

항균제를 도포한 하수시설 콘크리트의 생화학적 부식특성 평가를 위한 폭로시험

An Exposure Experiment for the Evaluation of Corrosion Properties of Sewage Concrete Covered with Antibiotics

노경민* 이의배** 김영덕** 이병기*** 김규용**** 김무한*****
Roh, Kyung-Min Lee, Eui-Bae Kim, Young-Duk Lee, Byoung-Ky Kim, Gyu-Yong Kim, Moo-Han

ABSTRACT

Sewage facilities mainly consisted of concrete structures are being deteriorated seriously by biodeterioration originated from sulfur-oxidizing bacteria. To prevent biochemical corrosion of the sewage concrete, antibiotics which prevent growth of sulfur-oxidizing bacteria were developed.

Recently, to evaluate biochemical corrosion properties of concrete, antimicrobial performance and resistance to sulfuric acid were investigated respectively. But, in this study, to evaluate it complexly, concrete specimen covered with antibiotics were exposed in the actual sewage environment and were investigated about corrosion properties after three months.

As a result, weight change ratio, nature potential and sulfuric ratio of concrete covered with antibiotics were less than plain concrete

1. 서 론

현대생활에 있어 필수불가결한 사회기반시설인 하수시설은 지상의 타 콘크리트구조물에 비해 열화의 진행도가 빠르다. 특히 황산화세균(Thiobacillus속 균주) 등과 같은 미생물에 의해 생성된 황산 등의 부식 인자에 의한 생화학적 부식은 콘크리트 하수시설의 열화를 가속화시키는 주요 원인으로 대두되고 있으며, 이로 인한 하수시설의 수명저하는 각종 안전사고뿐만 아니라 보수 및 재공사로 인한 경제적인 손실, 불명수 유입에 의한 하수처리 용량부족, 처리효율저감 등 직·간접적인 환경피해를 수반하기도 한다.^{1,2)}

이에 국내에서는 하수시설 콘크리트의 생화학적 부식을 저감시키기 위한 방안으로서 항균제를 사용하여 황산화세균에 대한 항균성능을 부여함으로써 생화학적 부식에 대한 저항성을 향상시키고자 하는 연구가 진행되고 있다. 항균제를 사용한 콘크리트의 생화학적 부식특성을 평가하기 위한 대표적인 항목으로는 콘크리트의 항균성능과 내황산성을 들 수 있으나 이러한 시험방법들은 생화학적 부식의 단편적인 요인만을 고려한 실내실험으로서, 실제 하수 환경하에서 복합적으로 작용하는 생화학적 부식특성을 검토하기에는 현실성이 부족하다. 이에 본 연구에서는 실제 하수 환경하에 항균제를 도포한 시험체를 폭로시켜 경과시간에 따른 열화진행 정도를 파악함으로써 하수시설 콘크리트의 생화학적 부식특성 평가에 대한 기초자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정

*** 정회원, (주)트라이포드, 기술경영이사·공학박사

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 조교수·공학박사

***** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사

표 1. 실험계획

실험요인	모체 콘크리트		항균제의 종류	측정항목
	물시멘트비 (%)	함수상태		
실험수준	55%	기건 표건 습윤	유기계 유무기계	<ul style="list-style-type: none"> 중량변화율 (Ø100×200mm) 자연전위차 (200×100×500mm) 표면원소분석 (EDX)

표 2. 자연전위와 철근부식과의 관계 (ASTM C 876-91)

측정 전위 범위	콘크리트 중의 철근부식 가능성
$-200\text{mV} < E$	90% 이상의 확률로 철근이 부식되지 않음
$-350\text{mV} < E \leq -200\text{mV}$	불확정
$E \leq -350\text{mV}$	90% 이상의 확률로 철근이 부식됨

2. 폭로시험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

폭로시험에 의해 하수시설 콘크리트의 생화학적 부식특성을 평가하기 위한 본 연구의 실험계획은 표 1에서 나타낸 바와 같이 모체콘크리트의 물시멘트비를 55%의 1수준, 표면의 함수상태를 기건, 표건 및 습윤의 3수준으로 설정하였으며, 항균제는 우레탄 계열의 유기계 및 유무기계 2종류를 설정하였다.

측정항목으로는 중량변화율, 자연전위차 및 표면원소분석의 4종류를 선정하였으며, 자연전위차는 표 2에 나타낸 ASTM C 876-91를 근거로 철근부식관계를 도출하였다. 또한 EDX를 활용하여 시험체 표면에 고정된 황(S)원소의 양을 비교·평가함으로써 항균제를 도포한 하수시설 콘크리트의 생화학적 부식특성을 미시적으로 분석하고자 하였다.

2.2 폭로시험장 개요

폭로 시험장은 대전00지역에 위치한 하수시설로서 수위가 약 20~30cm 정도로 악취가 심하였고 사진 1에 나타낸 바와 같이 부분적으로 철근의 노출 및 부식현상 발생과 콘크리트 표면에 오염이 있었으며, 중성화깊이 측정 결과 약 7~8mm 정도 중성화가 진행된 상태였다.

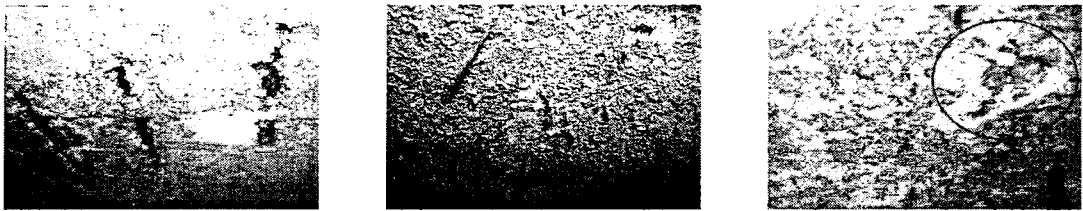


사진 1 하수시설 콘크리트의 열화 현황

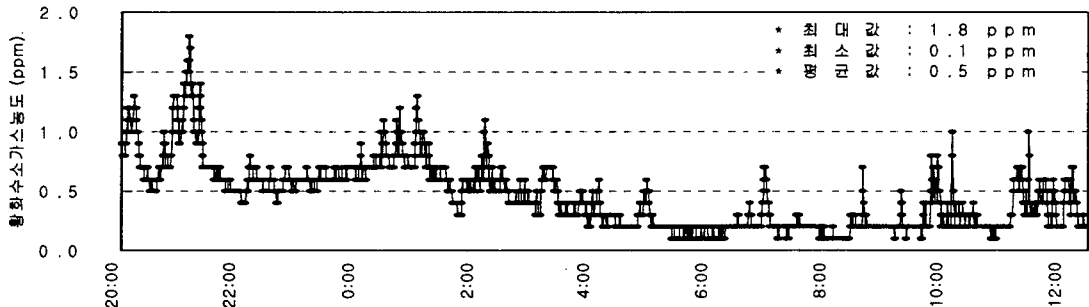


그림 1 황화수소농도 측정결과

표 3 항균제의 물성

구 분	비 중			색 상	가사시간	완전경화시간	점 도
	주제	경화제	분말				
유기계	1.60	1.24	-	짙은 베이지색	60분	7일	혼합하여 시간경과에 따라 경화되기 때문에 측정하여도 계속 변함 유무기계의 경우 분말이 혼합되어 있어서 측정 불가
유무기계	1.00	1.10	3.00	암갈색	50분	7일	

표 4 모체 콘크리트의 배합

W/C (%)	공기량 (%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/cm ³)	단 위 중 량 (kg/cm ³)		
				시멘트	잔골재	굵은골재
55	4.5±1.5	47	180	317	814	935

또한 이동식 황화수소농도측정기(QRAE PLUS)를 이용한 폭로시험장의 황화수소(H₂S)농도 측정 결과는 그림 1과 같다.

2.3 사용재료 및 배합

본 실험에서 모체콘크리트에 사용된 재료는 국내 A사의 1종 보통포틀랜드시멘트, 골재의 경우 잔골재는 비중 2.56의 인천산제염사, 굵은골재는 비중 2.65, 최대치수 20mm의 퇴촌산부순골재를 사용하였으며 항균제의 물성은 표 3에 나타난 바와 같다. 또한 모체 콘크리트의 배합은 표 4에 나타내었다.

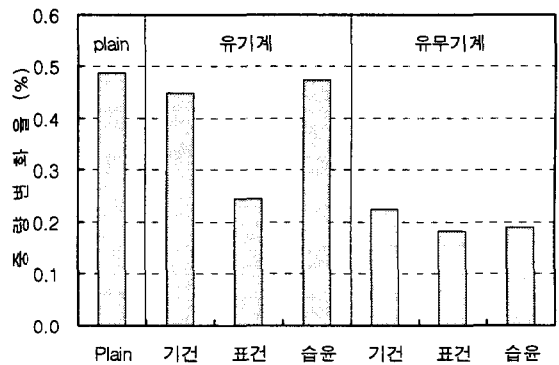


그림 2 증량변화율

2.4 시험체 제작

콘크리트의 비빔은 용량 100L의 팬타입 믹서를 사용하여 비빔을 실시하였으며 비빔 완료된 콘크리트는 각 규격의 몰드에 타설하고 1일간 실내에서 존치한 후 탈형하여 14일간 20±3°C의 표준수준양생을 실시하였다. 이후 모체의 표면함수상태를 조정하여 항균제를 도포하였으며, 폭로시험 개시 전까지 기중양생을 실시하였다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 증량변화율

그림 2는 폭로재령 3개월 후 시험체의 증량변화율을 나타낸 것으로 항균제를 도포하지 않은 plain의 경우 0.49%의 증량변화율을 나타내었으며, 유기계 기건 및 습윤의 경우 plain과 유사한 수준을 나타내었다. 한편 유기계 표건의 경우 약 0.25%의 증가율을 보이고 있으며, 유무기계에 있어서는 모체콘크리트의 함수상태에 무관하게 모두 1.8~2.2%의 유사한 증가율을 보이고 있어 Plain에 비해 약 1/2 수준의 증량변화율을 나타내었다.

3.2 자연전위차

유기계 및 유무기계의 경우는 각각 약 -172, -377mV로 나타나 plain에 비해 낮은 자연전위차를 나타내고있다. 한편 plain 및 유무기계의 경우 -350mV 이상의 자연전위차를 보이고 있어 높은 철근부식확률을 보이고 있으나 이는 하수시설 내의 높은 습도 및 시험체 표면에 부착된 오염물질 등 열악한 하수시

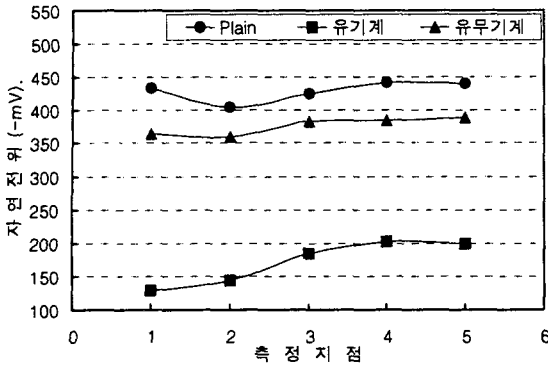


그림 3 철근의 자연전위측정결과

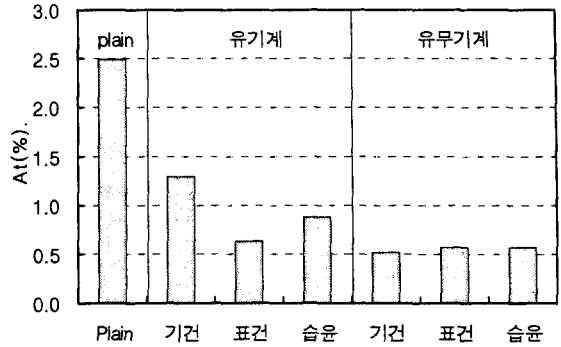


그림 4 EDX 분석결과

설의 환경요인으로 인한 영향으로 사료된다.

3.3 표면원소분석

그림 4는 폭로 3개월 후 EDX 분석을 통한 시험체별 표면의 황(S)원소의 검출 비율을 나타낸 것으로 Plain의 경우 2.5%로 가장 높은 함유율을 보이고 있으며, 항균제를 도포한 경우에 있어서는 plain의 약 1/2 이하의 수준을 보이고 있다. 유기계의 경우 기건, 표건, 습윤이 각각 1.3, 0.6, 0.8%를 나타내었으며, 유무기계의 경우 기건, 표건, 습윤 모두 0.5%의 유사한 수준을 보이고 있어 생화학적 부식에 대한 저항성이 우수한 것으로 나타났다.

4. 결론

실제 하수 환경하에 항균제를 도포한 시험체를 재령 3개월 동안 폭로시킨 후 생화학적 부식특성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 중량변화를 및 EDX에 의한 황(S) 원소분석에 있어서 항균제를 도포한 시험체는 plain에 비해 다소 낮은 수준을 보이고 있어 항균제 도포에 의한 생화학적 부식 저항성의 향상을 확인할 수 있었으며, 특히 유무기계의 경우가 우수한 것으로 나타났다.
- (2) 철근의 자연전위차에 있어서는 항균제를 도포한 경우 plain에 비해 낮은 값을 보이고 있으나, plain 및 유무기계의 경우는 하수환경의 열악한 조건으로 인해 부식확률이 매우 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 차세대 핵심환경기술개발사업인 「도포형 액상 무기질 항균제에 의한 하수시설 콘크리트의 부식방지 시스템 및 실용화 기술 개발」에 관한 일련의 연구결과로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 하수관거의 부식에 관한 연구, 한국건설기술연구원, 1994
2. 下水道コンクリート構造物の腐食制御技術及び防蝕技術指針・同マニュアル, 日本下水道事業團, 2002
3. 송호면, 콘크리트 하수관의 생·화학적 부식특성에 관한 연구, 박사학위논문, 2000.2