

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの調合によるブリーディングの低減に関する研究 — 高性能AE減水剤コンクリートの単位水量の影響 —

ものつくり大学 ○鈴木大介 中田善久 辻村純一 大塚秀三
(株)内山アドバンス 斉藤丈士 根本 明 川崎重工業(株) 菅田雅裕 谷山教幸

1. はじめに

近年、一般廃棄物の最終処分場の不足問題が深刻となっているため、各地方自治体において、一般廃棄物および焼却灰の減容化および再資源化を目的とした溶融固化設備の設置事例が増加¹⁾している。また今後、溶融固化設備を導入する地方自治体は、さらに増加する²⁾と考えられることから、現在利用されているコンクリート二次製品およびアスファルト用骨材だけでは、需要と供給のバランスが崩れてしまう可能性がある。そこで、溶融固化設備において製造される溶融固化物（以下、ごみ溶融スラグ細骨材と称する）をコンクリート用天然細骨材の代替材料として利用する動向³⁾があり、その利用促進が図られている。しかし、既往の研究によりごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリート（以下、スラグコンと称する）は、ブリーディング量がごみ溶融スラグ細骨材を用いないコンクリート（以下、普通コンと称する）と比較して多くなる⁴⁾ことが確認されており、ごみ溶融スラグ細骨材の普及を妨げる要因の一つとなっている。

そこで、本研究は、スラグコンのブリーディングを低減するために、調合の変化がブリーディングに与える影響について検討したものである。

ここでは、3種類のごみ溶融スラグ細骨材をそれぞれ用いたスラグコンについて、単位水量の変化がブリーディングに及ぼす影響を調べた。さらに、単位水量の異なるスラグコンのフレッシュコンクリート性状および硬化コンクリート性状について述べる。

2. 実験概要

溶融方法の異なる3種類のごみ溶融スラグ細骨材をそれぞれ用い、単位水量を変化させ、高性能AE減水剤の使用量によりスランプを一定としたスラグコンについて、ブリーディング性状

を中心としてフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性状を調べた。また、同じ調合条件により得た普通コンとの比較を行い、ごみ溶融スラグ細骨材が調合に及ぼす影響を検討した。

(1) 使用したごみ溶融スラグ細骨材

本研究で用いたごみ溶融スラグ細骨材の品質を表1に示す。ごみ溶融スラグ細骨材は、すでに、ごみ処理施設として利用されている、プラズマ式溶融炉、バーナ式溶融炉およびシャフト炉式ガス化溶融炉の3種類の炉²⁾から製造されたものである。これらは、ともに水砕処理された後、破碎処理により粒度調整し、さらに、磁

表1 ごみ溶融スラグ細骨材の品質

炉の種類		プラズマ	バーナ	シャフト
粗粒率(F.M.)		2.41	2.81	2.42
密度(g/cm ³)	絶乾	2.71	2.69	2.76
	表乾	2.74	2.72	2.79
吸水率(%)		0.80	1.05	1.08
単位容積質量(kg/l)		1.73	1.74	1.79
実積率(%)		63.8	64.7	64.9
微粒分量(%)		3.6	2.2	4.0

表2 使用材料

材料	種類	品質・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	密度：3.16g/cm ³
水	上水道水	
細骨材	千葉県君津市産山砂	表乾密度：2.59g/cm ³ 粗粒率：2.49 吸水率：1.97% 微粒分量：1.3%
	ごみ溶融スラグ細骨材	
粗骨材	栃木県栃木市産砕石2005	表乾密度：2.64g/cm ³ 粗粒率：6.65 吸水率：1.05% 実積率：59.1%
化学混和剤	高性能AE減水剤標準型種	ポリカルボン酸系化合物
	AE剤	アルキルテール型陰イオン界面活性剤

選機によりメタルを除去したものである。

(2) 使用材料

使用材料を表2に示す。使用した材料は、セメントが普通ポルトランドセメント、水が上水道水、細骨材が山砂およびごみ溶融スラグ細骨材3種類、粗骨材が砕石2005、化学混和剤が高性能AE減水剤およびAE剤である。

(2) 実験の要因および水準

実験の要因および水準を表3に示す。ごみ溶融スラグ細骨材の置換率は、既往の研究⁵⁾を参考に、細骨材の容積に対し0および30%とした。また、水セメント比は、45%で一定とし、単位水量を165,170および175kg/m³の3水準とした。スランプおよび空気量の許容範囲は、21.0 ± 1.0cm および 4.5 ± 1.0% とし、高性能AE減水剤およびAE剤の使用量を変化させ、所要のスランプおよび空気量を得た。コンクリートの調合を表4に示す。

(3) 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表5に示す。フレッシュコンクリートについては、スランプ、空気量、ブリーディングおよび凝結時間の各試験を行い、硬化コンクリートは、標準養生した供試体について、圧縮強度および静弾性係数の試験を行った。

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュコンクリート

化学混和剤の使用量とフレッシュコンクリートの試験結果を表6に示す。スランプおよび空気量は、化学混和剤の使用量を調整することにより全ての調合において許容範囲を満足することができた。また、普通コン、スラグコンともに単位水量が大きいほど高性能AE減水剤の使用量は少なく、通常のコンクリートと同様の傾向を示した。さらに、一部を除き、単位水量が多くなるとAE剤の使用量は大きくなる傾向を示した。これは、同一スランプにおいて単位水量が少ないとセメントペーストの粘性が大きくなり、練混ぜに伴って巻き込まれる空気量が多くなるためと考えられる。

単位水量とブリーディング量の関係を図1に、高性能AE減水剤の使用量とブリーディング量の関係を図2に示す。ブリーディング量は、普通コン、スラグコンともに単位水量が大きいほど増大する傾向を示した。これは、同一スランプにおいては、単位水量が大きいほどコンクリー

表3 実験の要因および水準

要因	水準
溶融スラグ細骨材の置換率(%)	0および30
単位水量(kg/m ³)	165,170および175
スランプ(cm)	21.0 ± 1.0
空気量(%)	4.5 ± 1.0

表4 コンクリートの調合表

炉の種類	ごみ溶融スラグ細骨材の置換率(%)	水セメント比(%)	単位量(kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材(山砂)	ごみ溶融スラグ細骨材	粗骨材
			165	367	842		925
			170	378	818		925
			175	389	798		925
ブラズマ		45	165	367	591	269	925
			170	378	572	260	925
			175	389	559	252	925
バーナ	30	45	165	367	591	267	925
			170	378	572	258	925
			175	389	559	250	925
シャフト		45	165	367	591	273	925
			170	378	572	265	925
			175	389	559	257	925

表5 試験項目および試験方法

試験項目		試験方法
フレッシュコンクリート	スランプ	JIS A 1101
	空気量	JIS A 1128
	ブリーディング	JIS A 1123
	凝結時間	JIS A 1147
硬化コンクリート	圧縮強度	JIS A 1108
	静弾性係数	JIS A 1149

表6 化学混和剤の使用量とフレッシュコンクリートの試験結果

炉の種類	単位水量(kg/m ³)	化学混和剤の使用量		フレッシュコンクリートの試験結果	
		高性能AE減水剤(kg/m ³)	AE剤(C × 10 ⁻⁵)	スランプ(cm)	空気量(%)
	165	2.38	4.50	21.5	4.2
	170	2.27	5.00	22.0	4.0
	175	1.65	6.00	22.0	5.1
ブラズマ	165	2.38	2.50	21.0	4.0
	170	1.70	3.00	21.0	4.7
	175	1.56	4.00	21.0	5.0
バーナ	165	1.83	3.00	21.0	4.5
	170	1.70	3.00	21.5	4.8
	175	1.46	3.00	21.0	4.5
シャフト	165	2.38	3.00	20.0	4.8
	170	2.17	3.00	20.5	4.7
	175	2.14	4.00	21.0	5.0

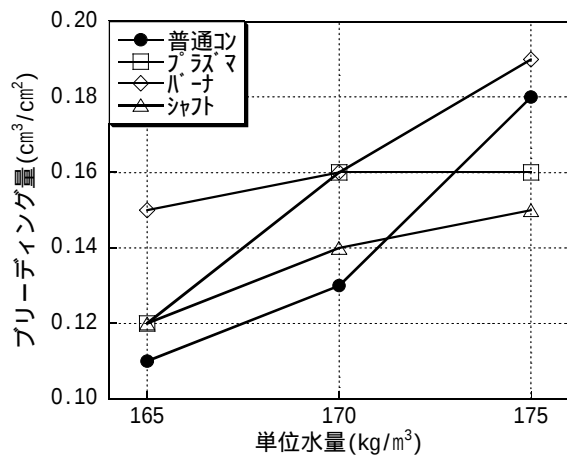


図1 単位水量とブリーディング量の関係

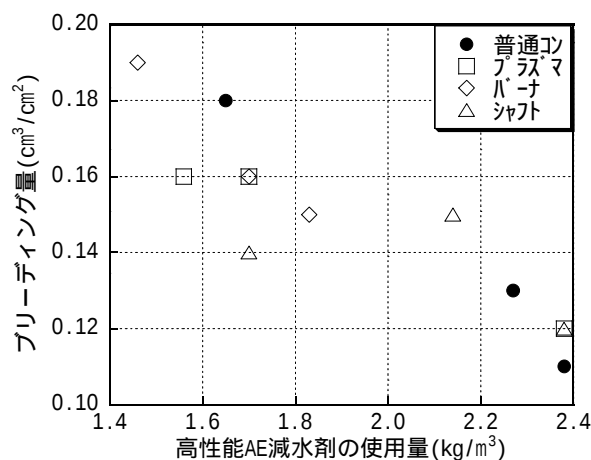


図2 高性能AE減水剤の使用量とブリーディング量の関係

ト中の余剰水が多くなるためと考えられる。さらに、図2からみると、ブリーディング量は、高性能AE減水剤の使用量が多くなるほど減少する傾向にあった。高性能AE減水剤の使用量は、流動性に寄与する水量が多いほど減少すると考えられることから、ブリーディング量は、単位水量および流動性に寄与する水量が少なく、所要の流動性を得るために要する高性能AE減水剤の使用量が多いほど少なくなる。また、これは、本実験で用いた溶融炉の異なるごみ溶融スラグ細骨材を用いたスラグコンおよび普通コンの全ての調査を含めてみられる傾向であった。このことにより、高性能AE減水剤を用いたスラグコンにおいては、一定量以上の高性能AE減水剤の使用量を確保して単位水量により流動性を調整すれば、ブリーディング量を抑制できる可能性がある。

(2) 硬化コンクリート

単位水量と圧縮強度の関係を図3に示す。普通コン、スラグコンともに、単位水量が増大す

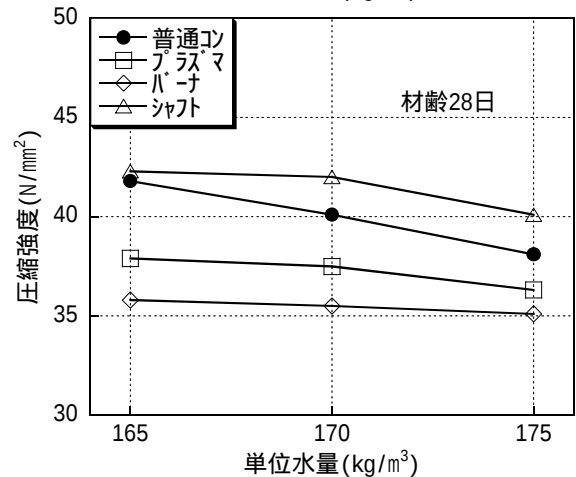
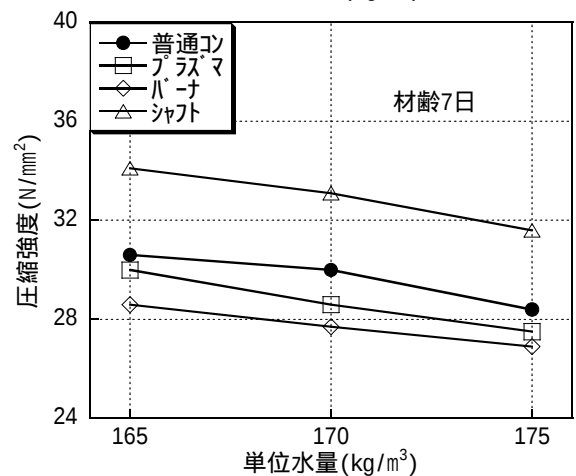
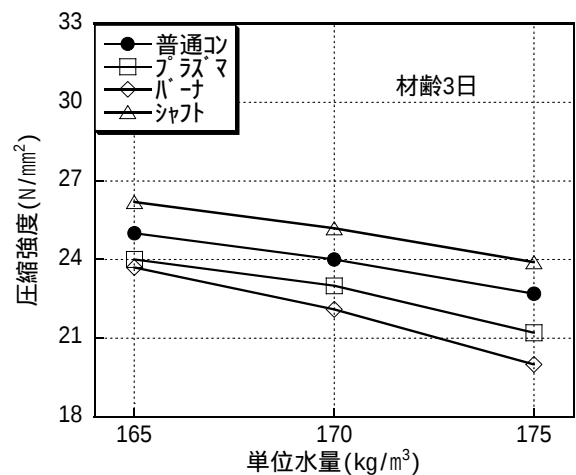


図3 単位水量と圧縮強度の関係

ると圧縮強度が減少する傾向を示した。また、スラグコンは、材齢が経つにつれ、単位水量による圧縮強度の差が小さくなる傾向を示した。なお、本実験の結果では、圧縮強度は、全体にシャフト炉式ガス化溶融炉>普通コン>プラズマ式溶融炉>バーナ式溶融炉の順番となった。これにより、スラグコンの圧縮強度は、普通コンに対し全般に低下するのではなく、溶融炉の種類によって傾向が異なることがわかった。さ

らに、溶融炉の違いによる同一の単位水量における圧縮強度の差は、材齢が経つにつれ、大きくなる傾向を示した。これは、溶融炉の種類の違いにより溶融温度などが異なり、ごみ溶融スラグ細骨材の物理的品質が異なること、また、石灰石などの添加物の違いにより塩基度が異なり、潜在的な水硬性⁶⁾の程度が異なることなどが影響していると考えられる。特に、ごみ溶融スラグ細骨材の粗粒率が小さく、微粒分量が多いほど、スラグコンの圧縮強度は高くなる傾向にあった。これは、既往の研究⁴⁾と同様に、ごみ溶融スラグ細骨材の潜在的な水硬性が粒子の大きさの影響を受けることが関係していると考えられる。

4. まとめ

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートのブリーディングを低減するために、溶融方法の異なる3種類のごみ溶融スラグ細骨材をそれぞれ用いたコンクリートについて、単位水量がブリーディングに及ぼす影響を調べた。この結果、次の知見が得られた。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートは、普通コンクリートと同様に、単位水量が大きいほど高性能AE減水剤の使用量が少なくなる傾向を示した。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートは、一部を除き、単位水量が多くなるとAE剤の使用量が多くなる傾向を示した。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートのブリーディング量は、普通コンクリートと同様に、単位水量が大きいほど増大する傾向を示した。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートのブリーディング量は、高性能AE減水剤の使用量が多くなるほど減少する傾向にあった。3種類の溶融炉から得られたごみ溶融スラグ細骨材をそれぞれ用いたコンクリートの圧縮強度は、シャフト炉式ガス化溶融炉>プラズマ式溶融炉>バーナ式溶融炉の順番を示し、シャフト炉式ガス化溶融炉は、普通コンクリートよりも高くなった。

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は、材齢が経つにつれ、単位水量の違いによる差が小さくなっている傾向を示した。

ごみ溶融スラグを用いたコンクリートの溶融炉の違いによる圧縮強度の差は、同一の単位水量においては、材齢の経過に伴い大きくなる傾向を示した。

以上の結果より、ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートのブリーディングを低減するためには、単位水量を小さくすることが有効であると言える。また、ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの単位水量の違いは、比較的早期の圧縮強度に及ぼす影響が大きいことが分かった。今後は、調合の要因として、水セメント比、置換率および単位粗骨材かさ容積などについて、これらの変化がブリーディングに及ぼす影響を調べて行きたいと考えている。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、毛見虎雄博士ならびに川崎重工業(株)の方々より貴重なご助言を頂きました。また、(株)内山アドバンス中央技術研究所 女屋英明課長およびものつくり大学 建設技能工芸学科 森田鉄也君より多大なご協力を頂きました。ここに付記し、深謝致します。

【参考文献】

- 1) 社団法人 日本産業機械工業会 エコスラグ利用普及センター, 循環社会の輪をつなぐごみと下水の溶融スラグ(エコスラグ)有効利用の課題とデータ集, (2003)
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部長, ごみ処理に係るダイオキシン類の削減対策について, 衛環第21号, (1997)
- 3) 日本規格協会, TR A 0016 一般廃棄物、下水汚泥等の溶融固化物を用いたコンクリート用細骨材(コンクリート用溶融スラグ細骨材), (2002)
- 4) 斉藤丈士, 池永博威, 根本明, ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性状に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, (2004)
- 5) 吉田良勝, 北辻政文, 大西崇夫, ごみ溶融スラグ細骨材のレディーミクストコンクリートへの利用, 土木学会第55回年次学術講演会, (2000), pp. 278-279
- 6) 岡元豊重, 石田泰之, 各種溶融スラグを用いた混合ポルトランドセメントの水和硬化特性に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No. 52, (1998), pp. 28-35