

流水の作用と pH の相違が硫酸侵食に及ぼす影響

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○佐古明弘
 広島大学大学院工学研究科 正会員 河合研至
 株式会社トクヤマ 正会員 新見龍男

1. はじめに

下水道処理施設などの社会基盤が整備されつつある今、硫酸による下水道管の劣化や温泉地帯におけるコンクリート構造物の劣化が深刻になっている。硫酸を含めた酸性劣化は、通常 $\sqrt{t}$ 則に従うとされているが、これは劣化生成物が表面に残留した場合に、以降の劣化因子の浸透が劣化生成物中を拡散することに伴う拡散律速となることに起因している。しかし下水道関連施設のように下水の流れや飛沫水により劣化生成物が表面から剥落するような環境では、侵食がより促進されることが懸念される。

そこで、本研究では浸漬試験に流水作用を付加し、流れの有無、硫酸濃度すなわち pH の相違、セメントの種類、相違や混和材置換が硫酸によるコンクリートの長期劣化性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実験的検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 供試体の作製

表-1 に示す結合材の種類、水結合材比を用いて $40 \times 40 \times 80 \text{ mm}$ の角柱モルタル供試体を作製した。供試体内への硫酸の浸透を一次元的に捉えるため硫酸との接触は両端部のみとし、供試体の全側面に耐酸性エポキシ樹脂を塗布した。なお、エコセメントおよび混和材を置換した供試体の養生期間は、同配合で作製したコンクリート供試体の圧縮強度が同一水セメント比の普通ポルトランドセメント供試体と等しくなる日数とし、その期間水中養生を行った。これは、圧縮強度が等しければ硬化体内部の細孔構造も等しいと仮定することにより、セメント種類による水和進行の程度の相違の影響を排除するためである。各供試体の養生期間、圧縮強度の測定結果、表記方法を表-1 にあわせて示す。

2. 2 実験方法

硫酸溶液として、pH2.0、pH4.0、の 2 種類の濃度を用いた。また暴露条件として静水・流水の 2 種類を用意した。この場合の静水条件とは水槽に硫酸溶液を用意し、溶液内に供試体を静置した状態をさす。また流水条件とはポンプによって流れを発生させ、供試体の腐食面が流れに接するように配置して浸漬させる状態をさす。

浸漬後、5 ヶ月まで 1 ヶ月ごとにノギスを用いて侵食深さを測定した。また、浸漬開始から 1、3、5 ヶ月後の供試体を用いて浸漬後、5 ヶ月まで 1 ヶ月ごとにノギスを用いて侵食深さを測定した。また、浸漬開始から 1、3、5 ヶ月後の供試体を用いて表面からの硫酸イオン浸透量の測定を行った。

表-1 供試体の配合要因および圧縮強度

配合名	結合材	W/B (置換率)	【モルタル】 圧縮強度 〔N/mm ² 〕 (材齢)
NC35	NC	0.35	46.46 (28 日)
NC50		0.50	38.63 (28 日)
EC35	EC	0.35	32.72 (42 日)
SF15-35	NC+SF	0.35 (15%)	48.78 (28 日)
BS30-50	NC+BS	0.50 (30%)	35.61 (28 日)

※ NC：普通ポルトランドセメント、

※ EC：普通型エコセメント

SF：シリカフューム、BS：高炉スラグ微粉末
混和材はセメント質量に対し内割で置換

3. 実験結果と考察

3. 1 侵食量

図-1に pH2 硫酸溶液に浸漬した供試体の侵食深さの推移を示す。 pH2.0 浸漬試験の流水条件における供試体の侵食量を水結合材比で比較したところ、浸漬試験では水結合材比 50%の供試体よりも、水結合材比 35%の供試体の初期膨張量が大きくなっている。水結合材比の大きな供試体は細孔量が多く硫酸とセメント硬化体の反応によって生成される石膏の膨張をある程度抑制できたためと考えられる。また、浸漬期間 63 日から 91 日あたりで開始される侵食量も水結合材比 35%の供試体のほうが大きくなっている。膨張量が大きい水結合材比 35%の供試体の方がより流水による影響を受けているといえる。同じ水結合材比である普通ポルトランドセメントを使用した (NC35) 供試体と普通型エコセメントを使用した (EC35) 供試体と比較したところ、普通型エコセメントのほうが侵食量は大きくなっている。これは普通型エコセメントは普通ポルトランドセメントに比べ三

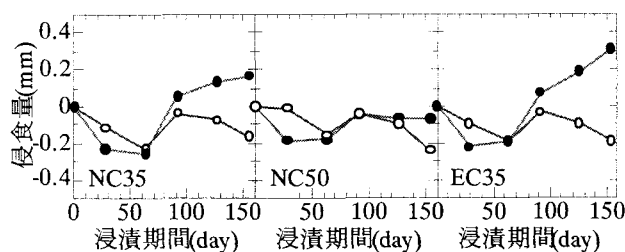


図-1 pH2硫酸溶液に浸漬した供試体の侵食量

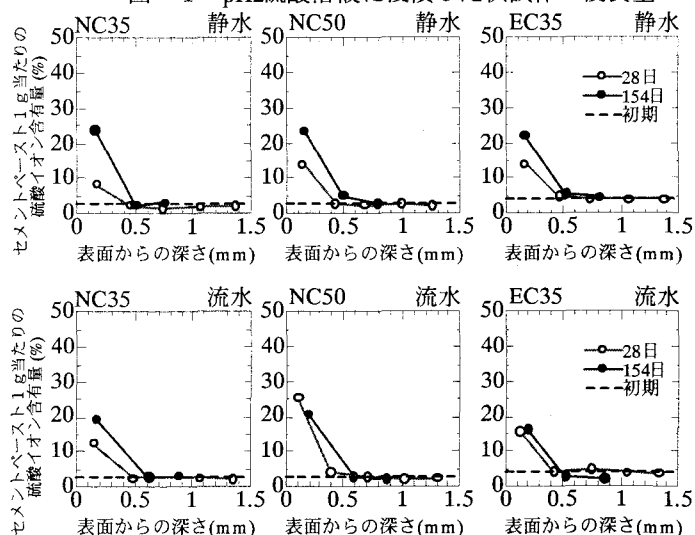


図-2 pH2硫酸溶液に浸漬した供試体の硫酸イオン浸透量

酸化硫黄含有量が大きく健全部における硫酸イオン含有量も大きい。また、アルミン酸三カルシウムの含有量も大きい。そのため普通型エコセメントでは普通ポルトランドセメントよりも硫酸イオンとの反応による石膏の生成が促進され侵食量が大きくなったと考えられる。

pH4 硫酸溶液に浸漬した供試体の侵食量では、浸漬 154 日時点で侵食は見られず静水条件において浸漬した供試体のみわずかに膨張した。配合にかかわらず同様の傾向が見られており、流水の影響により、供試体表面に生成された劣化生成物である石膏が溶液中に溶解している可能性が考えられる。しかし、いずれの配合においても膨張量は非常に微量であり、継続して侵食量の計測を行うことが必要であると考えられる。

3. 2 硫酸イオン浸透量

図-2に pH2 硫酸溶液に各暴露条件において 91 日間浸漬した供試体の硫酸イオン浸透量を示す。

いずれの配合および暴露条件においても、硫酸イオンは表面近傍にしか浸透していない。静水条件の浸漬試験においては W/B50%の供試体において硫酸イオンがより浸透していることが確認できる。また暴露条件で比較すると、28 日時点で静水条件よりも流水条件において表面近傍の硫酸イオン含有量が大きくなっている。流水の影響として、硫酸イオンの浸透が促進されている可能性があるといえる。

4. 結論

pH2 硫酸溶液の浸漬試験では、水結合材比の低い供試体のほうが膨張量が大きく、流水の作用による侵食の促進の度合いも大きい。また、流水の影響として供試体表面の硫酸イオン浸透量が大きくなる傾向が見られた。pH4 硫酸溶液の浸漬試験では、供試体表面に生成された二水石膏が流水の影響により溶解している可能性が示された。

【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)
- 2) 坂本浩行、セメントモルタルの耐酸性に関する実験、土木技術資料、14 - 8、pp.38-44、1972