

フェロニッケルスラグ骨材のプロピオン酸カルシウムによるASR抑制

愛知工業大学 フェロー会員 ○森野 奎二
愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

1. はじめに

フェロニッケルスラグ骨材には、アルカリシリカ反応性試験結果において、「無害」と「無害でない」に判定されるものがある。本研究では、「無害でない」と判定（B区分）される反応性のフェロニッケルスラグ細骨材（電炉水砕）を用いて、その反応性の確認とアルカリシリカ反応（ASR）の抑制対策について検討した。

抑制対策としては、アルカリ総量を 3kg/m^3 以下とする方法や混和材を用いる方法がある。混和材を用いる方法として、高炉水砕スラグ粉末、フライアッシュなどは評価が定まったものであるが、その効果を発揮させるには一定量以上の使用が必要であり、実用に際しては、簡単に使用できる設備になっていない場合が少なくない。そこで、微量の使用でASRが抑制される材料が望まれる。これに該当する可能性のある材料として、プロピオン酸カルシウム（ $(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2\text{Ca}$ ）に着目し、その効果及び問題点について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用したフェロニッケルスラグ細骨材(FNS)と普通細骨材（S,愛知県産の山砂：非反応性骨材）の化学法試験結果を表1に示す。

セメントはセメント協会のASR試験用普通ポルトランドセメント（ Na_2O 等価量：0.55%）、アルカリ添加剤としてNaOH（特級試薬）、ASR抑制用添加剤としてプロピオン酸カルシウム（特級試薬）をセメント質量に対して1.8～3.6%使用した。また、FNSと普通砂（S）の混合を20%間隔で置換した（表2）。

2.2 試験方法

試験は膨張率測定と強度試験を行った。膨張率測定はJIS A1146骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法)によった。

FNSの密度（ 2.86g/cm^3 ）の大きいことによる配合の補正はJIS A 5011-2 コンクリート用スラグ骨材—第2部：フェロニッケルスラグ骨材のASR試験関連事項によった。プロピオン酸カルシウムは有機物であるから、強度発現の遅延あるいは強度低下が懸念され、既に実施した岩石骨材において、その問題が認められた¹⁾。そこで、FNSモルタルの強度試験を、JIS R5201セメントの物理試験方法の中の強さ試験方法（供試体： $40\times 40\times 160\text{mm}$ ）に準じて行った。

表1 化学法試験結果

骨材種類	溶解シリカ量 Sc (mmol/l)	アルカリ濃度減少量 Rc (mmol/l)	Sc/Rc	判定
FNS	150	91	1.65	無害でない
普通細骨材	14	92	0.15	無害

表2 モルタルの諸条件

項目	摘要
材料質量比	C:FNS:W=1:2.60:0.5, C:S:W=1:2.25:0.5 FNS:S=100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100
アルカリ量	セメント質量（ Na_2O 等量）の0.55及び1.2%
抑制剤添加	プロピオン酸カルシウム（Cwt%）0, 1.8, 2.7, 3.6
貯蔵方法	$40\pm 2^\circ\text{C}$ 湿潤貯蔵, 供試体： $40\times 40\times 160\text{mm}$
効果の判定	貯蔵6ヶ月の膨張率が0.1%未満：抑制効果有

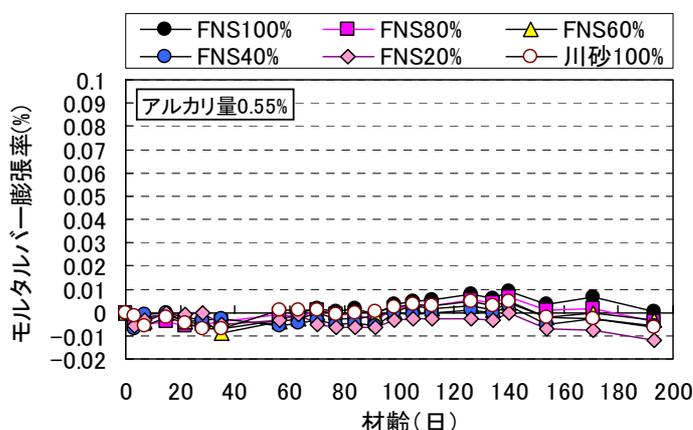


図1 FNSモルタルの膨張挙動(アルカリ量0.55%)

キーワード フェロニッケルスラグ骨材, ASR, 抑制対策, プロピオン酸カルシウム

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八草1247 愛知工業大学 土木工学専攻 TEL0565-48-8121

3. 結果及び考察

3.1 FNS モルタルの膨張と抑制

FNS モルタルにアルカリを添加せずにセメントからもたらされるアルカリ量(Na_2O 等量)のみの0.55% (アルカリ総量換算 3.3 kg/m^3) の場合では, 図 1 に示すように, 材齢 6 ヶ月で 0.01% 程度であり, 膨張がみられなく, 抑制対策の必要はない.

骨材の ASR の判定試験と同じアルカリ量の Na_2O 1.2%(アルカリ総量, 約 7.2 kg/m^3) にすると, 図 2 のように大きな膨張を示し, この FNS は極めてアルカリシリカ反応性の高い骨材であることが分かる. また, 図 3 から, FNS 混入量が多いほど膨張率が高くなり, ペシマム現象を示さない骨材である. したがって, FNS の混入量を少なくすれば膨張が少なくなる. 最大膨張を示す FNS 100% 混入モルタルの膨張率をプロピオン酸カルシウムの 3.6% 以下の添加で, 0.1% 以下にすることは困難である.

3.2 プロピオン酸カルシウム添加がモルタル強度に及ぼす影響

モルタルにプロピオン酸カルシウムを添加すると図 4 のように強度発現に遅延あるいは低下がみられる. ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}$) $_2\text{Ca}$ 1.8% 添加モルタルの強度は, 91 日頃までは無添加よりもやや低いが, それ以降では, ほぼ等しくなる. しかし, ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}$) $_2\text{Ca}$ 3.6% 添加モルタルの強度は, 無添加モルタルに比べて, 初期材齢から低く, 材齢の経過で回復の兆しはみられず, 25% 前後の強度低下が認められる.

4. まとめ

アルカリシリカ反応性の高い FNS の抑制対策として, プロピオン酸カルシウムを用いたモルタル実験において得られた結果を要約すると以下のようである.

- ①アルカリ総量が, 3.3 kg/m^3 程度以下であれば, FNS100% の使用でも抑制対策の必要はない.
- ②プロピオン酸カルシウムは ASR の膨張抑制に効果があり, 添加量が多いほどモルタル膨張率が低くなる.
- ③アルカリ量 (Na_2O 等量) 1.2%(アルカリ総量, 約 7.2 kg/m^3) の高アルカリ条件下で, FNS100% 使用では抑制は困難である.
- ④ただし, FNS コンクリート施工指針(案)の推奨値である 50% 以下の混合量であれば, アルカリ総量が 7.2 kg/m^3 と高い条件下でも, プロピオン酸カルシウムによる抑制効果が期待できる.
- ⑤プロピオン酸カルシウム添加率がセメント質量に対して 3.6% 程度になると強度低下が著しくなる.

謝辞: 本研究は, 日本鉱業協会, コンクリート用非鉄スラグ骨材調査研究委員会の活動の一環として実施した. また, 研究の遂行にあたり, 日本鉱業協会から研究費の助成並びに試料提供の協力を受けた. ここに謝意を表す.

参考文献: 1) 岩月栄治, 多賀玄治, 森野奎二: プロピオン酸カルシウムの ASR 抑制効果に関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No.61, pp.318-323, 2008

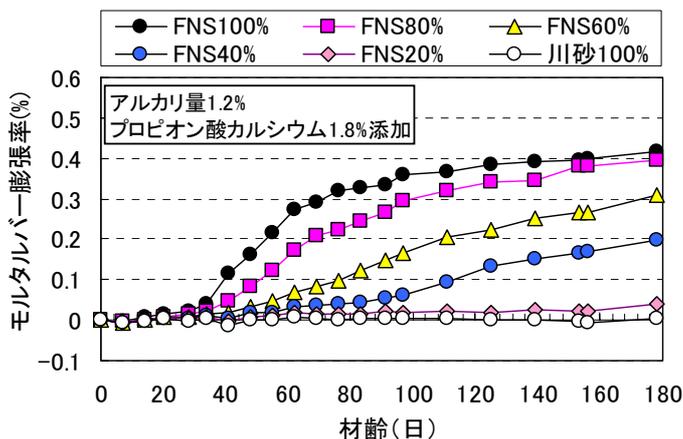


図 2 FNS モルタルの膨張挙動(アルカリ量 1.2%)

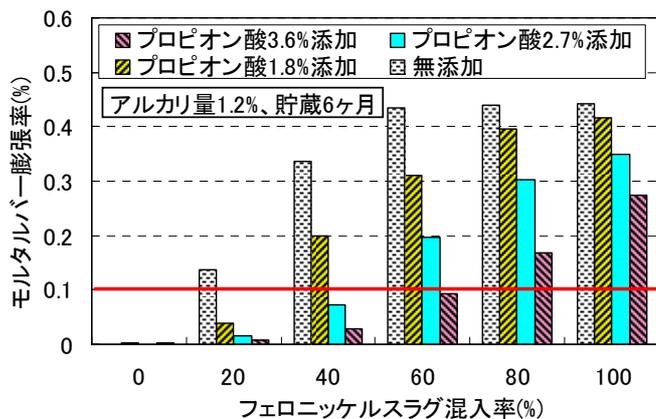


図 3 プロピオン酸カルシウムを添加した FNS・普通細骨材混合モルタルの膨張率(貯蔵 6 ヶ月)

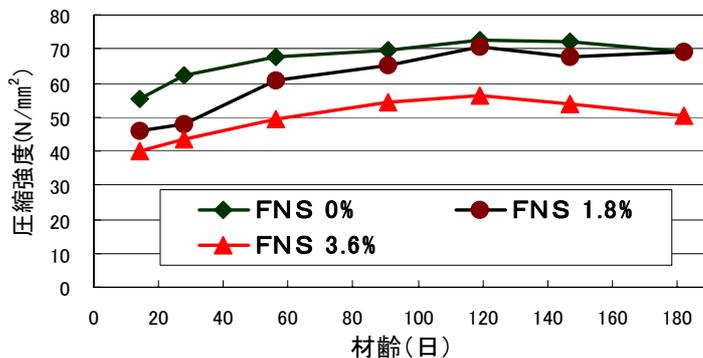


図 4 プロピオン酸カルシウム添加 FNS モルタルの強度発現状況