

フェロクロムスラグ骨材を用いたモルタルの ASR 評価

金沢工業大学 学生会員 岡野 悠人
金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

近年の土木業界では、産業副産物の利用促進や天然資源の不足から、スラグの有効活用の検討・実用化を進めている。フェロクロムは、国内では JIS G 2303、国外では ISO 5448 に規格化されており、この中にある低炭素フェロクロムは、ステンレス精錬の最終工程で使用される。この低炭素フェロクロムの製造工程により発生するフェロクロムスラグ(以下 FCS と略す)を骨材として用いたコンクリートの耐久性に関する研究としては、凍害、塩害、中性化を対象に行われている¹⁾が、アルカリシリカ反応(以下 ASR と略す)については未検討である。

以上の背景を踏まえて本研究では、FCS をコンクリート用骨材に適用するに当たって、モルタルを用いて ASR を評価した。FCS 細骨材の外景を写真-1 に示す。



写真-1 FCS 細骨材の外景

2. 実験手順

2.1 使用材料と配合

使用材料を表-1 に、モルタルの配合と実験ケースを表-2 に示す。W/B は 50%，S/B は 3.0 とした。細骨材としては FCS 骨材と陸砂の 2 種類を、結合材としては普通ポルトランドセメント(以下 N と略す)、高炉セメント B 種(以下 BB と略す)、普通ポルトランドセメント+フライアッシュ(以下 FA 混和と略す)の 3 種類を用いた。FA は内割 20%とした。ここで、比較対象として使用した陸砂は、富山県の製品工場で使用している陸砂である。実験ケースは、細骨材の全量に占める FCS 細骨材の割合を 0%、25%、50%、75%および 100%の 5 水準とした。

2.2 ASR の測定および判定方法

本実験では北陸地方で最も汎用的な、飽和 NaCl 溶液浸漬法(デンマーク法)を用いて試験を行った²⁾。デンマーク法ではモルタルの供試体サイズを 40×40×160mm とし、50℃の飽和 NaCl 水溶液に 91 日間に亘り浸漬する。ここで、材齢 91 日目において供試体を測定し、膨張率が 0.1%未満は無害、0.1%から 0.4%未満は不明確、0.4%以上は有害と判定する。また、材齢の推移における膨張率の変化を見るために材齢 14 日、28 日、56 日において測定を行う。

表-1 使用材料

種類		物性値	
結合材	普通ポルトランドセメント	N	密度 3.16g/cm ³
			比表面積 3250cm ² /g
	高炉セメント B 種	BB	密度 3.04g/cm ³
			比表面積 3620cm ² /g
結合材	フライアッシュ	FA	密度 2.42g/cm ³
			比表面積 4560cm ² /g
細骨材	陸砂 (庄川産)	S _N	表乾密度 2.58g/cm ³
	フェロクロムスラグ	S _F	表乾密度 2.57g/cm ³

表-2 モルタルの配合

実験ケース		質量(g/バッチ)					
		W	N	BB	FA	S _N	S _F
N	0	250	500	0	0	1500	0
	25					1125	375
	50					750	750
	75					375	1125
	100					0	1500
BB	0	250	0	500	0	1500	0
	25					1125	375
	50					750	750
	75					375	1125
	100					0	1500
FA 混和	0	250	400	0	100	1500	0
	25					1125	375
	50					750	750
	75					375	1125
	100					0	1500

3. 実験結果

材齢に伴う膨張率の測定結果を図1、図2および図3に示す。これらの結果より、すべてのケースにおいて膨張率が0.1%を下回っているのでFCS骨材および陸砂のASRは無害と判断できる。また、普通骨材に関してはBBまたはFAを結合材で用いた場合にASR低減効果が期待できる³⁾。そのためFCS骨材を用いたモルタルにおいても結合材種類におけるASR低減効果があるのかを確認するために、各種結合材の材齢91日目における膨張率を図4に示す。その結果、結合材でBBおよびFAを用いたモルタルの膨張率はNを用いたものより小さいことが明らかになった。このことから、普通骨材と同様にFCS骨材でも、BBまたはFA混和を結合材で用いた場合、ASR低減効果を得られると判断できる。

4. まとめ

- ①FCS 細骨材を用いた W/B が 50%のモルタルに対してデンマーク法で測定した結果、ASRによる膨張は極めて小さく、無害と判定された。そのため、FCSはコンクリート用骨材として有効利用が可能であると考ええる。
- ②FCS 骨材は普通骨材と同様に、BBおよびFAを用いた場合、ASR低減効果が期待できる。

謝辞

本研究は、JFE マテリアル株式会社ならびに日本コンクリート技術株式会社にご協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1)宮里心一，土屋慶悟，片山太貴，花岡大伸：フェロクロムスラグ粗骨材を用いたコンクリートの耐久性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp.53-58，2021
- 2)鳥居和之，友竹博一：アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張挙動に及ぼすセメントと反応性骨材の組み合わせの影響，土木学会論文集，No.739，V-60，pp.4，2003
- 3)広野真一，安藤陽子，大代武志，鳥居和之：フライアッシュと高炉スラグ微粉末によるASR抑制効果の比較，セメント・コンクリート論文集，Vol.67，No.1，pp.441-448，2014

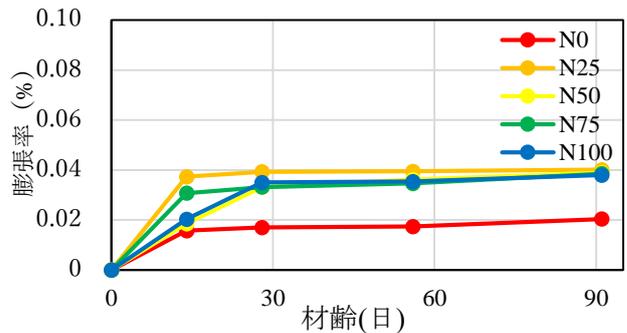


図1 Nの測定結果

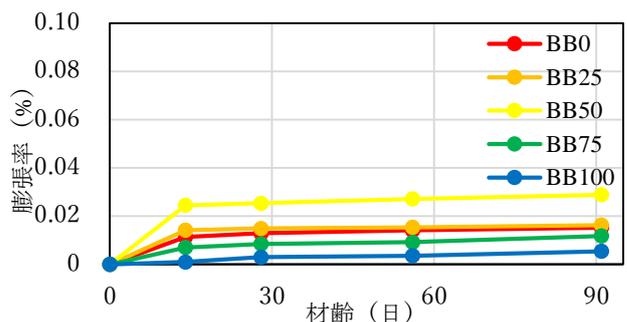


図2 BBの測定結果

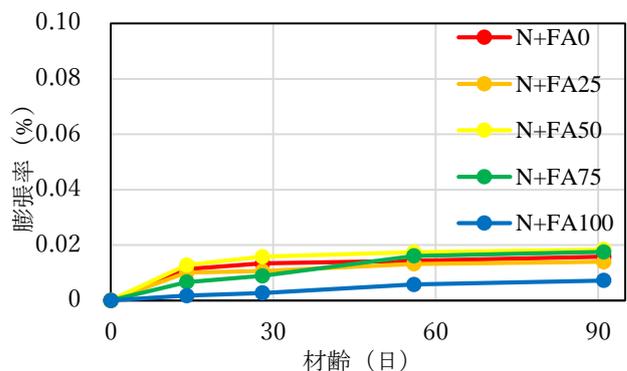


図3 FA混和の測定結果

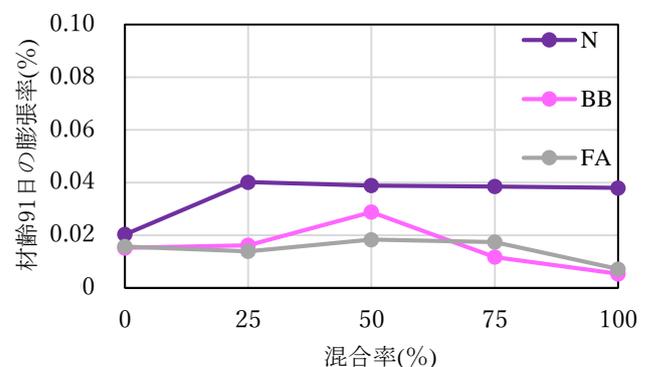


図4 各種結合材の材齢91日目における膨張率