

レーザー変位計によるコンクリートの硫酸腐食の解析

日本大学（院）学生会員 ○藤本憲司 日本大学 正会員 大木宜章
日本大学 正会員 保坂成司 日本大学（院） 杉浦広人

1. 序文

近年東京都など大都市の下水道管においてコンクリートの老朽化が原因で道路の陥没事故などが起きている。この老朽化は、①コンクリートの中性化による劣化、②下水中に含まれる有機酸による腐食、③下水道管内に生息する硫黄酸化細菌が硫化水素を酸化することによって生成される硫酸による腐食、などが複雑に作用し引き起こしている。

本研究では、老朽化の原因の中でも最も深刻な『コンクリートの硫酸腐食』に着目し、高精度レーザー変位計を用い腐食の進行を数値的に解析した。

2. 実験方法及び測定項目

下水道施設において腐食されたコンクリートの pH を測定したところ 2.0 であったことから、硫黄酸化細菌による腐食を想定し、pH2.0 の硫酸水溶液にコンクリート供試体（形状 40×40×40mm）を浸漬し、パラフィルムにて密閉した状態で 25℃の恒温装置内で実験を行った。

測定項目は硫酸水溶液の pH、供試体重量、レーザー変位計による供試体の形状変化の測定および、光学顕微鏡による視的観察を 2 日間毎に行った。なお、硫酸水溶液はコンクリートからのアルカリ分溶出により pH が上昇するため pH を一定に保つため 2 日毎に交換を行った。

3. 実験結果

図-1 に硫酸水溶液の pH の変化を示す。

初期の段階においてコンクリート中のアルカリ分の溶出に伴う pH の急激な上昇が見られるが、16 日目以降は pH の変動幅、上昇幅共に小さくなっている。このことから 16 日目頃までにコンクリート表面のアルカリ分はほとんど消失し、16 日目以降の pH の上昇は表面下からのアルカリ分の溶出と考えられる。また Fick の濃度拡散の法則からもコンクリート中のアルカリ分は表面のみならず内部からも溶出するものと考えられる。

図-2 に重量減少率の変化を示す。

グラフ上確認しにくい、実験開始 2 日目に重量の微量増加が見られた。これはコンクリートの主成分である水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 等と硫酸 (H_2SO_4) の反応によって生成された、二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) および膨張性物質の、エトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) 等の影響であると考えられる。

なお、その後は減少に転じ二次曲線的に減少する。

図-3 に体積減少率の変化を示す。

図-3 より 6 日目まで体積の増加が認められる。しかし図-2 に示した供試体重量の減少率では 2 日目に重量増加するがその後減少しているこ

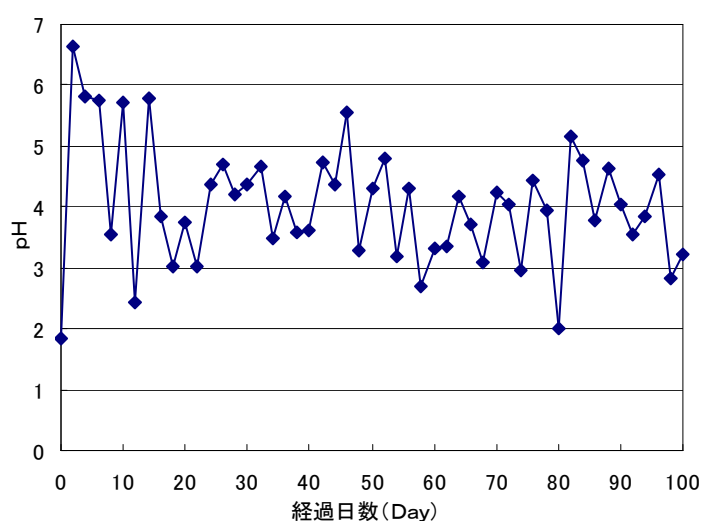
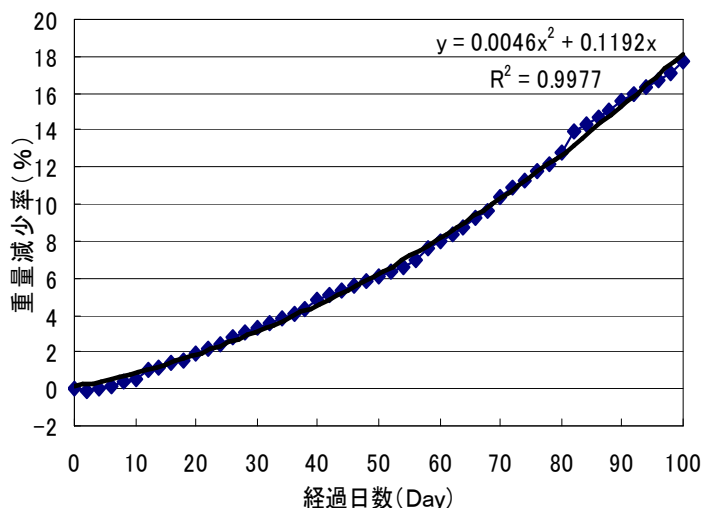


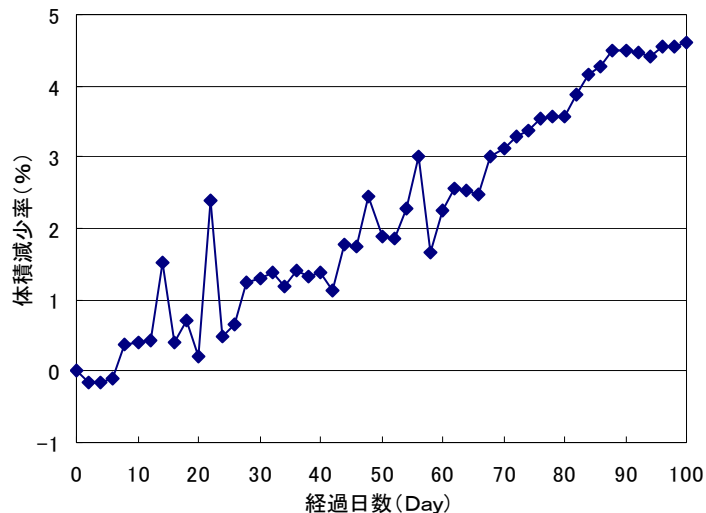
図-1 硫酸水溶液の pH の変化

キーワード：コンクリート腐食 硫酸

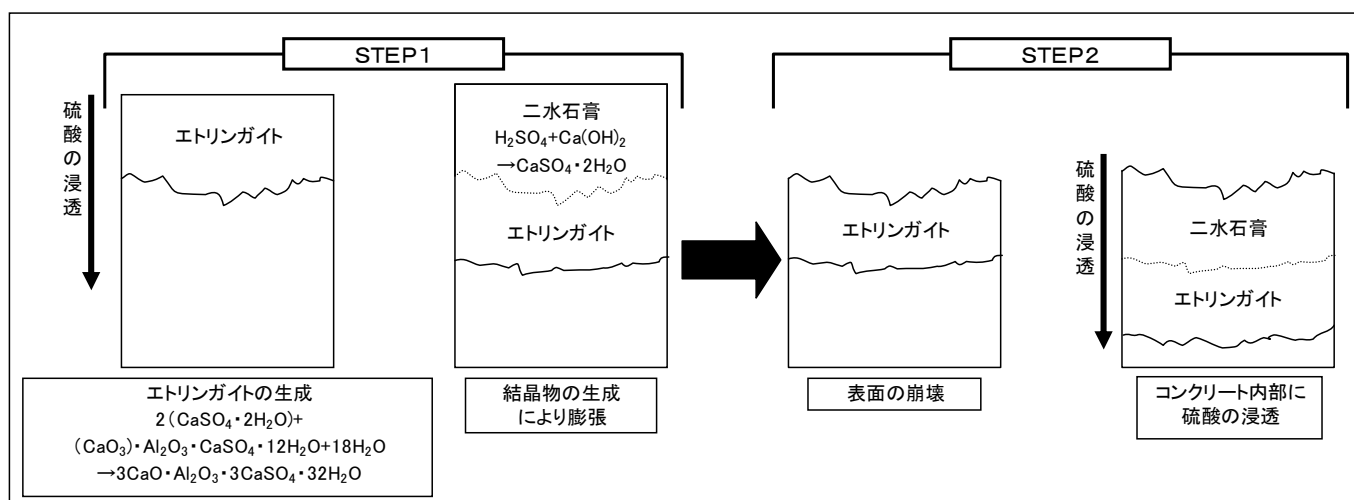
連絡先：〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 TEL 047(474)2434



図－2 供試体重量の減少率



図－3 供試体体積の減少率



図－4 硫酸によるコンクリート腐食概念図

とからコンクリート表面下で二水石膏やエトリンガイトが生成され、その影響によりこのような結果を示したと考えられる。

すなわち図－4 硫酸によるコンクリート腐食概念図に示すように、

STEP1：コンクリートと硫酸が反応することにより、二水石膏・エトリンガイト等の結晶物が生成されこの時生成されるエトリンガイトには、結合水が取り込まれ体積が 3～4 倍に膨張するため一時的に重量、体積の増加を示し、同時にコンクリート内部にも硫酸が浸透して行く。

STEP2：エトリンガイトは崩壊性が高く、崩壊に伴い、二水石膏の生成、硫酸イオンの遊離を生ずる。この硫酸イオンの遊離、浸透により、さらにその下の層にて再度エトリンガイトを生成していく。

以上の **STEP1**、**STEP2** のサイクルを繰り返し腐食が進行していく。このことは、体積減少率の変化が緩慢な減少と急激な減少を繰り返していることから裏付けされ、先に示した図－1 の硫酸水溶液の pH の変化からもコンクリート中のアルカリ分の消失が、腐食のサイクルに関係しているといえる。

4. まとめ

重量減少率、体積減少率の結果より、硫酸によるコンクリート腐食は初期段階において膨張現象を生じた後、減少傾向を示す。しかし、重量減少率が二次曲線的に減少しているのに対し、体積減少率では緩慢な減少と急激な減少を繰り返しており、pH の変化からもコンクリート中のアルカリ分の消失が腐食に関係しているといえる。すなわち、硫酸によるコンクリート腐食はコンクリート中のアルカリ分の消失が影響していることから、内部進行型の腐食であるといえる。