

硫酸・硫酸塩抵抗性に及ぼす高炉スラグ細骨材の影響

岩手大学 学生会員 ○安保 朋哉
岩手大学 正会員 羽原 俊祐
岩手大学 正会員 小山田 哲也

1. はじめに

硫酸劣化に対して、高炉スラグ微粉末の使用が有効であることが知られている¹⁾。硫酸塩劣化の評価方法として、小片試験法²⁾の有効性が認められている。ここでは、高炉スラグ細骨材を使用したモルタルの硫酸・硫酸塩(硫酸ナトリウム及び硫酸マグネシウム)抵抗性への影響について、小片試験法を用いて検討を行った。

2. 実験概要

高炉スラグ細骨材は 1.2mm 篩下のものを使用した。比較の標準細骨材として角閃岩質砕石を使用した。高炉スラグ細骨材の置換率は 0, 25, 50, 75 及び 100%とした。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、モルタルの水：セメント：細骨材比は 0.5：1：2 とした。モルタル供試体 (4x4x16cm) からダイヤモンドカッターを用いて小片 (8mm 角) を切出し、これを使用して小片試験法²⁾を実施した。所定の材齢まで 20℃で浸漬し、その後ろ過・洗浄・乾燥を行い、2.5mm 篩上の質量残存率測定及び形状観察を行った。なお、溶液は、5%希硫酸、5%硫酸ナトリウム溶液、4.24%硫酸マグネシウム溶液を使用した。

3. 実験結果および考察

5%希硫酸浸漬後の 2.5mm 篩上の質量残存率の結果を図-1 に示す。通常細骨材と 25%高炉スラグ細骨材置換では浸漬材齢が 2 週より質量残存率の著しい低下がみられ、10 週で 0 となるが、高炉スラグの混入量が増えるにつれ、質量残存率が高くなる。高炉スラグ細骨材の置換率が 75%以上になると、浸漬 19 週後でも 75%以上の質量残存率を保つ。75%及び 100%高炉スラグ置換では、後述するように、初期材齢時に二水石こうの生成により質量残存率が 100%より増加する。希硫酸浸漬時の目視観察結果を図-2 に示す。通常細骨材と 25%高炉スラグ置換では 6 週でほぼ崩壊するが、75%及び 100%高炉スラグ置換では隅角部が劣化している程度で、試料の形状は留めている。硫酸ナトリウム溶液浸漬後の質量残存率の結果を図-3 に示す。通常細骨材では 13 週から 19 週の間で完全に崩壊した。25%高炉スラグ置換では 13 週からゆるやかに質量残存率が低下する。50%及び 75%高炉スラグ置換では 19 週から質量残存率の低下がみられる。100%置換では 26 週浸漬後でも劣化することがなかった。高炉スラグ細骨材の混入率が増加するにつれ、より高い質量残存率を保ち、高い硫酸塩抵抗性を示す。硫酸ナトリウム溶液浸漬時の目視観察結果を図-4 に示す。19 週で通常細骨材の場合は完全に崩壊し、25%高炉スラグ置換では小片の隅角部が劣化している。50%及び 75%置換では 26 週で劣化がみられたが、小片の原形を保持している。硫酸ナトリウム溶液と硫酸イオン濃度を同一にした硫酸マグネシウム溶液浸漬時の質量残存率の結果を図-5 に示す。26 週浸漬試験を行ったが、劣化の変状は小さい。ただし、高炉スラグ細骨材の混入率が低いものほど、質量残存率がわずかに増加した。以上の結果から、高炉スラグ細骨材の混入率が増加するに依りて、硬化体の硫酸・硫酸塩抵抗性が向上することが判明した。浸漬 19 週後の試料について XRD を実施した。希硫酸及び硫酸ナトリウム溶液に浸漬後の結果を図-6 及び図-7 に示す。希硫酸浸漬時の劣化の原因は二水石こうの生成と考えられるが、高炉スラグの混入率による生成量の変化はみられなかった。硫酸ナトリウム溶液浸漬時は高炉スラグ細骨材の混入率が高くなるにつれ、硫酸塩劣化の原因であるエトリンガイト及び二水石こうの生成量が少なくなっている。高炉スラグ細骨材の置換はエトリンガイト及び二水石こうの生成を抑制する。

キーワード 硫酸・硫酸塩劣化、高炉スラグ細骨材、小片浸漬試験

連絡先 〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4 丁目 3 番 5 号 岩手大学工学部社会環境工学科 TEL019-621-6443

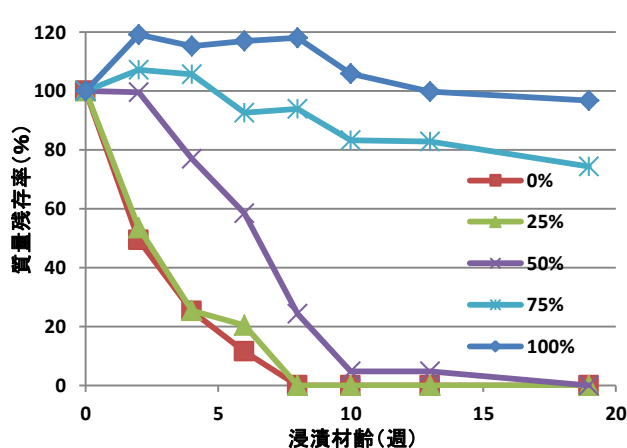


図-1 希硫酸の質量残存率

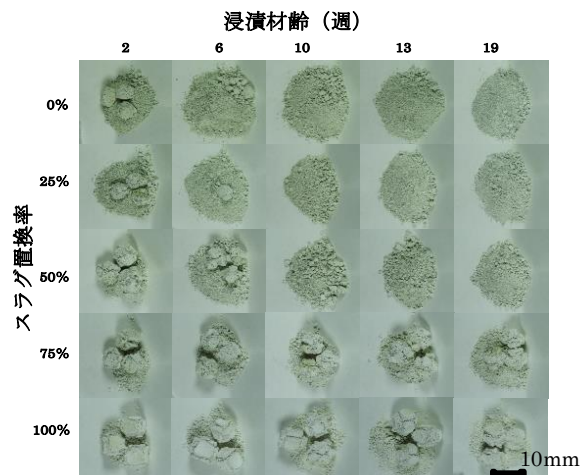


図-2 希硫酸の目視観察

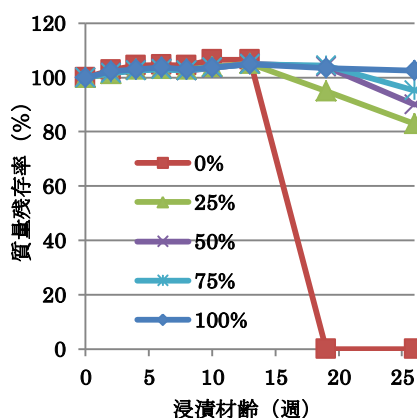


図-3 硫酸ナトリウムの質量残存率

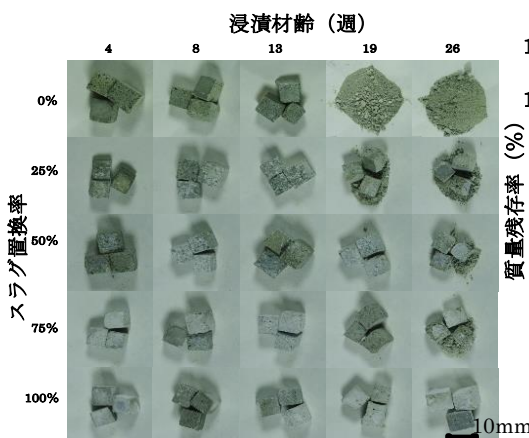


図-4 硫酸ナトリウムの目視観察

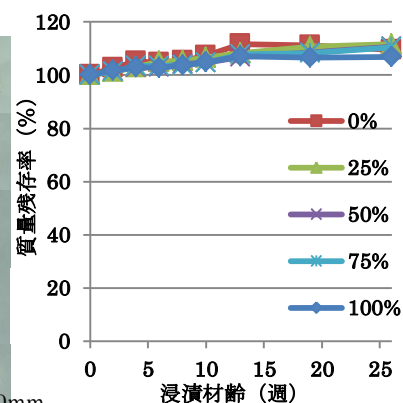


図-5 硫酸マグネシウムの質量残存率

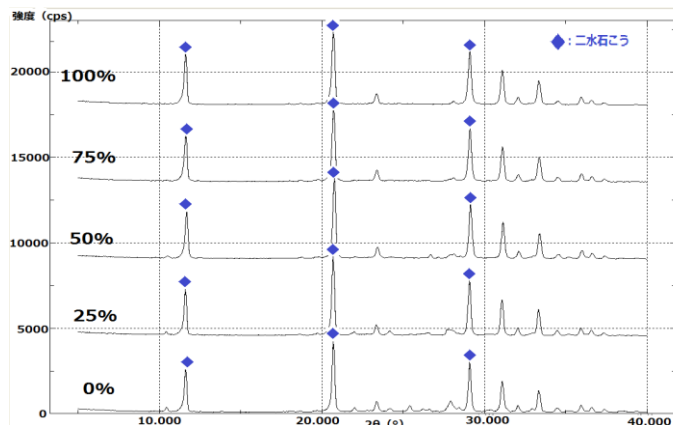


図-6 希硫酸のXRD結果

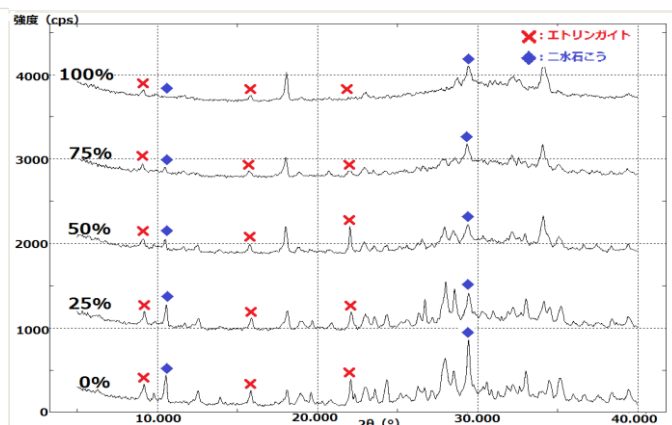


図-7 硫酸ナトリウムのXRD結果

4. まとめ

通常の細骨材を高炉スラグ細骨材に置換した場合、高炉スラグ細骨材の混入率の増加に応じて、硬化体の硫酸抵抗性及び硫酸塩抵抗性（硫酸ナトリウム及び硫酸マグネシウム）が向上する。高炉スラグ細骨材は、劣化要因であるエトリンガイト及び二水石膏の生成を抑制する効果がある。

謝辞： 本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：NEDO）によって実施されたものであり、ここに、謝意を表する。

参考文献

- 1) 河合研至、佐古明弘、松井康彦、久保田賢：耐酸性セメント系材料の硫酸抵抗メカニズムに関する基礎的研究、セメント・コンクリート論文集、Vol.61、pp. 344-350、2007
- 2) 羽原俊祐、畠山維斗、小山田哲也、中村大樹：小片浸漬試験方法による硫酸塩劣化の評価、セメント・コンクリート論文集、Vol.67、pp.363-369、2013