

電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの長期安定性

金沢大学大学院 学生員 〇野口陽輔 金沢大学大学院 学生員 本田貴子
 金沢大学工学部 正会員 山戸博晃 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. はじめに

電気炉酸化スラグは、膨張・崩壊性の原因となる f-CaO や f-MgO を含有していないので、硬質・緻密なスラグの性質を活用した用途として、コンクリート用骨材への利用が期待されている¹⁾。電気炉酸化スラグのアルカリシリカ反応性に関しては、反応性のシリカ鉱物が含有されておらず、骨材のアルカリシリカ反応が生じる可能性はほとんどないことが判明している²⁾。一方、電気炉酸化スラグの β -C₂S 相や C₂F 相には水和反応性が高いものもあり、硬化体中で水和反応が継続した場合にはコンクリートの膨張劣化の可能性がある。

本研究では、わが国で産出する代表的な電気炉酸化スラグ 4 種の化学成分及び鉱物組成の特徴を調べるとともに、電気炉酸化スラグを細骨材として用いたコンクリートの長期安定性を各種暴露条件下にて検討したものである。

2. 実験概要

使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。粗骨材は石川県手取川産川砂利（密度：2.62g/cm³、吸水率：1.6%）、細骨材は石川県手取川産川砂（密度：2.57g/cm³、吸水率：1.79%）及び電気炉酸化スラグ細骨材を使用した。電気炉酸化スラグの物理的性状及び化学成分を表-1 及び表-2 に示す。スラグは徐冷滓を破砕処理したものであり、コンクリート細骨材用に粒度を調整した。電気炉酸化スラグ骨材の鉱物組成及び内部組織を調べるために、粉末 X 線回折分析を実施するとともに、スラグ粒子（1.2~2.5mm）をエポキシ樹脂に埋め込み作製した試料の鏡面研磨面を SEM-EDX により分析した。

コンクリートの長期安定性試験は、湿潤環境下（温度 40℃、RH100%）、乾湿繰り返し環境下（3 日間の湿潤（温度 40℃、RH95%）と 4 日間の乾燥（温度 40℃、RH50%）の繰り返し）及び屋外暴露環境下にて実施した。コンクリート試験体（7.5×7.5×40cm）の配合は、水セメント比が 60%、細骨材率が 45% であり、暴露環境下にて 1 カ月毎に長さ、重量および動弾性係数の変化を測定した。

表 - 1 電気炉酸化スラグの物理性状

スラグ	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実績率 (%)	粒形判定実績率 (%)	粗粒率
スラグ A	3.52	3.48	1.19	2.1	60.3	53.9	3.12
スラグ B	3.47	3.43	1.04	2.22	64.7	53.4	3.03
スラグ C	3.44	3.41	0.81	2.26	66.3	53.9	2.78
スラグ D	3.68	3.65	0.8	2.36	64.6	53.6	2.71

表 - 2 電気炉酸化スラグの化学成分(wt%)

記号	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	f-CaO	f-MgO	m-Fe
スラグ A	36.13	19.60	9.58	17.55	7.23	6.20	2.78	0.35	0.1200	0.0028	0.06
スラグ B	23.07	22.31	14.53	21.64	7.18	6.55	3.49	0.20	0.0460	0.0024	1.35
スラグ C	22.57	22.69	21.72	15.64	6.58	7.19	2.52	0.08	0.0270	ND	0.99
スラグ D	23.15	21.67	5.25	34.09	4.68	7.14	2.84	0.57	0.0600	0.0035	0.14

3. 実験結果及び考察

3. 1 電気炉酸化スラグの化学成分と鉱物組成

電気炉酸化スラグ B の X 線回折図を図-1 に示す。電気炉酸化スラグは、結晶鉱物相として β -C₂S 相、C₂F 相、プスタイト相及びゲーレンナイト相を含有しており、それらの鉱物相の構成比率はスラグの種類により相

キーワード 電気炉酸化スラグ、化学成分、鉱物組成、長期安定性

連絡先 金沢大学工学部土木建設工学科 〒920-8867 金沢市小立野 2-40-20 TEL076-234-4622

違した。また、化学成分分析と同様に、X線回折分析でも f-CaO 相及び f-MgO 相は同定されず、非晶質相も存在しなかった。

電気炉酸化スラグ A の反射電子像を写真-1 に示す。

EDX による点分析の結果より、シリカ、アルミナを含む相中にブスタイト相（明灰色）や β -C₂S 相（暗灰色）が存在していた。また、電気炉酸化スラグにはクロムや金属鉄を含有する相も確認された。

3. 2 電気炉酸化スラグコンクリートの長期安定性

コンクリートの各種環境条件下における長さ変化率を図-2 に示す。乾湿繰り返し環境下及び屋外暴露環境下ではいずれの試験体も水分の逸散の影響で若干収縮する傾向が見られた。電気炉酸化スラグコンクリートの収縮量は川砂・川砂利のものと比較して低減されていた。これはセメントペースト部分の収縮を硬質なスラグ骨材が拘束する効果によるものと考えられる。一方、湿潤養生環境下ではいずれの試験体も若干膨張しているが、材齢6ヶ月の時点ではひび割れやポップアウトなどを生じるものはなく、膨張量も川砂・川砂利のものと同程度であった。

コンクリートの各環境条件下における動弾性係数の変化を図-3 に示す。湿潤養生及び屋外暴露環境下では水和反応が持続されるので暴露期間の経過とともに動弾性係数は増加する傾向にあった。一方、乾湿繰り返し環境下では水分の供給が制限されるので動弾性係数には大きな変化が見られなかった。

4. まとめ

促進モルタルバー法（温度 80°C の 1 N・NaOH 溶液浸漬養生）では、骨材内部の β -C₂S 相の水和反応が活発に進行し、モルタル試験体が破断したものがあつた²⁾。このため、電気炉酸化スラグを細骨材として用いたコンクリートの長期安定性を各種養生条件下にて検討したが、コンクリートにひび割れやポップアウトの発生はなく、電気炉酸化スラグを用いたコンクリートは通常的环境下では化学的に安定であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 鉄鋼スラグ協会 [電気炉スラグ特別委員会]、電気炉酸化スラグ利用研究委員会報告書、2001
- 2) 野口陽輔他、電気炉酸化スラグの鉍物組成とアルカリシリカ反応性、土木学会中部支部平成 14 年度研究発表会講演概要集、第 v 部門、pp.531~532、2003.3

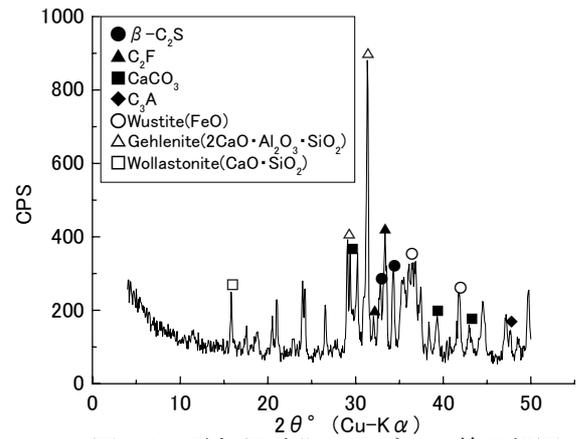
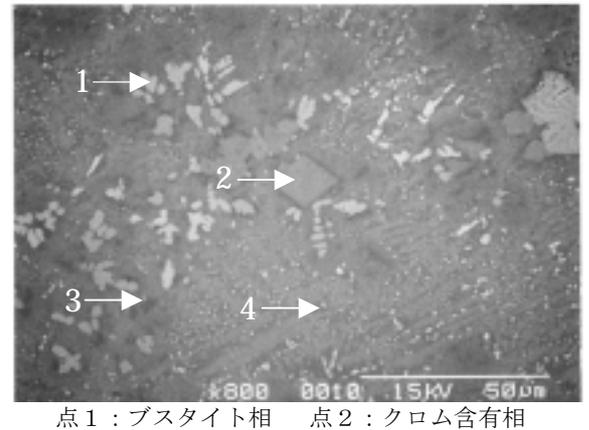


図-1 電気炉酸化スラグのX線回折図 (スラグ B)



点1：ブスタイト相 点2：クロム含有相
点3： β -C₂S相 点4：シリカ含有相
写真-1 反射電子像 (スラグ A)

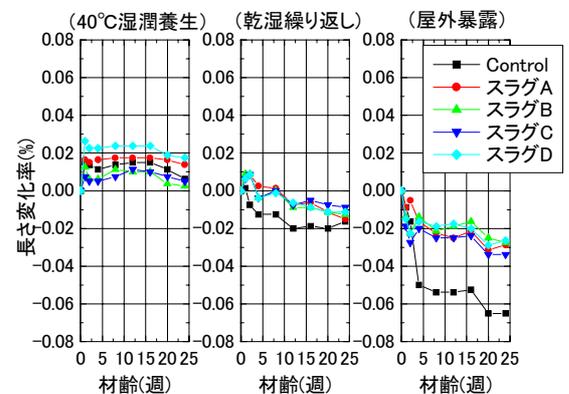


図-2 コンクリートの長さ変化率(%)

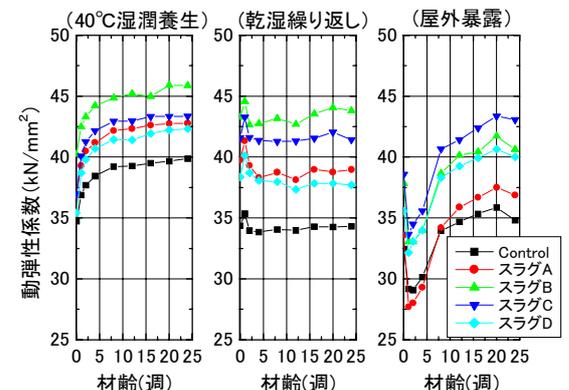


図-3 コンクリートの動弾性係数(kN/mm²)