

下水道施設における腐食・劣化の相乗作用の基礎実験

日本大学大学院 学生会員 ○竹中 一 日本大学 正会員 大木 宜章 日本大学 正会員 関根 宏
日本大学 正会員 保坂 成司 日本大学大学院 平 淳一郎

1. はじめに

現在、全国の下水道普及率は約60%と増加の一途をたどっている。しかし、現状は下水道施設（特に管渠、マンホール等）においてコンクリート構造物の早期老朽化が原因で損壊、それに伴う道路の陥没等の事故が問題となっている。この早期老朽化の原因として、施設内に生育する菌体（硫酸化細菌）による腐食が挙げられ、また、他の要因特にCO₂による劣化が相乗的な作用をもたらすことにより急激な老朽化が生じると考えられる。

本研究では、この菌体による腐食、CO₂による劣化、さらにこの2点による相乗作用についての解明を行い検討するものである。

2. 実験概要

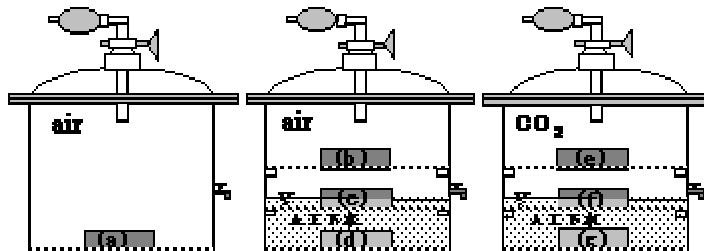
(1) 硫酸によるコンクリート腐食実験

実際に腐食したコンクリートのpHを測定したところ、pH2~3を示したことから、pH2.00の硫酸水溶液（1ℓ）中に普通ポルトランドセメント配合のコンクリート供試体を静置した。なお、pH2.60を上限として水溶液を交換した。測定項目として、供試体上部の腐食度合、供試体重量、pHを経日的に測定した。

(2) 二酸化炭素によるコンクリート劣化実験

(1)実験と同様のコンクリート供試体を以下の環境下に静置させ、1ヶ月毎にフェノールフタレインによる中性化試験を行い、比較検討した。

- (a) 室内暴露 (b)人工下水上 (c)人工下水 $\frac{1}{2}$ 浸水
(d)人工下水中 (e)CO₂雰囲気下+人工下水上
(f) CO₂ 雰囲気下+人工下水 $\frac{1}{2}$ 浸水
(g) CO₂ 雰囲気下+人工下水中



(3) 腐食・劣化の相乗実験

中性化度合の異なるコンクリート供試体に下水道施設より採取した硫酸化細菌付着コンクリート腐食物を塗布し、4000ppmH₂S 雰囲気下の容器内（25℃）に静置した。また、容器内には供試体下部5mmまで人工下水（COD=300ppm）を浸した。尚、各供試体は上部から中性化度合が12mm（A）、9mm（B）、3mm（C）、0mm（D）のものを使用した。測定項目として、供試体上部の腐食度合、塗布した腐食物の菌体数、pHを測定した。

3. 実験結果

(1) 硫酸によるコンクリートの腐食実験

図-1に重量減少率、pH、供試体上部表面の腐食度合を示す。重量減少率、腐食度合ともに初期段階において微量増加が確認された。この増加は、硫酸とコンクリートの反応生成物の影響であり、この物質がX線回折結果から二水石膏であることが確認された。その後は、両者とも同様な減少傾向を示し、腐食が進行している事がわかる。また、腐食度合について変化の見られない22~32日までは、測定点上に骨材が露出したためであり、その後周囲のセメントペーストの腐食に伴い脱落したものである。

キーワード：コンクリート腐食・劣化 硫酸化細菌

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

（２）二酸化炭素によるコンクリート劣化実験

図 - 2 に各供試体の中性化深さを示す。これより（e）（f）の状態が最も中性化が進行しやすいと言える。この（e）（f）は、実際の下水道管渠の天井部、吃水部に類似しており、このような箇所では中性化が進行しやすいと言える。また、実際に下水道管渠の天井部、吃水部付近において急激なコンクリート腐食が確認されており、CO₂による劣化が大きく影響していると推定できる。

（３）腐食・劣化の相乗作用

図 - 3 に各供試体上部表面の腐食度合を示す。これより、12mm（A）が最も早く腐食しているのがわかる。このことから、劣化との相乗作用があると考えられ、コンクリート腐食は急速に進行するといえる。また、各供試体の腐食度合に差が生じた原因として、コンクリートの中性化は中性化境界面に近いほどpHが高く、中性化境界面より遠いほどpHは低くなっている。また、既に中性化した領域に対してアルカリの移動、すなわち可逆反応は起こらない。これらの現象より中性化がより進行している供試体が菌体による腐食の影響を受けやすいと言える。

図 - 4 に塗布物の菌体増加量、pH変化を示す。結果から、菌体数、pHは初期に大きな増減を繰り返し、その影響で腐食度合が急激に起こっていることは、図 - 3 からも確認される。その後は、菌体数、pHともに安定し緩やかな腐食、または平衡を示している。また、実験結果から、硫黄酸化細菌（生育最適pH2～7）はpHが高いコンクリート面においても、自らが生成する硫酸により至適pH環境を作り、生育していると言える。また、CO₂による劣化との相乗作用でコンクリート腐食に大きく影響を与えられられる。

４．まとめ

・コンクリートは硫酸による腐食の過程において、初期に反応生成物の影響により体積・重量の増加が起こり、その後セメントペースト部分の腐食に伴い骨材が脱落し進行する。

・中性化は下水道施設のような多湿かつCO₂濃度の高い環境下において急速に進行し、特に天井部、吃水部の中性化が著しい。

・CO₂による劣化と硫黄酸化細菌の生成する硫酸による相乗作用で、コンクリート腐食は急速に進行する。

・硫黄酸化細菌はpHが高いコンクリート面においても、自らが生成する硫酸により至適pH環境を作り生育している。

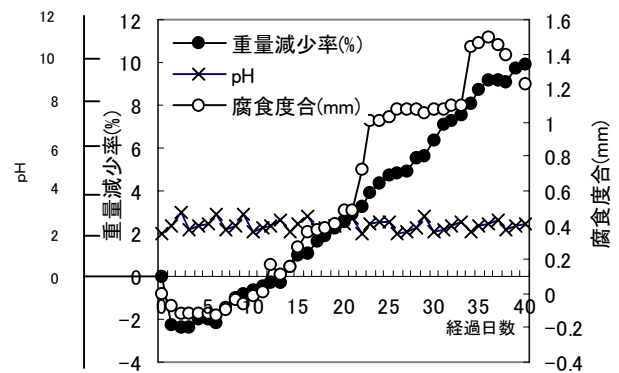


図 - 1 重量、pH、腐食度合変化

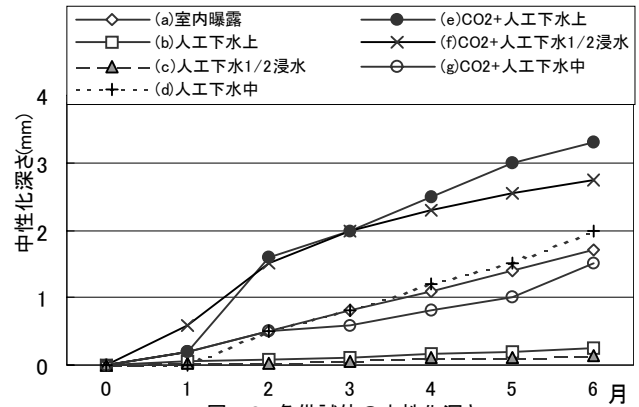


図 - 2 各供試体の中性化深さ

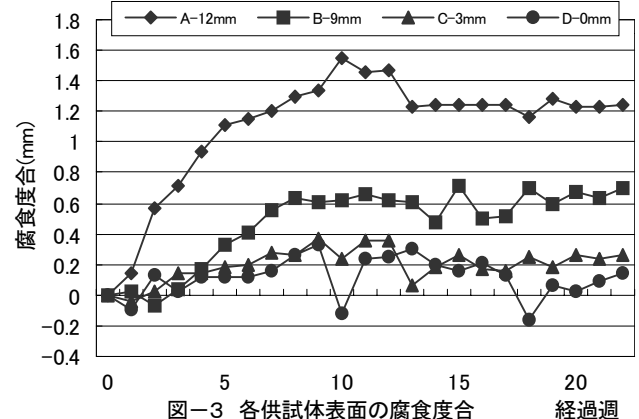


図 - 3 各供試体表面の腐食度合

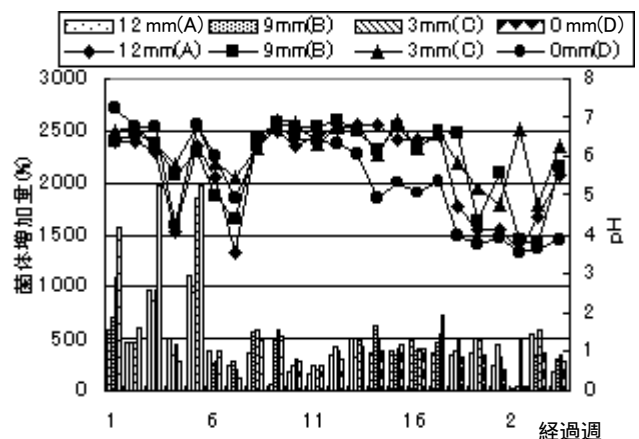


図 - 4 塗布物の菌体増加量とpH