

硫酸環境下におけるコンクリートの劣化性状に関する研究

東北大学 学生員 ○ 青柳直樹
 東北大学 正会員 板橋洋房
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、下水道施設等において、コンクリート構造物の早期劣化が深刻な問題となっている。その主な原因は硫酸による劣化の影響が大きいと考えられており、その劣化のメカニズム等については報告されているが、コンクリートの内部性状についてはあまり明らかにされていない。そこで本研究では、硫酸により劣化したコンクリートの内部性状を調べるために、モルタル供試体を用いて硫酸浸漬実験を行い、水セメント比及び硫酸濃度が侵食深さ及び中性化深さに及ぼす影響を検討するとともに、針貫入試験¹⁾を行い、硫酸により劣化したモルタル供試体の深さ方向についての内部強度を測定した。

2. 実験概要

供試体は普通ポルトランドセメントを使用した non-AE モルタルとした。配合条件は表1に示す。実験に使用した供試体形状は、浸漬実験用に $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の角柱供試体、圧縮強度試験用に $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の円柱供試体とした。 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の角柱供試体は28日間標準水中養生後、半分に切断して $4 \times 4 \times 8\text{cm}$ とし、浸漬面となる端面以外の残り5面を封かんして、硫酸

表-1 コンクリートの配合表，打設結果

水セメント比 (%)	s/m (%)	単位量 (kg/m^3)			モルタルフロー (mm)	空気量 (%)
		水 W	セメント C	細骨材 S		
55	54	284	516	1407	223	2.0
65		298	462	1407	227	2.1

※s/m：モルタルに対する細骨材の容積割合

溶液に浸漬して実験を行った。円柱供試体は28日間標準水中養生を行った後に圧縮試験を行った。

浸漬溶液は5%、3%、1.5%、0.5%の4種類とした。浸漬期間は、今後さらに延長していく予定であるが、現在、硫酸濃度3%においては28日、硫酸濃度5%、1.5%、0.5%においては42日までのデータが得られている。測定項目は、質量、中性化深さ、内部強度とし、所要の浸漬期間を経過した供試体において随時測定を行った。中性化深さは、供試体から針貫入試験用コア採取後に、その内面にフェノールフタレイン指示薬を滴下し、直交する2方向について中性化深さを計4点測定して平均値を算出した。なお、中性化深さは侵食深さを含めた初期断面位置からの中性化深さを表す。また、質量減少分を侵食により失った分であると仮定し、質量変化率から侵食深さを算出した。内部強度は、針貫入試験機を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

実験は上述した4種類の硫酸溶液に対して行ったが、図にはそのうちの5%と0.5%の結果のみを示す。

(1) 質量変化

モルタルの質量変化率に与える水セメント比と硫酸濃度の影響を図1に示す。図より硫酸濃度5%では、質量は初期に増加しているものの材齢28日では減少に転じ、その値はW/C=55%の方が65%より小さい結果となった。一方、硫酸濃度0.5%では、質量は初期に増加し、その後減少傾向を示すものの、材齢42日時点では質量変化率はまだ100%以上であり、水セメント比による違いは殆ど見られなかった。初期に質量が増加するのはセメント水和物と硫酸の反応により石膏が生成するためであり、その後減少に転じるのは生成した石膏が脱離するためだと考えられる。

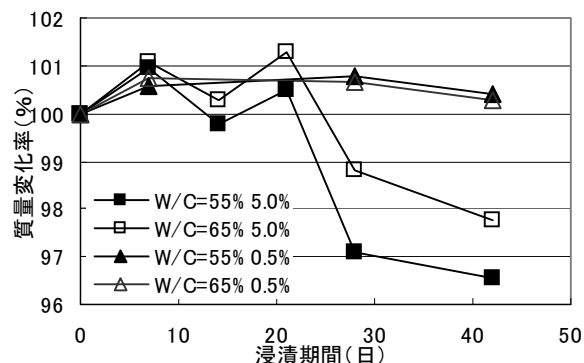


図1 質量変化率と水セメント比・硫酸濃度の関係

キーワード：硫酸腐食，侵食深さ，中性化深さ，針貫入試験，内部強度

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL&FAX 022-217-7428

(2) 中性化深さ

図2は、それぞれ濃度5、0.5%の硫酸に浸漬した場合の中性化深さの測定結果である。図より、硫酸濃度5%に浸漬したものでは、W/C=65%より55%の方が中性化深さは大きくなり、それに対して硫酸濃度0.5%に浸漬したものではW/C=65%の方が大きくなっていることが分かる。以上のことから、現時点では硫酸濃度が高い場合には水セメント比が小さいほど中性化の進行が速くなるのに対し、硫酸濃度が低い場合には水セメント比が高いほど劣化の進行が速くなる可能性が示唆される結果となった。

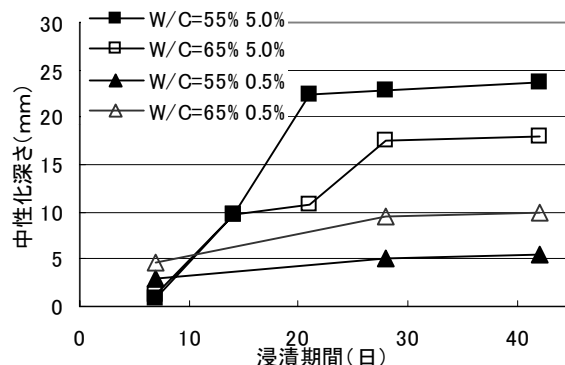


図2 中性化深さと水セメント比・硫酸濃度の関係

(3) 強度の推定

針貫入試験結果より推定したコンクリート内部の平均圧縮強度に与える水セメント比と硫酸濃度の関係を図3に示す。なお、供試体表面に侵食が見られた場合、供試体の質量変化率から侵食深さを算出し、そこでの推定圧縮強度を0とプロットしている。図より硫酸浸漬7日後のものは、硫酸濃度5%では表面付近で強度が低下しているのに対し、硫酸濃度0.5%では殆ど強度低下は見られなかった。硫酸浸漬42日後のものは、硫酸濃度5%では表面が著しく侵食されているのに対し、硫酸濃度0.5%では全く侵食は見られなかった。以上のことから、水セメント比によらず硫酸濃度が高くなるほど劣化の進行が速くなる傾向が示唆される結果となった。また、7日浸漬後から42日浸漬後の強度の推移を水セメント比で比較した場合、硫酸濃度5%ではW/C=55%のほうが65%のものより侵食が進行しており、W/C=65%では侵食面近傍の強度が明らかに低下していることが確認された。硫酸濃度0.5%ではW/C=65%の方が55%のものよりも表面付近の強度低下が大きいことがわかった。今回は non-AE コンクリートを想定して実験を行ったことから、今後 AE コンクリートを想定して同様の実験を行い、空気量の影響についても検討していくつもりである。

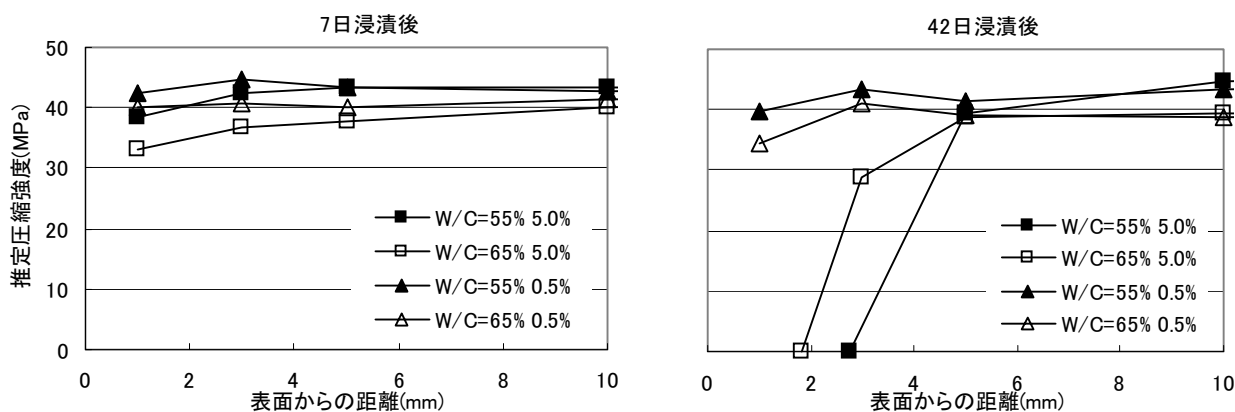


図3 推定強度と水セメント比・硫酸濃度の関係

4. まとめ

- (1) 質量減少、中性化深さともに低濃度ではW/C=65%が、高濃度では水セメント比の小さいW/C=55%が大きくなる傾向が示唆された。
- (2) 硫酸腐食に伴うコンクリート表層の劣化は、硫酸濃度が高くなるほど顕著になっており、低濃度では水セメント比の大きいW/C=65%がW/C=55%に比べ若干強度が低下し、高濃度では水セメント比の小さいW/C=55%がW/C=65%に比べ侵食されやすい傾向が示唆された。

参考文献

- (1) 三浦尚，岩城一郎，板橋洋房：針貫入試験によるコンクリート構造物の劣化診断に関する研究，土木学会論文集，No.620/V-43，pp245-255，1999