

硫酸によるセメント硬化体の化学的侵食の温度依存性に関する基礎的検討

東北大学 学生会員 ○榎本 悠
 東北大学 学生会員 宮本 慎太郎
 東北大学 正会員 皆川 浩
 東北大学 正会員 久田 真

1. はじめに

近年、硫酸によるコンクリートの劣化機構の解明、劣化予測体系の確立について数多くの研究^{1), 2)} がなされてきた。しかし、それらの既往の研究では、温度一定のもとで硫酸水溶液中に供試体を浸せきさせ、配合や硫酸濃度による影響を検討したものが一般的であり、外部溶液の温度を考慮したものは少ない。

本研究では、化学的侵食の中でも代表的な、硫酸によるセメント硬化体の中性化深さの進行に着目し、溶液温度がセメント硬化体の劣化に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、セメントペーストおよびモルタル供試体を使用して検討を行った。使用材料の物性と配合を表-1に示す。なお、本研究では材料分離を抑制する目的で高機能特殊増粘剤を用いた。供試体の作製は、まず寸法 $\phi 50 \times 100$ mmの円柱型モルタル供試体を打設し、打設後約24時間後に脱型を行い、材齢28日まで20℃の水中養生を行った。そして、打設

表-1 配合表

W/C (%)	S/C	増粘剤 (kg/m ³)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)		
				W	C	S
35	0	10.32	1.5	516	1475	0
35	2.5	0	1.5	212	607	1518
55	0	12.48	1.5	624	1135	0
55	2.5	0	1.5	297	540	1351
65	0	13.22	1.5	661	1018	0
65	2.5	0	1.5	333	512	1281

結合材：普通ポルトランドセメント(密度3.15 g/cm³, 比表面積3340 cm²/g), 細骨材：宮城県大和町鶴巣産の山砂(表乾密度2.62 g/cm³, 吸水率1.76%), 混和剤：高機能特殊増粘剤(アルキルアリルスルホン酸塩, アルキルアンモニウム塩系)

面と打設底面をエポキシ樹脂で被覆した。

供試体を浸せきさせる硫酸水溶液の濃度は重量%濃度で0.5%, 1.0%, 3.0%の3水準とした。また、本研究では、セメント硬化体の硫酸劣化に及ぼす外部溶液の温度の影響を検討するために、硫酸水溶液の温度を5℃, 20℃, 40℃の3水準とした。

供試体の浸せき期間は13週とし、浸せき終了後に供試体を軸方向に垂直に割裂し、侵食深さおよび中性化深さをノギスを用いて計測した。なお、侵食深さと中性化深さの定義は既往の研究³⁾に従った。

3. 溶液温度が劣化形態に及ぼす影響

既往の知見³⁾により、硫酸によるセメント硬化体の劣化形態は、侵食深さと中性化深さが共に経時的に増加する浸透・溶解型、侵食深さの経時変化はほぼ0で推移し、中性化深さの進行速度は時間の経過とともに減少する浸透・非溶解型、供試体表面に生成した硫酸とセメントの反応物が膨張と剥落を繰り返す、生成物の剥落時に中性化深さも増加する膨張剥落型の3種類に分類可能であることがわかっている。その分類方法に基づいて、本研究における実験結果から、セメント硬化体の劣化形態を分類すると、図-1が得られ、劣化形態は溶液温度、硫酸濃度によって変化することがわかった。

図-1より、セメント硬化体の劣化形態はモルタルとセメントペーストで大きく異なることが確認できる。モルタルの劣化形態は硫酸濃度のみに依存して変化しており、溶液温度による劣化形態の変化は無いことがわかる。また、劣化形態の推移の傾向はモルタルの配合によらないこともわかる。一方、セメントペーストの劣化形態は、硫酸濃度と溶液温度の両方に依存しており、W/C=35%とW/C=55および65%とでは、劣化形態の変化の傾向が異なることがわかる。

キーワード 化学的侵食, 中性化深さ, 侵食深さ, 温度, アレニウス則

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 022-795-7430

4. 溶液温度が中性化深さの進行に及ぼす影響

図-2に各硫酸濃度に浸せきしたときの中性化の進行速度と溶液温度との関係をアレニウスプロットで表現したものを示す。ここで、中性化の進行速度は浸せき期間4, 8, 13週で測定した中性化深さと浸せき時間の関係を切片が0になるように線形回帰分析し、得られた回帰直線の傾きを求めることによって算出した。

図-2より、アレニウスプロットはモルタル供試体についてはいずれの硫酸濃度に浸せきさせた場合でも、直線になる傾向が見られることがわかる。このことから、モルタルの硫酸による中性化深さの進行は溶液温度の上昇によって促進され、中性化の進行速度はアレニウス則に従うといえる。一方で、セメントペースト供試体の場合、3.0%硫酸浸せき以外の浸せき条件では、直線になる傾向は見られなかった。これは、低濃度浸せきの場合、セメントペーストの劣化形態が溶液温度によって変化し、劣化形態の変化に伴って中性化深さの進行速度が経時的に変化したためであると考えられる。

5. 結論

セメント硬化体の劣化形態は硫酸濃度および溶液温度によって変化し、劣化形態の変化はモルタルとセメントペーストでは異なる。モルタルの硫酸による中性化深さの進行は、溶液温度の上昇によって促進され、モルタルの中性化の進行速度はアレニウス則に従う。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート委員会化学的侵食・溶脱研究小委員会(323委員会)報告，社団法人土木学会，2003
- 2) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，財団法人下水道業務管理センター，2007
- 3) 久田真ら：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

謝辞

本研究は(財)前田記念工学振興財団平成20年度研究助成により行われました。また、実験を遂行するにあたり、ショーボンド建設(株)より、材料を提供して頂きました。ここに、謝意を表します。

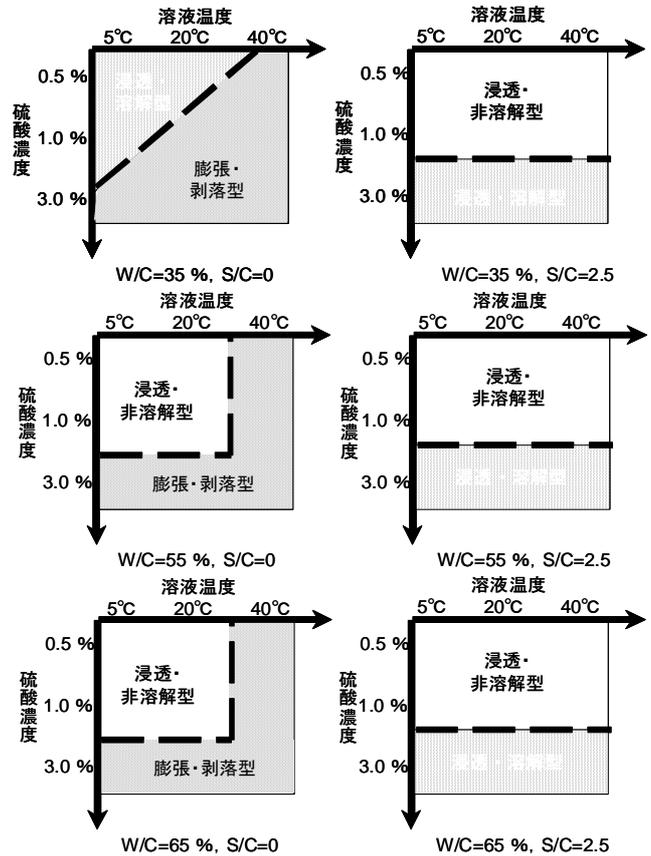


図-1 各配合の劣化形態

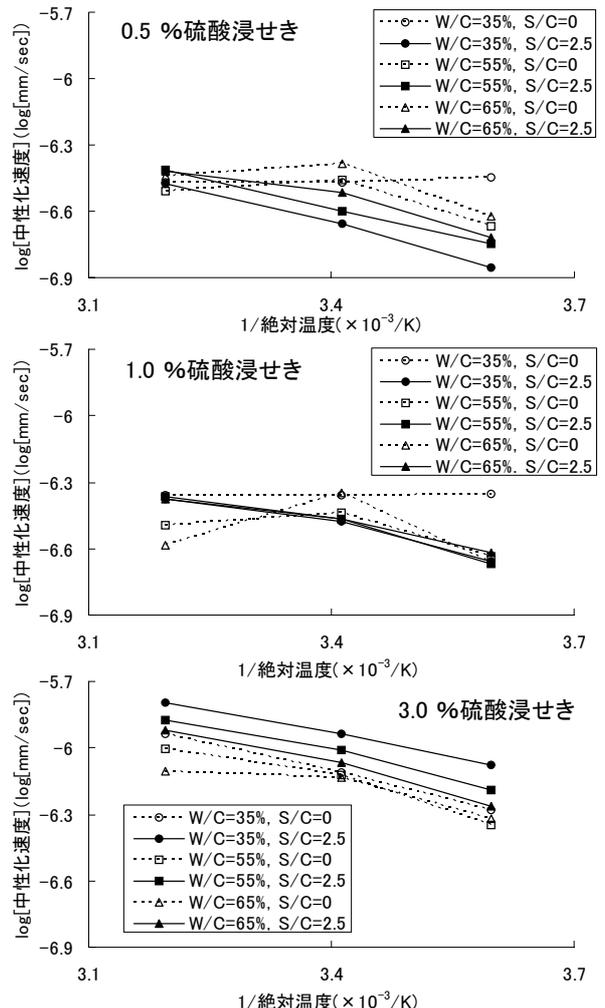


図-2 アレニウスプロット