

V-48

硫酸環境下におけるコンクリートの劣化性状に関する研究

東北大学 学生員 ○ 青柳直樹
 東北大学 吉田祐介
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、下水道施設において、硫酸によるコンクリートの早期劣化が深刻な問題となっており、このような構造物の補修が急務となっている。この種の劣化に関する既往の研究は、コンクリートの侵食深さや中性化深さに及ぼす影響について調べたものがほとんどで¹⁾、内部の強度低下について言及したものは見当たらない。さらに、実構造物で使用されるコンクリートの殆どがAEコンクリートであるにもかかわらず、連行させた空気がコンクリートの硫酸腐食に与える影響については明らかにされていない。そこで、本研究では、モルタル供試体を用いて硫酸浸漬実験を行い、硫酸濃度が、侵食深さ、中性化深さ及び内部強度の低下に及ぼす影響を調べるとともに、連行させた空気がこれらの劣化形態に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

モルタルの配合はW/Cを35%一定とし、空気量に応じて、Non-AE、コンクリート換算で空気量4%、及び6%の3種類とした。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。実験に使用したモルタル供試体は、浸漬実験用に4×4×16cmの角柱供試体とした。角柱供試体は、28日間標準水中養生を行った後に半分に切断して4×4×8cmとし、浸漬面となる端面(4×4cmの面)以外の残り5面を封かんして硫酸溶液(濃度5%、3%、1.5%、0.5%)に浸漬した。測定項目は、侵食深さ、中性化深さ、及び内部の圧縮強度分布とし、所要の浸漬期間を経過した供試体において随時測定を行った。侵食深さは、浸漬開始前の供試体長さとし、浸漬終了後に測定した供試体長さをもとにして算出した。中性化深さは、浸漬終了後の供試体を、浸漬面と直角をなす面で割裂し、その割裂面にフェノールフタレイン指示薬を噴霧して測定した。なお、ここで表される中性化深さは、侵食深さを含めた初期供試体断面からの深さを表す。内部強度の分布は、針貫入試験機²⁾を用いて測定した。

3. 実験結果と考察

各硫酸溶液に浸漬させた場合の中性化深さの経時変化を図-1に示す。図より、硫酸浸透による中性化の進行は、硫酸濃度が高いほど顕著に現れている。濃度5%、3%及び1.5%の硫酸溶液に浸漬した供試体では侵食の進展が見られ、この場合の中性化域は石膏堆積域とほぼ一致していたのに対し、濃度0.5%の硫酸に浸漬した供試体では全く侵食されておらず、石膏の堆積もほとんど見られなかった。このように侵食及び中性化の進展が濃度により異なる理由は、濃度が高いほど石膏生成量が多くなるためであり、この場合の侵食速度及び中性化速度は、硫酸

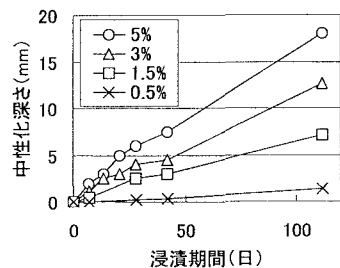


図-1 硫酸濃度が中性化深さに与える影響

が内部に浸透し、析出した石膏等の反応生成物がコンクリート中の空隙に満たされるまでの時間に依存すると思われる。また、中性化深さは浸漬期間の経過に伴いほぼ直線的に増加しており、濃度5%、3%及び1.5%の硫酸浸漬では、水セメント比によらず濃度の増加に応じて中性化深さも大きくなっていることから、硫酸によるコンクリートの劣化は促進試験により劣化傾向を把握できることが示唆された。

各硫酸溶液に浸漬させた場合の、針貫入試験より推定したモルタル内部の強度分布を図-2に示す。なお、供試体表面に侵食が見られた場合には、図中の横軸に実測した侵食深さを表し、そこでの推定圧縮強度を0とプロットしている。図より、濃度5%、3%及び1.5%の硫酸溶液に浸漬した場合には、どの供試体において

も侵食の進展が見られ、硫酸濃度が高いほど侵食深さが大きくなっていることが確認できる。これに対し、濃度 0.5% の硫酸に浸漬した場合には、どの供試体においても侵食の進展は見られない結果となった。一方、内部の強度分布に関しては、濃度の高い硫酸溶液に浸漬した場合、侵食面内部における強度がほぼ健全部と同じ値を示しているが、硫酸濃度が低くなるほど強度低下域が大きく、また強度低下は緩やかになる傾向を示しているように見える。これは、濃度の高い硫酸に浸漬した場合には、生成する石膏量が多く、硫酸が内部へと浸透すると同時に激しく侵食される劣化形態をとるためであり、侵食面内部にまでは硫酸浸透の影響が及ばなかったものと推測される。

濃度 5% の硫酸溶液に浸漬させた空気量の異なる各配合の中性化深さの経時変化を図-3 にそれぞれ示す。図より、空気を多く連行させた供試体ほど中性化深さが小さくなる傾向が明らかになった。また、浸漬初期には空気量による差は見られないが、浸漬期間が経過するに従い空気を連行させた供試体は中性化の進行が抑制されていることがわかる。浸漬初期に中性化深さに差が見られなかったのは、浸漬初期には侵食深さに差がほとんど見られなかったためであると考えられる。それぞれの配合間では単位セメント量にほとんど差がなく析出する石膏量は同量であると考えられ、それ以降の中性化深さの差は侵食深さの差であると思われる。侵食深さの差は石膏剥離量の差であり、連行させた空気が石膏の生成に伴う体積増加分を受容する空間として働き、石膏の剥離を抑制したものと推測される。

濃度 5% の硫酸溶液に浸漬させた空気量の異なる各配合のモルタル内部の強度分布を図-4 に示す。図より、濃度 5% の硫酸溶液に浸漬させた場合には、質量変化率及び中性化深さ同様、空気を多く連行させた供試体ほど侵食深さが小さくなっていることが分かる。しかし、侵食面内部の強度はそれほど低下しておらず、空気量による違いは見られなかった。

4. 結論

- (1) 硫酸濃度がコンクリートの劣化形態に及ぼす影響は、主に侵食深さと中性化深さに対して現れ、硫酸によるコンクリートの劣化は濃度の濃い硫酸（例えば硫酸濃度 5%）を用いた促進試験により劣化傾向を把握できることが明らかにされた。
- (2) 空気量が硫酸腐食に及ぼす影響を調べた結果、空気を多く連行させた供試体ほど侵食深さ及び中性化深さが小さくなる傾向が明らかになり、コンクリート中に空気を連行させることで耐硫酸性は向上することが示された。

【参考文献】

- 1) 蔵重勲，魚本健人：硫酸腐食によるセメント硬化体の侵食メカニズム，セメント・コンクリート論文集，No. 55，pp.458-464，2001
- 2) 三浦尚，岩城一郎，板橋洋房：針貫入試験によるコンクリート構造物の劣化診断に関する研究，土木学会論文集，No.620/V-43，pp245-255，1999

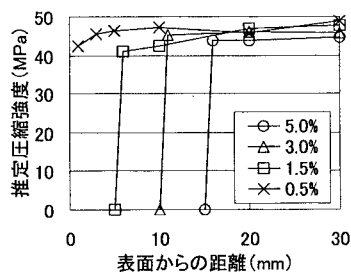


図-2 硫酸濃度が内部の強度分布に及ぼす影響

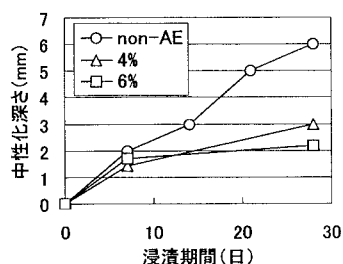


図-3 空気量が中性化深さに与える影響

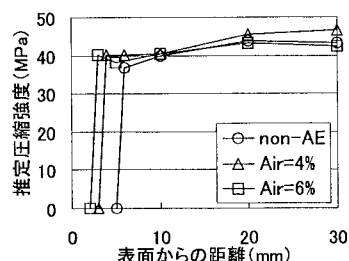


図-4 空気量が内部の強度分布に及ぼす影響