

コンクリートの硫酸侵食に及ぼす流水の影響

広島大学大学院 正会員 河合研至

広島大学大学院 学生会員 新見龍男

広島大学大学院 学生会員 ○吉牟田卓

1 はじめに

コンクリートは必ずしも安定な材料ではなく、化学的要因が原因となって硬化体の変質、分解や鉄筋腐食などが起こりうるが、これらの化学的劣化に対する総合的な予測手法は確立されていない。下水施設での化学的劣化の主因は硫酸による劣化であるが、現在のコンクリート標準示方書では、硫酸による劣化に対する特別な規定はなく、化学的腐食に対して最大水結合材比やひび割れ幅またかぶりの制限値を与えているに過ぎない¹⁾。

これまでに、硫酸によるコンクリートの劣化予測の研究として、硫酸により腐食された部分がコンクリート表面に残留するとき、腐食部分が硫酸の深部への浸透を妨げて、硫酸の浸透速度は拡散律則に従うということが知られている¹⁾。しかし、実際の下水関連施設では流水により腐食部分の侵食が促進されると考えられる。

そこで、本研究ではモルタル供試体の硫酸劣化に及ぼす流水の影響を、配合、硫酸濃度の各条件下で検証し、劣化特性を把握することを目的とした。

2 実験概要

2-1 供試体概要

表 2.1 の配合条件で 40 mm×40 mm×160 mm のモルタル供試体を作製した。供試体は側面を耐酸性のエポキシ樹脂で被覆して、侵食面を端面のみとした。

表 2.1 供試体の配合条件

セメント	水結合材比 %	使用混和材	置換率 %	表記	養生日数 day
普通ポルトランドセメント	35	-	-	NC35	28
	50	-	-	NC50	28
	35	シリカフューム	15	SF15-35	28
	50	高炉スラグ微粉末	30	BS30-50	28
エコセメント	35	-	-	EC35	42

2-2 実験概要

pH1、pH2 の硫酸にそれぞれ静水、流水の 4 条件でモルタル供試体の浸漬試験を行なった。供試体は各浸漬条件で 1 配合につき 3 本の供試体を用意した。浸漬後 7 日経過ごとに侵食量を計測し、浸漬 28 日、63 日、91 日で 1 本ずつ分析試験を行なった。分析は供試体の硫酸イオン浸透量の測定、供試体内部の細孔径分布測定について行なった。

3 結果と考察

3-1 侵食量測定結果

図 3.1 は pH1 の硫酸に浸漬した普通ポルトランドセメント(W/B=35%)とエコセメント(W/B=35%)の侵食量である。硫酸の浸透を受けたあと、侵食が直線的に進んでいる。流水に浸漬したものが静水に浸漬したものに比べて侵食が速く進んでいるのは流水により腐食部分の剥離が促進されているためであると考えられる。

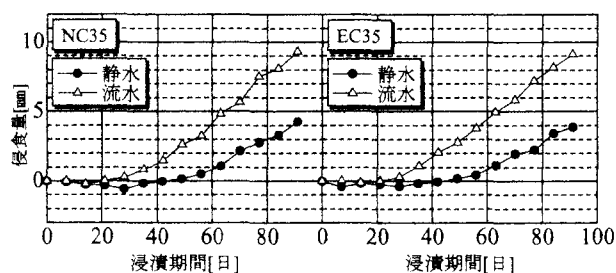


図 3.1 pH1 の硫酸による侵食量(NC35,EC35)

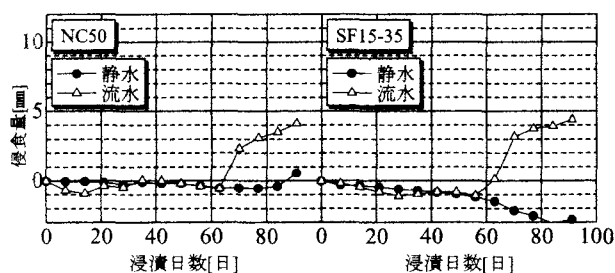


図 3.2 pH1 の硫酸による侵食量(NC50,SF15-35)

図 3.2 は普通ポルトランドセメント(W/B=50%)とシリカフェーム 15%置換(W/C=35%)供試体の侵食量である。流水に浸漬した供試体は、浸漬 60 日前後を境に侵食が急激に進行している。静水に浸漬した供試体が侵食せず流水に浸漬した供試体のみ侵食されていることから、硫酸との反応による生成物の膨張圧では剥離しきれなかった腐食部分が流水により押し流されたものと考えられる。この結果、新しく腐食面が露出し、硫酸はより深部に侵入する。

3-2 細孔径分布測定結果

pH2 の浸漬試験では静水に浸漬した場合と流水に浸漬した場合で、侵食量に大きな差が出なかったため、細孔の変化から検証を試みた。図 3.3 は pH2 の硫酸に浸漬した普通ポルトランドセメント(W/C=35%)の細孔径分布測定の結果である。径が 10^{-2} 、 10^{-1} 、 $2 \times 10^{-1} \mu\text{m}$ 付近の空隙が減少して、 $1 \mu\text{m}$ 付近の細孔容積が増加している。pH が高めの硫酸による劣化では、細孔構造がポーラスになる傾向があり、また、総細孔容積に変化が見られないため、 10^{-2} 、 10^{-1} 、 $2 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ 付近の径の細孔が $1 \mu\text{m}$ 付近の径の細孔に変化したと考えられる。そこで、静水に浸漬した供試体と流水に浸漬した供試体の細孔径の分布を比較すると、流水に浸漬した供試体の方が静水に浸漬した供試体よりも $1 \mu\text{m}$ 付近の径の細孔容積が少ない。これは、侵食面の表面付近でポーラスになった部分が、流水により押し流されたためであると考えられる。侵食量が 0.5 mm 以下であり、使用した細骨材の 61% 以上が 0.6 mm 以上の径であったことを考慮すると、ペースト部分の侵食のみが進んでいる状態と考えられる。

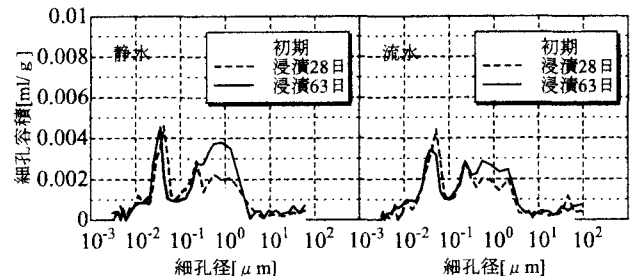


図 3.3 細孔径分布測定結果

3-3 結果の考察

pH1 の硫酸に浸漬した普通ポルトランドセメント(W/B=35%)とエコセメント(W/B=35%)供試体では流水の影響の有無に関わらず、腐食部の剥離が見られ、流水に浸漬したものの方が剥離を促進されるという結果が得られた。普通ポルトランドセメント(W/B=50%)とシリカフェーム 15%置換(W/C=35%)の供試体に関しては、静水では侵食されず、流水に浸漬した供試体がある浸漬期間で急激に侵食された。この結果より、侵食が段階的に進行していくと考え、図 3.4 に示すように直線で近似できる。硫酸による侵食は流水の影響を受けて、暴露期間に比例して進行すると考えられる。

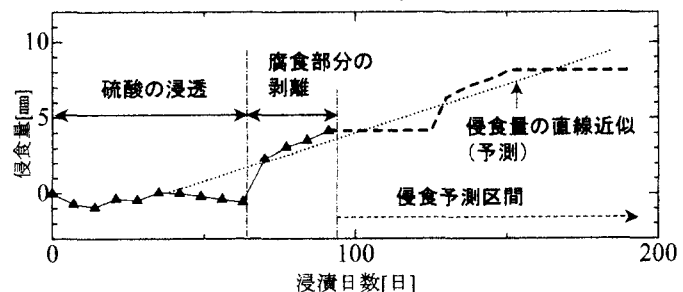


図 3.4 侵食量の予測

4 まとめ

pH1 の硫酸に浸漬した供試体では流水と静水の浸漬条件の間に明確な差が現れた。流水による影響を受ける場合には、硫酸による腐食部が剥離することで硫酸イオンが深部まで浸透できなくても侵食は進行する。これより、硫酸濃度が高い場合には硫酸による侵食速度は硫酸のコンクリート内部への拡散よりも、腐食部の剥離のサイクルの早さに依存すると考えられる。

参考文献： 1) 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。