

乾湿繰返し作用がコンクリートの硫酸劣化に及ぼす影響

広島大学 学生会員 ○鐘尾 圭惣
広島大学 学生会員 坪根 圭佑
広島大学 正会員 小川由布子
広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

近年、温泉地帯や下水関連施設において硫酸によるコンクリートの劣化が深刻な問題となっている。コンクリートの主成分である水酸化カルシウムは硫酸との反応により脆弱な二水石膏を生成し、コンクリート構造物の耐久性を低下させる危険性がある。コンクリート構造物を適切に維持管理するためにも劣化予測は必要である。しかしながら、これらは実環境において影響要因の多様性により劣化形態が複雑となるため劣化予測は十分には確立されていない。適切な管理をするためにも浸漬環境、暴露環境を把握することは重要である。

久田ら¹⁾は、水セメント比 (W/C) や細骨材セメント比 (S/C) を変化させたモルタル供試体を作製し、硫酸による乾湿繰返し作用を付与した浸漬試験を行い、供試体の劣化現象を検討している。その結果、S/C=2.0, 3.0 の場合において、侵食深さは乾湿繰返しの方が常時浸漬より大きくなることを示している。しかし、既往の研究ではセメントペースト供試体、モルタル供試体での検討が多く行われており、コンクリートについて検討していないことや、乾燥と浸漬の繰返し頻度については1条件のみの実施となっていることなど、十分な検討がなされているとは言い難い。

そこで本研究では、乾湿繰返しを受けたコンクリート、モルタルにおける劣化現象を把握すること、乾燥状態と湿潤状態になる頻度及び配合が劣化にもたらす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

寸法 100×100×400mm のモルタル供試体 (W/C=0.35, 0.55) およびコンクリート供試体 (W/C=0.55) を作製した。使用したコンクリートの配合を表 1 に示す。なお、モルタルの配合に関しては、コンクリートの配合と S/C が等しくなるように設定した。打設後 24 時間で脱型しただちに 27 日間水中養生を行った。その後、100×100×100 mmの寸法に 4 つに切断した。また、硫酸の浸漬方向を一方向のみとするため切断面以外の 5 面を耐酸エポキシ樹脂でコーティングした。

表 1 コンクリート供試体の配合

W/C	単用量(kg/m ³)				A E 減水剤 (cc/m ³)
	W	C	S	G	
0.55	169	307	805	979	309

2.2 実験方法

作製した全ての供試体は濃度 5% (1mol/L) と pH1.0 (0.09mol/L) の硫酸溶液に暴露面が横向きになるように浸漬した。また浸漬条件は、2日浸漬5日乾燥と4日浸漬3日乾燥の2条件とした。以下、それぞれを 2W5D および 4W3D と示す。測定項目は侵食深さおよび中性化厚さとし、図 1 に示す。侵食深さは浸漬開始から 2 週間ごとに測定し、初期表面から剥落、欠損した長さとした。また、中性化深さは

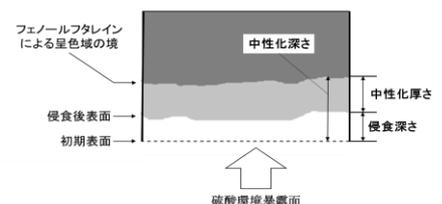


図 1 測定項目概要

キーワード 硫酸劣化, コンクリート, 乾湿繰返し

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 A-2-522 構造材料工学研究室 TEL 082-424-7786

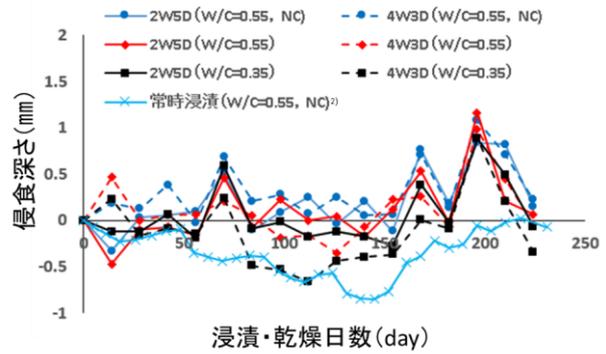
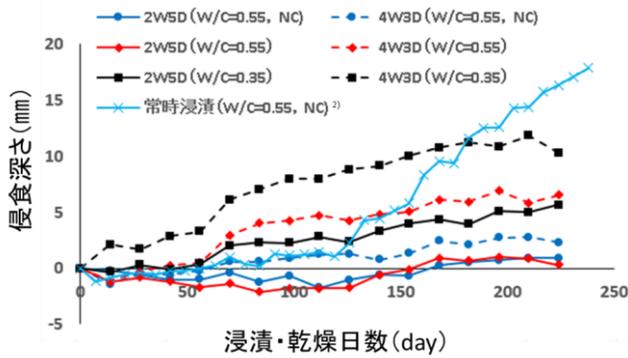


図2 濃度5% (左), pH1.0 (右) の硫酸浸漬による侵食深さ

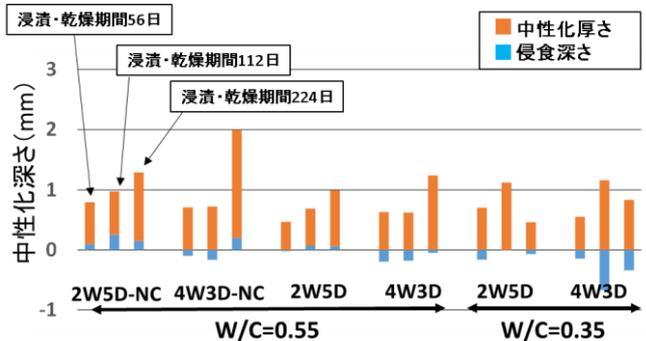
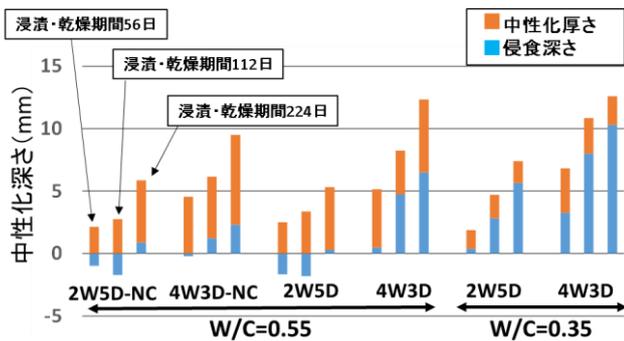


図3 濃度5% (左), pH1.0 (右) の硫酸浸漬による中性化厚さおよび侵食深さ

浸漬開始から一定期間ごとに供試体を割裂し、フェノールフタレイン溶液によって呈色しない長さである中性化厚さを測定し、これに侵食深さを加えることにより算出した。

3. 実験結果及び考察

図2に、乾湿繰返し作用を付与し濃度5%およびpH1.0の硫酸に浸漬した供試体の侵食深さの測定結果を示す。なお、実験結果では、それぞれの硫酸濃度に常時浸漬を行った場合の結果についても、参考文献²⁾を参照して追記している。どの供試体においても2W5Dよりも硫酸に浸漬している日数の長い4W3Dの方が劣化が進行している。また、濃度5%の硫酸に浸漬させた場合、どの供試体においてもW/Cの小さい供試体の方が大きく劣化が進行した。また、硫酸濃度が高く、W/Cが低いと侵食深さが大きくなるという傾向も示している。これは既往の研究³⁾で

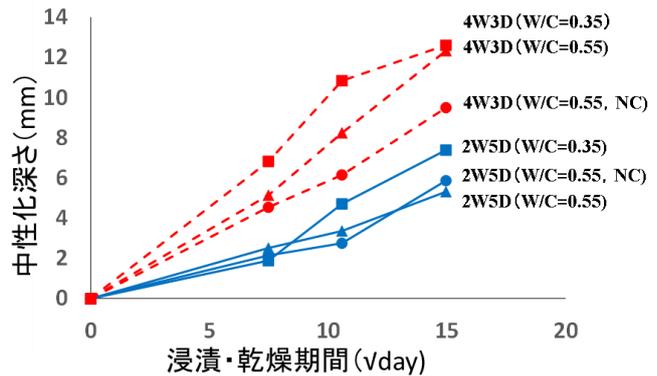


図4 濃度5%の硫酸浸漬による中性化深さ

示されているとおり、W/Cが低い場合、セメント硬化体内の空隙量が減少し、硫酸との反応により生じる生成物を許容する空間的余裕がなくなるためである。また、コンクリート供試体と比べモルタル供試体の劣化の進行が大きい。これはコンクリートの場合、内部への硫酸の浸透が粗骨材の回りを迂回する形となるためであると考えられる。pH1.0の硫酸に浸漬した場合、配合、乾湿の有無に関わらず、浸漬・乾燥期間224日において、どの供試体においても大きな剥落は見られなかった。

図3に、濃度5%およびpH1.0の硫酸に浸漬させた供試体の侵食深さ、中性化厚さの関係および中性化深さの結果を示す。測定は浸漬・乾燥期間56日、112日、224日に行った。膨張している供試体に関しては、その膨張分を中性化深さの負の方向へ示している。侵食深さ同様、W/Cの小さい供試体の中性化深さが大きく進行している。図3に示した中性化厚さの部分は供試体浸漬面に堆積した二水石膏の厚さを示している。W/C=0.55の方がW/C=0.35と比べ中性化厚さの部分が大きい。このことから、W/C=0.55の方が二水石膏の堆積が多く、中性化を抑制したと考えられる。侵食深さが大きいものは中性化厚さが小さくなる傾向がみられる。

図4に、横軸を浸漬・乾燥期間の平方根として、濃度5%の硫酸に浸漬させた供試体の中性化深さの経時変化を示した。これによると、中性化深さは浸漬・乾燥期間の平方根に比例して増加していることがわかる。これにより乾湿繰返し作用を付与した場合においても、中性化深さは \sqrt{t} 則に近い挙動を示すことが示唆された。

4. 結論

- (1) 乾湿繰返し作用を付与した場合でも、常時浸漬と同じく水セメント比の小さい供試体の進行が大きくなった。
- (2) 濃度5%の硫酸溶液に浸漬した供試体の中性化深さは、浸漬・乾燥期間の平方根に比例して増加する。

参考文献

- 1) 久田真ほか：酸性環境下におけるセメント硬化体の劣化進行に関する研究，土木学会論文集E，Vol.64，No.3，pp.389-399，2008
- 2) 河合研至ほか：長期間硫酸浸漬したコンクリート内部の変質，セメント・コンクリート論文集，Vol.70，No.1，pp.397-404，2017
- 3) 蔵重勲：硫酸によるコンクリート劣化のメカニズムと予測手法，東京大学学位論文，2002