

溶融スラグとフライアッシュを使用した高流動コンクリートの物性

名古屋工業大学 学生員 ○高田 聡恵 正会員 糸山 豊
名古屋工業大学 正会員 上原 匠 正会員 梅原 秀哲
中部電力(株) 正会員 西野 健三 東海コンクリート工業(株) 中村 隆之

1. はじめに

ごみを焼却・溶融した残渣である溶融スラグ（以下スラグと称する）は、排出量の増加が見込まれることから、コンクリートへの利用が期待されている。また、産業副産物であるフライアッシュもコンクリート用混和材としての一層の利用が望まれている。しかし、異なる産業副産物を同時に用いたコンクリートに関する研究例は少なく、その基礎物性を明らかにする必要があるといえる。そこで本研究では、フライアッシュの有する流動特性の改善効果を生かし、スラグを骨材、フライアッシュを粉体増量材として使用した高流動コンクリートについて、フレッシュ性状および圧縮強度の把握を試みた。

2. 使用材料

使用したスラグを含む使用材料を表-1に示す。いずれのスラグも環境庁告示46号の溶出基準を満たし、アルカリ骨材反応性（ASR）は無害であることが確認されている¹⁾。また、フライアッシュは愛知県内の火力発電所から産出されたものを使用した。

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度:3.15g/cm ³
細骨材	山砂(豊田産)	S	密度:2.57g/cm ³ 吸水率:1.55% 粗粒率:2.67
粗骨材	碎石(瀬戸産)	G	密度:2.73g/cm ³ 吸水率:0.38% 粗粒率:6.65
溶融スラグ	コークスベッド式溶融炉	Sg-B	密度:2.68g/cm ³ 吸水率:0.63% 粗粒率:3.76
	コークスベッド式溶融炉	Sg-C	密度:2.84g/cm ³ 吸水率:1.01% 粗粒率:2.77
	プラズマ式溶融炉	Sg-D	密度:2.83g/cm ³ 吸水率:0.94% 粗粒率:3.61
	電気抵抗式溶融炉	Sg-E	密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.52% 粗粒率:5.16
	交流電気抵抗式灰溶融炉	Sg-F	密度:2.78g/cm ³ 吸水率:2.54% 粗粒率:0.34
	熱分解高温燃焼溶融炉	Sg-G	密度:2.83g/cm ³ 吸水率:0.23% 粗粒率:2.30
フライアッシュ	JIS A 6201 II種	FA	密度:2.18g/cm ³
混和剤	高性能AE減水剤	NV-G5	主成分:ポリカルボン酸系
	抑泡剤	AFK-2	主成分:ポリエーテル系

3. 実験概要および結果・考察

3.1 配合および試験項目

配合を表-2に示す。スラグは5mmを境に2種類に分け、それぞれを粗骨材と細骨材とに容積置換して用いた。6種類のスラグは同量の割合で混合し、スラグ全量の置換率は0、10、20、30、100%の5水準とした。フライアッシュは全ての配合で一定量とした。練混ぜは単位水量一定（175kg/m³）の下で行い、高性能AE減水剤の使用量は配合毎の適正值とした。目標スランプフローは650±50mm、目標空気量は2.0±1.5%である。但し、細骨材の全量をスラグに置換した配合5においては、許容範囲を外れても調整は行わなかった。

表-2 実験配合

配合 No.	Gmax (mm)	W/C (%)	W/P (W%)	W/P (V%)	S/a (%)	単位粗骨材 容積 (m ³ /m ³)	置換率 (%)	単位量(kg/m ³)										混和剤(C×%)		
								W	P		S	Sg						G	NV-G5	AFK-2
									C	FA		[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]			
1	20	50	35	96.2	44.7	0.299	0	175	350	150	831	0	0	0	0	0	0	816	0.80	0.1
2					44.7		10				683	28	29	29	28	29	29	804	0.80	
3					48.0		20				534	56	59	59	56	58	59	792	0.75	
4					48.0		30				386	83	88	88	84	87	88	780	0.70	
5							100				0	156	165	164	157	162	164	748	0.60	

試験項目は、スランプフロー試験（JIS A 1150-2001）、空気量試験（JIS A 1128-1999）、ブリーディング試験（JIS A 1123-2003）、膨張率試験、圧縮強度試験（JIS A 1108-1999）、静弾性係数試験（JSCE-G 502-1999）とした。但し、ブリーディング試験及び膨張率試験については、スラグの混入の有無による違いを確認するため配合1、3のみを対象とした。なお膨張率試験は、プラスチック製型枠に試料を充填し、その上部に載せた円筒形の発泡スチロール製フロートの上下移動量をダイヤルゲージで計測することにより、

表-3 フレッシュ試験結果

配合 No.	スランプ (cm)	最終フロー (mm)		50cmフロー 時間(秒)	最終フロー 時間(秒)	空気量 (%)	膨張率 (%)	ブリーディング率 (%)
1	26.5	620	620	3.6	29.0	1.9	-0.292	0.16
2	26.8	640	604	4.8	29.3	2.1	-	-
3	28.0	620	600	5.4	29.5	2.5	-0.177	0.14
4	27.3	640	605	5.0	42.0	1.8	-	-
5	24.0	465	445	-	13.0	3.8	-	-

フレッシュコンクリートの膨張を確認するものである²⁾。

3.2 実験結果

フレッシュ試験結果を表-3に、スランプ・空気量試験結果を図-1に、フロー試験結果を図-2に示す。配合1（スラグ無混入）及び配合2,3,4では目標スランプ・空気量を得たが、配合5に関してはフロー値も450mm程度に留まり、所定のフレッシュ性状を確保できなかった。膨張現象は計測を行った二配合では確認されず、今回の配合においてはスラグ使用上の問題は無いといえる。ブリーディング率は、配合1,3共に小さく、その差もわずかとなった。これは、フライアッシュの混入により粉体量が増加し、ブリーディングを抑制したことが原因であると考えられる。

このことから、置換率30%までのスラグの混入であれば、フライアッシュの使用を考慮した化学混和剤による制御が可能であるといえる。但し、配合5に関しては、今回の結果からは化学混和剤の調整による制御の可否は判断できなかった。

圧縮強度・静弾性係数試験結果を図-3に示す。材齢7日での圧縮強度の差は殆どみられないが、材齢28日ではスラグ置換率の増加に伴い強度低下が顕著となった。今回、単位体積あたりのフライアッシュ量が一定であることから、スラグの物性が影響したと考えられる。弾性係数は、配合5で最も高い値となったが、図-4の応力-ひずみ関係で他と同様の傾向を示していることから、圧縮強度の低下に拘らず全ての配合でほぼ同じ弾性係数であると推察され、スラグの混入が弾性係数に及ぼす影響は小さいと考えられる。

以上の結果より、溶融スラグとフライアッシュを組み合わせた高流動コンクリートの製造は可能であることが明らかとなった。但し、置換率の増加に伴う強度低下がみられることから、強度の制御にはスラグの混入の影響を考慮する必要があるといえよう。

4. まとめ

スラグを骨材、フライアッシュを粉体増量材として使用した高流動コンクリートの物性試験を行った結果、スラグ置換率30%までは化学混和剤による制御でフレッシュ性状の制御が可能であることが明らかとなった。スラグ置換率の増加に伴う圧縮強度の低下は、スラグの物性が強度に影響を及ぼしたものと考えられる。今回の実験より、溶融スラグとフライアッシュを組み合わせた高流動コンクリートの製造が可能である。

謝辞 本研究を行うにあたり、愛知県溶融スラグ有効利用研究会のご協力を頂きました。ここに記して、会員各位に深く感謝申し上げます。

【参考文献】1) 服部啓二・桐山和也・青山敬・山口昇三・梅原秀哲：都市ゴミ溶融スラグのコンクリート用材料への適用に関する基礎的研究、土木学会中部支部平成12年度研究発表会講演概要集、第V部門、2001.3

2) 高田聡恵・糸山豊・上原匠・梅原秀哲：都市ごみ溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの物性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.25、No.1、pp.1409~1414、2003.7

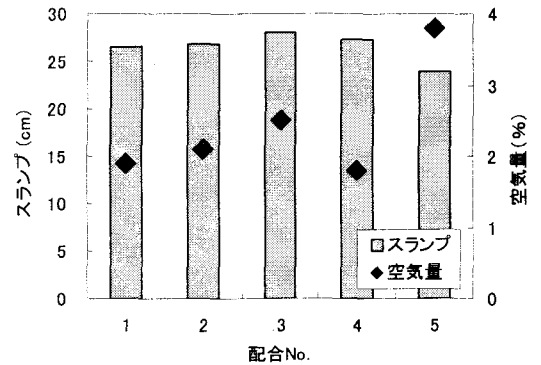


図-1 スランプ・空気量試験結果

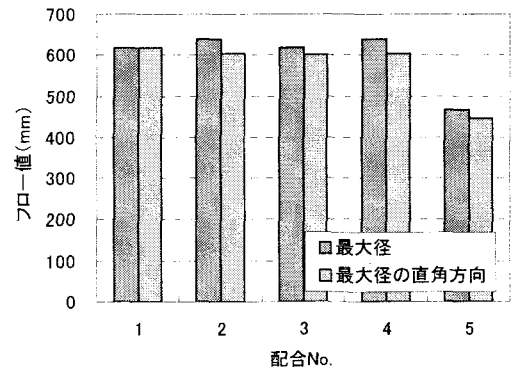


図-2 フロー試験結果

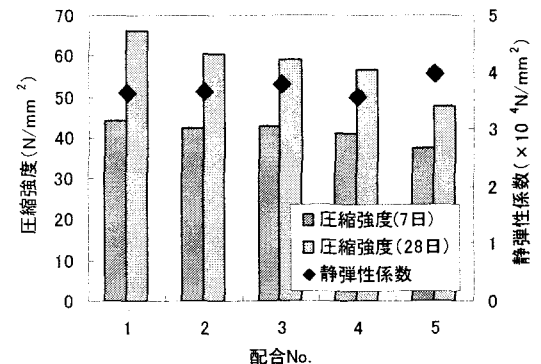


図-3 圧縮強度・静弾性係数試験結果

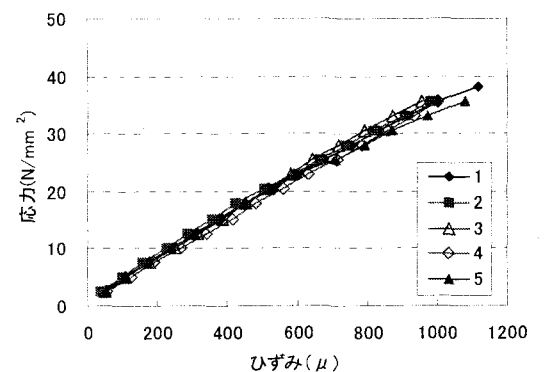


図-4 応力-ひずみ関係