

八戸工業大学 ○正会員 杉田 修一
 “ “ “ 庄谷 征美
 大平洋金属(株) 八戸工場 村井 浩介

1. まえかき 本研究はフェロアロイスラグの有効利用を目的として、フェロクロムスラグおよびフェロニッケルスラグのコンクリート用粗骨材としての適性を探るために実施したもので、本文では主にフレッシュコンクリートの性質や硬化コンクリートの力学的短期特性などの基礎的検討の結果を述べる。なお、骨材のエーゼンク効果やコンクリート品質の長期的安定性については実験を継続中であり機会を得て報告したい。

2. 使用材料の化学的および物理的性質

記号を次のように略記する：フェロクロム乾燥 Cr, フェロニッケル乾燥 Kg および 風砕 Hg, 砕石 Sg, 川砂 Rs。各スラグの化学成分を表-1, 使用骨材の物理的性質を表-2, 各スラグの形状を写真1~3に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、混和剤はAE剤ウインソルを使用した。各骨材の特徴は Cr は Sg とはほぼ同様であり、Kg は小気泡が多くみられ、Hg は写真-3にみられるように形状がきわめて複雑で、実績率 51.4 と低いこと、Kg, Hg のすりへり減量および BS 破砕値の大きいこと等である。

3. 実験結果

1) 配合：配合設計に先立ち最適 S/a を VB 試験により決定したか（図-1），試験練りによる目視の結果と±2%の範囲で適合した。Hg を除き Cr, Kg は Sg とはほぼ同程度の S/a となった。配合は粗骨材最大寸法 25mm, たゞし、Hg のみ 20mm, スランプ 8cm, 空気量 5%, W/c = 40, 55, 75%, 砕石スラグ等の粗骨材は各単独使用の他に両者の等量混合使用の場合についても検討を行なった。表-3は Sg を基準とした所要単位水量比を示したものであるが、Hg 使用の場合には最大寸法の相異を考慮してもなお大きくなることが明らかであり、粒形、実績率の低さと関連すると考えられる。

2) フレッシュコンクリートの性質

(イ) 凝結時間：練り上りコンクリートを 5mm ふるいによりウェットスクリーンしたモルタルについて 21℃の室内にてフックター貫入試験を行なった。Sg の場合

W/c = 40% で 始発 6h - 09m, 終結 7h - 50m, W/c = 70% で それぞれ 6h - 45m, 8h -

表-1 スラグ成分表 (%)

骨材方式	SiO ₂	Fe	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	NI	Cr	S	MnO	CuO	SO ₃	Na ₂ O
フェロニッケル風砕	52.4	6.46	1.85	1.81	22.3	0.079	0.31	0.037					
フェロニッケル乾燥	55.4	3.55	2.51	2.28	23.1	0.05	0.05	0.066					
フェロクロム乾燥	31.3		3.28	23.2	4.52	21.94			0.35	0.17	4.62	0.04	0.07

表-2 骨材試験表

	FM (%)	単位容積重量 g/cm ³	実績率 (%)	比重	吸水	すりへり (%)	BS 破砕 (%)	安定性 (%)	軟石量 (%)
砕石 SG	7.54	1.76	66.9	2.66	1.11	21.9	13.6	4.9	4.1
乾燥 KG	6.48	1.56	57.4	2.78	2.29	32.2	23.7	7.8	—
風砕 HG	6.23	1.36	51.4	2.69	1.61	36.3	37.5	1.4	0
クロム Cr	6.56	1.87	62.0	3.04	0.85	15.9	13.6	1.0	0
川砂 RS	2.32	1.70	65.6	2.62	1.10	—	—	4.8	—



写真-1 (Cr)



写真-2 (KG)

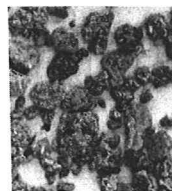


写真-3 (HG)

表-3 所要単位水量

a. l : 8cm		w/c = 55%		SG 単位水量		NON AE = 190kg/m ³		AE = 168kg/m ³	
	SG	Cr	KG	HG	50 + 50	50 + 50	50 + 50	50 + 50	50 + 50
NON AE	100	107	109	116	100	106	111		
AE	100	107	108	117	104	106	111		

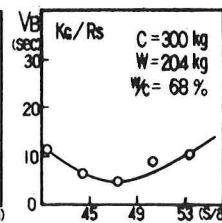
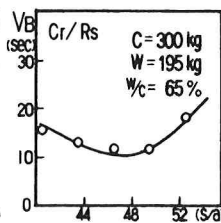
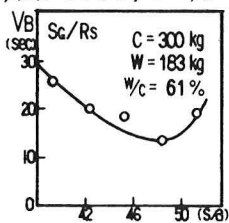


図-1 V. B-s/a

15mであったが、各スラグ使用の場合もこれと大差ない結果が得られたので、骨材成分とペースト中のアルカリ分などの反応による凝結性状の変化はないものと考えられる。(ロ)ブリーディング:

ブリーディング率の測定結果を図-2に示す。 $S_g < Cr < K_g < H_g$ の順に大きくなり、骨材の表面性状や単位ペースト量の相異に関連するものと考えられる。

3) 硬化コンクリートの性質

(イ) 圧縮強度: σ_c - c/w の関係を図-3に示す。 $W/c = 40\%$ の場合は S_g と各スラグはほぼ同等の σ_c を示しているが、 W/c の増加と共に S_g に比較して σ_c が低下している。さらに単位セメント量当りの σ_c を求め S_g を基準として比較すると表-4に示すように骨材間の格差が明瞭である。この格差は骨材自身の性質とブリーディングの影響と考えられる。

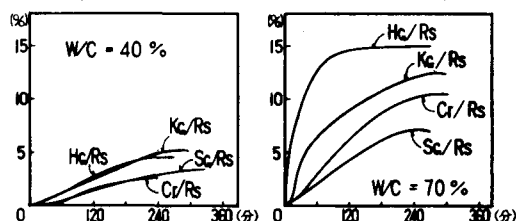


図-2 ブリーディング率

表-4 S_g を100とした σ_c / c

W/C	40 %	55 %	70 %
SG	100	100	100
Cr	94.4	77.4	86.3
KG	85.0	81.0	76.8
HG	85.5	62.5	67.8

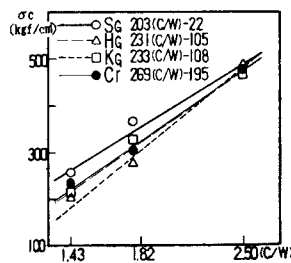


図-3 圧縮強度-セメント水比

(ロ) 引張強度: 脆度係数の値を図-4に示す。 S_g に比べ Cr が小さく、他のスラグはほぼ同等と考えてよい。(ハ) 曲げ強度: σ_c/σ_b の値を図-5に示す。 Cr は S_g とほぼ同等と考えられるが、 K_g 、 H_g は5~20%程度曲げ強度が小さい。

(ニ) 弾性係数: $W/c=55\%$ の場合について、材令7, 28, 91日の弾性係数を図-6に示した。各材令において S_g に比較して Cr は大きく、 K_g 、 H_g は小さいが、何れの骨材においても圧縮強度の伸びに弾性係数の伸びは追従していない。

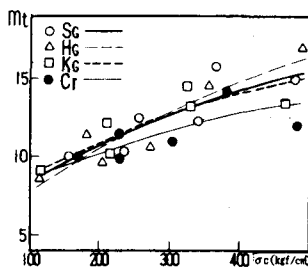


図-4 脆度係数 mt

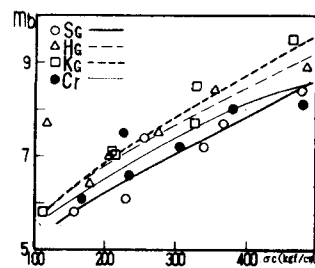


図-5 $mb = \sigma_c / \sigma_b$

(ホ) 乾燥収縮およびクリープ: 図-7に乾燥収縮曲線、図-8にクリープ曲線を示す。乾燥収縮ひずみは $S_g < Cr < H_g < K_g$ となっているが、単位ペースト量で除して比較すると長期的には K_g が20~30%大きくその他の差は少ない。クリープ係数では逆に K_g が100日で2.4程度となり、 S_g の3に比べて小さくなった。 K_g では骨材の弾性係数に影響されており、 H_g はペースト量の多いことから見かけ上あらわれていると考えられる。

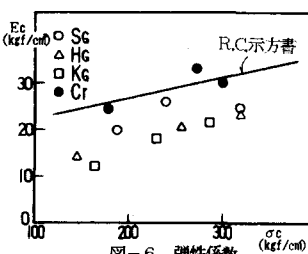


図-6 弾性係数

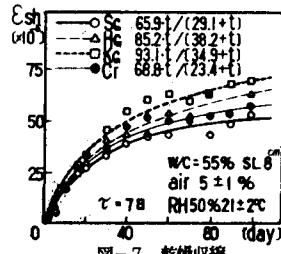


図-7 乾燥収縮

(ハ) 凍結融解に対する耐溶性: 凍結融解試験を500サイクルまで行なったが、300サイクルまでの結果と差がなく、きわめて良好な結果を示しており、適当な空気量の連行により耐溶性に問題のないことを示している。表-5に300サイクルまでの耐久性指数を示す。重量減少もほとんど観測されず、凍伸度の最大値は H_g の場合で 8.5×10^{-5} 程度である。

表-5 300サイクル凍結融解試験結果

材令	100	200	300
SG	99.3	98.5	98.6
Cr	100.3	99.1	99.9
KG	98.3	98.5	99.9
HG	100.0	99.6	100.5
4.5 Cr	96.4	96.1	95.6
4.5 KG	99.6	99.4	100.2
4.5 HG	92.7	91.2	90.0

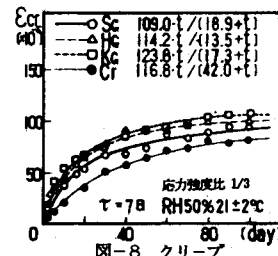


図-8 クリープ