

コンクリート下水道管腐食の現象解明

日本大学（院）学生会員 ○杉浦広人 日本大学 正会員 大木宜章
日本大学（院） 吉見 崇

1. 序文

近年耐用年数に満たない下水道管において、コンクリートの早期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上記②、③による『コンクリートの硫酸腐食』に着目し、レーザー変位計を用い、初期段階における腐食の進行を解明した。

2. 実験概要

硫黄酸化細菌は高アルカリでは生息しないので先ず、コンクリート供試体（形状 40 mm×40 mm×40 mm）を CO_2 にて中性化（pH8.8）させた。次に、硫黄酸化細菌の生成する硫酸の影響を想定して、ビーカーに満たした硫酸水溶液中に静置し、この水溶液をパラフィルムにて密閉した状態で 25℃の恒温装置内で静置した。硫酸水溶液は腐食したコンクリートが pH1.0～3.0 であることから、pH2.0 に調整し、pH を一定に保つため 2 日毎に交換を行った。

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 日毎に行った。

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。8 日目以降も 6 日毎に急激な pH の上昇がみられるが、連続して pH が上昇することはなくなり、コンクリート中のアルカリ分の溶出は減少したといえる。

図-2 に重量減少率の推移を示す。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

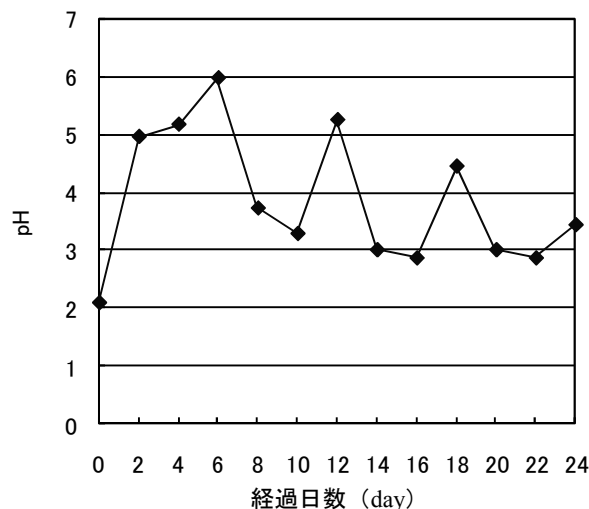


図-1 硫酸水溶液の pH の推移

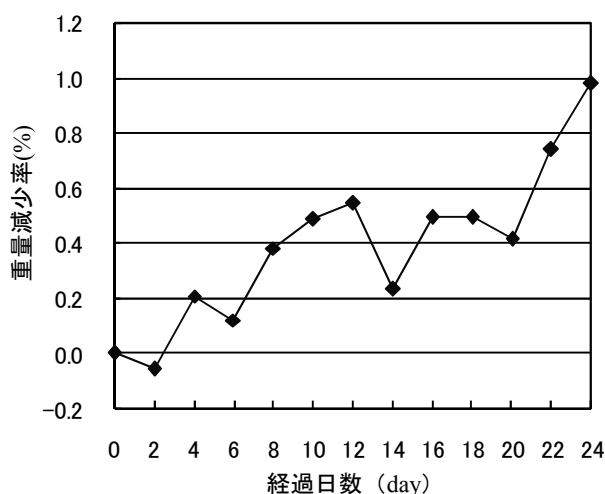


図-2 供試体重量の減少率

($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 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。また、エトリンガイトは非常に脆く、容易に崩壊する物質であることから、重量の増加後に大幅な減少がみられるのはこのためだと考えられる。2 日目以降は微量増加の後に大幅な減少が起こり、このサイクルが続くことにより全体的には徐々に減少する結果となった。

キーワード：コンクリート 下水道管 早期老朽化 硫酸腐食 クラック レーザー変位計

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

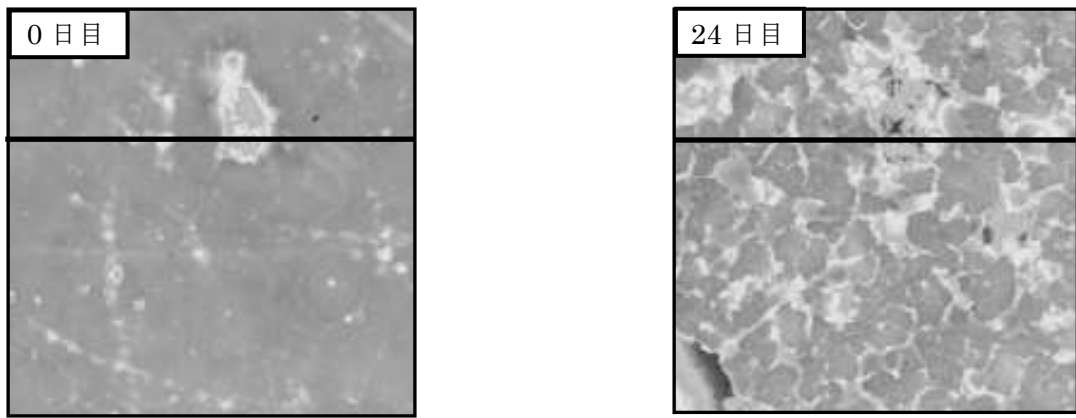


図-3 供試体画像

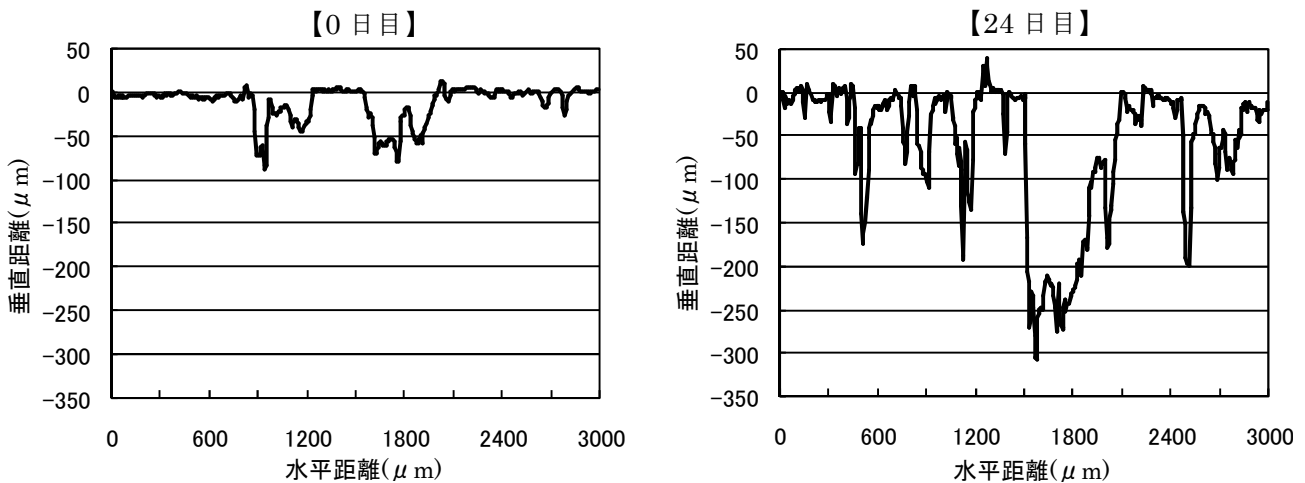


図-4 供試体表面形状

図-3 に供試体の表面の画像を示す。

画像はレーザー変位計により測定した供試体上面の一部で、測定範囲は $3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ である。

0 日目では、表面は滑らかな状態であるが、24 日目では硫酸の影響によるクラックが多く発生した状態となり、表面の腐食が進行していることがわかる。

次に図-4 に供試体表面の形状を示す。

このグラフは図-3 におけるライン部の形状を示したもので、特徴的である細孔の部分を中心に、形状をグラフ化したものである。細孔の部分では、0 日目では深さ $100\text{ }\mu\text{ m}$ に満たないものが、24 日目においては $300\text{ }\mu\text{ m}$ を超える深さとなっている。他の箇所においても、クラックを中心として腐食が拡大しているといえる。コンクリート腐食は前述のとおり、コンクリートの主成分と硫酸の反応によって生成される結晶物の膨張と崩壊によって引き起こされるものであるため、硫酸がクラック等から内部に浸透した場合には、初期の段階から内部の腐食が進行する。そのため、最も深い中央の細孔の腐食による剥離現象が顕著に現れたものと考えられる。

4. まとめ

重量減少率の結果より、硫酸によるコンクリート腐食は初期段階において、エトリンガイト、二水石膏などの影響による膨張現象により、重量の増加、その後は崩壊による減少が起き、この増加と減少を繰り返しながら、全体として徐々に減少する。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。また、細孔やクラックには初期の段階から硫酸が浸透、コンクリートの成分と硫酸が内部から反応し、生成されたエトリンガイト等の結晶物の膨張と崩壊により、コンクリートの内部がポーラスな状態となるため、他の箇所と比較して腐食の進行速度が早いことがわかる。以上のことから、硫酸によるコンクリート腐食は表面と内部から同時に進行するものと考えられ、劣化により生じたクラック等も腐食進行に関与しているといえる。

なお、本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業(平成 17 年度～平成 21 年度)による私学助成を得て行われた。