

長時間流動性を保持する水中不分離性コンクリートの開発

安藤ハザマ
東京電力

正会員
フェロー

○澤田 純之
堤 知明

安藤ハザマ
住友大阪セメント
東京工業大学名誉教授

正会員
正会員
名誉会員

村上 祐治
齋藤 尚
長瀧 重義

1. はじめに

水中不分離性コンクリート(以下、水中コン)は、普通コンクリートに比較して水中での不分離性に優れ、流動性、充填性に優れたコンクリートである。既工事の例として明石海峡大橋の主塔基礎工事では、水中コンの流動距離 7.5m として施工された。しかしながら、今後の地下埋設管や地下空洞などを充填するにあたっては、さらに長い流動距離を目標とした水中コンが望まれている。また、水中コンの長い流動距離を確保するためには、長時間の流動性も確保する必要がある。本試験では、水中コンの長い流動距離を確保するため、粒径が球状で流動性の向上効果が期待できる電気炉酸化スラグ(写真 1 参照)を混入し、長時間流動性を確保するために遅延剤を添加した水中コンの開発を試みた。

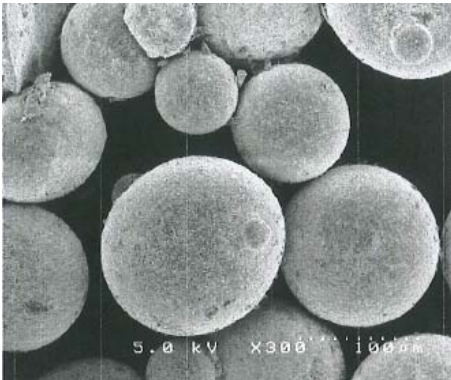


写真 1 電気炉酸化スラグ

2. 試験概要

表 1 には使用材料、表 2 には水中不分離性コンクリートの配合を示す。コンクリート材料としてセメントには、中庸熱ポルトランドセメント、フライアッシュには H 火力製フライアッシュ、細骨材に電気炉酸化スラグを容積置換して使用した。本配合では、いずれの配合も水結合材比を 50%、フライアッシュ置換率を 30%、目標スランプフローを 550 mm ± 50 mm と設定した。混和剤の添加量は、増粘剤を 2.3kg/m³、高性能 AE 減水剤を 1.2~1.5%用いた。また、遅延剤には超遅延性減水剤を用いて検討した。本試験では、2 シリーズの試験を実施し、S シリーズでは細骨材に電気炉酸化スラグの使用の有無に関する比較検討、R シリーズでは、電気炉酸化スラグの置換量を 100%と固定し、遅延剤の添加量をパラメータとして比較検討を実施した。なお、高性能 AE 減水剤の使用量は各配合が目標スランプフローになるように調整している。

表 1 使用材料

項目		記号	仕様
結合材	セメント	MC	中庸熱ポルトランドセメント (密度:3.21g/cm ³)
	フライアッシュ	F	H火力製フライアッシュ※ (強熱減量:3.94%)
骨材	粗骨材(4020)	G1	茨城県つくば市産 (密度:2.69g/cm ³)
	粗骨材(2005A)	G2	
	細骨材(スラグ)	EFS	電気炉酸化スラグ (密度:3.48g/cm ³)
	細骨材(粗砂)	S1	栃木県佐野市産 (密度:2.69g/cm ³)
	細骨材(細砂)	S2	茨城県行方市産 (密度:2.58g/cm ³)
混和剤	増粘剤	—	水中不分離性混和剤 (メチルセルローズ系)
	高性能AE減水剤	—	ポリカルボン酸エーテル系 高性能AE減水剤
	遅延剤	—	超遅延性減水剤

※ JIS規格品ではありません

表 2 水中不分離性コンクリートの配合

配合名	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ フローの 範囲 (mm)	空気量 (%)	水結合 材比 (%)	フライ アッシュ 置換率 (%)	細骨 材率 (%)	スラグ 容積 置換率 (%)	単位量(kg/m ³)										
								W	結合材		細骨材			粗骨材		混和剤		
									C	F	EFS	S1	S2	G1	G2	増粘剤	高性能 (%)	遅延剤 (%)
S0	40	550 ±50	3.0 以下	50	30	40	30	220	308	132	—	191	428	379	569	2.3	1.5	—
S30							248				—	—					—	—
R0	20						828				—	—	—	949	1.3		0.0	
R2							1.3				0.2							
R4							1.2				0.4							

キーワード 水中不分離性コンクリート、電気炉酸化スラグ、超遅延性減水剤、保持時間、スランプフロー、長時間流動性

連絡先 〒305-0821 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所 T E L 029-858-8813

表 3 試験結果一覧

配合名	スランプフロー (mm)	スランプフロー 保持時間 (h)	空気量 (%)	練り温 (°C)	水中分離度試験			凝結試験			圧縮強度試験					
					pH	濁度 (SS)	懸濁物質 量 (mg/L)	始発 (min)	終結 (min)	始発- 終結時間 (min)	$\sigma 7$			$\sigma 28$		
											気中 作製 (MPa)	水中 作製 (MPa)	強度 比	気中 作製 (MPa)	水中 作製 (MPa)	強度 比
S0	552	3:35	1.7	21.0	10.79	10.4	19.7	901	1,080	179	13.8	13.2	0.95	24.2	20.7	0.85
S30	567	7:11	1.2	20.5	10.76	9.0	18.0	1,042	1,230	188	16.1	14.8	0.92	27.5	25.5	0.93
R0	555	(試験無し)	1.0	20.0	11.03	13.2	20.7	1,576	1,762	186	15.0	13.6	0.91	26.0	25.4	0.97
R2	594	22:49	0.8	20.0	11.17	25.0	29.3	2,842	3,084	242	12.6	10.5	0.83	28.1	25.6	0.91
R4	587	26:54	1.1	20.0	11.06	14.2	10.3	4,450	4,675	225	11.6	9.8	0.85	28.4	25.6	0.90

3. 試験結果および考察

表 3 には、試験結果の一覧を示す。また、図 1 にはスランプフローの経時変化、図 2 にはスランプフロー保持時間、図 3 には凝結試験における針貫入抵抗値の経時変化を示す。

S シリーズの S0、S30 を比較すると、スラグを 30%容積置換することで、スランプフローが 15mm 大きく、スランプフローの保持時間もほぼ 2 倍に長くなり、始発時間、終結時間も若干の遅延傾向となった。また、圧縮強度はスラグ置換した S30 で大きい。なお、既工事の品質規格¹⁾を参照とした水中コンの品質は、水中分離度で pH 12.0 以下、懸濁物質質量 50mg/L 以下、水中強度比 0.8 以上であり、水中コンの品質は確保されている。

R シリーズの結果より、遅延剤添加量の増加に伴いスランプフローの増加傾向が見られ、高性能 AE 減水剤添加量も減少していることから、水中コンの流動性向上効果が確認できる。また、スランプフロー保持時間も添加量の増加に伴って延長し、最大 27 時間程度まで流動性の確保が可能である。いずれのシリーズにおいても材料分離の傾向が無いことを確認している。

図 1 の経時変化より、スラグを混入していない S0 のスランプフローは 3.5 時間程度で目標値の 500mm を下回ったのに対し、S30 ではフロー値の減少勾配が小さく緩和され、7 時間で基準値を下回った。また、R シリーズの R2 および R4 では、8 時間程度までは同様の勾配であるものの、それ以降、フロー値を保持した状態が継続、その保持時間の違いにより長時間化している傾向にある。図 3 より、針貫入抵抗値の経時変化図を見ると、遅延剤による凝結時間の遅延効果は、添加量に比例しており 0.2% 増加により 21～27 時間程度である。

4. まとめ

本試験の結果は、以下の通りである。

- (1) 電気炉酸化スラグを使用することにより、スランプフローが向上し、フロー保持時間も長くなる。
- (2) 遅延剤の 0.4% 使用により、スランプフロー保持時間は最大で 27 時間程度であった。
- (3) 遅延剤の凝結遅延効果は、添加量に比例し 0.2% の増加で 21～27 時間程度であった。

参考文献

- 1) 土木学会：水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)、コンクリートライブラリー67、1991.5

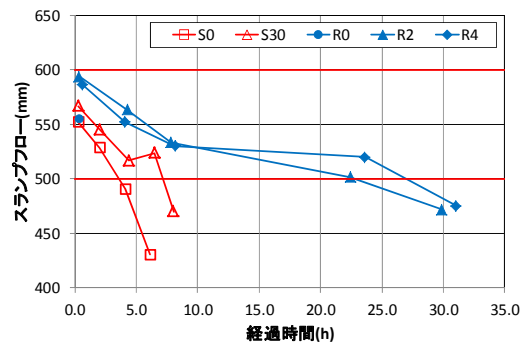


図 1 スランプフローの経時変化

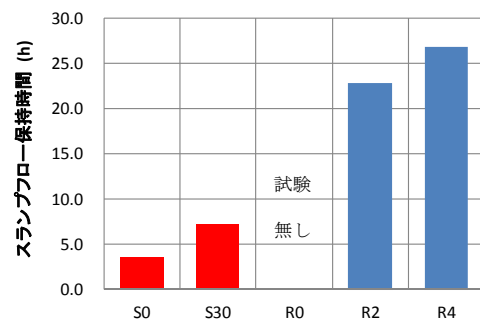


図 2 スランプフローの保持時間

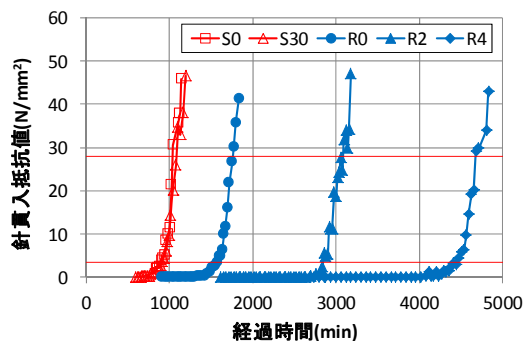


図 3 針貫入抵抗値の経時変化