

硫酸劣化がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○田中俊光
岡山大学大学院 学生会員 西野 隆
岡山大学大学院 正 会 員 藤井隆史
岡山大学大学院 正 会 員 綾野克紀

1. はじめに

下水道施設等における、硫酸による劣化が顕在化している。下水道の中では、生活排水が分解され、硫化水素、アンモニア、二酸化炭素およびメタン等が発生している。これらの気体の中で、硫酸塩還元細菌によって還元された硫化水素は、コンクリート表面で好気性の硫黄酸化細菌により硫酸に酸化され、コンクリートを激しく劣化させる¹⁾。下水道施設では、想定された期間よりも早期に硫酸による劣化を生じるものが増加しており、その修繕費が増大し、地方自治体の財政を圧迫してきている。本研究では、硫酸によるコンクリートの劣化が圧縮強度に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

普通モルタルには、普通ポルトランドセメントおよび砕砂を用いた。高炉スラグを用いたモルタルの結合材には、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 40:60 の割合で混合して用いた。細骨材には、高炉スラグ細骨材を用いた。いずれのモルタルも、単位水量が $220\text{kg}/\text{mm}^2$ で一定とした。普通コンクリートには、普通ポルトランドセメント、砕砂および碎石を用いた。単位水量が $175\text{kg}/\text{mm}^2$ 、細骨材率が 50% で一定とした。モルタルおよびコンクリートには、水結合材比が 25%、45% および 60% のものを用いた。混和剤には、ポリカルボン酸系高性能減水剤を用いた。

(2) 硫酸浸漬後のコンクリートの圧縮強度試験

硫酸浸漬後のコンクリートの圧縮強度を求める試験には $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を使用した。供試体は、材齢で 7 日および 91 日まで水中で養生を行った後、硫酸浸漬を開始した。硫酸は、質量パーセント濃度で 5% のものを用いた。硫酸への浸漬期間が 28 日、56 日、91 日、112 日および 182 日で硫酸から取り出した。劣化部分および二水石膏部分を除去し、端面を研磨した供試体を用いて試験を行った。試験は、1 回の試験につき 3 本の供試体を用いた。

(3) 硫酸の接触面からの距離と圧縮強度

硫酸の接触面からの距離と圧縮強度の関係を調べる試験には、 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ のコンクリートおよびモルタルの角柱供試体を使用した。供試体は、打設後 24 時間で脱型し、両端面からのみ硫酸が浸透するようにエポキシ樹脂を塗布した後、水中で材齢 7 日まで養生を行った。硫酸は質量パーセント濃度で 5% および 10% のものを用いた。硫酸への浸漬期間が 56 日で硫酸から取り出した。1 本の角柱供試体から $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のコア供試体を 5 本採取した。なお、1 回の試験に用いた角柱供試体は 1 本である。硫酸接触面からコアを採取した位置までの距離を測定した後、コア供試体の圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 および図 2 は、それぞれ、材齢 7 日および 91 日まで水中養生を行ったコンクリートを硫酸に浸漬させた後の圧縮強度の経時変化を示している。図中の●、■および▲は、それぞれ、水セメント比が 25%、45% および 60% の結果を示している。断面積を算出するのに用いる直径には、次式に示す公称直径 D_n を用いた。

$$D_n = 2\sqrt{\frac{V}{\pi h}} \quad (1)$$

$$V = 1,000 \times (m_a - m_w) \quad (2)$$

ここに、 D_n : 公称直径(mm)、 V : 円柱体積(mm^3)、 h : 円柱高さ(mm)、 m_a : 気中質量(g)、 m_w : 水中質量(g)

図 1 より、材齢 7 日まで水中養生を行った場合、硫酸浸漬後の圧縮強度は、浸漬開始時から大きな変化は見られない。一方、図 2 より、材齢 91 日まで水中養生を行った場合、硫酸浸漬後の圧縮強度は、浸漬開始時よりも低下していることが分かる。

図 3 および図 4 は、それぞれ、普通モルタルおよび高炉スラグを用いたモルタルの硫酸との接触面からの距離と圧縮強度の関係を示している。図中の●、■および▲は、それぞれ、水結合材比が 25%、45% および 60% のモルタルを 56 日間硫酸に浸漬した結果を示して

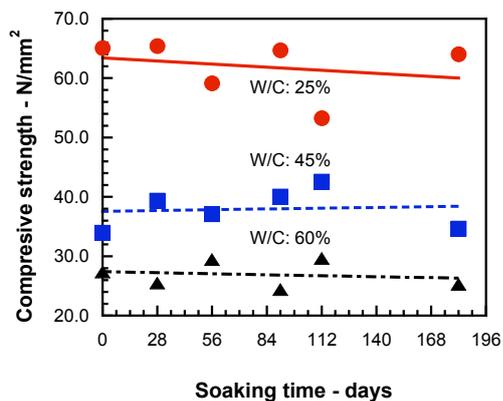


図 1 硫酸浸漬後の普通コンクリートの圧縮強度の経時変化(水中養生期間:7日)

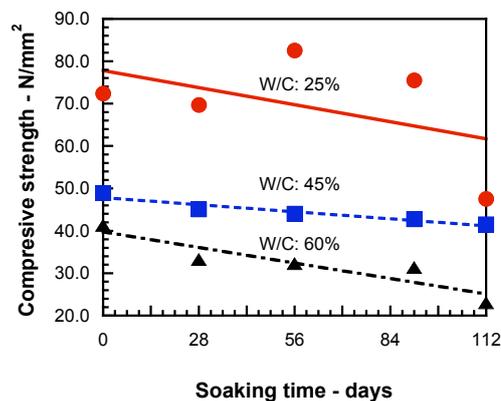


図 2 硫酸浸漬後の普通コンクリートの圧縮強度の経時変化(水中養生期間:91日)

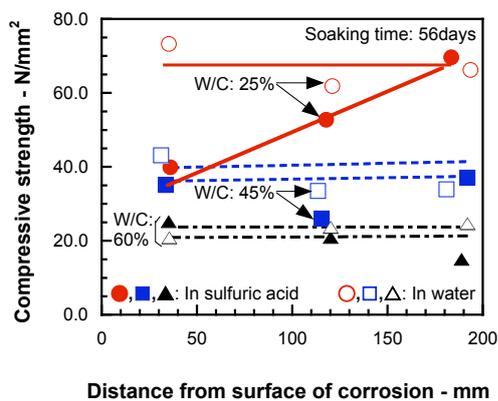


図 3 硫酸接触面からの距離と圧縮強度の関係(普通モルタル)

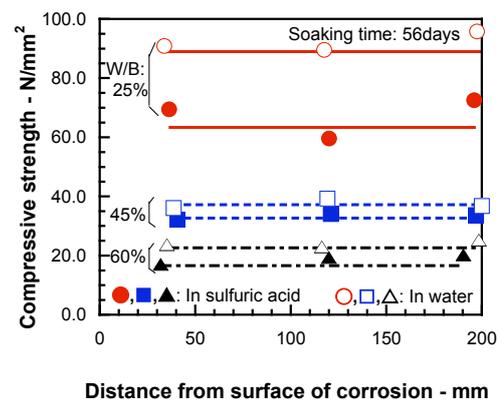


図 4 硫酸接触面からの距離と圧縮強度の関係(高炉スラグを用いたモルタル)

いる。○、□および△は、それぞれ水結合材比が 25%、45%および 60%のモルタルを、水中で養生した結果を示している。これらの図より、水結合材比が小さいほど、硫酸浸漬により圧縮強度が低下している。また、水セメント比が 25%の普通モルタルでは、硫酸との接触面に近いほど圧縮強度が小さくなっている。水セメント比が 25%の普通モルタル以外では、接触面からの距離に関係なく、内部まで圧縮強度が低下している。

図 5 は、硫酸接触面からの距離と圧縮強度の関係を硫酸濃度が及ぼす影響を、普通コンクリートを用いて調べた結果を示したものである。図中の●および■は、それぞれ、濃度が 5%および 10%の硫酸に浸漬した場合の結果である。▲は、同期間水中で養生した場合の結果を示している。硫酸濃度が濃いものほど、圧縮強度の低下が大きいことが分かる。また、コンクリートの内部まで、圧縮強度は低下していることが分かる。

4. まとめ

長期間養生を行ったコンクリートほど、また、水結

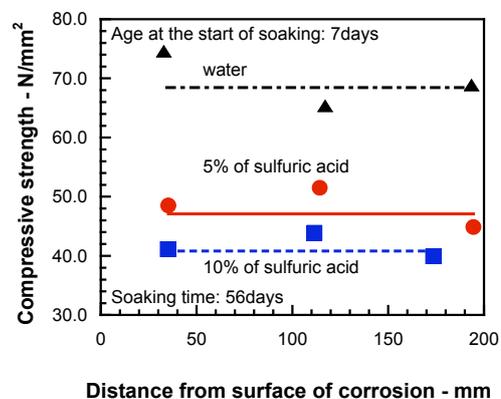


図 5 硫酸接触面からの距離と圧縮強度の关系到硫酸濃度が及ぼす影響(普通コンクリート, W/C=25%)

合材比の小さいコンクリートほど、硫酸浸漬によって圧縮強度は低下する。また、硫酸の濃度が高いほど圧縮強度の低下は大きい。コンクリート内部においても圧縮強度は低下する。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'10[基礎編], pp. 51-56, 2010. 2