

高炉スラグ細骨材を多量に用いたコンクリートの配合と物性

鳥取大学大学院 学生会員 ○博多 正貴 鳥取大学大学院 正会員 黒田 保
 鳥取大学大学院 正会員 吉野公 宇部三菱セメント(株) 正会員 大西 利勝
 JFE ミネラル(株) 正会員 吉澤 千秋

表 1 使用材料

種類	産地・性質
セメント	普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm ³)
細骨材	倉敷産高炉スラグ細骨材(BFS-K, 絶乾密度2.76g/cm ³ , 吸水率0.49%)
	福山産高炉スラグ細骨材(BFS-F, 絶乾密度2.70g/cm ³ , 吸水率0.32%)
	石灰石砕砂(L, 絶乾密度2.67g/cm ³ , 吸水率1.06%)
	石灰石微粉末(密度2.68g/cm ³)
粗骨材	普通砕石(G, 絶乾密度2.65g/cm ³ , 吸水率0.82%)
混和剤	AE減水剤(マスターポリヒード15S)
	AE助剤(マイクロエア 202)

1 はじめに

近年、環境に対する影響が問題となっており、コンクリートに使われる良質な天然細骨材の入手が困難になってきている。そのため、鉄鋼の製造の副産物である高炉スラグ骨材が工事現場で使用するよう推奨されている。しかし、使用量が増加すると施工性が悪くなると言われている。そこで、石灰石微粉末を添加させることで単位水量を低減させ、施工性の改善を図った。そのコンクリートの物性を検討することが本研究の目的である。

2 実験概要

使用材料を表1に示す。高炉スラグ細骨材は、整粒方法の違う2種類のものを使用した。整粒方法については、表2に示すとおりである。示方配合を表3に示す。今回のコンクリートの配合条件として、目標スランプ $8 \pm 1.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とした。細骨材として高炉スラグ細骨材だけ使用したコンクリートに石灰石微粉末を添加させた場合の圧縮強度、凝結時間、ブリーディング量、および加圧による脱水量に関する影響を考察する。また、石灰石微粉末の単位粉体量の増加が圧縮強度、凝結時間、ブリーディング量、および加圧による脱水量に関して与える影響を考察する。また、高炉スラグ細骨材置換率 80%、100%のコンクリートの圧送性の良否をそれぞれ調べるために加圧ブリーディング試験で脱水量曲線(脱水量と経過時間との関係)を用いてポンパビリターの良否を評価する。

3 実験結果と考察

3.1. 配合決定

スランプ $8 \pm 1.5\text{cm}$ と空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ を目標に試練りを行った。また、単位水量を土木学会上限である 175 kg/cm^3 以下で練混ぜを行うことを目標とした。しかし、AE 減水剤の上限としている単位粉体量 P(セメントと石灰石微粉末を合計したもの) $\times 1.0(\%)$ を超える場合では、単位水量を増加して練り混ぜを行い、所要のスランプと空気量を得た。結果として、建築学会上限である 185 kg/cm^3 以内で倉敷産と福山産それぞれ練り混ぜを行うことができた。

表 3 各高炉スラグの整粒方法

	整粒方法	JIS区分
倉敷産	乾式方法	1.2mm
福山産	湿式方法	5.0mm

表 2 コンクリートの示方配合

	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	LSP	BFS	L	G
K80 P350	55	50	45	175	318	32	668	160	980
K80 P400	55	44	44	175	318	82	635	152	970
K80 P450	55	39	43	175	318	132	603	145	959
F80 P350	55	50	43	175	318	32	638	153	1016
F80 P400	55	43	42	170	309	91	595	147	1012
F80 P450	55	38	41	170	309	141	564	139	1000
K100 P350	55	53	46	185	336	14	842	0	949
K100 P400	55	44	44	175	318	82	794	0	970
K100 P450	55	38	43	170	309	141	759	0	966
F100 P350	55	51	43	180	327	23	773	0	1009
F100 P400	55	44	42	175	318	82	738	0	1005
F100 P450	55	38	41	170	309	141	705	0	1000
BFS 0%	55		42	150	273	0	0	806	1113

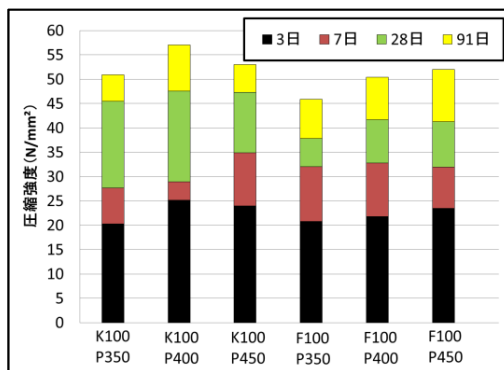


図 1 圧縮強度試験 結果

キーワード 高炉スラグ細骨材, ブリーディング, 圧送性

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部土木学科内建設材料研究室
 TEL0857-31-5281

3.2. 圧縮強度試験

図 1 に結果を示す。倉敷産と福山産の高炉スラグ細骨材置換率 100%を用いたコンクリートでは、28, 91 日強度は倉敷産の方が高い値を示した。91 日強度では、単位粉体量増加によって、倉敷産と福山産ともに圧縮強度は高くなる傾向があった。これは石灰石微粉末の添加によってコンクリートの充填性が増加したためである。

3.3. 凝結時間試験

図 2 に凝結始発と凝結終結の関係を示す。倉敷産と福山産の高炉スラグ細骨材置換率 100%を用いたコンクリートでは、細骨材の違いで始発時間と終結時間には大きな差は生じなかった。また、単位粉体量の違いでも大きな差は生じなかった。

3.4. ブリーディング試験

図 3 に経過時間ごとのブリーディング量の関係を示す。倉敷産と福山産の高炉スラグ細骨材をそれぞれ使用したコンクリートは、単位粉体量の増加することによりブリーディング量は抑制されていることがわかる。また、P450 に関しては、大きな差は生じていないが、P350 と P400 では、倉敷産の方がブリーディング量が大きいことがわかる。要因として、倉敷産高炉スラグ細骨材の粒形には角がなく、丸みがあるためブリーディングが出やすいためと考えられる。石灰石微粉末の添加量増加によって、ブリーディング量を抑制できることが分かる。

3.5. 加圧ブリーディング試験

図 4, 5 に結果を示す。脱水量曲線では、高炉スラグ細骨材置換率 80, 100%のいずれも土木学会でポンパビリティの評価として推奨されている方法の標準曲線の範囲に入っている。脱水量曲線では高炉スラグ細骨材の置換率 80, 100%と高炉スラグ細骨材を使用せず、石灰石細骨材だけを細骨材として使用したコンクリート(BFS0)とでそれぞれ比較した。置換率 80%の場合では、BFS0 の曲線と同じような曲線を描いた。置換率 100%の場合は、BFS0 よりも全体的に脱水量は少なかった。石灰石砕砂と高炉スラグ細骨材では石灰石砕砂の方が微粒分量は 6%程高く、高炉スラグ細骨材だけ細骨材として用いたコンクリートの方が加圧による脱水量は低くなったと考えられる。

4 まとめ

細骨材として高炉スラグ細骨材だけを使用したコンクリートに石灰石微粉末を添加することによって、練り混ぜを行うことができた。

圧縮強度は、石灰石微粉末の添加により、28, 91 日強度が増加した。

凝結始発時間と終結時間では骨材の違いや単位粉体量の違いでの影響は見られなかった。

単位粉体量が倉敷産高炉スラグ細骨材では P450 の場合で、福山産では P400, 450 の場合で、ブリーディング量が建設学会高耐久性コンクリート品質目標である $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以内で打設が可能であった。

脱水量曲線では、高炉スラグ細骨材置換率 80%, 100%の単位粉体量いずれの場合も、土木学会でポンパビリティの評価として推奨されている方法の標準曲線の範囲に入っている。

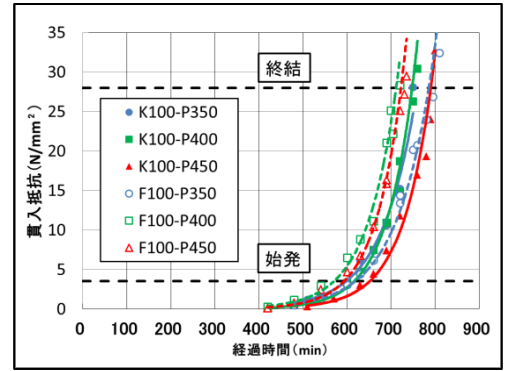


図 2 凝結時間試験 結果

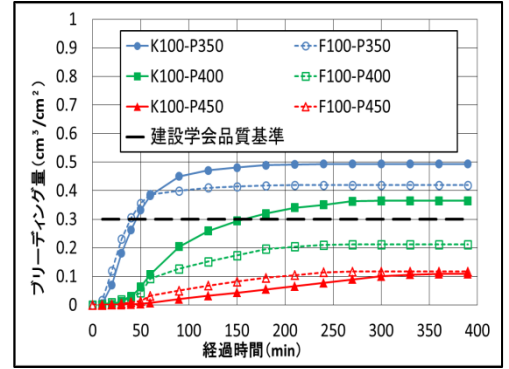


図 3 ブリーディング量

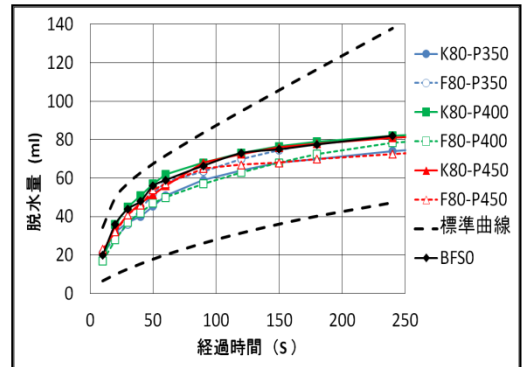


図 4 脱水量曲線 置換率 80%

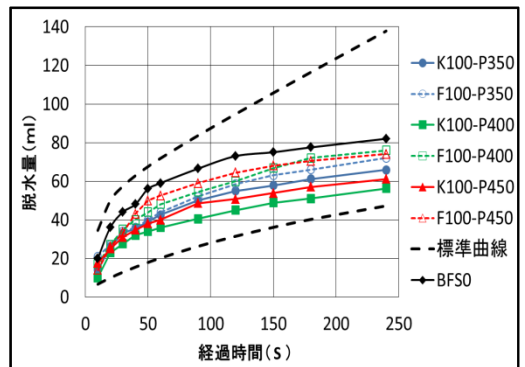


図 5 脱水量曲線 置換率 100%