

製鋼スラグ細骨材を用いたコンクリートのFAによる膨張抑制メカニズム

日本大学	正会員	○小泉公志郎
JFE ミネラル(株)		須藤達也
日本大学	正会員	吉澤千秋
JFE ミネラル(株)		渡辺哲哉

1. はじめに

著者らは、フライアッシュ(以下FAと称す)をセメントに大量置換することにより、FAに含まれるガラス質のSiO₂が製鋼スラグ中のfree-CaOやfree-MgOと反応してC-S-H水和物およびM-S-H水和物が生成することによる膨張の軽減、FAに由来する細孔により膨張が抑制されることを期待した^{1),2),3)}。

そこで、free-MgOが含まれる未エージングの製鋼スラグを細骨材として用い、普通ポルトランドセメント(以下OPCと称す)にFAを大量に置換した結合材を用いたコンクリートの性質を調べた。特にエージングしても残存しやすいfree-MgOに着目し、FAによるfree-MgOの膨張抑制のメカニズムを明らかにするため、長さ変化試験に比較して、走査型電子顕微鏡(SEM)観察や細孔径分布の測定を行った。

2. 実験方法

骨材にfree-MgOを含有する製鋼スラグを用い、OPC100%及びFA70%:OPC30%のモルタルを作製し、その養生中の長さ変化や養生前後のSEM観察、細孔径分布を測定した。モルタルの養生は練り混ぜ後3日間を型枠にて養生後脱枠し、28日間は常温水中養生し、その後28日間80℃水中養生を行った。長さはコンタクトゲージにて測定した。MgOのMg(OH)₂への水和や体積変化の少ないM-S-H水和物の確認は、SEMおよびEDAXによる観察で行った。また細孔径分布測定により空隙の膨張に対する挙動を評価した。

3. 実験結果及び考察

3.1 長さ変化試験

図-1に80℃養生時の長さ変化率を示す。OPC100%よりもFA70%置換したモルタルの長さ変化率が小さい。すなわちFAにより膨張が抑制されていることを示す結果となった。

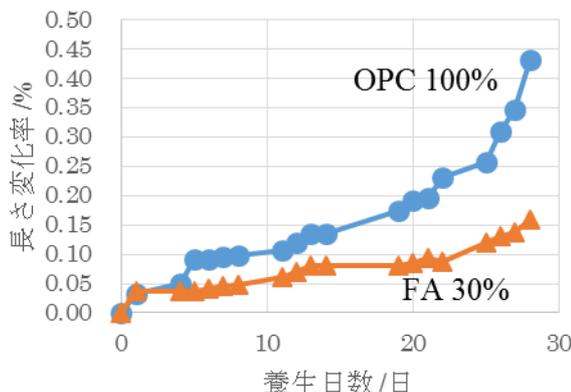


図-1 長さ変化率試験結果

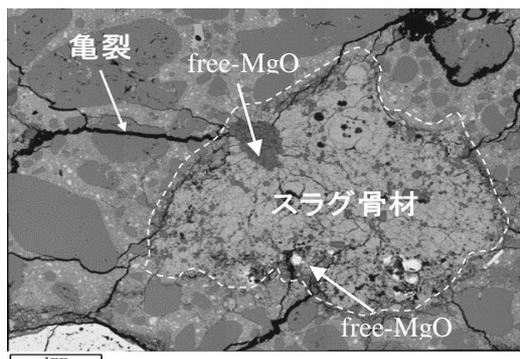


図-2 OPCモルタルSEM図

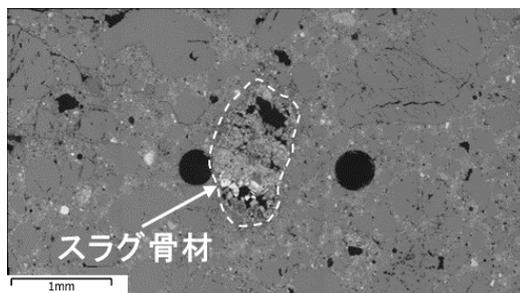


図-3 FA70%置換モルタルのSEM図

3.2 SEM観察

図-2, 3に結果を示す。OPCのみではスラグ骨材中のfree-MgOから亀裂が延びていることが観察された。すなわちMgOが膨張原因となっていることがわかる。FAを70vol.%置換したモルタルではfree-MgOからの亀裂は確認できなかった。

さらに図-4に別視野における拡大したSEM図を示すが、未反応の粒形のFA粒子も確認できた。さらに、MgO及びMg(OH)₂も確認できたが、膨張を抑制すると考えられる体積変化が少ないM-S-H水和物は確認することが出来なかった。つまりOPCにFAを70vol.%置換

キーワード：製鋼スラグ、フライアッシュ、膨張抑制、コンクリート、メカニズム、
 連絡先：〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部 TEL047-469-5537 FAX047-469-5537

しても水浸養生での材齢 56 日程度では、M-S-H 水和物生成のような反応は起こらないが、free-MgO の Mg(OH)₂ への水和反応の膨張影響を受けにくいということが明らかとなった。その要因を次項にて検討する。

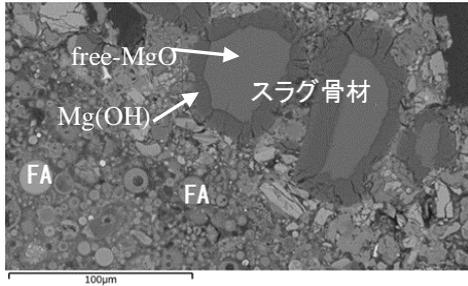


図-4 未反応 FA 粒子

3.3 細孔による膨張吸収

free-MgO を含むスラグを一部骨材に置換したモルタルを結合材 OPC100%，あるいは OPC に FA を 70vol.% 置換において作成した。20℃で 28 日水浸養生後，80℃にて 28 日水浸養生により水和促進させた際の細孔径分布の変化より FA の膨張抑制効果を検討する。細孔径分布は水銀圧入法により測定した。図-5 に，横軸に細孔径直径(µm)，縦軸に積算細孔容積(ml/g)を示す。OPC に比べて FA70vol.%置換の細孔容積が多いことが分かる。よって，FA70vol.%置換のほうがより膨張を吸収できる細孔が多いといえる。また，FA70vol.%置換，OPC の 80℃養生前後の細孔径分布を図-6，7 に示す。FA70vol.%置換の 0 日養生では 0.1~1µm の細孔が多く，56 日養生後は 0.06µm 以下の細孔が増えている。OPC では 0.06µm 付近の細孔が多いが，56 日養生後は 0.03µm 未満の細孔が増えている。図-1 より FA70vol.%置換のほうが膨張していないことが分かる。これは先ほどの細孔径の変化からも，モルタル内の細孔により膨張が吸収され，細孔が小さくなり，体積膨張も少ないことを示唆している⁴⁾。さらにその細孔径は FA に含まれるような 0.1~1µm の細孔に効果があることも推察された。

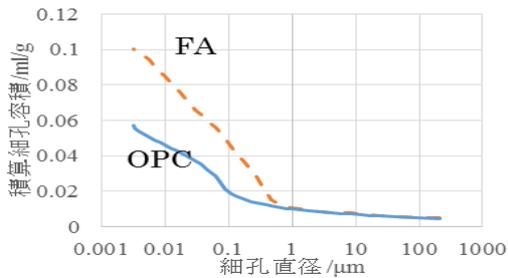


図-5 OPC100%と FA70vol.%置換の細孔容積

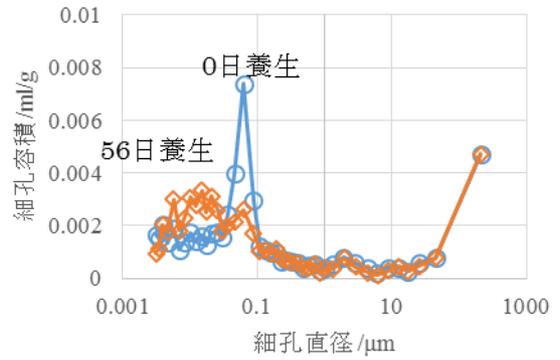


図-6 FA70vol.%置換 養生前後の細孔径分布

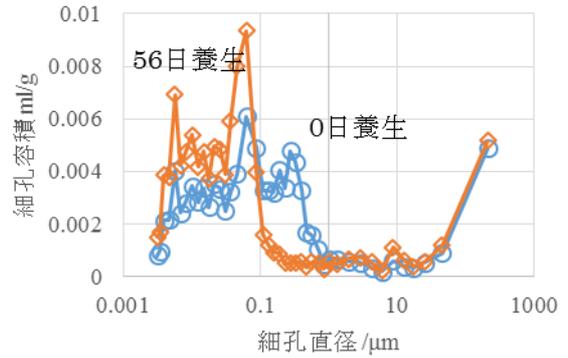


図-7 OPC100% 養生前後の細孔径分布

5. まとめ

本研究の範囲では，以下の結果が得られた。

- 1) FA 置換モルタルにおいてスラグ骨材と FA の M-S-H 水和物の生成は 56 日程度の水浸養生では確認することができなかった。
- 2) 結合材に FA を大量に配合することにより膨張抑制及び細孔径の小径化が認められたことから OPC に比べて FA の細孔が膨張吸収しやすいことが推察された。

参考文献

- 1) 高橋愛和：日本鉄鋼連盟スラグ資源化委員会，製鋼スラグ基礎物性に関する調査報告書(転炉編)，C-1，1978
- 2) 水渡英昭，横幕豊一，林田由美子，高橋愛知：転炉滓中の遊離石灰の影響による風化崩壊，鉄と鋼，Vol.63，pp.2316-2325，1977
- 3) 佐藤正己，小泉公志郎，梅村靖弘：フライアッシュと水酸化カルシウムによるポズラン反応の及ぼす養生温度の影響，Cement Science and Concrete Technology，Vol.70，pp.69-76
- 4) 小林隆芳，長岡誠一，君島健之：ポーラスコンクリートのアルカリ骨材反応特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.1，2004