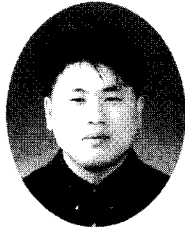


# 하수도시설 콘크리트와 방균대책

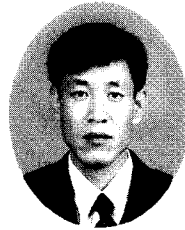
- Concrete Sewerage and Counterplan of Bacteriostasis -



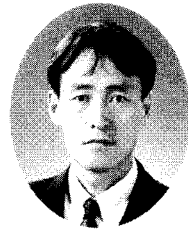
길배수\*



김규웅\*\*



성길모\*\*\*



남재현\*\*\*\*

## 1. 서 론

도시 주민생활에 없어서는 안될 주요한 사회간접자본시설로서 하수도, 하수도처리 시설 등의 콘크리트 구조물에 대한 부식열화(劣化)는 현재 세계 각국에서 급속히 진행되고 있다. 콘크리트 구조물이 반영구적이라는 것으로 인식되어 있으나, 실제로는 사용수명이 급속히 단축되어, 특히 콘크리트가 처해있는 환경 중에 황화수소(H<sub>2</sub>S) 등의 황산화합물이 다량으로 존재하고 있는 환경에서는 하수관 콘크리트의 부식에 의해 도로가 함몰되는 사례도 보도되는 등 시민생활에 큰 위협성을 동반하는 가능성을 배제할 수 없다.

1900년 미국의 로스앤젤레스시의 하수도 시설물로부터 콘크리트의 부식 문제가 보고되어 미생물 원인으로 콘크리트 부식이 보고된 최초의 예가 되었다<sup>1)~3)</sup>. 그 후, 하수도 시설물의 콘크리트 부식에 미생물이 관여하고 있다는 사례가 보고되면서 구미 등 각국에서 활발한 연구가 시작

되었다. 1970년대에 들어서는 미생물의 증식에 의해 발생하는 황산이 콘크리트를 부식하는 주원인으로 밝혀지게 되었다.

일본의 경우, 1982년 전후로 하수도 시설물이 부식되고 있다는 사실이 보고되기 시작하여, 1987년 일본 하수도 사업단으로부터 하수도 시설물의 내용 년수가 짧아지고, 파손의 우려를 인식해 「콘크리트 방식도장지침(안)」을 개정을 시작으로, 1991년 「콘크리트방식지침(안)」을 작성, 그 후 시험연구, 시공실적 등이 활발히 이루어져, 1993년, 1998년에 걸쳐 개정되기에 이르렀다.

일반 포틀랜드 시멘트가 수화되면 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)을 생성하여 pH12 ~ 13의 강알칼리성을 가지게 되어 철근 콘크리트 구조물이 장기적으로 안정된 강도와 내구성을 가지게 되지만, 보통의 환경 하에서는 대기 중에 포함되어 있는 0.03 ~ 0.04 % 정도의 탄산가스(CO<sub>2</sub>)가 콘크리트의 수산화칼슘과 서서히 반응하여 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)을 생성하게 됨으로써 장

기간에 걸쳐 콘크리트가 중성화(pH8.5 ~ 10.0)에 이르게 된다. 이와 같이 콘크리트가 화학적으로 중성화되는 것과 아울러 하수도에 존재하는 황산화세균이 발생하는 황산에 의한 '미생물적 중성화반응'으로 인해 콘크리트의 중성화가 가속화되어 콘크리트 구조물의 열화가 급속히 촉진된다.

1945년 Parker는 부식된 콘크리트에서 황산화세균을 발견, 분리 채취하여 Thiobacillus concretivourus라고 이름 짓고<sup>4), 5)</sup>, 후에 Thiobacillus thiooxidans로 이름을 바꾸었다. 그 후, 부식된 콘크리트로부터 Thiobacillus neapolitanus, Thiobacillus intermedius, Thiobacillus novellus 등 다종의 Thiobacillus류 황산화세균이 발견되었으며, 이러한 세균들이 콘크리트의 부식에 관여하는 것으로 알려

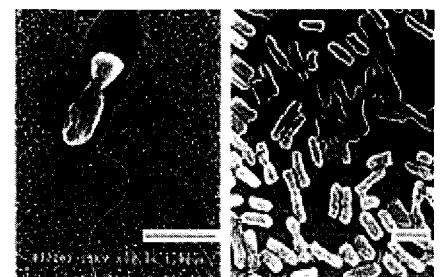


사진 1. Thiobacillus류 황산화세균

\* 정희원, 대전대학교 건축공학과 강사  
 \*\* 정희원, 일본 건설성 건축연구소 초빙연구원  
 \*\*\* (주)유성테크 대표이사  
 \*\*\*\* 정희원, 대전대학교 건축공학과 교수

지게 되었다.<sup>6), 7)</sup>(사진 1)

이러한 황산화세균이 번식하고 있는 하수도관, 하수도처리장의 콘크리트조에서 수면 또는 수면상부에 비교적 산소의 공급량이 많은 부분에 콘크리트 부식이 현저하게 발생되는 것이 일반적이다. 그 이유는 하수로부터 발생되는 황화수소를 황산으로 산화시키는 원인미생물인 황산화세균이 증식하여 산소를 필요로하는 절대호기성세균(絶對好氣性細菌)이 이곳에 존재하기 때문이다.

따라서, 콘크리트 부식을 방지하기 위해서는 하수 중의 황산성분을 저감시키는 것과, 미생물에 침식되기 어려운 콘크리트를 개발하는 방법이 주요한 방법으로 제안되고 있다.

## 2. 황산에 의한 콘크리트의 부식기구

토목 콘크리트 구조물의 각종 열화기구를 열화요인, 열화현상 및 열화지표와의 관계를 정리하면 <표 1>과 같다. 하수도시설 내에서는 황산 이외에도 다양한 염류에 의해 콘크리트 구조물이 부식될 가능성이 있지만, 하수도시설 특유의 화학적 부식환경에서는 '황산에 의한 부식'이 가장 대상 범위가 넓고, 부식속도도 빠르기 때문에 부식현상이 발견되면 급속하고, 적절한 대응조치가 필요하다.

황산에 의한 콘크리트 부식은 <그림 1>과 같이 밀폐된 관로시설과 탱크 내에서

- ① 혐기상태의 하수 및 오니(汚泥)중에 황산염환원세균에 의한 황산염(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)으로부터 황화수소가 생성되어
- ② 액상으로부터 기체상태로의 황화수소가 확산,
- ③ 콘크리트 표면의 결로수(結露水)중에 혐기성(嫌氣性)의 황산화세균 등에 의해 황화수소로부터 황산이 생성
- ④ 황산에 의한 콘크리트의 화학적 침식의 순으로 진행되어 생물반응·화학반응·물리반응이 복합된 현상이다.

또한, 하수도시설에서 관찰되는 대표적인 황산에 의한 콘크리트 부식 진행의 개념도는 <그림 2>와 같으며, 하수도 콘크리

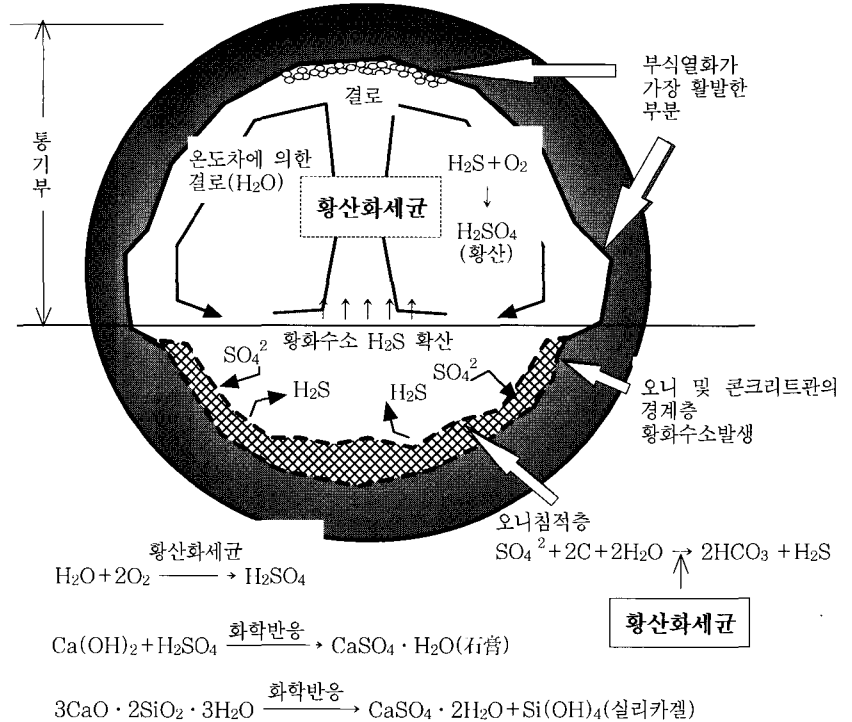


그림 1. 하수도시설 콘크리트의 황산화 부식 개념도

표 1. 콘크리트 열화형태와 요인, 지표, 현상

열화형태	열화요인	열화현상	열화지표
중성화	이산화탄소	이산화탄소가 시멘트수화물과 탄산화반응을 일으켜 세공용액 중의 pH가 저하되어 강재의 부식이 촉진됨으로써 콘크리트의 균열, 박리, 강재의 단면손실을 일으키는 열화현상	· 중성화깊이 · 철근부식량
염해	염화물 이온	콘크리트 중의 강재의 부식이 염화물이온에 의해 촉진되어 콘크리트의 균열과 박리, 강재의 단면이 감소되는 열화현상	· 염화물이온 농도 · 철근부식량
동해	동결융해 작용	콘크리트 중의 수분이 동결과 융해의 반복작용에 의해 콘크리트의 표면으로부터 스케일링, 미세균열 및 팝아웃(pop-out) 등의 형태로 일어나는 열화현상	· 동해깊이 · 강재부식량
화학적 부식	산성물질 황산이온	산성물질과 황산이온과의 접촉에 의해 콘크리트 경화체가 분해되거나, 화합물 생성시 팽창압에 의해 콘크리트가 열화되는 현상	· 열화의 침투깊이 · 중성화 깊이 · 강재부식량
알칼리 골재반응	반응성 골재	골재 중에 포함되어 있는 반응성 알칼리광물과 탄산염암을 가지는 골재가 콘크리트 중의 알칼리성 수용액과 반응하여 콘크리트 내부에서 이상 팽창과 균열을 발생시키는 열화	· 팽창량 (균열)

트 시설물의 단계별 부식현상을 정리하면 <표 2>와 같다.

## 3. 황산에 의한 콘크리트 부식이 발생되기 쉬운 시설

황산염환원세균과 황산화세균의 생물적 작용에 의해 황화가스 및 황산이 발생되어 콘크리트의 부식이 발생되기 쉬운 환경(콘크리트 부식환경)을 하수도시설 내에서 가

정한다면 다음과 같이 정리할 수 있다. 부식환경이 심한 경우는 다음의 (1)~(3)의 조건을 전부 만족하는 하수 또는 오니가 존재하는 장소이나, 콘크리트의 부식환경은 지역성과 일기후 조건, 계절적 변화의 영향이 크다.

(1) 황산염환원세균의 활동에 의해 하수 또는 오니 중에 황산이 생성되기 용이한 환경

- ① 황산이온 농도가 높다.

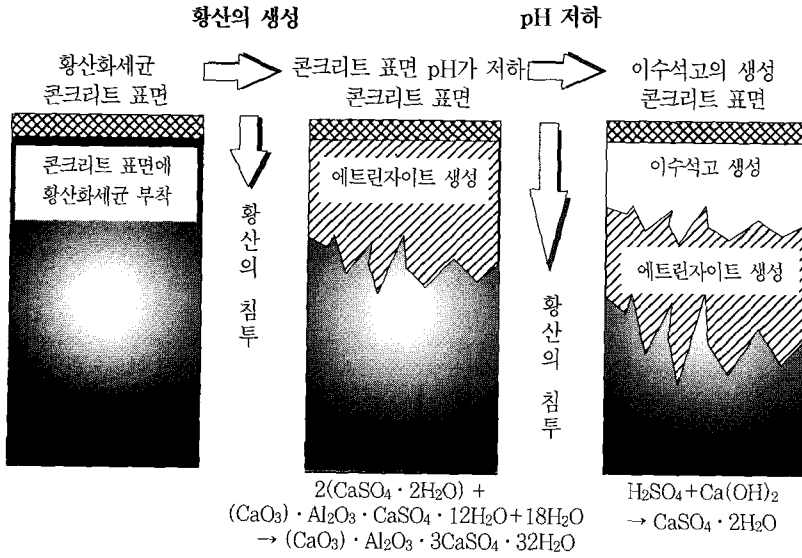


그림 2 황산에 의한 콘크리트의 부식 진행 개념

표 2 하수도 콘크리트의 단계별 부식현황

단계	현상 및 화학적 반응
1 단계 혐기상태 (嫌氣狀態)	<ul style="list-style-type: none"> <li>산소공급이 되지 않거나, 침전물과 슬러지 등이 콘크리트에 부착되는 경우 등에 의해 혐기 상태가 된다.</li> <li>하수 중에 포함되어 있는 황산염의 대부분이 황산염환원세균에 의해 황화수소(黃化水素)를 발생시킨다.</li> </ul> $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$ <p style="text-align: center;">황산염환원세균(黃酸鹽還元細菌)</p>
2 단계 황화수소의 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>하수 중에 생성된 황화수소는 산성영역에서 분자 상태의 황화수소로 되어 하수의 흐름에 의해 공기 중에 확산된다.</li> </ul>
3 단계 황산의 생성	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기 중에 확산된 황화수소는 콘크리트 상부에 결로 및 비말수(飛沫水)에 의해 용해된다.</li> <li>용해된 황화수소는 황산화세균의 작용에 의해 황산을 생성한다.</li> </ul> $\text{H}_2\text{S} + 2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ <p style="text-align: center;">황산화세균(黃酸化細菌)</p>
4 단계 황산에 의한 콘크리트의 부식	<ul style="list-style-type: none"> <li>콘크리트 표면에 생성된 황산은 콘크리트 수화물과 반응하여 황산칼슘(이수석고, 二水石膏)을 생성한다.</li> <li>이수석고가 시멘트 중의 <math>3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3</math> 와 반응하면 에트링자이트가 생성되면서 콘크리트가 팽창, 균열, 박리 등의 부식현상을 일으킨다.</li> </ul>

표 3 황산에 의한 콘크리트의 부식이 발생되기 쉬운 시설 및 부위

시설	부식이 발생되기 쉬운 부위
관로시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>단차, 낙차가 큰 개소의 하수면 상부</li> <li>강제 압송관의 상류부, 하류 토출부의 하수면 상부</li> <li>파라넷배수관 접합부의 하수면 상부</li> <li>압송관 토출부의 하수면 상부</li> </ul>
펌프장	<ul style="list-style-type: none"> <li>하수 유입부의 하수면 상부</li> <li>펌프 후 토출부의 하수면 상부</li> </ul>
처리장 특히 복개된 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>집수정과 연결수로의 하수면 상부</li> <li>분배조와 연결수로의 하수면 상부</li> <li>최초침전지 월류(越流)부와 유출수로의 하수면 상부</li> <li>반응탱크류입부의 하수면 상부</li> <li>오니농축조의 월류 피트의 하수면 상부</li> <li>오니저장조의 기상부 상부</li> <li>혐기성오니 소화조(消化槽)로부터 탈리액피트의 하수면 상부</li> <li>오니처리시설의 역류관</li> </ul>

하수면 상부 : 기상부(氣上部)

② 하수 상부에 산소공급이 적어 혐기성 조건이 되기 쉽고, 하수의 정체 시간이 길다.

③ 수온이 황산염환원세균의 증식이 적합하다.

(2) 하수 또는 오니의 흐름이 불규칙하고, 교반되는 작용 등에 의해 하수의 액상부로부터 황화수소가 하수 상부 공간에 황화수소가 방산되기 쉽고, 하수 상부 공간이 밀폐되어 있는 구조

(3) H<sub>2</sub>S 가스 농도, 기온, 습도, 영양염류의 공급 등의 조건이 황산화세균이 활동하기 용이한 환경

하수도시설 내의 환경이 이러한 환경조건이라면 대부분 콘크리트 부식이 급속히 진행되지만, 기온, 하수 중의 황산이온 농도와 시설물의 구조 등과 같이 지역적인 특성에 크게 영향을 받아 황화수소 가스 농도, 습도 등의 부식환경에 의한 콘크리트의 부식 속도가 크게 다르다.

한편, 하수도시설 내의 황화수소가스 농도는 0 ppm ~ 1,000 ppm 이상으로 범위가 넓고, 부식환경의 인자 중에서 조건의 변화가 매우 크다. 또한, 하수면 상부(氣上部)의 황화수소 농도는 동일 시설에서도 일간 변동의 차가 크고, 계절적 변화에 의한 수온 차에 의해서도 변화가 크다. 황화수소가스의 자동계측기(사진 2)에 의해 1일 연속측정결과의 예를(그림 3, 4)에 나타내었다. 밀폐된 시설(탱크 등) 내의 황화수소가스의 농도는 펌프에 의해 하수의 흐름이 활발한 경우보다 단기간에 큰 폭으로 변화됨을 알 수 있다.

일반적으로 30 ~ 35 °C에서 황산염환원세균은 가장 활발하게 증식되고, 15 °C

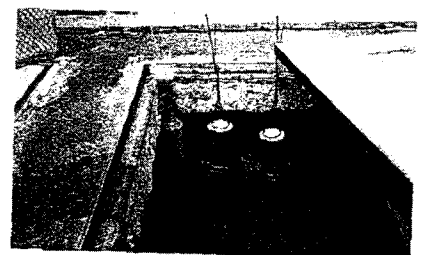


사진 2 황화수소가스의 자동계측기 설치 현황(분배조(分配槽))

이하, 45°C 이상에서는 활성이 크게 저하된다. 또한, 황산화세균은 20°C 이하에서

활동이 억제되고, 30°C 전후에서 세균활동이 활발하다.

따라서, 하수도시설 내의 황산에 의한 콘크리트 부식은 연간평균기온이 높은 지역에서 진행이 빠르고, 동절기 보다 하절기에 부식의 진행이 빠르다.

#### 4. 콘크리트 부식 억제기술로서의 방균 콘크리트

현재까지 <표 4>와 같이 황산에 의한 콘크리트 부식에 대하여 각종 방식기술이 개발, 적용되어오고 있다. 여기에서 황화수소의 발생억제와 발생황화수소의 저감, 황산화세균의 증식억제에 관한 기술로서 방균제(또는 항균제)를 콘크리트에 혼입하여 콘크리트 자체의 내황산성 향상과 황산화세균의 증식억제를 목적으로 한 방균 콘크리트에 대하여 서술하고자 한다.

#### 5. 방균제 및 방균 콘크리트의 개요



사진 3. 방균제에 의한 콘크리트 성상 (좌: 방균제 사용, 우: 방균제 무사용)

하수도 구조물의 열화조사시에 스텐리스의 열화가 콘크리트에 비해 경미하다는 점을 착안하여, 스텐리스를 구성하는 재료를 모르타르에 혼입하여 시험체를 폭로한 실험으로부터 방균제의 개발이 시작되었다. 금속니켈성분을 첨가한 것과 첨가하지 않은 콘크리트 시편을 약 80 ppm의 황화수소 농도의 하수처리장의 공기 중에 방치하여 금속니켈계의 방균제를 사용한 시험체의 방균효과가 현저하다는 것이 확인되었다.

금속니켈이 중성층(pH = 6 ~ 8)에서는 세균억제의 효과가 탁월하여 Thiobacillus vrsutus(생육 pH = 5.0 ~ 10), Thiobacillus novellus(생육 pH = 5.0 ~ 9.2)세균에 대하여는 생성억제효과가

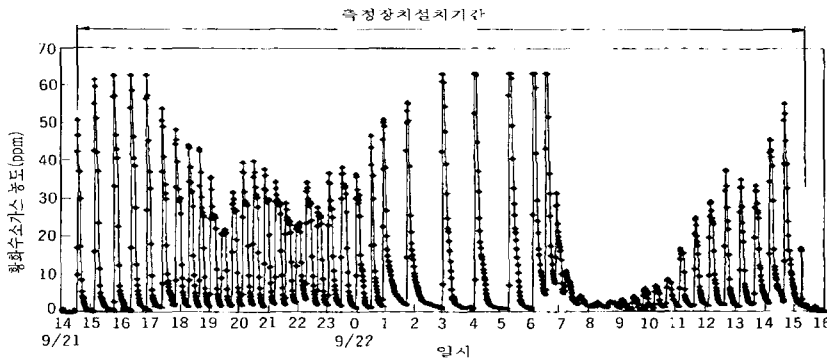


그림 3. 관로시설에서의 황화수소가스 농도의 경시변화

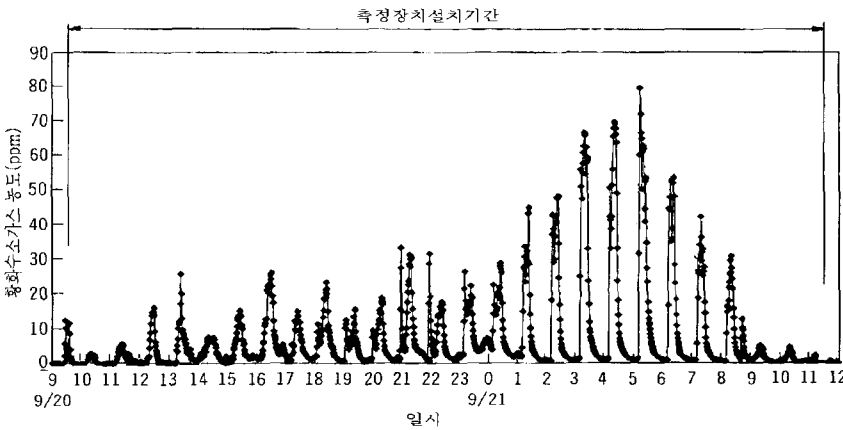


그림 4. 분배조에서의 황화수소가스 농도의 경시변화

표 4. 황산에 의한 콘크리트 부식의 주요 대책 기술

대책기술의 분류	기술의 분류	대상시설	원리와 대책
콘크리트 부식의 억제기술	하수 중의 황산이온 농도 저하	주로 관로시설	황화수소 생성의 잠재조건 억제 : 공장배수, 온천배수 등의 규제, 해수침입 방지
	하수, 오니 중의 황산물질 생성억제	관로시설	혐기성화 방지 - 압송관의 공기유동, 산소주입, 초산염주입 등 - 관로의 구조변경 - 자연유하시 관내에서의 재폭기 침전물의 제거, 콘크리트 표면의 세정
황산생성 억제	용존 황산물질의 고정과 황화수소의 하수면 상부 비산방지	펌프장, 처리장	혐기성화 방지 : 양수펌프의 정적 운전, 처리장의 정적 운전
	황산을 생성하는 황산화세균의 억제	관로시설 펌프장 처리장	액상 중의 황산물질의 산화, 고정화 : 염화제2철 주입, 폴리황산제2철 주입 황화수소의 비산을 억제하는 구조: 함류부의 유체교란 방지, 단차, 낙차의 해소 하수면 상부 H <sub>2</sub> S 가스농도의 희석, 제거 : 환기, 탈취 콘크리트 표면의 건조: 환기 황산화세균의 활동 억제 : 콘크리트에의 방균제, 항균제 혼입
콘크리트 방식 기술 (콘크리트에의 대책)	콘크리트의 내황산성 향상 및 표면피복	관로시설 펌프장 처리장	콘크리트 자체의 내황산성 향상 : 내황산성 콘크리트 콘크리트 표면의 피복 : 도포형 라이닝공법, 시트 라이닝공법

있으나, 산성영역에서는 불완전하다. 텅스텐 화합물의 세균억제효과에 산성영역에서 생성되기 쉬운 Thiobacillus thiooxidans(생육 pH = 1.0 ~ 5.0)세균의 생성을 억제하는 효과가 있다. 또한, 방균제는 분말로서 시멘트에 대체 혼합비율로 사용하기 때문에 제조시 혼합에 용이하도록 시멘트계 재료와 회석하여 혼합사용량이 시멘트 중량의 1%가 되도록 조절하여 사용되고 있는 실정이다.

현재 일본에서 사용되고 있는 방균제, 방균 콘크리트의 핵심적 기술내용에 대하여 기술하고자 한다.

## 6. 방균 콘크리트의 핵심 성능 내용<sup>8), 9)</sup>

### 6.1 내구 년수의 확보

평균 황화수소 농도 5 ppm 이하에서 콘크리트의 표준적인 내구 년수를 확보할 수 있을 것

#### · 성능 확인 항목

- ① 부식깊이, 황산의 침투깊이
- ② 부식속도, 황산의 침투속도

#### · 성능 확인 방법 및 결과

부식환경에서 2년간의 시험체 폭로시험에 의해 표준시험체와 방균제 혼화제를 사용한 것과 비교하여 내용 년수 확보성을 평가한다.

부식깊이와 부식속도에 대한 폭로시험 결과는 <표 5>, 표준시험체와 방균제를 사용한 콘크리트의 부식속도는 <그림 5>와 같다. 폭로시험의 결과에 의하면, 평균 황산화수소 농도 3.6 ppm의 환경(T지구)에서 표준시험체는 부식 및 황산의 침투가 현저히 발생되었으나, 방균제를 혼입한 시험체는 부식 및 황산의 침투가 발생되지 않았으며, 기타의 경우에도 상관관계는 매우 낮으나 방균제에 의해 황산화수소에 의한 침식작용이 억제되는 것이 확인된다.

이는 각 폭로시험지의 환경(온도, 습도, 황산화수소의 종류 등)의 차이에 따라 발

표 5. 황산침식깊이 및 부식속도의 폭로시험결과

지역구분		A지구	B지구	C지구	D지구	E지구	T지구
폭로 환경	평균 황화수소 농도(ppm)	81	42	28	170	8.6	3.6
	평균 온도(°C)	27	28	24	27	21	23
	평균 습도(%)	91	93	75	96	83	87
표준 시험체	2년간의 부식깊이(mm)	3.4	14.0	1.5	4.8*	10.2	1.5
	부식속도(mm/년)	1.7	7.0	0.75	-	5.1	0.75
방균제혼입 시험체	2년간의 부식깊이(mm)	1.2	2.1	0	3.3*	2.3	0
	부식속도(mm/년)	0.6	1.05	0	-	1.15	0

\*: .5년

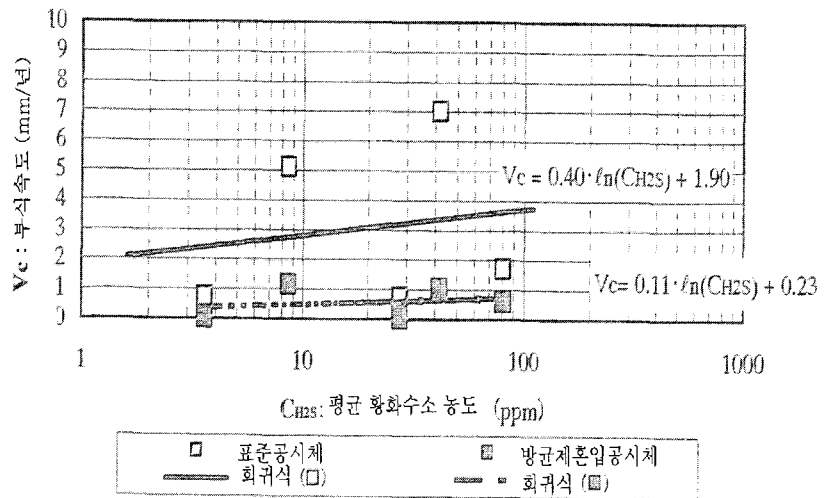


그림 5. 부식속도

표 6. 평균 황화수소 농도 5 ppm 이하의 부식환경에 대한 콘크리트의 표준적 내용 년수

부재	환경조건	피복두께 최소치 (mm)	부식속도로부터 계산된 피복두께까지 도달되는 기간(년)		황산침식속도로부터 계산된 피복두께까지 도달되는 기간(년)	
			표준시험체	방균제 혼입 시험체	표준시험체	방균제 혼입 시험체
슬래브	일반적 환경	25	10	61	6	25
	부식환경	40	16	98	10	40
	심한 부식환경	50	20	123	13	50
보	일반적 환경	30	12	74	8	30
	부식환경	50	20	123	13	50
	심한 부식환경	60	24	147	15	60
기둥	일반적 환경	35	14	86	9	35
	부식환경	60	24	147	15	60
	심한 부식환경	70	28	172	18	70

생 황화수소 농도의 변화에 큰 영향이 있는 것으로 나타났다.

부식속도, 황산침투속도의 회귀분석에 의하면, 평균 황화수소 농도 5 ppm에 대하여 방균제를 혼입한 시험체의 부식속도는 0.4 mm/년, 황산침식속도는 1.0 mm/년으로 예측되는 반면, 표준시험체의 부식

속도는 2.5 mm/년, 황산침식속도는 3.9 mm/년로 예측된다.

콘크리트의 표준적인 내용 년수를 각 부재의 철근 피복두께까지 부식이 달하는 년수로 계산하면, 평균 황화수소 농도 5 ppm 이하의 경우 <표 6>과 같이 나타낼 수 있다. 부식속도로부터 계산하여 피복두

표 7. 평균 황화수소 농도 50ppm 이하의 환경에 대한 부식속도

평균 황화수소 농도 (ppm)	부식속도(mm/년)	
	표준시험체	방균제 혼입 시험체
5	2.5	0.41
10	2.8	0.48
20	3.1	0.56
30	3.3	0.60
40	3.4	0.64
50	3.5	0.66

표 8. 평균 황화수소 농도 50ppm 이하의 환경에 대한 황산침식속도

평균 황화수소 농도 (ppm)	부식속도(mm/년)	
	표준시험체	방균제 혼입 시험체
5	3.9	1.0
10	4.5	1.2
20	5.2	1.3
30	5.5	1.4
40	5.8	1.5
50	6.0	1.5

계 최소치에 달하는 내용기간은 하수도시설물의 표준 내용 연수 50년을 확보하는 것이 가능하고, 황산침식속도에 의해 계산하면, 침식환경의 슬래브 부재에서도 40년을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

### 6.2 부식 진행속도 억제

평균 황화수소 농도 50 ppm 이하에서 기존의 콘크리트에 대하여 부식진행속도가 1/4로 저감됨을 확인

#### ▶ 성능 확인 항목

- ① 부식깊이, 황산의 침투깊이
- ② 부식속도, 황산의 침투속도

#### ▶ 성능 확인 방법 및 결과

: 부식 환경 하에서 2년간의 시험체 폭로시험에 의해 표준시험체와 방균제 혼화제를 사용한 것과 비교하여 부식속도(1/4로 저감)를 평가한다.

<표 7, 8>과 같이 평균 황화수소 농도 50 ppm 이하의 환경에서 방균제 혼입 시험체는 표준시험체와 비교하여 부식깊이가 1/6 ~ 1/5 정도, 황산침식 깊이에 대하여는 1/4 정도로 침식진행이 억제되었다.

### 6.3 무독성

기타 미생물에의 영향 및 환경에 미치는 영향이 무시될 수 있는 정도의 무해성 평가

#### ▶ 성능 확인 항목 및 성능 확인

##### ① 활성오니(活性汚泥)에의 영향

하수시험방법 '생물분해성시험' COD법에 의거 COD(확학적 산소요구량)와 COD 생분해도(90% 이상)를 측정해 본 결과 오니의 활성이 저하되지 않음이 평가된다.

##### ② 기타 미생물에의 영향

일반적인 세균에 대하여 내성시험(耐性試驗)을 실시, 세균의 번식이 저해되지 않음을 확인, 평가하는 것으로 태양균 등을 대상으로 균수의 경시변화를 관찰하여 기타 미생물에 대한 장해효과가 없는 것으로 확인되었다.

##### ③ 니켈의 독성

방균제 성분 중에 포함되어 있는 니켈이 용출되는지 여부를 용출시험(溶出試驗)을 실시, 니켈의 독성시험결과와 비추어 환경에 부하가 없는 것을 확인 및 평가하고, 금속 니켈에 의한 발암성이 없는 것을 확인한다.

### 6.4 콘크리트 강도 발현성

방균제 혼입에 의한 콘크리트의 강도에 영향이 없을 것

#### ▶ 성능 확인 항목

##### ① 압축강도 시험

#### ▶ 성능 확인 방법 및 결과

: JIS A 1108 '콘크리트의 압축강도시험방법', JIS A 1136 '원심력 다짐 콘크리트의 압축강도시험방법'에 준하여 표준시험체와 비교하여 차이가 없는 것을 확인 및 평가한 것으로 장기재령(예, 2년)에 걸쳐 표준시험체의 강도발현과 거의 유사한 거동으로 보인다.

### 6.5 방균제의 사용성

콘크리트 제조시 일반 혼화제의 혼입방법과 동등할 것

#### ▶ 성능 확인 항목

##### ① 배합방법, 분산성능

#### ▶ 성능 확인 방법

① 시방배합에서의 표시가 기타 혼화제와 동등하게 취급되어, 레미콘 등의 현장배합의 표준생산시스템에서 생산이 가능함을 확인한다.

② 콘크리트 중에 방균제 성분이 균질하게 분산됨을 원소분석(EPMA 분석법)에 의해 경화된 방균 콘크리트 중에 방균제 성분의 분포상황을 평가하여 균질한 분포임을 확인한다.

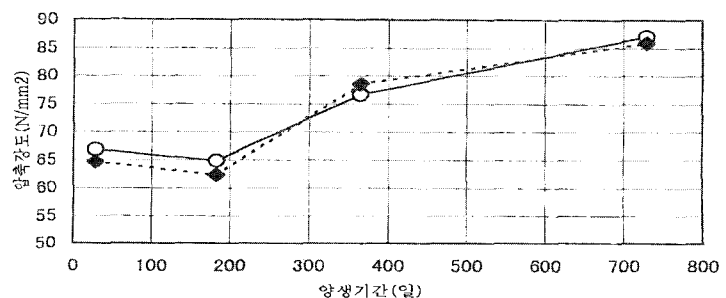


그림 6. 원심력 콘크리트 공시체의 압축강도 변화

이와 같이 상기의 성능항목 내용을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 평균 황화수소 농도 5 ppm 이하에서 콘크리트의 표준적인 내용 연수를 확보할 것
- (2) 평균 황화수소 농도 50 ppm 이하에서 기존의 콘크리트에 대하여 부식속도가 1/4 정도로 억제될 것
- (3) 기타 미생물에의 영향 및 환경에 악영향이 없을 것
- (4) 방균혼화제에 의한 콘크리트의 강도발현에 영향이 없을 것
- (5) 콘크리트 제조시에 배합설계와 혼합사용이 기타 혼화제와 동일한 방법일 것

## 7. 결론

내황산성 콘크리트에 대한 현재까지의

대책방안 이 외에 방균제를 이용한 방균 콘크리트에 대하여 소개하였다. 방균 콘크리트는 황화수소를 황산으로 변화하게 하는 황산화세균의 활동을 방해하는 방균제(주 성분: 니켈)를 혼합한 콘크리트로서, 이 혼화제를 콘크리트에 적정하게 혼입하여 하수도시설에 사용되는 콘크리트의 황산화세균에 의한 황산열화를 억제하는 기술로 개략적으로 기술하였다. 현재 방균 콘크리트의 적용범위는 평균 황화수소 농도 50 ppm 이하, 적용제품으로는 콘크리트 2차 제품(흙관, 박스형 칼버트), 현장타설용 콘크리트, 보수용 모르타르, 그라우트재 등으로 예상된다.

방균 콘크리트가 하수도 콘크리트 시설물에 사용되기 위해서는 이에 대한 장기적인 평가와 수많은 시공실적 등에 의해 그의 성능이 명확하게 평가되어야 할 것이며, 독자적인 공법으로 대응하여 활발히 사용되어질 것을 기대한다. □

## 참고문헌

1. Parker, C. D. : Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 23, 1945, pp.81~90.
2. Paker, C. D. : Nature, 159, 1947, pp.439~440.
3. Sand, W et al. : Environ. Tech. Left., 5, 1984, pp.517~528.
4. Parker, C. D. : Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 23, 1945, pp.81~90.
5. Paker, C. D. : Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci., 23, 1945, pp.91~98.
6. Milde, K et al. : J. Gen. Microbiol., 129, 1983, pp.1327~1333.
7. Yoshida, N et al. : J. Ferment. Bioeng., 76, 1993, pp.400~402.
8. 下水道技術·技術審査證明 報告書, 下水道施設の防食材料 ビックリート(防菌コンクリート), 平成11年, 1993, 3.
9. 前田照信, 콘크리트腐食に對する防菌濟の開發に關する研究, 1999, 8.

# 새 로 나 온 책

## 한국의 콘크리트

- 편저 : 사단법인 한국콘크리트학회
- 발행일 : 2002년 2월 25일
- 판형 : B5
- ISBN : 89-7086-434-2

- 발행처 : 기문당
- 페이지 : 228
- 가격 : 정가 12,000원

### 【· 목 차 ·】

- 제 1 장 콘크리트의 유래
- 제 2 장 콘크리트 구조물의 변천사
- 제 3 장 우리나라 시멘트 산업의 발달사
- 제 4 장 콘크리트 재료 발달사
- 제 5 장 콘크리트 건설사
- 제 6 장 프리스트레스트 콘크리트 발전사
- 제 7 장 프리캐스트 콘크리트 공법의 발전사
- 제 8 장 콘크리트 기준의 발달사
- 제 9 장 21세기를 대비한 우리의 콘크리트 기준의 방향
- 부 록

