

V-220 非鉄金属スラグコンクリートの耐久性について

八戸工業高等専門学校 ○正会員 菅原 隆
八戸工業大学 " 庄谷 征美
 " 杉田 修一

1. まえがき

産業廃棄物としての非鉄金属スラグをコンクリート用骨材として用いた時の耐久性を知るため、ここではフェロニッケルスラグ、フェロクロムスラグを粗骨材として、亜鉛水砕スラグを細骨材として用いたコンクリートの凍結融解に対する抵抗性について実験を行ったのでここに報告するものである。

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の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のもの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。プレーンコンクリートの水セメント比は45%、55%の2種類である。AEコンクリートの水セメント比は55%、65%であり、水セメント比55%のものについて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についても検討した。亜鉛水砕スラグを細骨材として使用したコンクリートについては水セメント比55%において川砂とスラグを容積比で7:3、3:7としたAEコンクリートと5:5のプレーンコンクリートについても検討した。その他、水セメ

ント比55%において目標空気量(3%)を変えたコンクリートについても実験継続中である、これら31種類のコンクリートの性状は表-2に示しある。

凍結融解試験用供試体は7.5×10×40cmの大きさである。その他圧縮強度試験用としてφ10×20cmのものを1種類のコンクリートにつきそれぞれ3本ずつ作製し、材齢14日まで水中養生（20℃）を行った。

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った。凍結（+4.4℃～-17.8℃）は3時間以内、融解（-17.8℃～+4.4℃）は1時間以内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。

表-1. スラグ骨材の物理的性質

		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 碎石	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
	HC 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
HC: フェロニッケル風砕, Zn: 亜鉛水砕, Rs: 川砂

表-2. コンクリートの種類、性状及び圧縮強度

コンクリートの種類	W/C (%)	Air (%)	DF (%)	14日圧強	コンクリートの種類	W/C (%)	Air (%)	DF (%)	14日圧強
S _c /R _s	45P	1.4	44	396	C _r /R _s	45P	1.1	11	427
	55P	1.8	17	284		55P	1.1	13	303
	55AE	4.3	*	294		55AE	3.7	*	263
	55AE	6.2	99	261		55AE	4.5	100	304
	65AE	6.3	100	175		65AE	6.0	103	186
K _c /R _s	45P	0.9	15	402	(C _r +S _c)/R _s	55AE	5.0	96	289
	55P	1.0	*	281		45P	2.6	*	422
	55AE	2.0	*	282		55P	1.7	9	327
	55AE	5.3	100	296		55AE	5.9	*	258
	65AE	5.8	103	174		55AE	3.5	101	313
(K _c +S _c)/R _s	55AE	3.4	100	312	S _c /Z _n	55AE	5.7	98	198
H _c /R _s	45P	1.2	15	471		55P	2.3	48	293
	55P	1.5	8	337		55AE	4.6	101	268
	55AE	2.8	*	303		55AE	4.4	101	316
	55AE	4.8	90	319					
	65AE	5.7	101	209					
(H _c +S _c)/R _s	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 *: 実験継続中				

3. 実験結果

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、本実験においてもその影響が図1～5に示されている。プレーンコンクリートにおいては図-1の砕石と川砂を用いた $S_a/R_s: 45P(Air:1.4\%)$ と図-5における砕石と細骨材として亜鉛水砕スラグと川砂を半々に用いた $S_a/(5Zn+5R_s):55P(Air:2.3\%)$ 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しはじめ、凍結膨張による無数のひびわれを生じた。特に打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凍結融解300サイクルにおいても殆んど変化は無く十分な耐久性を有していることがわかる。図-6に耐久性指数(DF)とコンクリート打込み時における各種骨材の吸水率(含水率)との関係を示してある。図より吸水率の違いが耐久性に及ぼす影響を明らかにすることはできないが、プレーンコンクリートの場合は水セメント比の小さい方がわずかに耐久性がまさっていると思われる。骨材種別における違いは明確ではない。図-7に耐久性指数と空気量の関係を示す。この図よりAEコンクリートとした場合は空気量3%以上であれば十分な耐久性を有している事がわかる。またプレーンコンクリートにおいても同一水セメント比の場合エントラップドエアの多い方が耐久性指数の値も大きくなる傾向にあることがわかる。以上の事から各種スラグを骨材として用いたコンクリートにおいて骨材種別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、これか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。

※55%のAEコンクリートにおいて空気量の違いが耐久性に及ぼす影響等については当日発表の予定である。

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、亜鉛水砕スラグをコンクリート用骨材として用いた場合、3%程度以上のAEコンクリートとすることにより、凍結融解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。

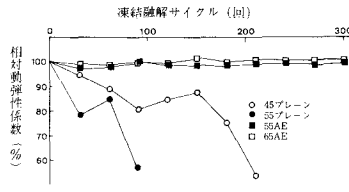
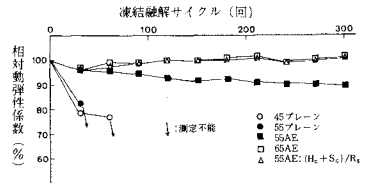
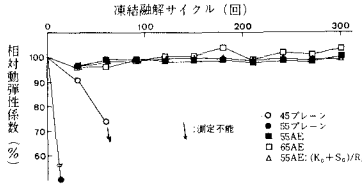
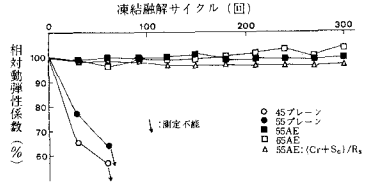
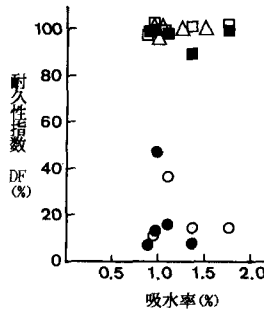
図1. S_a/R_s : 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数図3. H_2/R_s : 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数図2. K_2/R_s : 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数図4. Cr/R_s : 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数

図-6 DFと吸水率の関係

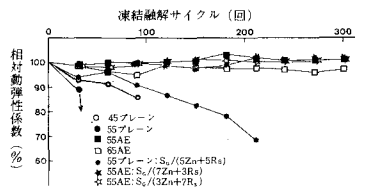
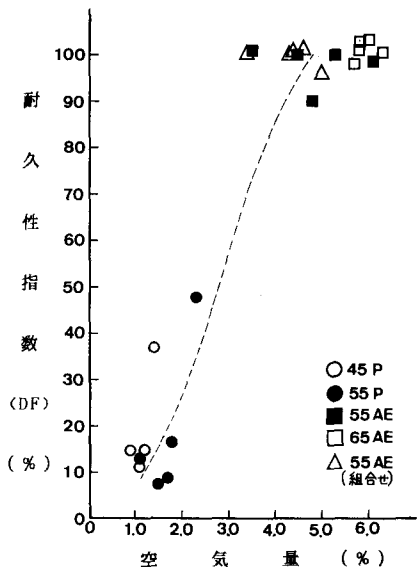
図5. S_a/Zn : 凍結融解サイクル数と相対動弾性係数

図-7 DFと空気量の関係