

V-20

銅スラグ細骨材コンクリートの品質に関する研究

八戸工業大学 学員 中村 貴城
 八戸工業大学 正員 庄谷 征美
 八戸工業大学 正員 磯島 康雄

1. まえがき

金属精錬によって副産されるスラグの内、セメント代替材、混和材料及び骨材として広範囲に利用されている高炉スラグ及び細骨材がJIS化されたフェロニッケルスラグを除いて、コンクリート用材料としての利用は極めて少ない。この状況下の銅精錬の際に得られる銅スラグをコンクリート用細骨材として利用しようとする気運が高まり、日本鋳業協会が中心となってJIS化を目指した研究が進められている。銅スラグは年間全国6工場で200万トン製造されており、セメント中鉄分の補給源や埋立てなどに利用されているにすぎない。比重3.5前後と重く黒曜石に似た色調で表面はガラス質であり、単独で使用することは可能であるが、天然砂との混合使用がより望ましいと考えられる。以上より本研究は、銅スラグを細骨材として用いた場合の配合、フレッシュコンクリートの品質、力学特性及び耐凍害性について得られた結果を述べる。

2. 実験概要

2-1 使用材料：セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。用いた6種類の銅スラグ細骨材の品質は表-1に示す。比重3.41～3.66、F.M.=2.21～2.59と製造法、粉碎工程によって若干異なるが、FeO37%前後、SiO₂33%前後と各種類毎に大きな差は認められない。図-1に単味使用時の粒度曲線を示したが、FNS-2.5にほぼ匹敵する。粗骨材は硬砂岩砕石（比重2.71、F.M.6.62）を用いた。比較及び混合用の細骨材は大井川産品を使用した。

2-2 配合及び実験概要：用いたコンクリートの配合は試的に定めたが、水セメント比55～65%、空気量はplain～5%、

銅スラグ混合率（大井川産砂と混合）は容積比率で

0～100%（単味）とした。混和剤はヒドロキシ系天然樹脂酸塩素のAE減水剤を用いた。ミキサは強制練り（50L及び100L）を用い、供試体の締固めは棒突き法で行った。表-2に示すように、実験項目は多岐にわたるがJIS・ASTMに準じて実施した。

表-1 銅スラグ細骨材の品質

産地・産種	記号	比重	吸水率 (%)	F.M.	質量率 (%)	備 考
大井川産	G	2.41	1.10	1.75	86.8	大井川産
銅 ス ラ グ 細 骨 材	A	3.58	0.85	2.44	84.4	三菱マテリアル・産品
	B	3.55	0.45	2.33	85.4	小島鉄鋼・小島鉄
	C	3.61	0.50	2.41	87.3	日鉱金属・佐賀興
	D	3.63	0.82	2.11	84.1	小島鉄鋼・小島
	E	3.66	0.80	2.59	86.8	日比谷興産・玉野
	F	3.45	0.40	2.15	86.1	日比谷興産・関子

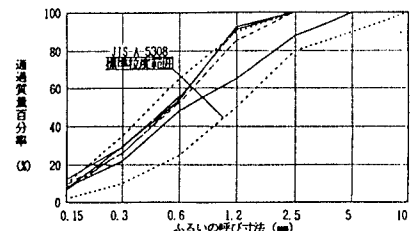


図-1 単味使用時の粒度曲線

表-2 実験項目

試験項目	試験内容
1. 骨材の物理的性質	比重、吸水 (JIS A1109)、単位容積質量、質量率 (JIS A1104)、塊い分析 (JIS A1103)、すりへり減量 (JIS A1121)、凍結融解損失、ポロメーター (水銀注入)
2. フレッシュコンクリート	流動性、単位水量比、ブリーディング量 (JIS A1123)、プロクター-貫入試験 (ASTM C 403) (凍結融解強度試験)
3. 硬化コンクリート	圧縮試験 (JIS A1106)、引張試験 (JIS A1123)、弾性係数試験 (ASTM C469-43)、凍結融解係数試験 (ASTM C666 A)、電気抵抗試験 (ASTM C667-82a)

表-3 AEコンクリートの単位水量とs/a

	0	A50	A100	B50	B100	C50	C100	D50	D100	E50	E100	F50	F100
単位水量 (kg/m ³)	158	164	170	167	176	164	167	163	169	163	168	163	168
単位水量比 (%)	100	104	106	106	111	104	106	103	107	103	106	103	106
s/a (%)	44.8	44.2	43.6	43.2	45.5	43.7	44.6	43.3	44.1	44.3	43.8	44.6	44.1
空気調製率 (%)	0.034	0.024	0.014	0.032	0.030	0.031	0.030	0.030	0.029	0.032	0.029	0.026	0.017

3. 実験結果

3-1 配合特性：表-3に求めた最適s/a 単位水量の一例を各細骨材の種類毎に示した。普通細骨材コンクリートに比べ、銅スラグ使用では単位水量は6～11%増となるが、s/a は大きく変化せず、所用空気調整剤量は、エントラップドエアーの増加のためか減少傾向となった。

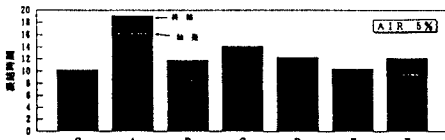


図-2 凝結時間の一例

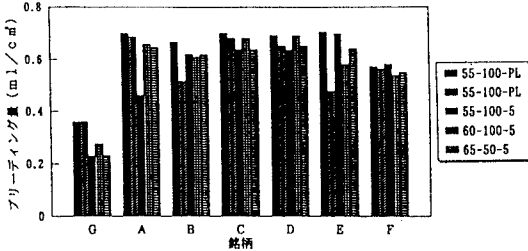


図-3 最終ブリーディング量の一例

3-2 フレッシュコンクリートの品質：図-2には凝結時間の一例、図-3には最終ブリーディング量の例を示した。これによると、銅スラグA使用でいく分凝結の遅延がみられた。微量なPb, Zn成分の影響か、ブリーディングが過大になるためか判断が難しいが、普通細骨材との混合によって改善された。ブリーディングの増加はこの種骨材使用の場合宿命的なものであるが、普通細骨材使用の2~3倍となり、ブリーディング速度は4~30倍分にも増している。この様な過度なブリーディングは内部に欠陥を発生させるため何らかの抑制策を施す必要がある。

3-3 コンクリートの力学特性：図-4に圧縮強度 f'_c ～材令tの関係を示した。圧縮強度は全般に銅スラグ細骨材使用コンクリートも普通骨材コンクリートと大差ない結果となったが、やや長期で延びる傾向にあった。また f'_c と c/w には直線関係が認められた。図-5に示すように、引張強度 f_t ～ f'_c 関係はほぼ通常の範囲にあり、ヤング率 E_c ～ f'_c は図-6のように普通細骨材コンクリートとほぼ同様の関係となった。

3-4 コンクリートの凍結融解抵抗性：コンクリートの凍結融解抵抗性については別報で述べているので詳細は略すが、図-7に銅スラグ細骨材混合率と、耐久性指数D, F, 値の関係を示す。銅スラグ骨材使用では、水セメント比60%～空気量3%, 水セメント比65%～空気量5%のケースで銅スラグ細骨材混合率が50%以上と高くなると耐凍害性に劣る結果となった。これにはブリーディングの増加による影響が相当に係わっていると考えられるが、銅スラグ細骨材使用上において、十分な留意を要する結果と考えられる。

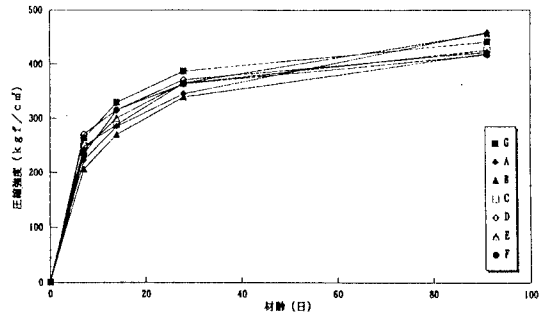


図-4 圧縮強度 f'_c ～材令tの関係

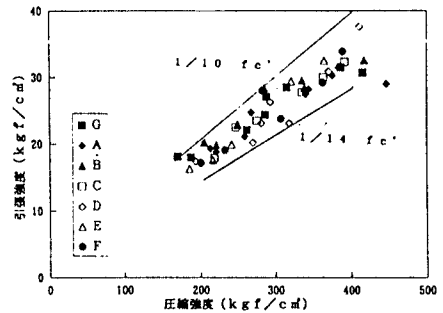


図-5 引張強度 f_t ～圧縮強度 f'_c の関係

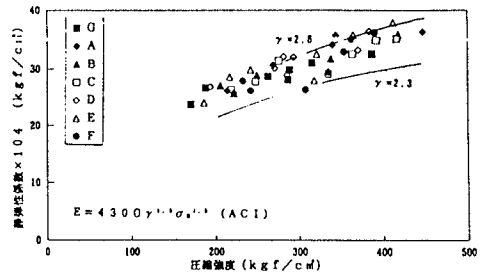


図-6 ヤング率 E_c ～圧縮強度 f'_c の関係

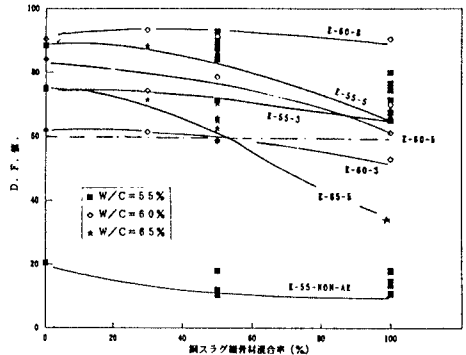


図-7 銅スラグ細骨材混合率とD, F, 値の関係