

亜鉛製錬時に副産されるスラグを 細骨材に用いたコンクリートに関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○酒井 俊男 九州大学大学院 学生会員 鳥田 慎也
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 (株)麻生 正会員 近田 孝夫 三池製錬(株)秋元 洋一郎

1. 目的

コンクリート用の天然骨材の枯渇問題や、環境への意識の高まりから、天然骨材の代替材料の開発が求められている。本研究では廃棄物から粗酸化亜鉛を製錬する際に副産されるスラグ（以下、亜鉛スラグと称する）に着目した。亜鉛スラグをコンクリート用細骨材として有効利用することを目的とし、亜鉛スラグの物理的性質、亜鉛スラグを用いたコンクリートの強度および乾燥収縮について検討した。

2. 骨材試験結果

写真-1に本研究で用いた亜鉛スラグの形状を示す。亜鉛スラグのコンクリート用細骨材としての適用性を調べるため、ふるい分け、密度および吸水率、単位容積質量、実積率の測定を行った。表-1に密度、吸水率等の結果を、図-1にふるい分け試験の結果を示す。なお図中には、後述のコンクリート試験で使用した細骨材（海砂）の結果を併せて示す。

本研究で使用した亜鉛スラグは、密度が大きく、0.6mm以上の粒子が多く、標準粒度から外れた。

3. コンクリート試験の概要

セメントには普通ポルトランドセメントを、普通細骨材には海砂を、粗骨材には碎石 2005 を使用した。目標スランプ $8.0 \pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ とし、最適細骨材率となる配合を決定した（表-2）。水セメント比 W/C は 45, 55, 65% とし、細骨材の一部もしくは全量を亜鉛スラグで置換した。亜鉛スラグ置換率 R は、体積比で 0, 30, 50, 100% とした。加えて、骨材試験の結果から、亜鉛スラグは微粒分が少なく、置換率が大きい場合には材料分離が懸念されたため、スラグ置換率 R=50, 100% の配合では、亜鉛スラグの 20% をフライアッシュ II 種 (FA) で体積置換した配合も作製した。圧縮強度試験用として、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を作製し、20°C 水中養生後、材齢 3, 7, 28 日で圧縮強度試験を行った。また、W/C が 55% の場合は材齢 91 日についても圧縮強度試験を行った。さらに、水セメント比 W/C が 55%、置換率 R が 0, 30, 50, 100% の配合において、乾燥収縮試験 ($100 \times 100 \times 400\text{mm}$) を行った。材齢 7 日まで水中養生後、温度 20°C、湿度 60% の雰囲気中で乾燥させ、乾燥開始から 1, 4, 8 週でダイヤルゲージ法 (JIS A 1129-3) により長さ変化率を測定した。

4. 実験結果および考察

表-2 に示すように、置換率が増加するに伴い、所要のスランプ、空気量を得るための AE 剤量は減少した。また、FA を用いたコンクリートは、FA 未使用のコンクリートに比べ、材料分離が低減されることを確認した。



写真-1 亜鉛スラグの形状

表-1 骨材試験結果

項目	試験値
表乾密度(g/cm^3)	3.81
絶乾密度(g/cm^3)	3.78
吸水率(%)	0.88
単位容積質量(kg/l)	2.19
実積率(%)	57.9
粒形判定実積率(%)	54.1
粗粒率	3.31

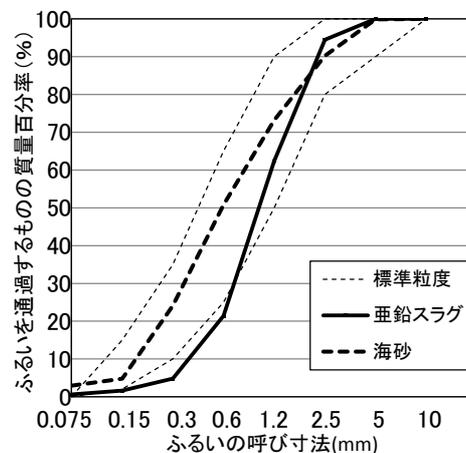


図-1 ふるい分け試験結果

キーワード：リサイクル、亜鉛スラグ、密度、粒度分布、圧縮強度、乾燥収縮

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 TEL : 092-802-3387 FAX : 092-802-3387

表-2 コンクリートの配合およびスランプ、空気量

配合名 (W/C-R)	細骨材率 s/a (%)	単体量(kg/m ³)						AE 減水剤 (g/m ³)	AE剤 (ml/m ³)	スラ ンプ (cm)	空気 量 (%)
		水 W	セメント C	細骨材S		FA	粗骨材G 砕石				
				海砂	スラグ						
45-0	46	170	378	790	0	0	1024	1181	11.33	7.5	4.1
45-30	46	170	378	552	340	0	1024	1181	3.78	7.0	4.1
45-50	47	170	378	403	579	0	1005	1181	3.78	7.0	4.6
45-100	47	175	389	0	1142	0	992	1216	0	7.5	4.8
55-0	47	170	309	833	0	0	1038	966	9.27	9.5	4.9
55-30	48	170	309	593	376	0	1014	966	3.09	8.5	4.8
55-50	47	170	309	417	597	0	1038	966	3.09	9.5	5.1
55-100	47	175	318	0	1177	0	1030	994	0	9.5	5.4
55-50F	47	170	309	417	479	73	1038	966	7.85	9.0	5.5
55-100F	46	175	318	0	927	141	1045	0	2.62	9.0	3.6
65-0	49	170	262	888	0	0	1020	819	2.62	6.5	5.0
65-30	50	170	262	634	390	0	1000	819	0	6.5	4.5
65-50	49	170	262	444	637	0	1020	819	0	6.5	5.5
65-100	49	175	269	0	1260	0	1010	841	0	6.5	5.5

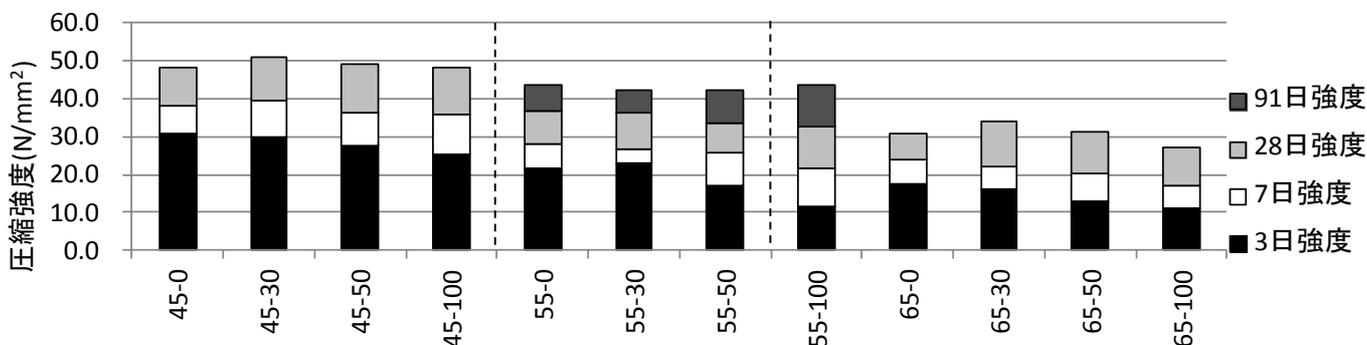


図-2 圧縮強度試験結果

次に、強度試験結果を図-2 に示す。各水セメント比で、亜鉛スラグを用いたコンクリートは普通コンクリートに比べ初期強度が小さいが、長期強度になるほど差が小さくなり、普通コンクリートとほぼ同等もしくはそれ以上となるのが明らかとなった。また、FA を使用したコンクリートの 28 日圧縮強度は、亜鉛スラグ置換率 50%では 33.4 N/mm²から 47.3 N/mm²に増大し、亜鉛スラグ置換率 100%では 31.1 N/mm²から 54.5N/mm²に増大したため、FA の使用はフレッシュ性状および強度の向上に繋がることが明らかになった。乾燥収縮試験結果を図-3 に示す。本研究の範囲では、亜鉛スラグを用いた場合の乾燥収縮ひずみは、普通コンクリートと同等であり、亜鉛スラグの使用による悪影響は認められなかった。

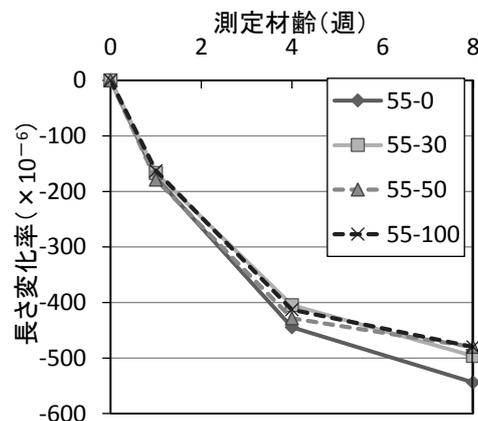


図-3 乾燥収縮試験結果

5. 結論

亜鉛スラグは密度が大きく、コンクリート用細骨材としての標準粒度からやや外れるものであった。亜鉛スラグ置換率が増加するに伴いコンクリートの空気量は増大し、やや分離する傾向となった。置換率が大きいほど初期強度は低くなるものの、長期強度は普通コンクリートと同等以上となった。また、亜鉛スラグの一部をフライアッシュで置換することにより、コンクリートの材料分離は低減され、圧縮強度の改善にも繋がった。乾燥収縮については、亜鉛スラグ置換率に関わらず普通コンクリートと同等の結果が得られた。

謝辞：本研究は、平成 24 年度（財）福岡県環境保全公社リサイクル総合研究センター研究開発事業の助成を受けて行ったものである。関係者各位に謝意を表す。