

ごみ溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの性能に関する検討

広島大学大学院 学生会員 ○荒巻 祐也
広島大学大学院 非会員 金子 拓己
広島大学大学院 フェロー会員 佐藤 良一

1. はじめに

近年,環境保全が,国内外を問わず,大きな問題となっている.建設分野においても一般廃棄物や産業副産物のリデュース,リユース,リサイクルの重要性が謳われている.一般廃棄物のリサイクルの一つに,廃棄物を直接焼却処分した際に発生する焼却灰を1,200℃以上の高温で溶融処理し,冷却・固化して副産した溶融スラグの有効活用がある.この溶融スラグは,全国的に副産されており,その処分が大きな問題となっている.ごみ溶融スラグを生産する自治体においては,一般廃棄物を溶融スラグ化し,処分を行っているが,処分費用の負担や最終処分場の延命を図るために,大量処分が可能となるコンクリート骨材としての有効活用が求められている.そのため,ごみ溶融スラグを細骨材に用いたコンクリートの性能の解明が必要である.

しかし,現在では構造用コンクリート骨材としての利用は,JIS規格が未制定¹⁾であるために,まれである.構造用コンクリート骨材への適用が実現すれば,さらに大量処分が可能になり,天然骨材資源の枯渇問題などの環境保全の観点からも有効である.

そこで,本研究では,ごみ溶融スラグをコンクリートの細骨材に0%,15%,30%,45%の4種類の容積置換率で置換を行い,そのそれぞれに対して,W/C(水セメント比)を0.5,0.35,0.17の3種類の計12配合で供試体を作成し,各種試験を行うことで,このコンクリートの基礎性状を実験的に検討することを目的とする.

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合・ブリーディング

本研究で用いた使用材料を **Table.1** に,コンクリートの配合とブリーディングの結果を **Table.2** に示す.

2.2 測定項目

圧縮強度,割裂引張強度,ヤング係数,ブリーディング率,加圧ブリーディング率および電気泳動試験を行い,強度特性及び塩分浸透度の検証をする.ただし,ブリーディング率,加圧ブリーディング率についてはW/C=0.5でのみ,電気泳動試験についてはW/C=0.5,0.35でのみ測定する.強度およびヤング係数は,3,7,28,91日で測定する.養生条件は材齢一日で脱枠後水中養生である.電気泳動試験は材齢28日の供試体を50mmの円盤型供試体に成形し前処理を行い,試験装置で測定し,コンクリート内の細孔径空隙の緻密さを把握する.

Table.1 使用材料

使用材料	種類	産地(製造元)	性質	
			密度 ρ (g/cm ³)	粗粒率
粗骨材	砕石2010	呉市広町蜘蛛取迫	2.65	6.98
	砕石1505		2.65	6.46
細骨材	砕砂	呉市 クリーンセンターくれ	2.62	2.4
	溶融スラグ		2.79	—
セメント	普通ポルトランドセメント(N)	太平洋セメント	3.16	—
	シリカフュームセメント(SFPC)	宇部三菱セメント株	3.08	—
混和材	AE減水剤SV10L	㈱フローリック	—	—
	高性能AE減水剤SF500H		—	—
	高性能AE減水剤SF500U		—	—

Table.2 配合とブリーディング

W/C (%)	スラグ容積置換率 (%)	N	スラグ	水	砕砂	砕石2010	砕石1505	混和剤	AE剤	加圧ブリーディング (%)		ブリーディング (%)
						単容1560kg/m ³				最終	60秒	
50	Base	330.00	0	165	825	590	393	2.97	3.96	22.56	13.89	2.61
	15	330.00	134	165	713	582	388	2.97	3.71	31.23	23.13	2.76
	30	330.00	272	165	596	574	383	2.97	0.99	30.98	18.12	3.74
	45	330.00	415	165	477	565	376	2.97	0.74	29.55	19.31	4.23
35	Base	486.00	0	170	664	600	400	3.65	4.37	—	—	—
	15	486.00	108	170	576	592	395	3.65	3.65	—	—	—
	30	486.00	220	170	483	584	390	3.16	3.28	—	—	—
	45	486.00	338	170	388	575	383	3.16	3.28	—	—	—
17	Base	912.00	0	155	531	516	344	7.75	2.74	—	—	—
	15	912.00	87	155	463	508	338	7.75	2.74	—	—	—
	30	912.00	178	155	390	500	333	7.3	1.37	—	—	—
	45	912.00	274	155	315	491	327	6.84	1.37	—	—	—

3. 試験結果及び考察

3.1 圧縮強度と溶融スラグ細骨材置換率の関係

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度発現について検討するために、まず **Fig.1** に $W/C=0.5$ での材齢 3,7,28,91 日における、溶融スラグ置換率 0%,15%,30%,45%の各配合コンクリートにおける、圧縮強度と材齢の関係を示す。**Fig.1** の結果より、 $W/C=0.5$ においては、3,28 日強度はほぼ同等であり、7,91 日強度では微妙に強度増加が見られた。 $W/C=0.5$ のような普通強度のコンクリートにおいては溶融スラグ細骨材置換の影響があまり見られないといえる。

次に、**Fig.2** に $W/C=0.35$ での材齢 3,7,28,91 日における、溶融スラグ置換率 0%,15%,30%,45%の各配合コンクリートにおける、圧縮強度と材齢の関係を示す。**Fig.2** の結果より、 $W/C=0.35$ においては、溶融スラグ細骨材置換率 15%については無置換のコンクリートとほぼ同等の強度発現を示しているのに対して、30%と 45%については、無置換のものと比較して 15%程度の強度の低下が見られる。これは、28 日、91 日に顕著に見られている。

最後に、**Fig.3** に $W/C=0.17$ での材齢 3,7,28,91 日における、溶融スラグ置換率 0%,15%,30%,45%の各配合コンクリートにおける、圧縮強度と材齢の関係を示す。**Fig.3** の結果より、 $W/C=0.17$ においては、溶融スラグ細骨材置換率 15%については無置換のコンクリートとほぼ同等の強度発現を示しているのに対して、30%と 45%については、無置換のものと比較して強度の低下が見られる。また、置換率の増加によって、強度低下もおおきくなっている。

これら強度低下の要因としては、溶融スラグ細骨材とセメントとの付着の悪さや破砕値の大きいことなどによる溶融スラグ細骨材自体の脆性が考えられる。

3.2 溶融スラグの置換率が圧縮強度とセメント水比の関係への影響

Fig.4 に溶融スラグの置換率が圧縮強度とセメント水比(C/W)の関係に及ぼす影響を示す。材齢は最も一般的の 28 日における圧縮強度である。**Fig.4** の結果より、圧縮強度とセメント水比の関係は全ての置換率においておよそ線形関係を示しており、セメント水比の増加つまりコンクリートの強度増加に伴い、溶融スラグ細骨材混入の影響が顕著に見られることがわかる。

3.3 塩分抵抗性と溶融スラグ細骨材置換率の関係

溶融スラグ細骨材を用いたコンクリートの塩分抵抗性について検討するために、**Fig.5** に $W/C=0.5$ での材齢 3,7,28,91 日における、溶融スラグ置換率 0%,15%,30%,45%の各配合コンクリートにおける、浸透深さと経過時間の関係を示す。溶融スラグ細骨材無置換のコンクリートと比較して、溶融スラグ細骨材置換したコンクリートは浸透速度が遅いといえる。これは溶融スラグ細骨材置換率が大きくなるにつれて、顕著に見られる。15%と 30%の溶融スラグ細骨材置換率については、大きな差はないが、

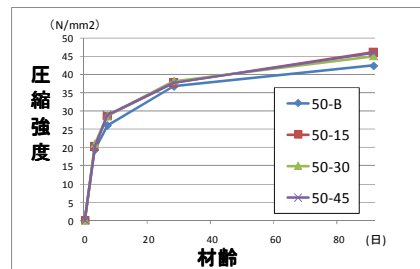


Fig.1 $W/C=0.5$ での圧縮強度と材齢の関係

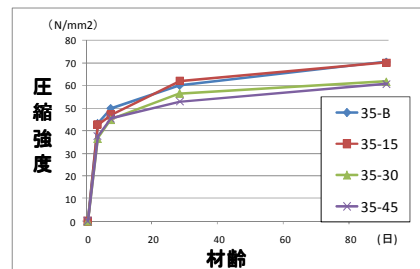


Fig.2 $W/C=0.35$ での圧縮強度と材齢の関係

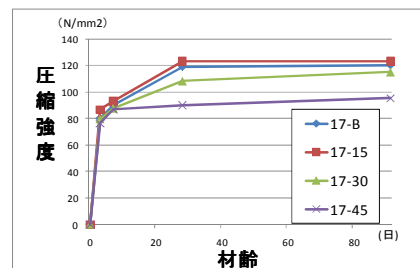


Fig.3 $W/C=0.17$ での圧縮強度と材齢の関係

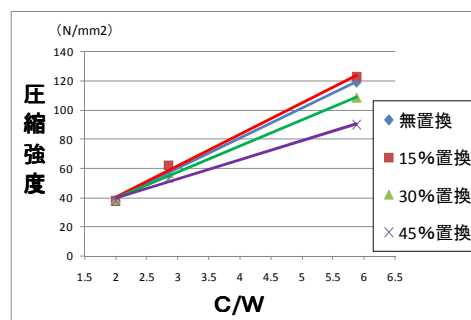


Fig.4 圧縮強度と C/W の関係

それでも無置換のコンクリートと比較すると明らかである。このことより、溶融スラグを細骨材で置換すると、塩分浸透度が抑えられるということが明らかになった。

また、Fig.6に $W/C=0.5$ での材齢 3,7,28,91 日における、溶融スラグ置換率 0%,15%,30%,45%の各配合コンクリートにおける、浸透深さと経過時間の関係を示す。 $W/C=0.5$ の結果と同様に、溶融スラグ細骨材置換したコンクリートは浸透速度が遅いといえ、溶融スラグ細骨材置換率が大きくなるにつれて、顕著に見られる。

これら塩分浸透低下の要因としては、スラグの潜在水硬性によってコンクリート内の細孔構造を緻密化することによる。ただ、この考察についての信頼性は今後溶融スラグ自体の化学成分分析など詳細な検討を行う予定である。

4.結論

- (1) $W/C=0.5$ においては、溶融スラグ置換のコンクリートは溶融スラグ無置換のコンクリートとほぼ同等の強度発現を示した。
- (2) W/C が低下するに従い、溶融スラグ置換による影響は顕著となり、長期強度において特に強度低下を示した。
- (3) 塩分浸透度に及ぼす置換率の影響は、置換率が大きくなれば、塩分浸透度が小さくなる傾向がある。

【参考文献】

- (1) 日本工業標準調査会：JIS A 5031:2010
- (2) 斉藤丈士ほか：ごみ溶融スラグの細骨材としての利用がコンクリートの調合および品質に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，pp.81-86，2004
- (3) 戸田勝哉ほか：ごみ焼却灰溶融スラグを骨材として用いたコンクリートの基礎的性状，石川島播磨技報，Vol.44，No.2（2004・3）
- (4) 佐々木肇ほか：廃棄物焼却灰溶融物のコンクリート骨材への有効利用技術，コンクリート工学技報，Vol.40，No.6，2002年6月

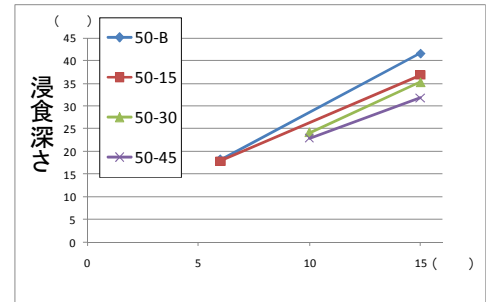


Fig.5 $W/C=0.5$ での浸透深さと経過時間の関係

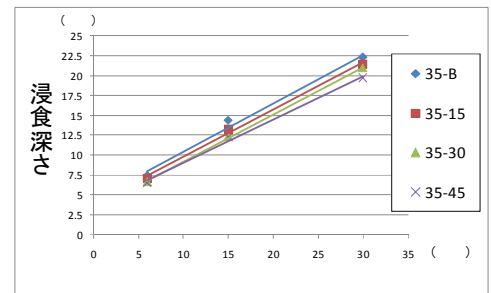


Fig.6 $W/C=0.35$ での浸透深さと経過時間の関係