

碎石微粉によるごみ溶融スラグコンクリートの 品質改善に関する技術開発

十河 茂幸

広島工業大学 工学部 都市デザイン工学科

1. はじめに

ごみ溶融スラグは、廃棄物の減容化を目的に製造され、埋戻し材等の土質材料やコンクリート用骨材等利用されているものの、大半は廃棄物として処理されているのが実状である。これは、ごみ溶融スラグをコンクリート用材料として用いることが、必ずしも良いコンクリート構造物にはならない点など、少なからず課題を抱えているためである¹⁾。そこで本研究では、ごみ溶融スラグをコンクリート用骨材として用いる場合の課題を解決するために、碎石微粉を活用することを提案するものである。本研究の目的は、現状ではほとんど有効利用されていない碎石微粉を組み合わせることがごみ溶融スラグをコンクリート用骨材として有効利用することを目的としている。

ここでは、細骨材として砕砂と溶融スラグの混入率を1:1としたコンクリートに、セメントと同等の粉末度をもつ碎石微粉を組み合わせ、碎石微粉を用いていないごみ溶融スラグコンクリートの性質に対するフレッシュコンクリートの性質、強度特性、および耐久性の改善効果を実験的に示す。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1に、配合の一部を表-2に示す。溶融スラグは、呉市産のアーキ式電気溶融炉で生産された水砕スラグである。砕砂100%とした配合に対し、溶融スラグ50%とした細骨材の組み合わせに、碎石微粉を0、40、60、80、120kg/m³混合した配合とした。なお、水セメント比は55%、目標空気量は4.5%（凍結融解試験においては2.0%）、細骨材率は48%（一部50%）とした。

表-1 使用材料

種類	記号	物理的性質など
セメント	C	太平洋セメント社製
		普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³
水	W	水道水
砕砂	S1	密度2.69g/cm ³ 、吸水率1.69%
溶融スラグ	S2	呉市産
		密度2.72g/cm ³ 、吸水率0.84%
碎石微粉	S3	(株)みどり社産
		密度2.77g/cm ³ 、比表面積3510cm ² /g
砂石(大)	G1	碎石2010 密度2.69g/cm ³ 、吸水率0.36%
碎石(小)	G2	碎石1005 密度2.69g/cm ³ 、吸水率0.70%
混和剤	Ad1	高機能AE減水剤
	Ad2	AE助剤

2.2 試験項目および方法

試験項目は、スランプ、空気量、圧縮強度、凍結融解抵抗性、中性化抵抗性、長さ変化とし、試験方法はそれぞれJISに準拠した。なお、長さ変化の測定はダイヤルゲージ法とした。

表-2 配合（フレッシュコンクリートおよび強度への影響の場合）

シリーズ	配合	水セメント比 W/C (%)	目標空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
					水	セメント	細骨材			粗骨材		混和剤	
							砕砂	熔融スラグ	砕石微粉	砕石1005	砕石2010	AE減水剤	AE助剤
							W	C	S ₁	S ₂	S ₃	G ₁	G ₂
I	1	55	4.5±1.5	48	165	300	898	0	0	340	631	2.10	1.80
	2	55	4.5±1.5	48	165	300	674	227	0	340	631	2.10	1.80
	3	55	4.5±1.5	48	165	300	449	454	0	340	631	2.10	1.80
	4	55	4.5±1.5	48	165	300	225	681	0	340	631	2.10	1.80
II	5	55	4.5±1.5	48	165	300	449	454	0	340	631	2.10	1.80
	6	55	4.5±1.5	48	165	300	440	445	40	333	619	2.10	1.80
	7	55	4.5±1.5	48	165	300	430	435	80	326	605	2.10	1.80

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの性質

熔融スラグを細骨材の一部に用いたコンクリートのスランプおよび空気量の測定結果を図-1、図-2に、熔融スラグを用いたコンクリートに砕石微粉を用いたコンクリートのスランプ、空気量を図-3、図-4に、それらのブリーディング試験結果を、図-5、図-6に示す。熔融スラグの混合率の増加に伴い、増加するスランプおよび空気量は、砕石微粉の使用で減少し、ブリーディングは砕石微粉の混合で大幅に改善されることが認められた。

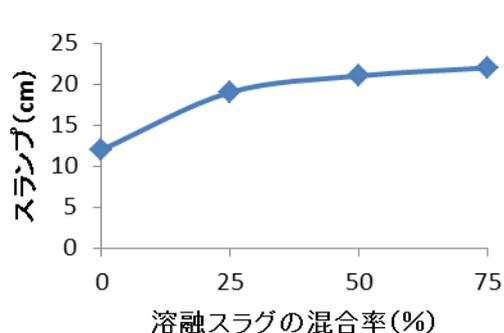


図-1 熔融スラグコンクリートのスランプ

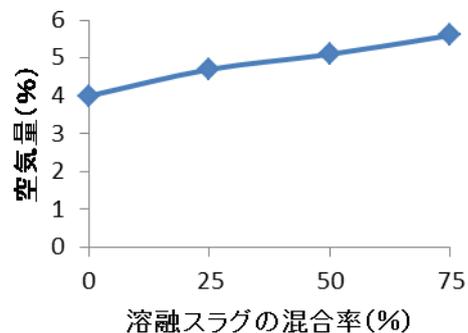


図-2 熔融スラグコンクリートの空気量

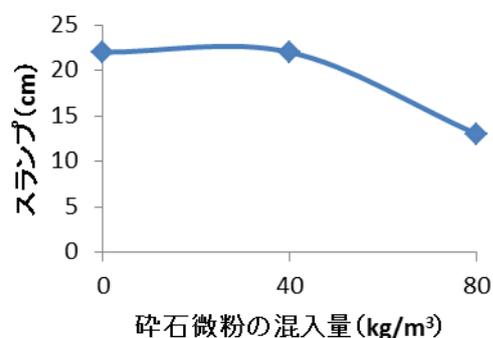


図-3 砕石微粉によるスランプ変化

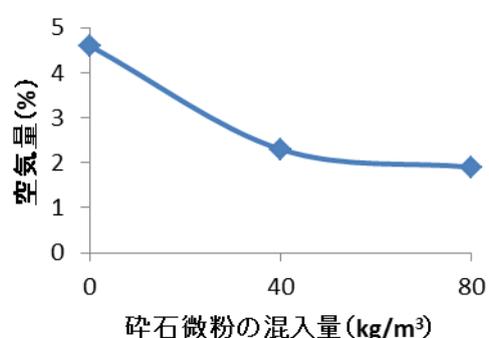


図-4 砕石微粉の使用による空気量変化

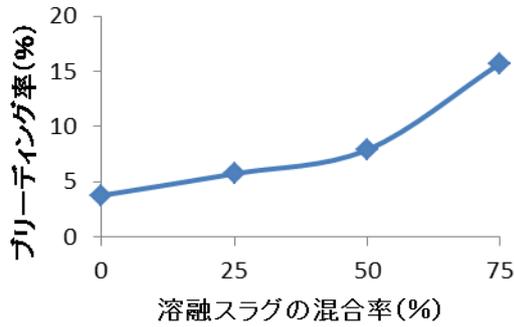


図-5 溶融スラグコンクリートのブリーディング

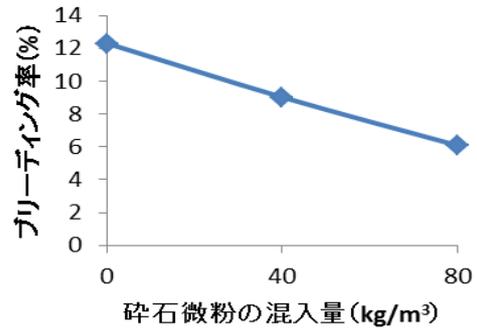


図-6 砕石微粉のブリーディング抑制効果

3.2 砕石微粉の混入が圧縮強度に及ぼす影響

圧縮強度試験結果を図-7、図-8に示す。溶融スラグを細骨材の一部に使用すると、圧縮強度は混合率に伴いやや減少するが、砕石微粉を使用すると混合率に伴い強度は改善される。なお、強度の伸びについては顕著な差が認められない。

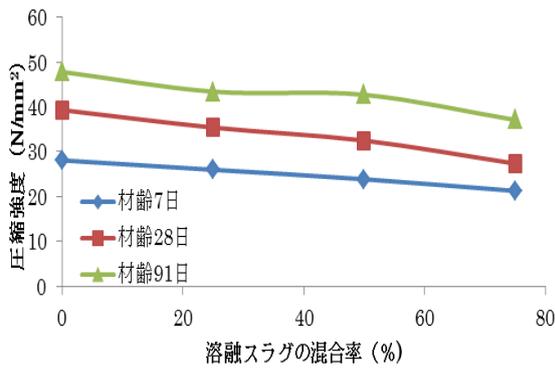


図-7 溶融スラグコンクリートの圧縮強度

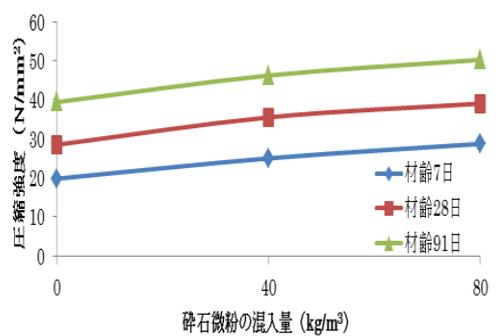


図-8 砕石微粉による圧縮強度改善効果

3.3 砕石微粉の混入が凍結融解抵抗性に及ぼす影響

凍結融解試験結果を図-9に示す。溶融スラグの使用、砕石微粉の使用に関わらず、空気量の連行が凍結融解抵抗性に効果的である。その上で、溶融スラグの使用は相対動弾性係数をやや低下させ、砕石微粉の混入は凍結融解抵抗性を改善することが認められる。なお、質量減少率については、顕著な差が認められなかった。

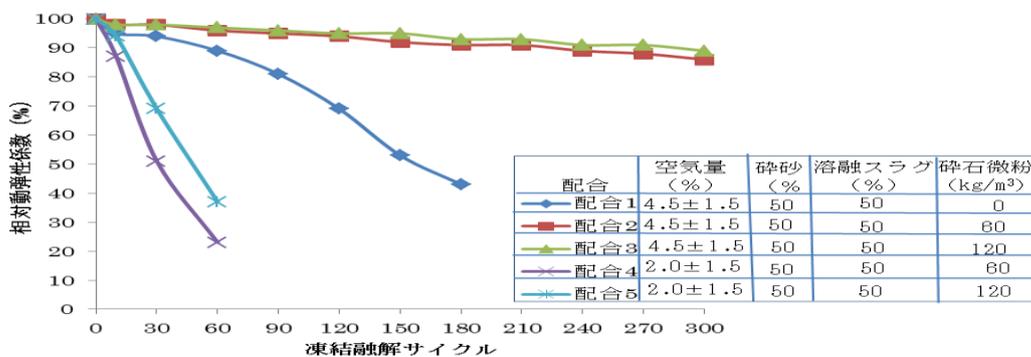


図-9 凍結融解繰り返しに伴う相対動弾性係数の変化

3.4 碎石微粉の混入が中性化抵抗性に及ぼす影響

溶融スラグを細骨材の一部に使用したコンクリートに碎石微粉を混合したコンクリートの促進中性化試験における中性化深さの測定結果を、**図-10**、促進中性化速度係数を**図-11**に示す。

コンクリート中の空気量の多少で異なるが、碎石微粉を混入することにより、中性化速度は抑制される傾向が認められる。

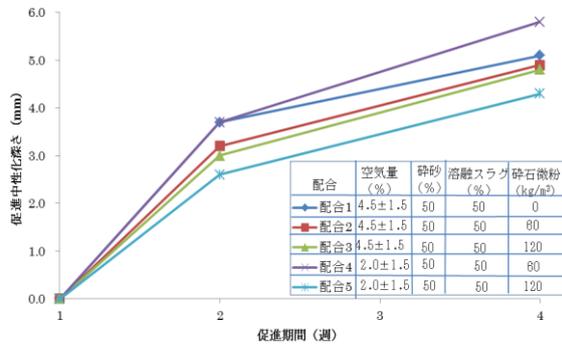


図-10 中性化促進試験による深さ測定結果

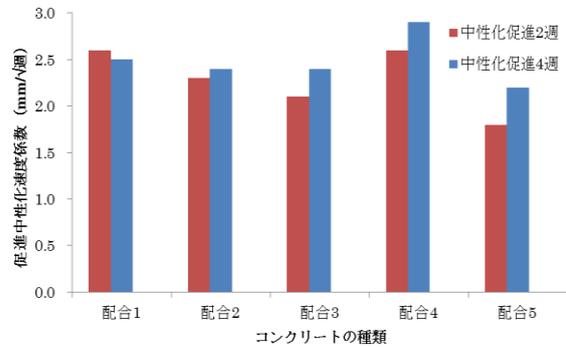


図-11 中性化速度係数の算定結果

3.5 碎石微粉の混入が長さ変化に及ぼす影響

溶融スラグを細骨材の一部に使用したコンクリートとそれに対して碎石微粉を混合したコンクリートの長さ変化測定の結果を**図-12**、その際の質量減少率を**図-13**に示す。測定にバラツキが見られ、溶融スラグの使用、碎石微粉の混合ともにひび割れ抵抗性の顕著な差が認められない結果となった。

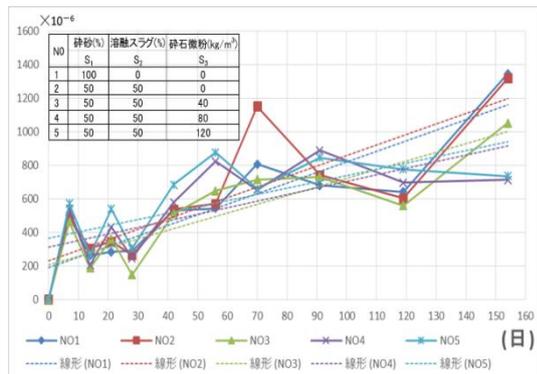


図-12 長さ変化の測定結果

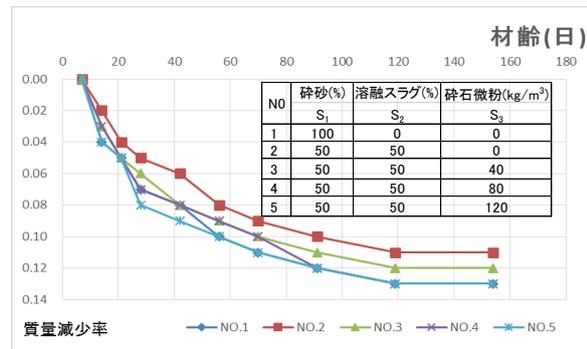


図-13 質量減少率の測定結果

4. おわりに

溶融スラグを細骨材の一部に使用することにより、ワーカビリティの低下、強度低下、耐久性の低下が認められたが、碎石微粉を適切に混合することにより、コンクリートの多くの品質が改善されることが明らかとなった。廃棄物の増加を抑制するためには、ごみ溶融スラグの使用が望まれるが、碎石生産時に廃棄されることの多い碎石微粉を活用することが有効である。

なお、この研究の実施に際しては、中国技術事務所の試験機をお借りするなど、多くのご協力を得たことに深謝するとともに、一般社団法人中国建設経済会の助成を受けたことに感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学会中国支部編：ごみ溶融スラグの構造用コンクリートへの活用—設計・施工試案—, 2013