクリート製造業にとって、喫緊の課題の一つである。発生直後のスラッジ水は未水和のセメントを含んでおり、その水和反応を適切に管理・抑制することで、スラッジ水を比較的大量に用いた場合でも、コンクリートの品質低下を防止し、さらにスラッジ固形分を結合材の一部として使用することも期待できる。本報告は、スラッジ水の有効活用を目的に、凝結遅延効果を持つ安定剤を加え、水和反応を抑制したスラッジ水（以下、安定化スラッジ水）を練混ぜ水として用いた夏期コンクリートの品質、安定剤の性能および添加量の管理方法を検討した結果を取りまとめたものである。

表-1 スラッジ水の調整フロー

日 程	1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目
作業	①採取・調整 36-21-20N 運搬車 3 台分	②採取・調整 30-8-20N 運搬車 3 台分	保管	保管	コンクリートの 練混ぜに適用

※スラッジ水は、①を 1/3 と②を 2/3 を混合して保管

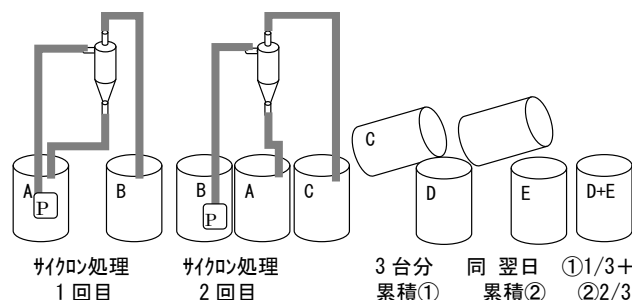


図-1 スラッジ水の採取および濃度調整方法

2. 試験概要

スラッジ水は、荷卸し後の運搬車のドラム内に付着したモルタルを洗浄して取り出し、図－１に示すようにサイクロン処理（φ100×L310mm）により 0.075mm 以上の微砂を除去した。その後、スラッジ水

表-2 使用材料

材料	種類
セメント	S 社製普通ポルトランドセメント
細骨材	富津産山砂 表乾密度 2.58g/cm ³ , 粗粒率 2.10 仁淀川産石灰砕砂 表乾密度 2.66g/cm ³ , 粗粒率 3.40
粗骨材	仁淀川産石灰砕砂 表乾密度 2.70g/cm ³ , 実積率 60.0%
練混ぜ水	上水道水, スラッジ水 (濃度 15%程度)
混和剤	B 社製 AE 減水剤 (遅延形), 高性能 AE 減水剤 (遅延形)

表-3 コンクリートの配合

配合 No.	固形 分率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 (C×%)		空気量 調整剤※2 (100 倍 稀釈)
				C	W		S		G	SP	AE	
					清水	スラッ 水	山砂	砕砂				
1	0	60	46.0	307	184	—	476	327	975	—	0.30	5.5A
2	6	60		289	93	110				—	0.30	5.5A
3	0	50		340	170	—				0.40	—	1.5A
4	6	50	46.5	320	70	121	483	332	972	0.45	—	—
5※1	6	50		320	67	124				0.40	—	0.5T
6	0	40		425	170	—				0.55	—	1.0A
7	6	40	43.3	400	44	152	432	297	988	0.50	—	0.5T

※1；配合 No.5 は一括添加法のスラッジ水でスラッジ水濃度 16.5%。

その他のスラッジ水は連続添加法のスラッジ水でスラッジ水濃度 16.8%.

※2: AE 助剤(A), 消泡剤(T)

以上（必要最小限の安定剤濃度）に管理¹⁾して添加していく連続添加法と、安定剤を過添加した時の危険性を確認する目的で、連続添加法の2倍程度を一括添加した一括添加法の2種類とした。なお、安定剤の初期添加量は、連続添加法では標準的な使用量であるスラッジ固形分量×3w%とし、一括添加法ではスラッジ固形分量×4w%とした。初期添加後には、連続添加法では液相中のグルコン酸イオン濃度を測定しながら必要最小限の安定剤を添加し、一括添加法では1日当たりスラッジ固形分量×2w%と定め安定剤を添加した。

使用材料を表-2 に、配合を表-3 に示す.

キーワード：スラッジ水、スラッジ水安定剤、凝結時間、圧縮強度、管理方法

連絡先 〒273-0012 千葉県船橋市浜町2-16-1 全国生コンクリート工業組合連合会 TEL047-433-9492

3. 試験結果

1) 安定剤の添加量管理 連続添加法で作製した安定化スラッジ水は、図-2に示すように、スラッジ水の活性度の指標とされる硫酸イオン濃度が実験 2 日目のスラッジ水の累加後約 20 時間(初期添加後約 40 時間)を境に大きく低下した。一方、一括添加法の場合には、図-3に示すように、硫酸イオン濃度の低下は認められなかった。これは初期添加率の違いや初期添加後約 40 時間までの添加量は同程度(4.58w%,4.98w%)だが、それ以降の添加量は一括添加法で多く、その累計は連続添加法 4.78w%，一括添加法 8.98w%となり、水和がより抑制されていたと考えられる。なお、後述の強度試験結果等と併せ考えれば、連続添加法においてもスラッジ水の活性度は低下しておらず、スラッジ水活性度の指標について、さらなる検討の必要があると判断される。

2) スランブ コンクリートの試験結果を取りまとめて、表-4に示す。スランブは、表-4に示すようにスラッジ水の使用の有無にかかわらず、同等のものが得られ、混和剤の使用量もほぼ同一であった。

3) 空気量 安定化スラッジ水を用いた場合、清水を用いたコンクリートと比べて空気連行性が増加し、所要の空気量を得るために必要な AE 剤・AE 助剤量が低下した。さらに、一括添加法では空気連行性が一段と増加したため、消泡剤を用いて、所定の空気量を得た。

4) 凝結 コンクリートの凝結は、連続添加法では清水より若干遅延したが、ブリーディング量は同程度であった。一方、一括添加法の場合、始発および終結とも清水に対し約 2 時間遅延し、ブリーディング量も 3 倍程度まで増加した。これは一括添加法では、安定剤が連続添加法の 2 倍近く添加されており、水和の抑制効果が過剰となり、練混ぜ水として使用した際に安定剤が過剰に残存したことで、セメントの水和反応が遅延したためと考えられる。

5) 圧縮強度 スラッジ水の微砂を除去し、安定化剤を使用した安定化スラッジ水を用いて練混ぜたコンクリートでは、スラッジ固形分をセメントと置換して使用しているにも関わらず、7 日、28 日いずれの材齢および配合でも清水を用いたコンクリートより高い値が得られた。この傾向は、水セメント比が小さくなるに従って顕著となった。また、一括添加法により作製したスラッジ水を用いた場合では、安定剤の凝結遅延効果などに起因して、さらに高い値となったものと推察される。

4. まとめ

夏期(35℃)の環境下において、安定剤を用いて水和を抑制した安定化スラッジ水を練混ぜ水として用いた場合であってもフレッシュ性状ならびに硬化コンクリートの品質は確保できること、および、スラッジ水中の固形分を、セメントとして置換できる可能性が示された。一方で、スラッジ水活性度の指標を含め、凝結遅延やブリーディングが過大とならない管理手順の確立が必要であることが確認できた。

参考文献 1)山口哲矢ほか：安定化スラッジ水の自動管理に関する研究，第 17 回生コン技術大会発表論文集

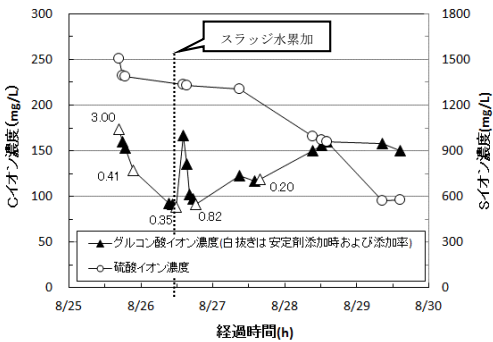


図-2 スラッジ水中のグルコン酸イオン濃度および硫酸イオン濃度の推移(連続添加法)

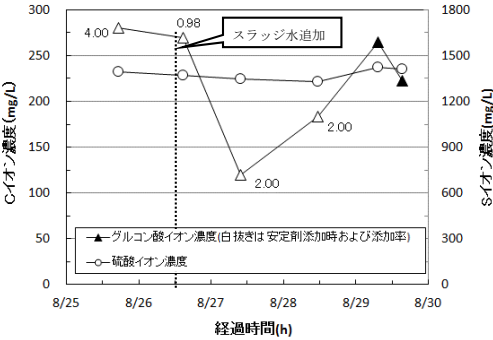


図-3 スラッジ水中のグルコン酸イオン濃度および硫酸イオン濃度の推移(一括添加法)

表-4 試験結果

配合 No.	固形分率 (%)	W/C (%)	SI (cm)	Air (%)	C.T. (°C)	凝結 (h-m)	ブリーディング (cm ² /cm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	
								7 日	28 日
1	0	60	20.0	4.4	32.5	—	—	21.2 (100.0)	29.3 (100.0)
2	6		21.0	4.5	33.0	—	—	21.6 (101.9)	29.5 (100.7)
3	0	50	20.0	5.0	32.9	3-20 / 4-55	0.05	27.9 (100.0)	35.9 (100.0)
4	6		20.0	5.0	32.1	3-40 / 5-00	0.06	29.4 (105.4)	37.1 (103.3)
5	6		21.0	4.1	32.6	5-20 / 6-40	0.15	30.2 (108.2)	39.4 (109.7)
6	0	40	20.5	5.9	33.4	—	—	35.3 (100.0)	44.5 (100.0)
7	6		20.0	5.4	32.3	—	—	39.7 (112.5)	48.1 (108.0)

※SI:スランブ，Air:空気量，C.T.:コンクリート温度，凝結:始発/終結。
圧縮強度欄の(): 同一 W/C のスラッジ 固形分率 0% に対する強度比率