

(V-27) 転炉スラグのコンクリート用混和材への利用に関する基礎研究

日本大学大学院 学生会員 武井保道
 日本大学理工学部 正会員 梅村靖弘
 日本大学理工学部 露木尚光
 日本大学理工学部 フェロー会員 原田 宏

1.はじめに

現在、製鋼プロセスで年間約 1000 万 t 副産される転炉スラグは、膨張要因である遊離石灰(以下 f-CaO)と鉄(以下 FeO)を含むことから有効利用がされておらず、道路用路盤材などの限られた用途でしか用いられていない。しかし、転炉スラグには水硬作用のある β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (以下 β - C_2S)が含まれており、f-CaO と FeO の膨張安定化処理ができればコンクリート用混和材への有効利用が可能であり、本研究はその基礎検討を行ったものである。

2.実験概要

2-1.使用材料

転炉スラグは粒径 0.15~5mm のものを使用し、FeO と f-CaO の膨張安定化処理を行ない、75 μm 以下の粒径に粉碎し実験試料とした。使用材料を表-1 に示す。膨張安定化処理は、第一段階として電気炉により 450℃で 2 時間焼成し FeO を処理、第二段階として純水、アルカリ水溶液へ浸漬させ f-CaO を処理した。浸漬日数としては、1 日と 7 日とし、アルカリ水溶液としては、NaOH 水溶液(pH13.1、pH12.6)と飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液(pH12.6)のものを使用し、転炉スラグへの刺激剤として用いた。本実験における転炉スラグ試料を表-2 に示す。

2-2.試験方法

本研究では転炉スラグの膨張の安定化を検討するため、X 線光電子分光分析(XPS)による転炉スラグ表面の鉄分酸化状態測定、遊離石灰量測定試験、粉末 X 線回折(XRD)の同定を行い、さらに残存膨張を測定するために 20℃水中養生におけるモルタル供試体の長さ変化率測定を行なった。また、転炉スラグの混和材への適用性を検討するため圧縮強度試験、水和発熱速度測定を行なった。モルタル配合については、JIS R 5201-1992 に準拠し、水結合材比は 55%、転炉スラグの置換率を OPC に対して内割りで 30%とした。(OPC のみの配合を PL とする)

3.実験結果と考察

3-1.転炉スラグ表面の鉄分の酸化状態

図-1 に無処理のものと焼成後の転炉スラグ表面の鉄分酸化状態を示す。無処理のものは、膨張要因である FeO が約 30%含まれているが、焼成後には FeO の約 10%が Fe_2O_3 に変化し、焼成による鉄の酸化が確認された。

材料名	備考	略称
水	イオン交換水	W
セメント	普通ポルトランドセメント(OPC) 密度3.16 ブレーン値3270 cm^2/g	C
高炉スラグ	密度2.92 ブレーン値4640 cm^2/g	BS
転炉スラグ	無処理 密度3.40 ブレーン値4862 cm^2/g 純水処理 密度3.57 ブレーン値4284 cm^2/g NaOH水溶液(pH13.1)浸漬 密度3.54 ブレーン値4088 cm^2/g NaOH水溶液(pH12.6)浸漬 密度3.52 ブレーン値5320 cm^2/g 飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液(pH12.6)浸漬 密度3.57 ブレーン値4284 cm^2/g	ST W Na Na' Ca
細骨材	茨城県小貝川産川砂 表乾密度2.62 吸水率1.36% 細率率2.52	S

試料	焼成処理	浸漬処理	浸漬日数
ST	無	—	—
W1	有	純水	1
W7	有	純水	7
Na1	有	NaOH水溶液(pH13.1)	1
Na7	有	NaOH水溶液(pH13.1)	7
Na1	有	NaOH水溶液(pH12.6)	1
Na7	有	NaOH水溶液(pH12.6)	7
Ca1	有	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液(pH12.6)	1
Ca7	有	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液(pH12.6)	7

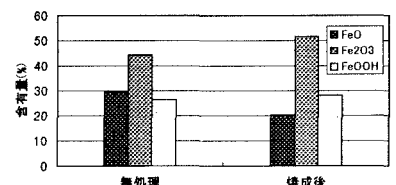


図-1 転炉スラグ表面の鉄の酸化状態

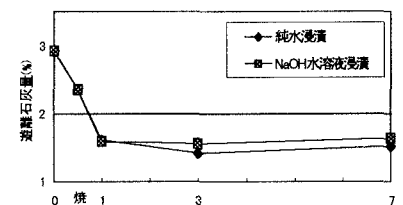


図-2 遊離石灰量

キーワード：転炉スラグ、遊離石灰、 β - C_2S 、エージング、コンクリート用混和材

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 TEL/FAX 03-3259-0682

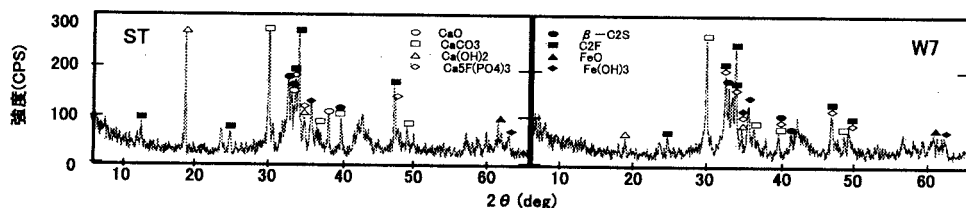


図-3 転炉スラグのXRDパターン(ST、W7)

3-2.遊離石灰量

図-2 に純水浸漬(W)と NaOH 水溶液浸漬(Na)を 1,3,7 日行った時の f-CaO 量を示す。使用した転炉スラグは、無処理の状態では約 3%含まれており、焼成処理を行うことにより約 0.5%の低減が確認できた。また、純水、NaOH 水溶液に浸漬させることにより、1 日で膨張の影響がないとされる基準値の 2%以下に低減した。純水浸漬と NaOH 水溶液浸漬とは、同様な減少傾向にあり、共に浸漬 7 日まで増減は認められなかった。

3-3.転炉スラグの鉱物組成の変化

図-3 に ST、W7 の各試料の XRD パターンを示す。ST には CaO、CaCO₃、Ca(OH)₂、Ca₅F(PO₄)₃、β-C₂S、C₂F、FeO、Fe(OH)₃ の存在が認められた。しかし、処理後には CaO ピーク(d=2.41)が消え、Ca(OH)₂ ピーク(d=4.90)、FeO ピーク(d=1.52)が減少していることから処理による FeO および f-CaO の低減効果が認められた。また、強度発現に影響する β-C₂S のピーク変化は認められなかった。

3-4.長さ変化率

図-4 に材齢 91 日までの長さ変化率を示す。材齢 56 日までは、全ての配合において水の吸水浸透による膨張が認められた。材齢 56 日以降は転炉スラグにおいても β-C₂S の水和反応による収縮現象が認められた。ST と W1 の収縮率が少なかった原因としては、f-CaO と FeO の膨張作用が影響していると考えられる。

3-5.圧縮強度

図-5 に材齢 7,28,91 日における圧縮強度を示す。PL と比較して材齢 7 日では Ca1、Ca7 を除く全配合で約 70%の強度を示した。また、材齢 91 日においては全ての配合において約 80%の強度を示し、Na'1、Na'7 では約 90%を示した。アルカリ水溶液浸漬による、刺激効果は NaOH 水溶液(pH12.6)が最も効果があったが、浸漬日数による強度発現の違いは認められなかった。

3-6.水和発熱速度測定

図-6 に水和発熱速度を示す。全ての試料において OPC と比較して低い値を示した。圧縮強度において最大強度が得られた Na'について OPC と比較し、ピーク発現時間が 5.5 時間の遅れを生じ、水和発熱速度は 50%減少した。したがって、転炉スラグは水和発熱の低減効果が期待できるものと考えられる。

4.まとめ

この実験の範囲では、以下のことが確認された。

- (1)転炉スラグ中の FeO については、450℃で 2 時間焼成することにより約 10%低減し、f-CaO については純水に 1 日浸漬で 2%以下に低減することができ膨張を安定化させることができた。
- (2)NaOH 水溶液(pH12.6)に 1 日浸漬処理で、PL と比較し 90%の長期発現強度が得られ、水和発熱速度が半減できた。

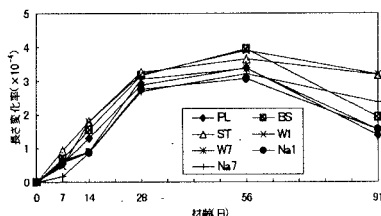


図-4 長さ変化率測定結果

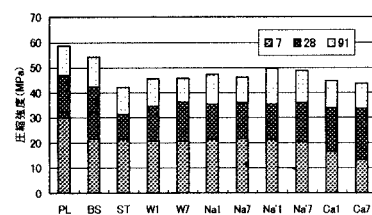


図-5 圧縮強度試験結果

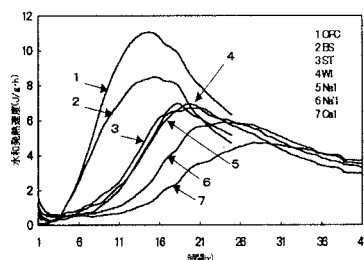


図-6 水和発熱速度