高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの耐硫酸性に関する研究

岡山大学大学院　正会員　○藤井　隆史
ラ ン デ ス(株)　正会員　細谷　多慶
JFE スチール(株)　正会員　松永　久宏
岡山大学大学院　正会員　綾野　克紀

１．はじめに

硫酸とコンクリートとの反応により，二水石こうが生じる．二水石こうは，セメント中の C_3A と反応し，エトリンガイトを生成し，コンクリートを劣化させる原因となる[1)]．しかし，二水石こうは，硫酸濃度が薄い場合には，コンクリートの空孔を塞ぐ作用があり，硫酸による分解生成物の溶出を抑えたり，硫酸がコンクリート中に浸透するのを抑えたりする作用があり，侵食を防ぐ効果があるとも言われている[2)]．本研究では，高炉スラグ細骨材を用いれば，モルタルの硫酸に対する抵抗性を高めることが可能であることを示す．

２．実験概要

硫酸浸漬試験には，φ50×100mm およびφ100×200mm の円柱供試体を使用した．供試体は，脱型後，材齢 7 日まで水中養生を行った．硫酸の濃度は，質量パーセント濃度で 5%である．質量変化の測定では，供試体の劣化した部分を流水で洗浄した後に質量を測定した．硫酸に 56 日間浸漬させた供試体は，乾式カッターで切断し，フェノールフタレイン溶液を噴霧し，切断面の呈色域の直径を測定した．

３．実験結果および考察

写真１は，骨材に川砂を用いたモルタルを硫酸に 56 日間浸漬させた後，断面にフェノールフタレインを噴霧した結果である．結合材に，普通ポルトランドセメントのみを用いた水セメント比が 30%および 60%のものを OPC30 および OPC60 と示している．また，結合材に普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末を質量比で４：６の割合で混合したものを用いた水結合材比が 30%および 60%のものを BB30 および BB60 と示している．川砂を用いたモルタルでは，BB60 のみ，供試体周りに二水石こうの膜が確認できる．一方，高炉スラグ細骨材を用いたモルタルを，硫酸に 56 日間浸漬させた**写真２**からは，いずれの結合材を用いた場合にも，供試体表面に二水石こうの膜が残っていることが分かる．これらの写真に示されるように，供試体の表面に二水石こうの膜が確認されるモルタルは，二水石こうの膜が確認できないものに比べて，硫酸による侵食深さが小さい．**写真３**および**写真４**は，それぞれ，BB60 に川砂および高炉スラグ細骨材を加えたモルタルの二水石こうの膜の部分を撮影したものである．高炉スラグ細骨材を用いたモルタル表面の二水石こうの膜は，川砂を用いたモルタル表面の二水石こうの膜に比べて，空隙等が少なく緻密であることが分かる．緻密な二水石こうが作られる高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの方が，川砂を用いたモルタルよりも，硫酸による侵食深さが小さくなるといえる．**写真５**および**写真６**は，それぞれ，川砂および高炉スラグ細骨材を飽和水酸化カルシウム水溶液に浸漬させる前と浸漬させた後の骨材表面を，走査型電子顕微鏡により撮影したものである．飽和水酸化カルシウム水溶液に浸漬させた後の川砂の表面には，水酸化カルシウムの六方晶系の板状の結晶が確認される．一方，飽和水酸化カルシウム水溶液に浸漬させた後の高炉スラグ細骨材の表面には，C-S-H 硬化体の結晶が確認されている．**写真７**は，1,000℃まで加熱し結晶化させた高炉スラグ細骨材と，非晶質な一般の高炉スラグ細骨材を，質量比で 100：0，50：50 および 0：100 の割合で混合した細骨材を用いたモルタルを，14 日間硫酸に浸漬させた後の劣化の様子を撮影したものである．従って，成分が同じ高炉スラグ細骨材であっても，結晶化した高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの表面に形成される二水石こうの膜は，剥がれやすいものであることが分かる．川砂のように結晶質で反応性の低い骨材の場合には，骨材の周辺に集積する水酸化カル

キーワード　高炉スラグ細骨材，耐硫酸性，二水石こう，高炉スラグ微粉末，モルタル
連絡先　〒700-8530　岡山市北区津島中３－１－１　岡山大学大学院環境学研究科　ＴＥＬ086-251-8155

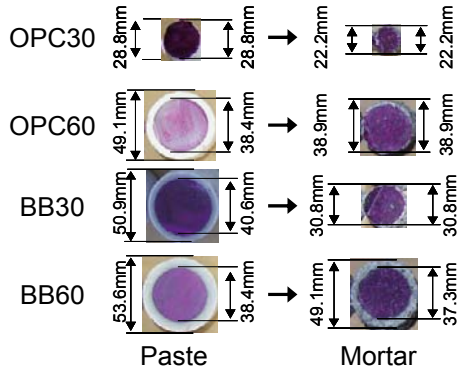

写真１　川砂を用いたモルタルの硫酸浸漬試験結果

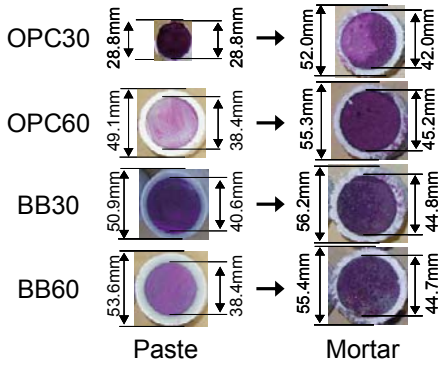

写真２　高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの硫酸浸漬試験結果

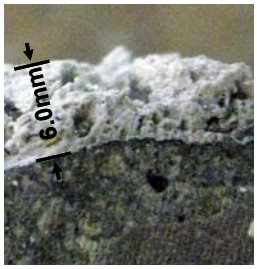

写真３　川砂を用いたモルタルの表層部の断面

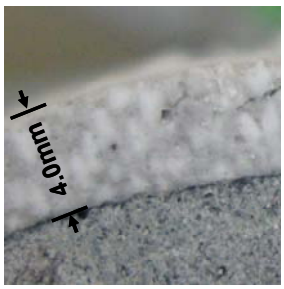

写真４　高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの表層部の断面

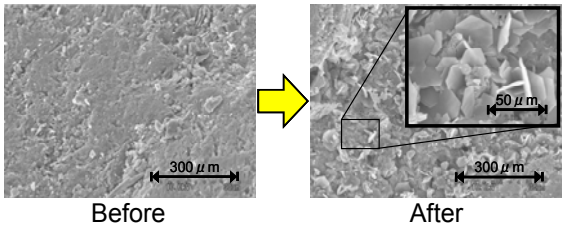

写真５　$Ca(OH)_2$ 水溶液に浸漬させた川砂の表面

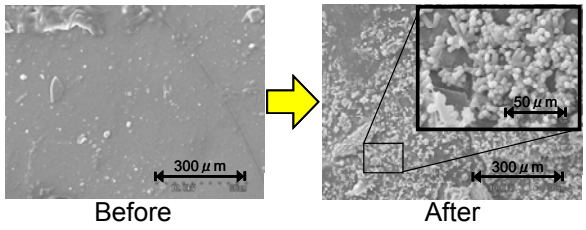

写真６　$Ca(OH)_2$ 水溶液に浸漬させた高炉スラグ細骨材の表面

シウムが硫酸との反応で生成する二水石こうの強度は弱いものと考えられる．一方，非晶質な高炉スラグ細骨材を用いれば，セメントの水和反応によって生成された水酸化カルシウムとの反応で，高炉スラグ細骨材の表面には，C-S-H 硬化体の結晶が生成される．強度の弱い二水石こうを形成する水酸化カルシウムが骨材周りに集積されにくくなることで，剥がれにくい二水石こうの強固な膜が，モルタルと硫酸の接する面に形成されることが考えられる．

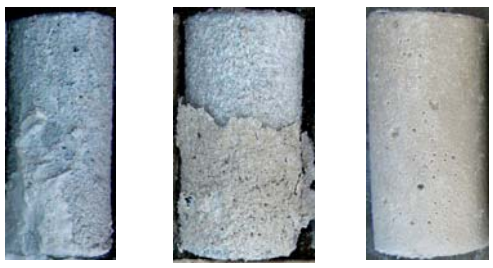

写真７　高炉スラグ細骨材のガラス化率がモルタルの耐硫酸性に及ぼす影響

４．まとめ

硫酸と接するモルタルおよびコンクリートの表面に形成される二水石こうの膜は，硫酸による侵食を抑制する効果がある．しかし，結晶性の高い骨材を用いた場合には，セメントの水和によって生成された水酸化カルシウムが骨材周辺に集積し，強度的に弱い二水石こうが生成され，二水石こうの膜自身が剥がれやすくなる．

参考文献

1)　日本下水道事業団編著：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術および防食技術マニュアル，(財)下水道業務管理センター，pp.12-17，2007.7

2)　水上国男：コンクリート構造物の耐久性シリーズ化学的腐食，技報堂出版，p.22，1986.12