

NA(ネオアッシュ)クリートに用いるスラグの品質について ー各種スラグを用いた石炭灰硬化体ー

ハザマ 正会員・福留和人 中国電力 正会員 斉藤 直 山口大学 正会員 浜田純夫
山口大学 正会員 松尾栄治 中国電力 正会員 新谷 登

1. はじめに

石炭火力発電所の増加に伴い副産される石炭灰の発生量が増大する状況にあり、その有効利用の拡大が重要な課題となっている。著者らは、石炭灰および金属スラグを多量に用いたコンクリート（以下、NAクリートと呼称）を開発し、消波ブロック等への適用検討を進めている。金属スラグは、精錬する金属の種類、製造過程に応じて各種産出され、品質は、それぞれ大きく異なり、品質によっては、コンクリートに悪影響を及ぼす可能性も考えられる。本研究では、膨張性状に着目して、使用するスラグの品質規格設定上の資料を得ること目的に各種スラグの品質がNAクリートの膨張性状に及ぼす影響を調べた。

2. 使用材料および配合

表 - 1 にスラグの品質を示す。転炉スラグには、精錬過程の副原料の混入により遊離石灰（以下、f-CaO）が残存する。そのため、水との接触により膨張する性質が見られ、使用前に膨張反応を進行させた（エージングと呼ぶ）ものを使用することが必要となる。ここでは、屋外に長期間保管したもの、蒸気で促進したもの（ロットの異なる2種）およびエージング処理を行っていないもの（フレッシュ）を用いた。また、膨張性のないスラグとして、銅スラグおよび電炉スラグ（酸化）を用いた。セメントは、普通ポルトランドセメントを、フライアッシュは、新小野田発電所産（JIS 種、密度：2.18g/cm³、SiO₂：54.5%）を用い、硬化促進剤として NaCl を水量の 3.3% 用いた。コンクリートの品質および配合条件を表 - 2 に示す。

表 - 1 スラグの品質

スラグの種類	密度 (g/cm ³)	最大 寸法 (mm)	水浸膨 張比 * (%)	化学成分 (%)					
				SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	f-Ca
銅スラグ (A社)	3.58	5	-	30.0	55.9	4.8	1.7	1.03	-
銅スラグ (B社)	3.50		0.10	27.1	56.8	5.0	2.4	1.40	-
電炉スラグ (酸化)	3.46	40	0.05	17.7	30.9	11.1	20.8	0.30	-
転炉スラグ (C社)	保管5年		1.14	11.0	28.3	2.7	42.0	0.22	4.61
	保管1年		1.71	13.7	27.0	2.5	43.3	0.15	3.69
	フレッシュ		3.51	12.7	28.1	4.4	39.6	0.18	4.75
転炉スラグ (D社)	蒸気処理1		0.37	13.7	23.3	9.8	39.3	0.40	1.10
	蒸気処理2		-	12.8	25.7	6.1	40.5	0.50	1.10
	フレッシュ		-	14.6	23.5	13.1	34.4	0.40	1.30

*) JIS A 5015 付属書 2 : 鉄鋼スラグの水浸膨張試験方法による。

3. 試験項目および試験方法

オートクレープ養生、80℃ 水浸による促進試験および標準水中養生時の長さ変化の測定を行い、NAクリートの膨張特性の評価を行った。オートクレープ養生は、温度 180℃、気圧 1.0N/mm²、昇温 3~4 時間、保持 24 時間とした。オートクレープ養生後および水浸時に膨張破壊性状を確認した。80℃ 水浸では、内部損傷の有無を確認するために、水浸 7 日毎に超音波伝播速度を測定した。促進試験の開始材齢は、28 および 91 日とし、試験までの養生は、20℃ 標準水中

表 - 2 コンクリートの品質および配合条件

コンクリートの品質		コンクリートの配合条件		
スランブ (cm)	密度 (g/cm ³)	W/(C+F) (%)	C/(C+F) (%)	スラグ量 (l/m ³)
2.5±1.5	2.3 以上	23.8	25.0	400

キーワード：石炭灰、金属スラグ、消波ブロック、膨張、水浸膨張試験、オートクレープ養生

連絡先：中国電力 土木部 〒730-8701 広島市中区小町 4-33 tel:082-241-0211 fax:082-523-6367

養生とした。

4．試験結果および考察

表 - 3 に試験結果の一覧を示す。転炉スラグの内、蒸気でエージングを促進したものは、オートクレーブ養生および 80℃ 水浸とも健全であるが、その他は、いずれも膨張破壊が見られた。また、試験開始材齢を延長する効果も見られない。銅および電炉スラグは、いずれも健全であった。図 - 1 に 80℃ 水浸時の超音波伝播速度の変化を示す。蒸気処理した転炉スラグは、銅および電炉スラグと同様、超音波伝播速度の変化は、ほとんど見られない。また、オートクレーブ養生後の圧縮強度も大幅に増進しており、内部損傷もなく健全であると考えられる。一方、膨張破壊の生じたものは、超音波伝播速度の低下が見られ、破壊前に内部損傷が進行していることがわかる。なお、図 - 2 に 20℃ 水中養生時の長さ変化を示すが、材齢 91 日までではいずれも銅および電炉スラグを用いた場合と大きな差は見られず、異常は見られていない。

現時点では、ブロックがおかれる実環境と促進試験の条件の関連性が不明であるが、オートクレーブ養生の過酷な促進条件で膨張の見られないものは、実環境で損傷の生じる可能性はかなり低いと考えられる。一方、促進試験で膨張破壊の見られたものは、潜在的に損傷の生じる可能性があると言え、当面使用を回避するのが妥当と考えられる。すなわち、使用するスラグの使用可否を判定するための品質規定を設ける必要がある。図 - 3 にスラグの f-CaO 含有量および水浸膨張比とコンクリートの膨張性状の関係を示す。試験データが少ないため、当面は、コンクリートの促進試験も併せて実施する必要があると考えられるが、今回の試験の範囲から、使用可能なスラグの品質として水浸膨張比 0.5% 以下が目安になると言える²⁾。

5．あとがき

石炭灰に限らず各種産業副産物の利用を進めることは地球環境保全の観点で重要であり、金属スラグと併用したした N A クリートの実用化を進めることは大きな意義があると考えられる。促進試験と実環境との関連性を含めた膨張破壊メカニズムの解明、試験データの蓄積等課題は多いが、今後さらに検討を加え、実用化を進めたいと考えている。

【参考文献】1) 斉藤直他：石炭灰を多量に用いた新素材コンクリートの開発：電力土木 No.285、pp.75-79、2000.1、2) FS コンクリート利用手引書、(株)沿岸環境開発資源利用センター、1998.11

表 - 3 試験結果一覧

種類		圧縮強度 (N/mm ²) (): オートクレーブ 後	オートクレーブ 養生 (): 材齢91日	80℃ 水浸
銅スラグ		27.8(54.5)	健全	健全
銅スラグ		27.9	-	健全
電炉スラグ (酸化)		23.2	健全	健全
転炉 スラグ	保管5年	22.3	膨張破壊 (膨張破壊)	3 W 破壊
	保管1年	20.4	膨張破壊 (膨張破壊)	1 W 破壊
	フレッシュ	17.7	膨張破壊	2W 破壊
転炉 スラグ	蒸気処理 1	23.4(48.1)	健全	健全
	蒸気処理 2	19.8	健全	-
	フレッシュ	21.4	膨張破壊	1 W 破壊

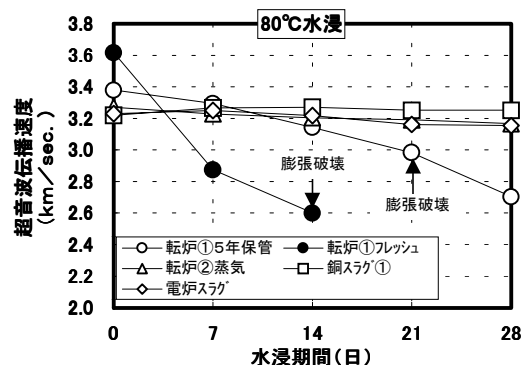


図 - 1 80℃ 水浸時の超音波伝播速度の変化

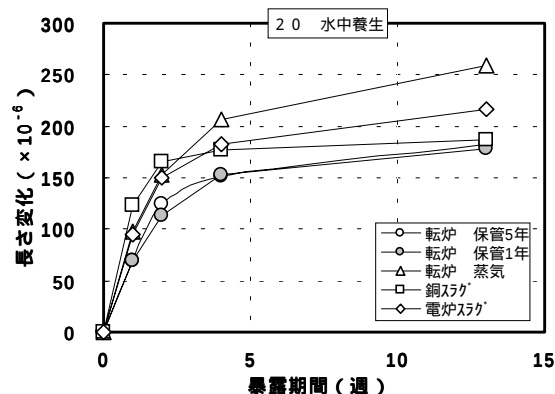


図 - 2 長さ変化試験結果 (20℃ 水中養生)

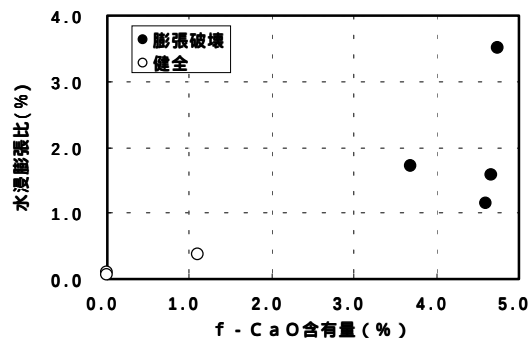


図 - 3 f-CaO 含有量、水浸膨張比と膨張性状の関係