

乾湿繰返し作用がモルタルの硫酸劣化および侵食速度に及ぼす影響

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、細骨材セメント比 (S/C) を変化させたセメントペースト供試体、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た。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、濃度や乾燥頻度の影響についての検討は十分ではない。そこで本研究では、乾湿繰返しを受けたモルタルにおける乾燥状態と湿潤状態になる頻度および配合、硫酸濃度が劣化の進行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 の角柱モルタル供試体 (W/C=0.35, 0.55) を作製し、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、湿式カッターで 100×100×100 mm の寸法に 4 つに切断した。また、硫酸の浸透方向を一軸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。

2.2 実験方法

作製したモルタル供試体 (S/C=2.6) は、濃度 5%(1mol/L)の硫酸溶液中に暴露面が横向きになるように静置した。また浸漬条件は 1 サイクルを 7 日間として、2 日浸漬 5 日乾燥を 1 サイクルとした 2W5D と 4 日浸漬 3 日乾燥を 1 サイクルとした 4W3D の計 2 条件とし、いずれの条件でも 2 週間ごとに侵食深さを、一定期間ごとに中性化厚さを測定した。ここで、中性化厚さとは、供試体暴露面から中性化している厚さを指す。

3. 実験結果及び考察

乾湿繰返し作用を付与し、硫酸濃度 5%に浸漬したモルタル供試体の侵食深さの経時変化を図 1 に示す。どちらのサイクルにおいても、水セメント比の低い供試体の方が侵食深さは大きくなった。剥落開始以降も、水セメント比の低い供試体が劣化をしやすいことがわかる。侵食深さの測定結果において、剥落開始後の侵食深さの経時変化を直線回帰し、その傾きを侵食速度として求め、侵食速度と 1 サイクル当たりの浸漬日数との関係を図 2 に示す。なお、濃度 0.3%の場合の侵食速度は、既往の研究¹⁾で行われた侵食深さの結果を用いて算出した。また、常時浸漬を行った侵食深さについては、W/C=0.55 は文献 3)の結果、W/C=0.35 は文献 4)の結果を参考とした。ただし、図中に示すとおり、それぞれの実験では S/C が異なる。図 2 より、濃度 5%

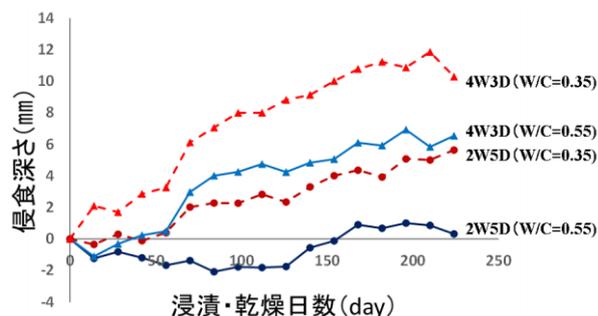


図 1 硫酸濃度 5%への浸漬による侵食深さ

キーワード 化学的腐食, 硫酸劣化, 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 TEL082-424-7786

の硫酸に浸漬させた場合、いずれの供試体においても、傾きが0に近い値を示した。これより、いずれの配合のモルタルにおいても、1サイクルにおける乾燥期間および硫酸に浸漬させた日数に関わらず、モルタルの硫酸による侵食速度は同じであった。しかしながら、濃度0.3%の硫酸に浸漬させた場合、いずれの配合においても乾湿繰返し作用を付与した場合の方が侵食速度は大きくなった。また、侵食速度は濃度が0.3%の場合よりも5%の方が大きく、濃度0.3%においてはいずれの水セメント比の場合においても、侵食速度に大きな差がないのに対し、濃度5%の場合はW/C=0.35の侵食速度がW/C=0.55と比較して14%程度大きくなっている。すなわち、硫酸による侵食に対するW/Cの影響は濃度の高い方がより顕著に表れた。既往の研究²⁾では硫酸濃度による劣化形態の違いが指摘されており、このことも本研究で硫酸濃度によって侵食速度が異なっている要因であると考えられる。

図3に浸漬・乾燥期間56日、112日、224日における侵食深さと中性化深さの関係を示す。ここでは、中性化厚さに侵食深さを加えたものを中性化深さと定義している。侵食深さ同様W/Cの小さいモルタルの中性化深さが大きく進行している。図3で示され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。侵食深さと中性化厚さの間には、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。また図4に、横軸を浸漬・乾燥期間の平方根として、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、水セメント比が低いと供試体の劣化の進行が大きくなる。
- (2) 濃度5%の硫酸溶液に浸漬した供試体の侵食速度は、1サイクル当たりの浸漬日数に関わらず等しくなる。
- (3) 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) 久田真ほか：硫酸が作用す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.449-459, 2008

3) 波多野裕侍ほか：粗骨材量の相違がコンクリートの硫酸劣化に及ぼす影響，セメント・コンクリート論文集, Vol.67, No.1, pp.480-486 (2013)

4) 吉田祐介：硫酸によって劣化したコンクリートの内部強度分布に関する研究，土木学会第58回年次学術講演会, 2003

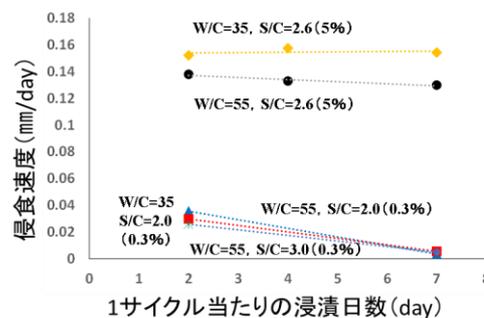


図2 侵食速度^{1), 3), 4)}

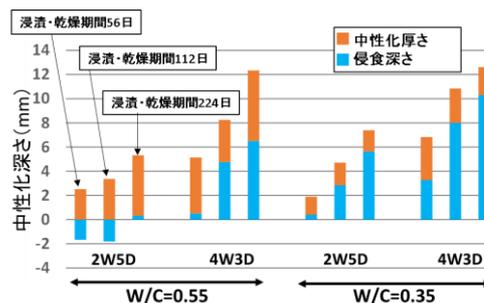


図3 硫酸濃度5%への浸漬による侵食深さ及び中性化深さ

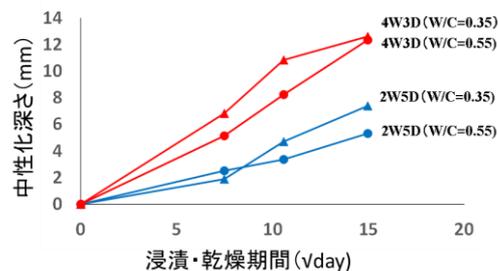


図4 硫酸濃度5%への浸漬による中性化深さ