

非鉄金属スラグを用いたコンクリートの凍結融解抵抗性について

八戸高専 正〇菅原隆
八戸工大 正 庄谷征美
八戸工大 正 杉田修一

1. まえがき

天然産骨材の枯渇に伴い、鉄鋼スラグや非鉄金属スラグなど産業廃棄物をコンクリート用骨材として用いるための研究が各方面で行なわれている。鉄鉄の製造時に発生する高炉スラグについてはコンクリート用骨材として実施工に使用されており、その指針も示されている。非鉄金属であるフェロニッケル、フェロクロムスラグ等についても種々の研究が行なわれており、資源の有効利用が検討されているが、それらを用いたコンクリートの凍結融解などの抵抗性についての研究はまだ少ない。ここでは主として、非鉄金属フェロニッケル、フェロクロムスラグおよび亜鉛水砕スラグをそれぞれ粗骨材および細骨材として使用したコンクリートの凍結融解抵抗性について報告する。

2. 使用材料および実験方法

実験に使用したフェロニッケルスラグ粗骨材は徐冷乾砕したものと急冷風砕処理したものの2種、フェロクロムスラグ粗骨材は乾砕したものの1種である。細骨材としては亜鉛水砕スラグを用いた。その他ベースコンクリート用として碎石、川砂を使用した。これらの物理的性質は表1に示してある。コンクリートの配合は目標スランプ8cm、目標空気量5%とし、セメントは普通ポルトランドセメントを用い、混和剤としてAE剤(ヴィンソル)を用いた。AEコンクリートの水セメント比は55%, 65%, プレーンコンクリートの水セメント比は45%, 55%である。その他、7%と55%のAEコンクリートでは碎石と各種スラグ粗骨材を容積比で5:5に混合使用した場合および川砂と亜鉛水砕スラグを容積比で7:3, 3:7とした場合についても検討しており、同水セメント比のプレーンコンクリートでは亜鉛と川砂を容積比で5:5として用いた場合も検討した。これから25種類のコンクリートの配合については表2に示してある。

凍結融解試験はASTM-C 666の方法に準じて気中凍結水中融解方式で行なった。凍結は3時間以内、融解は1時間以内(-17.8℃～+4.4℃)となるようにセットし、1サイクルかけた後質量、共振周波数、超音波伝播時間を測定した。これらを基準として30サイクル毎に試験槽内における供試体の位置、上下を変えて300サイクルまで測定した。

凍結融解に対する抵抗性はコンクリート中の空気量およびその気泡間隔係数などに

より大いに改善されるが、本実験においてはその影響が図1, 2, 3, 4, 5に示されている

表-1. スラグ骨材の物理的性質

骨材の種類		比重	吸水率 (%)	F. M.	単位容積 (Kg/l)	すりへり (%)	B S破砕 (%)	安定性 (%)
粗骨材	SG 砕石	2.95	1.11	7.10	1.76	21.9	13.6	4.9
	KG 乾砕	2.72	2.42	6.75	1.56	32.2	23.7	7.8
	HG 風砕	2.73	1.61	6.30	1.36	36.3	37.4	1.4
	Cr 乾砕	3.06	0.84	6.79	1.87	15.9	13.6	1.0
細骨材	Rs 川砂	2.58	1.10	2.51	1.70	—	—	4.8
	Zn 水砕	3.77	0.65	2.60	1.97	—	—	0.8

KG: フェロニッケル乾砕, Cr: フェロクロム乾砕, SG: 碎石
HG: フェロニッケル風砕, Zn: 亜鉛水砕, Rs: 川砂

表-2. コンクリートの配合, 性状及び圧縮強度

コンクリート種類	種類 W/C	Air (%)	DF (%)	圧縮強度	コンクリート種類	種類 W/C	Air (%)	DF (%)	圧縮強度
SG/Rs	45P	1.4	37	396	Cr/Rs	45P	1.1	11	427
	55P	1.8	17	284		55P	1.1	13	303
	55AE	6.2	99	261		55AE	4.5	100	304
	65AE	6.3	100	175		65AE	6.0	103	186
	55AE	6.3	100	175		55AE	5.0	96	289
KG/Rs	45P	0.9	15	402	SG/Zn	55P	1.7	9	327
	55P	1.0	—	281		55AE	3.5	101	313
	55AE	5.3	100	296		65AE	5.7	98	198
	65AE	5.8	103	174		55P	2.3	48	293
	55AE	3.4	100	312		55AE	4.6	101	268
HG/Rs	45P	1.2	15	471	SG/(3Zn+7Rs)	55AE	4.4	101	316
	55P	1.5	8	337					
	55AE	4.8	90	319					
	65AE	5.7	101	209					
	55AE	4.3	100	297					

表 中 P: プレーンコンクリート
AE: AEコンクリート

ように明確に表われている。プレーンコンクリートにおいては図1に示してあるベースコンクリート用としての S_g/R_s 45Pと図5に示してある粗骨材として碎石、細骨材として亜鉛氷砕スラグと川砂を半々に用いたコンクリート ($S_g/(5Zn+5R_s)$) が比較的耐久性を有しているにすぎない。他のプレーンコンクリートは凍結融解の作用を受けた直後から劣化ははじめ、凍結膨張による無数のひびわれを生じた。特に打ち込み上面はブリージングの影響によるものと思われるが、モルタルやセメントペーストとの骨材界面での付着切れによる剥離が数多く見られた。

AEコンクリートにおいては300サイクルにおける耐久性指数が90%以上あり十分な耐久性を有していることがわかる。フェロニッケルの乾砕、風砕、フェロクロムの乾砕、亜鉛氷砕スラグなどを用いた骨材種類の違いや水セメント比の違いによる、凍結融解に対する抵抗性は必ずしも明確とならなかったが、適当量の空気を連行することにより、これら骨材を用いた場合でも十分な耐久性を有することがわかった。

4. まとめ

本実験の範囲内において、非鉄金属であるフェロニッケルスラグ、フェロクロムスラグ、亜鉛氷砕スラグをコンクリート用骨材として用いた場合、適当な空気量を有するAEコンクリートにすることにより、凍結融解に対する抵抗性は大いに改善され、所要の耐久性を有するコンクリート用骨材として十分利用できるものと思われる。

今後は連行空気量やエントラップドエアと耐久性の関係、安定性やBS破壊など骨材の物性と耐久性の関係について検討を要する。

参考文献

1. 小林, 田中, 高橋, 前原「フェロニッケルスラグ細骨材を用いたコンクリートの耐凍害性」 氷回コンクリート工学講演会論文集 1984 P73~P76

