

転炉スラグを用いたNAクリートの膨張特性の評価 －各種スラグを用いた石炭灰硬化体－

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 安野孝生

1. はじめに

NAクリート（石炭灰および金属スラグを多量に用いたコンクリート）へ転炉スラグを用いる場合、エーijing処理を行い、膨張反応を進行させたものを使用する必要がある。これまでの検討の結果、蒸気エーijing処理を行い、水浸膨張比を0.5%程度以下とすれば、コンクリートの膨張破壊を防止できることを明らかとした。本研究では、スラグの品質規格設定上の資料を得ること目的に、蒸気エーijingの処理の程度を変化させた5種類の転炉スラグを用い、NAクリートの膨張性状に及ぼす影響を調べた。また、膨張破壊メカニズムを解明する上での基礎資料を得ることを目的に、オートクレーブ養生前後のスラグの粉末X線回折を行った。

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、蒸気エーijing処理の程度を変化させ、水浸膨張比を0.2～1.2 に調整した5種類の転炉スラグを用いた。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、品質の異なる3種類（JIS II種、表-2 参照）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-3 に示す。

3. 試験項目および試験方法

オートクレーブ養生、80℃温水浸せきによる促進試験を行い、NAクリートの膨張特性の評価を行った。オートクレーブ養生は、温度180℃、気圧1.0N/mm²、昇温3～4時間、保持24時間とした。供試体は3本1組とし、オートクレーブ養生後および温水浸せきの場合、1週毎に膨張破壊性状を確認した。促進試験の開始材齢は、28日とし、試験までの養生は、20℃標準水中養生とした。

オートクレーブ養生後の反応生成物を調べるために、スラグ単体の粉末X線回折を行い、鉱物の同定を行った。

4. 試験結果および考察

表-4にオートクレーブ養生および温水浸せきによる試験の結果の一覧を示す。水浸膨張比0.8%の方が1.0%に比べて破壊の程度が大きい点を除けば、全体的にはスラグの水浸膨張比が大きいほど損傷の度合いは大きくなっている。水浸膨張比0.4%程度までであれば、若干のポップアウト、隅各部の破損程度で、ほぼ健全性は保たれているが、0.8%以上では、膨張による損傷

表-1 スラグの品質

スラグの種類	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	水浸膨張比* (%)	f-Ca (%)
処理水準1	3.19	2.11	0.2	2.3
処理水準2	3.18	2.66	0.4	1.1
処理水準3	3.26	1.84	0.8	2.0
処理水準4	3.23	2.09	1.0	1.4
処理水準5	3.22	2.98	1.2	2.1

* JIS A 5015：鉄鋼スラグの水浸膨張試験方法による。

表-2 フライアッシュの品質

フライアッシュの種類	密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	SiO ₂ (%)	pH*
FA1 (標準)	2.18	2.3	54.5	9.4
FA2 (標準)	2.22	3.4	63.8	11.4
FA3 (酸性)	2.19	2.7	57.1	3.6

* 土壌養分分析法による。

表-3 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	33.5	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、オートクレーブ養生

連絡先：ハザマ技術研究所 〒305-0822 茨城県つくば市荻間字西向515-1 tel:0298-58-8814 fax:0298-58-8819

が大きく、断面破断・崩壊が生じている。オートクレーブ養生と温水浸せき試験では、ほぼ同様の結果が得られており、温水の4～5週後の性状がオートクレーブ養生後の性状とほぼ一致している。

フライアッシュの種類によって若干の差は見られるが、その差は、同一スラグの3本の供試体間でみられるばらつき程度である。したがって、膨張破壊性状に対するフライアッシュの種類の影響はほとんどないものと考えられる。

表-5 にスラグの粉末X線回折結果を示す。スラグによる差が見られるが、オートクレーブ養生後に水酸化カルシウムあるいは水酸化マグネシウムの生成が認められる。分析の結果から、膨張破壊の原

因は、主として水酸化カルシウムおよび水酸化マグネシウムの結晶の生成によることが確認されるが、スラグの水浸膨張比による差は、明確ではない。

図-1 に今回得られた結果とこれまでの試験結果²⁾を総合して、スラグの遊離 CaO 量および水浸膨張比と膨張破壊性状の関係を示した。全体的な傾向として f-CaO の含有量が高いほど水浸膨張比は高く、膨張破壊の危険性が高くなっているが、膨張破壊に対する安全性の指標値に使用することはできない。スラグの水浸膨張比と膨張破壊性状とは、明確な相関が見られ、水浸膨張比 0.4～0.5%以下で、ポップアウト程度は生じるもの供試体としては健全性が保たれ、0.8%以上となると膨張破壊を生じる。

5. まとめ

(1) スラグの水浸膨張比と膨張破壊性との間には、相関が見られ、0.4%程度以下であれば、ポップアウト程度の損傷で消波ブロックの機能を損なうような損傷は、生じないが、0.8%以上では、膨張破壊が生じる。

(2) オートクレーブ養生後、スラグ中には、水酸化カルシウムおよび水酸化マグネシウムが生成される。

【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) 福留他, 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, 第 56 回土木学会年次学術講演会, V, 2001.9

表-4 試験結果一覧

スラグ種類	オートクレーブ養生			80℃温水浸せき		
	FA 1	FA 2	FA 3	FA 1	FA 2	FA 3
処理水準 1	○×	○△	○△	○	○	○
処理水準 2	△	○△	△	2週△ 7週×	2週△ 5週×	
処理水準 3	—	×	×	—	1週△ 4週×	3週×
処理水準 4	△×	△	△	1週△ 3週×	1週△ 5週×	2週△ 3週×
処理水準 5	×	×	×	1週△ 3週×	1週△ 2週×	1週△ 2週×
				4週×	3週×	3週×

○：健全，△：ポップアウト，×：クラック，断面破損，××：崩壊

表-5 スラグのオートクレーブ養生前後の粉末X線回折結果

条件	スラグ種類	推定された鉱物						
		メルナイト (Me)	酸化第一鉄 (Wu)	メルナイト (Ak)	β-ビーマイト (C2S)	水酸化カルシウム (Po)	水酸化マグネシウム (Br)	グラファイト (Gr)
オートクレーブ養生前	処理水準 1	◎	◎	○	◎	△	—	—
	処理水準 2	◎	◎	○	◎	△	—	—
	処理水準 3	◎	◎	○	◎	△	—	—
	処理水準 4	◎	◎	○	◎	△	—	—
	処理水準 5	◎	◎	○	◎	△	—	—
オートクレーブ養生後	処理水準 1	◎	◎	○	◎	◎	—	—
	処理水準 4	—	—	—	—	—	◎	◎
	処理水準 5	◎	◎	○	◎	◎	—	—

備考) ◎：多量に認められる，○：認められる，△：微量に認められる，—：認められない

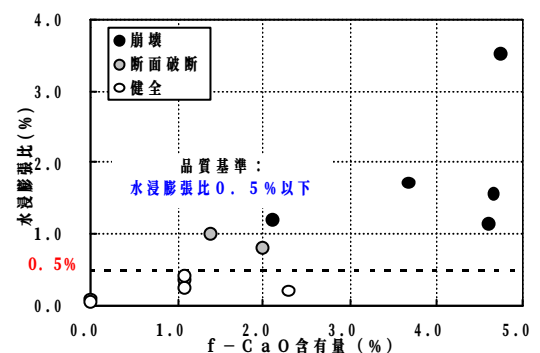


図-1 f-CaO 含有量，水浸膨張比と膨張性状の関係