

# 액상 항균제를 도포한 하수시설용 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Engineering Properties of Concrete Spread with Liquefied Antibiotics

이 의 배\* 김 영 덕\*\* 조 봉 석\*\* 김 재 환\*\* 길 배 수\*\*\* 김 무 한\*\*\*  
 Lee, Eui-Bae Kim, Yong-Duk Cho, Bong-Suk Kim, Jae-Hwan Khil, Bae-Su Kim, Moo-Han

### ABSTRACT

Sewage facilities are positively necessary for environment improvement such as rainwater removal, sewage disposal, preservation of the quality of water and health of the citizens in present-day. Meanwhile, a deterioration of the concrete sewer facilities is increasing rapidly due to the chemical and physical attack and especially biochemical attack that is to say biodeterioration. In this study, to prevent biochemical corrosion of the sewer concrete, surface of the concrete was spread with liquefied organic and inorganic complex antibiotics and then its engineering properties were experimentally investigated.

### 1. 서론

주요 재질이 콘크리트로 구성된 하수관거의 내구성을 저해하는 요인은 무수히 많으며, 일반적으로 미생물 작용에 의해 생성되는 황산( $H_2SO_4$ )과 시멘트 수화물이 반응하여 부식을 유발하는 생화학적 부식이 주요 원인으로 알려져 있다.<sup>1)2)</sup>

일찍이 선진국에서는 이러한 하수관거의 생화학적 부식에 대한 연구와 더불어 부식방지를 위한 하수관거 설계지침 및 기준을 수립하여 시행하고 있다. 반면 국내의 경우 하수시설 콘크리트의 부식방지에 대한 체계적인 연구가 아직 미미한 실정이며, 최근 정부에서 대규모 하수도 정비사업을 실시하고 있으나 생화학적 부식에 대한 근본적인 대책이 마련되어 있지 않아, 이에 대한 체계적인 연구 및 검토가 필요한 실정이다.<sup>3)</sup>

이러한 배경 하에 본 연구에서는 그림 1과 같이 황산화세균에 의한 부식을 근원적으로 억제할 수 있는 액상 유·무기 복합 항균제를 개발한 후, 이를 도포한 콘크리트의 공학적 특성을 실험·실증적으로 비교·분석함으로써, 최종적으로 신설용 하수시설 콘크리트의 부식방지 시스템을 구축하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

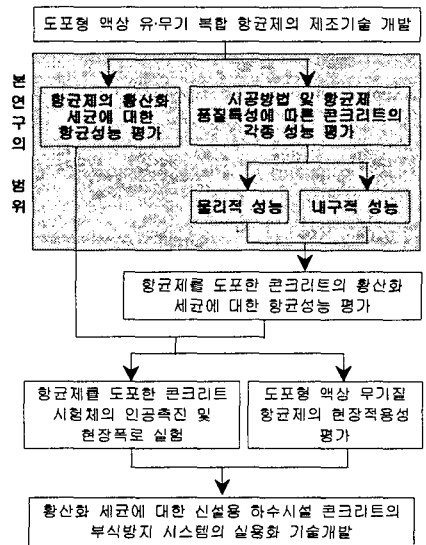


그림 1 본 연구의 내용 및 범위

\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정  
 \*\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정  
 \*\*\* 정회원, (주) 트라이포드 대표이사, 공박  
 \*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 실험계획

표 1은 액상 유·무기 복합 항균제를 도포한 콘크리트의 공학적 특성을 검토하기 위한 실험 계획을 나타낸 것으로, 하수시설의 제작 요건을 고려하여 모체 콘크리트의 함수상태를 기건, 표건 및 습윤의 3수준으로 설정하였으며, 항균제의 도포방법을 일반과 뿔칠의 2수준, 항균제의 도포횟수를 무도포, 1, 2, 3회의 4수준으로 설정하였다. 또한 측정항목으로는 부착강도, 마모감량, 흡수계수 및 투기계수의 4항목을 설정하였다.

### 2.2. 콘크리트의 배합 및 사용재료

본 실험에 사용된 모체 콘크리트의 배합은 표 2에 나타낸 바와 같으며, 물시멘트비를 하수관거의 가장 일반적인 배합비인 55%로 설정하였다. 또한 표 3은 모체콘크리트에 사용된 재료를 나타낸 것으로서 시멘트는 국내 S사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 굵은골재는 밀도 2.65 g/cm<sup>3</sup>, 최대치수 20 mm의 퇴촌산 부순골재, 잔골재는 밀도 2.56 g/cm<sup>3</sup>의 인천산 제염사를 사용하였다.

본 연구에서 개발한 항균제는 유·무기 복합형태인 아크릴변성실리콘 고분자에 반응성 모노머로서 TEOS (Tetraethyl orthosilicate)를 혼합시킨 용액에 항균금속으로서 니켈(Ni)을 첨가하여 제조한 것으로, 그림 2와 같이 콘크리트 표면 공극으로 쉽게 침투하고 알칼리성인 콘크리트 내부 미세공극에서 아크릴변성실리콘 고분자와 가교결합반응을 통하여 3차원 망목구조로 경화반응이 진행됨과 동시에 기공에서 도막을 형성하는 특성을 갖고 있으며, 사진 1에 나타낸 바와 같이 황산화세균에 대한 증식억제 성능을 갖고 있다.

### 2.3. 시험체 제작 및 양생방법

콘크리트의 비빔은 용량 100 l의 팬타입 믹서를 사용하여 시멘트와 잔골재를 투입한 후 30초간 건비빔을 실시하고 물을 첨가하여 60초간 비빔을 실시하였으며, 소정의 유동성을 확보한 후 굵은골재를 혼입

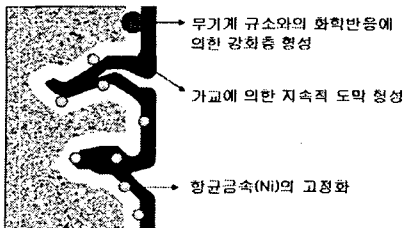


그림 2 콘크리트 표면과 공극에서 항균제의 침투 및 부착 모식도

표 1 실험계획

| 시리즈 | 모체 콘크리트 함수상태 | 항균제                                  |              | 측정 항목   |
|-----|--------------|--------------------------------------|--------------|---|
|     |              | 도포방법                                 | 도포횟수 (회)     |   |
| I   | 기건 표건 습윤     | 일반                                   | 1            | • 부착강도 (MPa)<br>• 마모감량 (mg)<br>• 흡수계수 (kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0.5</sup> )<br>• 투기계수 (cm/sec) |
| II  | 기건           | 일반 <sup>1)</sup><br>뿔칠 <sup>2)</sup> | 1            |   |
| III | 기건           | 일반                                   | 0, 1<br>2, 3 |   |

주 1) 주걱을 사용하여 항균제 도포

2) 에어컴프레셔와 스프레이건을 사용하여 도포

표 2 모체 콘크리트의 배합

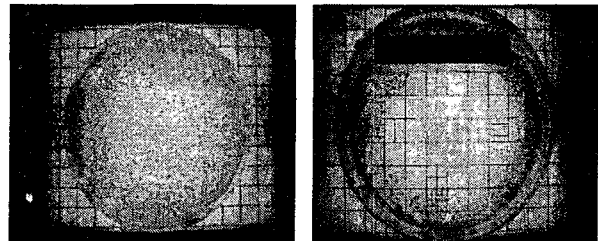
| W/C (%) | 슬럼프 (cm) | 공기량 (%) | S/a (%) | 단위중량 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |
|---------|----------|---------|---------|---------------------------|-----|-----|-----|
|         |          |         |         | W                         | C   | S   | G   |
| 55      | 15±2     | 4.5±1.5 | 47      | 180                       | 317 | 814 | 935 |

표 3. 모체 콘크리트용 사용재료의 기초물성

| 사용재료 | 기초물성   |
|------|--|
| 시멘트  | 1종 보통포틀랜드시멘트<br>밀도 : 3.15 g/cm <sup>3</sup> , 분말도 : 3,230 cm <sup>2</sup> /g |
| 굵은골재 | 퇴촌산 부순자갈<br>밀도 : 2.65 g/cm <sup>3</sup> , 최대치수 : 20 mm                       |
| 잔골재  | 인천산 제염사<br>밀도 : 2.56 g/cm <sup>3</sup> , 조립율 : 2.9                           |

표 4. 항균제의 주요 성분 및 기초물성

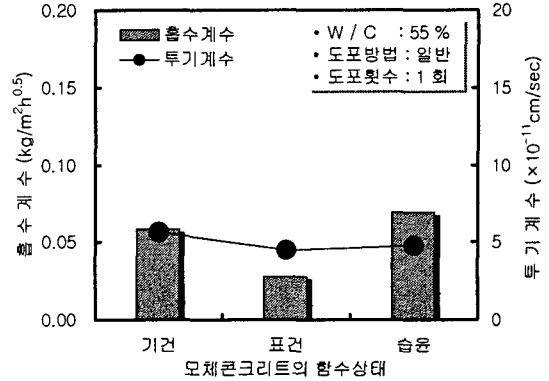
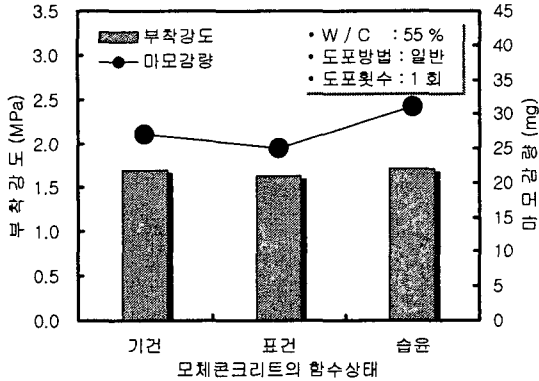
| 항균제의 주요 성분                             | 항균제의 물성  |
|--|--|
| • 아크릴변성실리콘고분자<br>• TEOS<br>• 항균금속 (Ni) | • 고형분농도 : 99%<br>• pH : 8~9<br>• 비중 : 1.2± 0.1 |



(a) 항균제 무투입

(b) 항균제 투입

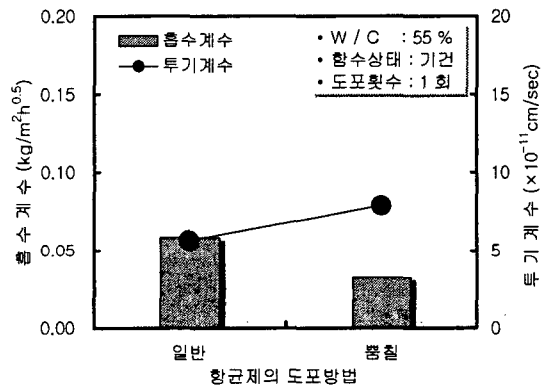
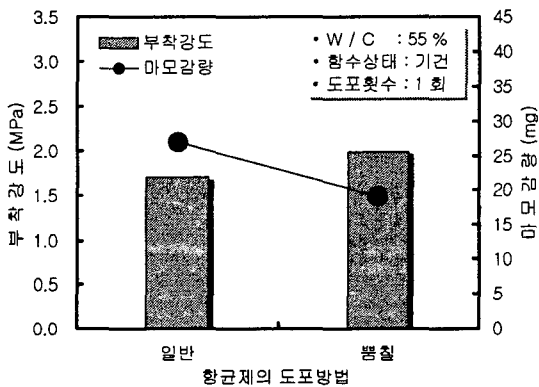
사진 1 Thiobacillus novellus에 대한 항균제의 항균성능 평가



(a) 부착강도 및 마모감량

(b) 흡수계수 및 투기계수

그림 3 모체콘크리트의 함수상태에 따른 기초물성 측정결과



(a) 부착강도 및 마모감량

(b) 흡수계수 및 투기계수

그림 4 항균제의 도포방법에 따른 기초물성 측정결과

하여 60초간 비빔을 실시하였다. 비빔 완료된 콘크리트는 각 몰드에 타설하고 1일간 실내에서 존치한 후 탈형하여 14일간 20±3 °C의 표준수중양생을 실시하였으며, 이후 모체콘크리트의 표면함수상태를 조절하고 각 요인 및 수준에 따라 항균제를 도포한 후 재령 28일까지 20±3 °C의 실내에서 기건양생을 실시하였다.

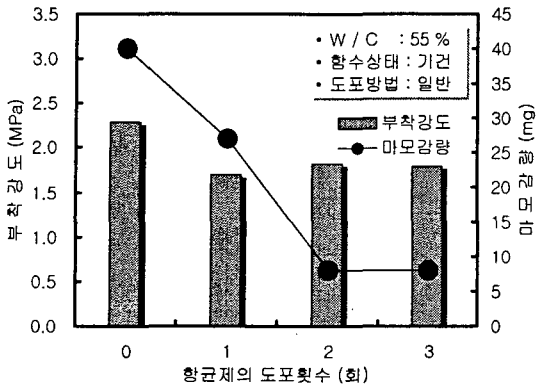
### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 모체콘크리트의 함수상태에 따른 결과 검토 및 분석

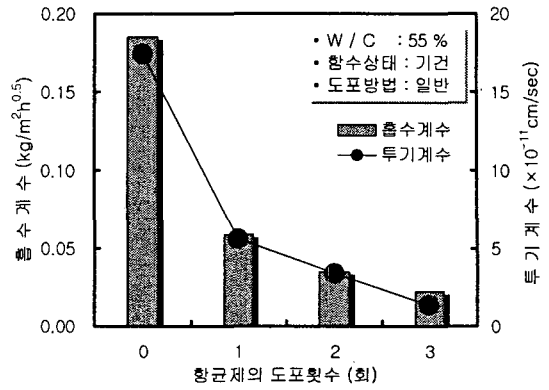
그림 3은 모체콘크리트의 함수상태에 따른 부착강도, 마모감량, 흡수계수 및 투기계수의 측정결과를 나타낸 것으로, 부착강도에 있어서는 기건, 표건 및 습윤 모두 유사한 값을 나타내고 있으며, 마모감량에 있어서는 습윤의 경우가 다소 높은 수준의 마모감량을 나타내고 있다. 또한 흡수계수에 있어서는 표건의 경우가 가장 낮은 값을 나타내었고 기건과 습윤은 서로 유사한 값을 보이고 있으며, 투기계수에 있어서는 기건, 표건 및 습윤 모두 유사한 값을 보이고 있다.

#### 3.2. 항균제의 도포방법에 따른 결과 검토 및 분석

그림 4는 항균제의 도포방법에 따른 부착강도, 마모감량, 흡수계수 및 투기계수의 측정결과를 나타낸 것으로, 부



(a) 부착강도 및 마모감량



(b) 흡수계수 및 투기계수

그림 5 항균제의 도포횟수에 따른 기초물성 측정결과

착강도에 있어서는 뿔칠의 경우가 일반에 비해 높은 값을 나타내고 있으며, 마모감량에 있어서는 일반의 경우가 뿔칠에 비해 높은 값을 나타내고 있다. 또한 흡수계수에 있어서는 뿔칠의 경우가 일반에 비해 다소 낮은 값을 나타내고 있는 반면, 투기계수에서는 뿔칠의 경우가 다소 높은 값을 나타내고 있다.

### 3.3. 항균제의 도포횟수에 따른 결과 검토 및 분석

그림 5는 항균제의 도포횟수에 따른 부착강도, 마모감량, 흡수계수 및 투기계수의 측정결과를 나타낸 것으로, 부착강도에 있어서는 항균제를 도포한 경우 도포횟수에 관계없이 유사한 값을 나타내고 있으며, 마모감량에 있어서는 도포횟수가 증가할수록 마모감량은 감소하는 경향을 보이고 있고, 특히 도포횟수 2회의 경우는 무도포에 비해 약 1/5 정도 감소하는 것으로 나타났다. 또한 흡수계수 및 투기계수에 있어서는 도포횟수가 증가할수록 두 요인 모두 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 도포횟수 2회의 경우 무도포에 비해 약 1/5 정도 낮은 흡수계수 및 투기계수를 보이고 있다.

## 4. 결론

액상 유·무기 복합 항균제를 도포한 하수시설용 콘크리트의 공학적 특성을 실험·실증적으로 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 모체콘크리트의 함수상태가 습윤인 상태에서 항균제를 도포한 경우 마모감량을 제외한 부착강도, 흡수 및 투기계수에서 기건 및 표건과 유사한 성능을 보이고 있어, 하수시설에 대한 항균제의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.
- 2) 항균제의 도포횟수에 따른 부착강도의 유의할 만한 경향은 나타나지 않았으며, 마모저항성과 흡수 및 투기계수와 같은 물질투과저항성은 현저히 향상되는 것으로 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.

## 참고 문헌

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 생화학적 부식특성에 관한 연구, 박사학위논문, 2000. 2