戻りコンクリートから製造した乾燥スラッジ微粉末の製造方法に関する研究

三和石産㈱　正会員　○大川　憲　宮本　勇馬　青木　真一
鹿島建設㈱　非会員　　閑田 徹志　巴　史郎　石関　浩輔
東海大学　正会員　笠井　哲郎

１．はじめに

レディーミクストコンクリート工場で発生する戻りコンクリート（以下，戻りコンと称す）は，年間 150 万 m^3 が廃棄されていると推察される．著者らは，この戻りコンからの回収骨材および残余のスラッジから製造した乾燥スラッジ微粉末（以下，DSP と称す）の有効利用に関し，検討を行ってきた[1)]．これまでに DSP と副産物混和材を結合材としたクリンカーフリーコンクリートの開発や DSP を用いたソイルセメントのソイル柱列式連続壁への適用について検討を行い，これらは DSP の品質が大きく影響する結果となった[2), 3)]．また DSP は戻りコン発生時の外気温と処理までの時間の積（以下，積算温度と称す）と比表面積から DSP の品質管理を行うことが可能であると報告した[4)]．そこで本研究では，夏季および冬季において同一の生コンクリート配合を用い，実機プラントによる DSP 製造実験を行い，積算温度による影響を再度明確にすることを目的とし，実機プラントにより製造した DSP の基礎物性に及ぼす処理までの積算温度と遅延剤の添加の影響について検討した．

２．実験概要

2.1 DSP の概要と課題

DSP は，戻りコン等から生じるスラッジ水を脱水し乾燥粉砕処理した微粉末であり，この処理過程を短時間で行うことにより，未水和セメントを多く残すことができ，普通ポルトランドセメント(以下，N と称す)の 5 割程度の強度発現を有した微粉末が得られる[2)]．これまでに DSP は処理までの時間と外気温の影響を受け，セメントの水和反応の進行度合いにより品質が大きく変動することが明らかであり，夏季には DSP の比表面積が大きくなり，これを用いてコンクリートを練混ぜた場合，粘性が高く使用する混和剤添加量が増大するほか，圧縮強度，中性化抵抗性および収縮量が低下することが明らかとなっている[2)]．特に夏季は，戻りコンを処理するまでに水和反応が進行するため，夏季における DSP の品質確保が課題となっている．

2.2 実機プラントによる実験概要

本実機試験は生コンプラントで生コン 5m^3 を製造し，戻りコンが発生するまでの経過時間を 2.5 時間と設定した．2.5 時間経過後，骨材を分級し残ったスラッジ水を水槽で貯留する時間を変化させ，DSP を製造した．また夏季において各種遅延剤の効果を検証するため，遅延剤の添加時期を練混ぜから 1.5 時間後に添加し，製造した DSP の物性試験(密度・比表面積・強熱減量)とモルタルによるフレッシュおよび圧縮強度試験を行った．使用材料を**表－1** に，実機試験で使用した生コンクリートの配合表を**表－2** に，実機プラントによる実験水準を**表－3** に示す．

表－1　使用材料

項目	記号	材料	密度	吸水率
セメント	N	普通ポルトランドセメント	3.15	－
細骨材	S1	石灰砕砂	2.67	0.93
	S2	陸砂	2.57	1.22
粗骨材	G	石灰砕石	2.70	0.44
混和剤	AE	AE減水剤	－	
	SP	高性能AE減水剤	ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系化合物	
遅延剤	GN	グルコン酸ナトリウム	水溶液濃度:40%	
	S	ショ糖	水溶液濃度:68%	
	DE①	デキストリン（分子量:10000）	水溶液濃度:35%	
	DE②	デキストリン（分子量:4100）	水溶液濃度:35%	

表－2　配合表

記号	W/C	s/a	単位量(kg/m^3)						
	%	%	W	N	S1	S2	G	AE	SP
50-N-AE	50	44.4	185	370	418	342	980	4.81	－
50-N-SP	50	47.9	170	340	467	382	953	－	3.57

2.3 実験方法

本実験では実機プラントにより製造した DSP の密度試験(JIS R 5201)，比表面積試験(JIS R 5201)および強熱減量試験(JIS R 5202)を行った．またモルタルは 8L のモルタルミキサーを用いて練混ぜを行った．フレッシュ試験では，モルタルフロー(目標値 170±30 ㎜)，空気量(目標値 6.5±2.0％)の各試験を目標値となるよう混和剤で調整し実施した．

キーワード　戻りコンクリート，スラッジ微粉末，比表面積，圧縮強度，積算温度，粒度分布
連絡先　　〒252-0823　神奈川県藤沢市菖蒲沢 710 番地　　三和石産㈱　テスティング事業部　TEL:0466-48-5515

圧縮強度試験では，DSP を用いモルタル供試体(4×4×16cm)を作製し，その圧縮強度から DSP の強度発現性を評価した．モルタルの配合条件は，水結合材比(W/DSP)＝50%，細骨材結合材比(S/DSP)＝3.0 とした．細骨材はセメント協会標準砂を用い，養生条件は標準養生とした．その後，材齢 7，28 日で圧縮強度試験(JIS A 1108)を行った．

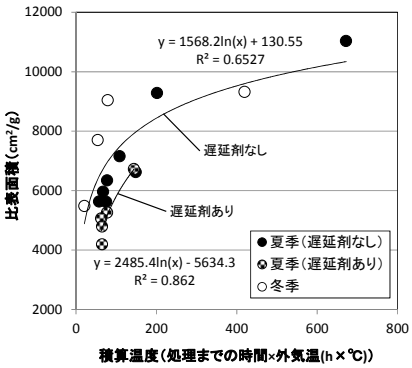
表－3　実機プラントによる実験水準および DSP 物性試験結果一覧表

実施季節	配合（記号）	練混ぜからDSP製造までの経過時間 ① 1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	21h	51h	遅延剤 種類	添加量 (C×wt%)	添加時期	外気温 ℃ ②	積算温度①×②	DSP物性試験結果 密度 g/cm³	比表面積 cm²/g	強熱減量 %
夏季	50-N-AE														無し		27.0	67.5	2.91	5960	12.25
	50-N-AE														無し		31.0	108.5	2.82	7150	14.54
	50-N-SP														無し		30.0	75.0	2.87	5620	13.46
	50-N-AE													GN	0.10%	1.5h	31.0	77.5	2.95	5260	11.16
	50-N-AE														無し		33.0	148.5	2.84	6620	13.71
	50-N-AE													GN	0.10%	1.5h	32.0	144.0	2.83	6720	12.60
	50-N-AE														無し		31.0	77.5	2.89	6340	12.10
	50-N-AE														無し		31.0	201.5	2.69	9280	15.80
	50-N-AE														無し		32.0	672.0	2.45	11030	21.65
	50-N-AE														無し		23.0	57.5	2.95	5630	8.91
	50-N-AE													S	0.20%	1.5h	25.0	62.5	3.03	5060	8.01
	50-N-AE													DE①	0.50%	1.5h	26.0	65.0	3.04	4190	7.66
	50-N-AE													DE②	0.50%	1.5h	26.0	65.0	3.07	4790	7.63
冬季	50-N-AE														無し		8.3	20.8	3.00	5480	9.60
	50-N-AE														無し		8.3	54.0	2.92	7700	11.65
	50-N-AE														無し		8.3	78.9	2.83	9040	12.95
	50-N-AE														無し		8.3	419.2	2.44	9320	18.43

3．実験結果および考察

3.1 DSP の物性試験結果

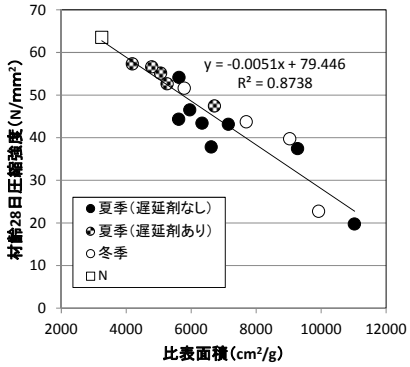
DSP の物性試験結果一覧表を**表－3** に示す．表より夏季および冬季において，積算温度が小さいほど DSP の密度は大きく，比表面積および強熱減量は小さくなった．DSP の品質管理は積算温度と比表面積で行うことができ[4]，その関係を**図－1** に示す．図より積算温度と DSP の比表面積には夏季および冬季において，おおむね相関関係が見られた．また夏季に遅延剤を添加することにより，積算温度が同程度の場合でも DSP の比表面積が小さくなった．このことから，夏季に遅延剤を添加することは有効な方法であると考えられる．



図－1　積算温度と比表面積

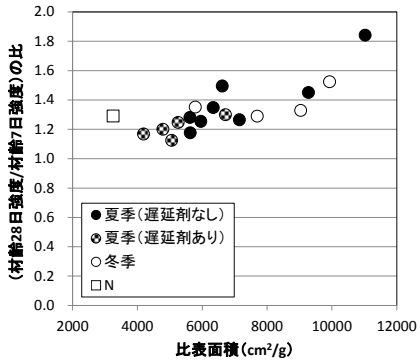
3.2 モルタルの試験結果

モルタルのフレッシュ性状は，DSP の比表面積が小さいほど，SP 添加率は小さくなった．モルタルの圧縮強度試験結果について，DSP の比表面積と材齢 28 日圧縮強度の関係を**図－2** に示す．図より DSP は N との強度比で 0.3～0.9 程度となり，夏季および冬季において DSP の比表面積が小さいほど，強度が大きくなった．また遅延剤を添加することにより，強度が大きくなった．



図－2　比表面積と 28 日圧縮強度

比表面積と（材齢 28 日強度/材齢 7 日強度）の比（以下，強度比と称す）の関係を**図－3** に示す．季節および遅延剤の添加に拘らず，DSP の強度比は N の強度比（1.29）と同程度となることを確認した．



図－3　比表面積と圧縮強度の比

4．まとめ

(1) DSP は製造する季節に拘らず，積算温度と DSP の比表面積で品質管理できることが明確となった．

(2) DSP の製造方法で遅延剤を用いることは，夏季における DSP の品質向上に寄与することが確認された．

参考文献

1) 大川憲，他：戻りコンクリートから回収したスラッジ微粉末と骨材の物性およびその有効利用に関する研究，第 17 回生コン技術大会，pp. 169−174，2013.4

2) 大川憲，他：乾燥スラッジ微粉末と産業副産物混和材を併用したクリンカーフリーコンクリートに関する実験研究，日本建築学会構造系論文集，Vol.80，No.710，pp.539-549，2015.4

3) 大川憲，他：生コンスラッジ乾燥微粉末を用いたソイルセメントのソイル柱列式連続壁への有効利用，土木学会年次学術講演会，Vol.5，No.309，pp.617-618，2013.9

4) 大川憲，他：乾燥スラッジ微粉末の製造方法に関する研究，日本建築学会大会学術講演会梗概集，pp.357-358，2014.9