

국내 콘크리트 하수관거의 생·화학적 부식 특성 및 성능저하 현황

Properties of Concrete Pipe by Biochemical Corrosion and Performance Deterioration in Domestic



송호면*
Ho-Myeon Song



황환국**
Hwan-Kook Hwang



조정일***
Jeong-Il Cho

1. 머리말

정부에서는 2002년을 “하수관거 정비 원년의 해”로 선포하였다. 2005년부터는 연간 약 3조원을 투자하여 BTL(build-transfer-lease)사업방식 등으로 하수관거를 대대적으로 정비하고 있다.

그 동안 우리나라의 하수관거 건설 사업은 현대식 하수도에 있어서 매우 중요한 기술 요소 중의 하나라 할 수 있는 하수관거 부식 방지에 대한 대책이 적용되지 않고 수행되어 왔다. 따라서 대부분의 하수관은 부식에 무방비한 상태에 있다고 볼 수 있다. 하수관의 부식에 의한 피해는 그 유형과 정도에서 막대할 것으로 추정된다.

콘크리트 하수관거의 수명을 저해하는 요인은 무수히 많다. 그러나 일반적으로 사용되고 있는 콘크리트가 재질인 하수관거의 경우 미생물의 산화·환원 작용에 의하여 생성된 황산(H₂SO₄)이 콘크리트의 알칼리와 반응하여 부식을 유발시킨다. 이와 같은 부식 원리를 발견한 것은 불과 수십 년 전의 일이며, 현재도 그 정확한 반응 기구를 설명하지 못하는 부분이 있어, 주요 선진국에서는 이 분야에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 사용된 우리나라의 하수관거의 재질은 대부분이 콘크리트이다. 또한 맨홀 등 관련 시설물 대부분이 콘크리트로 부설되어 있다.

우리나라는 관거시스템 자체가 오수 정화시설 및 분뇨정화조를 운용토록 법제화 되어 있는 등 여러가지 면에서 생·화학적 황산부식에 취약한 상황에 있다.

따라서 본고는 하수관 부식의 원인파 부식이 발생하는 부위 및 우리나라에서의 부식 발생 특성을 고찰하였다.

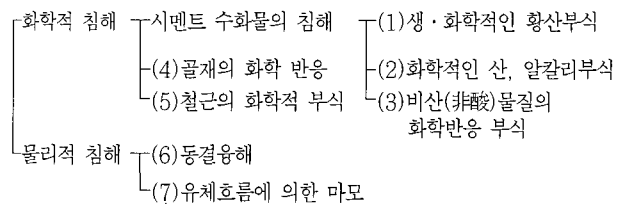


그림 1. 콘크리트 하수관의 열화 현상

2. 콘크리트 하수관의 부식 원리

2.1 콘크리트 하수관의 열화 현상 종류

콘크리트 하수관의 열화 현상은 관거 부설지점의 환경조건에 의하여 변화한다. 열화 현상을 발생 요인에 따라 분류하면 <그림 1>과 같이 5종류의 화학적 침해와 2종류의 물리적인 침해로 대별할 수 있다.

일반적으로 하수관거에서 발생되고 있는 상기의 7가지 열화 현상은 환경 요인에 따라 복합적으로 또는 유기적으로 작용한다. 그 중 생·화학적 황산부식에 의한 시멘트 수화물의 화학적 침해가 가장 대표적이며 심각한 것으로 알려져 있다. 그러나 하수관거의 부식 현상은 관련 조건에 따라 부식 유형의 순위가 바뀌거나 상호 복합적으로 작용할 수 있다.

2.2 생·화학적 부식 반응의 개요

생·화학적 부식 반응에서는 최종적으로 생성된 황산이 콘크리트를 부식시킨다. 본 반응의 원인 물질은 하수내에 포함된 황산이온과 BOD(COD)로 표현할 수 있는 유기물이다.

본 반응의 주요 과정은 식 (1)~(3)에 나타난 3단계의 반응으로 요약할 수 있으며 <그림 2>와 같다. 제 1단계 반응은 혐기성 미생물이 황산이온과 유기물을 이용하여 황화수소를 생성시키는 반응이다. 제 2단계 반응은 1단계에서 생성된 황화수소

* 한국건설기술연구원 건설환경연구부 수석연구원
hmsong@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 건설환경연구부 선임연구원

*** 한국건설기술연구원 건설환경연구부 연구원

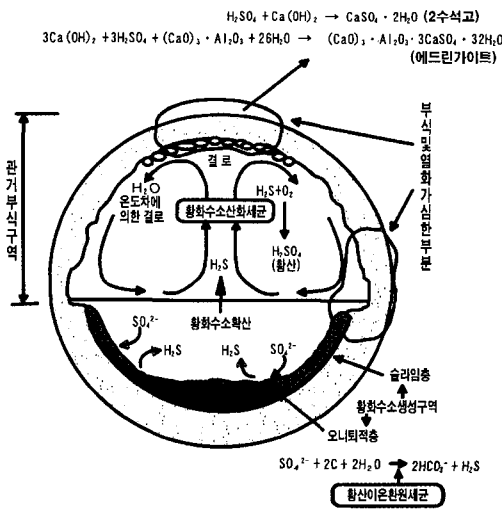
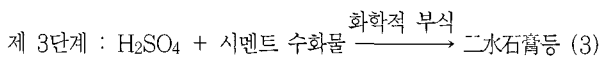
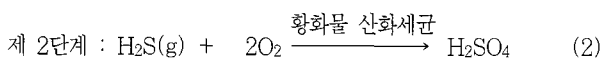
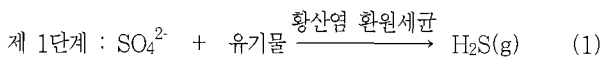


그림 2. 콘크리트 하수관거의 생·화학적 부식 발생 기구

를 호기성 미생물이 황산으로 전환시키는 반응이다. 또한 제 3 단계 반응은 2단계에서 생성된 황산이 관재질 내의 시멘트 수화물(알칼리)과 화학적으로 반응함으로써 실제적으로 콘크리트를 부식시킨다.

한편 제 1, 2단계의 반응은 용존산소의 유무에 따라 생존여부가 상반된 미생물에 의하여 이루어지므로 이와 부합되는 환경 조건을 만족시키는 관거에서만 부식이 일어날 수 있다.



식 (1)~(3)과 같이 부식 반응은 2회의 미생물 반응과 1회의 화학 반응이 유기적으로 발생하는 매우 복잡한 반응 기구를 가지고 있다. 또한 이들 반응의 영향 인자는 물리, 화학, 생물학적 요소가 매우 다양하며 복합적으로 작용한다. 지금까지의 연구에 의하면 1, 2 단계의 미생물 반응은 3~7개의 반응이 추가되는 것으로 보고되어 있다.

2.3 황화수소 생성 반응(제 1단계)의 원리

제 1단계 반응은 황화수소(H_2S)를 생성하는 반응으로써, 관정에서 서식하는 미생물에 의하여 황산을 생성(제 2단계 반응)하는 후속 반응을 좌우한다. 따라서 황화수소 발생량이 관거의 부식 판단시 가장 중요한 요소로 작용한다. 본 반응의 주요 관련 인자는 본 반응을 주도하는 미생물과 그 영향인자 및 기질로 작용하는 유기물과 황산이온의 농도이다.

황산이온을 황화수소로 환원시키는 미생물의 가장 대표적인 미생물은 SRB(sulfate reducing bacteria)이다. 자연계에 존재하는 SRB는 유기탄소(유기물 : BOD)를 기질로 하고 있으므로 타영양성이라고 할 수 있다. 한편 SRB는 거의 모두가 편성(완전)혐기성세균이며, 15 ~ 45 °C를 성장범위로 한다. 또한 대부분의 SRB는 pH 4.5 ~ 9.5의 범위에서 생육하며, pH 6.5 ~ 8.0의 중성영역에서 최적 조건이 된다. 따라서 하수관거는 SRB가 성장하기 좋은 조건을 갖추고 있다고 볼 수 있다.

황화수소의 발생 조건(SRB의 성장 조건)은 혐기성 또는 무산소 상태의 환경이어야 한다. 따라서 하수관에서 황화수소가 주로 발생하는 지점은 용존산소가 없는 하수에 의하여 침수되어 있는 관벽체의 생물막과 바닥의 침전물이라고 할 수 있다. 일반적으로 모든 하수관의 잠수된 벽면은 독성 물질이 없는 한 생물막이 형성된다. 사상균과 겔(gel)을 생성하는 Zooglea 및 다양한 박테리아가 혼합 부착하여 막을 형성하고 있다. 막의 두께는 일반적으로 1 mm 정도이나 하수의 흐름이 빠를 경우 전단력에 의하여 0.25 mm로 제한된다.

한편 하수관거의 경우 이러한 생물막은 용존산소의 농도에 따라 혐기성층과 호기성층이 공존하고 있다. 미생물 특성에 의하여 혐기성층은 호기성층의 하부에 있으며, 영양소의 공급조건 및 미생물간의 경쟁에 의하여 그 경계가 결정된다. 용존산소가 존재할 경우 호기성층은 약 0.25 mm 정도의 두께를 가진다. 그러므로 호기성층의 역할에 의하여 혐기성층에서 발생한 황화수소는 수중으로 유출되지 않는다.

2.4 황산 생성 반응(제 2단계)의 원리

2.4.1 황화수소의 발산 특성 및 영향 인자

황화수소는 하수관거의 부식에서 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 황화수소가 관거 부식에 작용하기 위해서는 수중에 존재하는 황화수소가 대기 중으로 발산되어야 하며, 또한 관정의 응축수에 응결되어야 한다. 수중에 존재하는 황화수소의 형태는 pH 및 수온 등의 영향을 받을 뿐만 아니라 하수 중에 함유된 금속류 등과 반응하므로 물리·화학적 성질이 중요하다.

하수 내에 생성된 황화수소가 수면 상부로 발산하지 않으면 부식은 일어날 수가 없다. 반면 하수 중에 소량의 황화수소가 존재할 경우에도 그 발산량이 많을 경우에는 부식이 촉진된다. 따라서 황화수소의 발산은 부식 기구 중 황화수소의 생성과 더불어 중요하게 작용한다.

미국의 관련분야 연구자 Pomeroy는 식 (3) 및 (4)와 같이 황화수소의 발산속도식을 제시하였다. 하수관거의 경우 하수중의 황화수소 농도는 물론 유속(난류) 및 온도 구배 등의 영향을 받는 것으로 나타내고 있다.

$$R_{sf} = \frac{\phi_{sf}}{dm} \quad (3)$$

여기서, R_{sf} : 발산에 의한 하수내의 황화수소 저하속도($mg/\ell-hr$)
 ϕ_{sf} : 단위 수면적당 황화수소의 양(g/m^2-hr)
 dm : 평균 수리수심(B/P : m)

$$\phi_{sf} = 0.69 \times C_A \times T \times (su)^{3/8} \times (1-q) \times j \times (DS) \quad (4)$$

여기서, C_A : 난류의 영향 상수(재포기 계수의 적용과 동일)
 T : 온도 상수($20^\circ C : 1$)
 s : 구배(m/m), u : 유속 (m/s)
 q : 평형농도에 대한 대기 중의 농도 비율(0.02 ~ 0.2)
 j : 수중의 용존황화수소 비율
 DS : 수중의 용해된 황화수소의 농도(mg/ℓ)

2.4.2 황산의 생성 반응

하수관의 관정에서는 황산화 미생물(SOB : sulfur oxidizing bacteria)에 의한 산화반응으로 황산으로 전환되며, 이에 의하여 콘크리트 관을 부식시킨다.

SOB는 Sulfur(S^0)나 Sulfide(S^{2-}), thiosulfate($S_2O_3^{2-}$)등의 환원성 무기황화합물을 호흡에 의하여 산화활동을 하는 호기성미생물을 의미한다. 이 중에는 매우 다양한 종류의 미생물이 있는데, 관거 부식과 주로 관련된 Thiobacillus속의 균종이다.

하수관의 관정을 부식시키는 황산은 복잡한 미생물의 생태에 의하여 생성되는데, 콘크리트 벽체에는 황화합물들을 황산으로 산화시키는 수중의 미생물이 서식하고 있다. 또한 부식 과정에서는 미생물의 천이에 의하여 Thiobacillus thiooxidans가 주종을 이루며 타영양성의 미생물과 공생하는 등 매우 복잡한 반응 기구를 나타낸다. 생 콘크리트 또는 아직 pH가 낮지 않은 콘크리트에 고농도의 황화수소가 부착할 경우 서서히 미생물의 천이가 발생한다. 이에 대한 간단한 가정모델이 제시되었는데, 실험 관찰 결과를 기초로하여 pH 범위별로 <그림 3>과 같이 나타내고 있다.

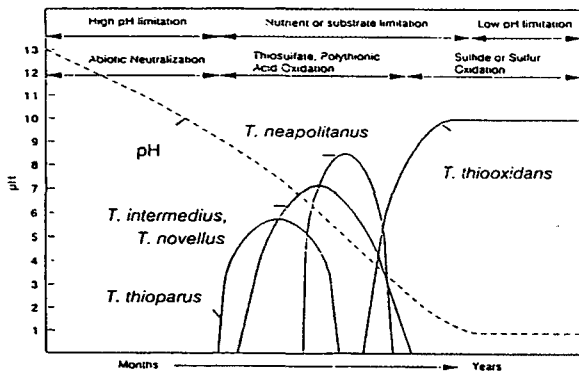


그림 3. pH에 따른 콘크리트 하수관거 벽체에서의 미생물 천이

콘크리트내에는 $Ca(OH)_2$ 의 농도가 25% 이상이므로 이 용출수는 pH가 12~13.5정도이다. 따라서 이 조건에서는 미생물의 성장이 곤란하나, CO_2 가 응축수내에 용해하므로 pH가 점차 감소한다. 또한 황화수소는 일종의 산이므로 용해시 pH의 감소에 일조를 하고, 화학적인 반응에 의하여 $S_2O_3^-$ 또는 polythionic($S_4O_6^-$ 등)산이 생성된다.

이후 pH가 9에 달하면 T.thioparus가 $S_2O_3^-$ 의 산화를 시작하고, polythionic산의 반응을 유발하는 $S_3O_6^-$ 가 생성된다. 또한 pH가 계속적으로 저하하면 다른 미생물의 성장 조건을 형성하는데, $S_2O_3^-$ 가 존재하고 pH가 보통일 경우 T.thioparus와 T.neapolitanus가 우점종이 된다. 한편 T.intermedius, T.novellus는 통기성의 타영양성 미생물로부터 도움을 받게 되는데, 이들이 배출한 유기물과 산의 일종을 섭취한다.

pH가 6으로 내려갈 경우 T.neapolitanus가 나타나는데, 이의 장점은 무기염의 농도가 높을 경우에 잘 대처하는 능력이 있으며, 부식을 유발하는 황산의 생성을 시작한다.

본 반응까지는 $S_2O_3^-$ 의 생성회로가 주요 반응이 되며, 미생물의 총 활성도는 황화물의 농도 또는 미량원소의 활용도에 따라 제한을 받는다. 따라서 pH가 저하함에 따라 미생물 작용에 의한 $S_2O_3^-$ 의 S^0 으로의 전환되는 속도가 매우 빠르게 되며 생물학적인 전환도 발생하는데, 이때 콘크리트 벽체에 부착된 황을 이용하게 되며, 이 후로 황의 산화과정이 점차 중요시 된다.

pH가 3에 도달하면 T.thiooxidans가 급성장하며, 황의 생성이 활발하고, T.thiooxidans는 이를 신속히 황산이온으로 산화시킨다. 그후 pH가 1에 도달하면 pH가 T.thiooxidans에 방해물질로 작용하므로 황산 생성이 최대로 일어나는 시점은 T.thiooxidans가 우점종일 때라고 할 수 있다.

2.5 콘크리트의 부식 반응(제 3단계) 이론

콘크리트 관의 부식 반응은 생성된 황산(H_2SO_4)에 의하여 진행된다. 일반적인 콘크리트 관은 화강암 골재와 알칼리성분의 시멘트 수화물로 구성되어 있다. 화강암의 골재는 산과의 반응에서 불활성이기 때문에 황산과 반응하지 않는다. 그러나 시멘트 수화물은 황산과 활발하게 반응하여 석고와 같은 불활성 물질을 생성하게 된다. 이러한 반응에 의하여 골재는 관으로부터 박리되고, 골재가 떨어진 부분은 또다른 시멘트 수화물이 산에 노출되어 부식이 지속적으로 진행된다.

2.5.1 콘크리트의 Alkalinity와 pH

콘크리트는 무기응결물(시멘트 수화물)과 골재로 구성되어 있으며 미소한 공극이 있다. 따라서 알칼리로 구성된 수화물이 물과 접촉시 용해하여 높은 pH(10 ~ 11)를 나타낸다. 따라서

강산의 경우 우선적으로 소석회나 생석회와 반응하여 콘크리트의 강도를 형성하는 물질을 파괴시킨다.

한편 석회질의 골재를 콘크리트에 사용하면 시멘트뿐만 아니라 골재까지도 산과 반응하기 때문에 부식률이 화강암 골재를 사용하는 경우에 비하여 낮아진다. 석면 시멘트 관의 부식률은 석회질 골재를 사용한 콘크리트 관의 2배, 화강암 골재를 사용한 콘크리트 관의 3배 정도인 것으로 나타나고 있다.

2.5.2 콘크리트의 공극률

콘크리트 표면에서의 미생물 반응은 3차원적으로 작용하는데, 미생물은 부식층 전체에 침투하여 공극의 전체 부피에 분배된다. 또한 황화수소가 표면의 응축수에 용해되어 액상 또는 기상의 공극으로 확산된다. 따라서 미생물에 의한 산화는 황화수소가 침투된 부분에서 발생하며, 생성된 황산은 내부로 확산되어 알칼리를 중화시켜 실제 콘크리트 표면을 삭감시킨다.

생 콘크리트의 경우 공극률이 적으나 매우 적은 양의 공극을 통하여 미생물의 침투가 이루어지므로 침투깊이가 깊어질 수 있다. 따라서 콘크리트 내부의 작은 공극에 존재하는 겔(gel) 층으로 용존물질이 확산되므로 화학물질의 콘크리트 내부로의 확산속도가 증가한다. 이후 시간에 따라 콘크리트의 공극률은 증가하고, Ca(OH)₂가 산에 의하여 침식되므로 공극이 확대되며, 미생물이 콘크리트에 침투하여 부식을 서서히 증가시킨다.

2.5.3 부식 산물

산에 의한 부식 산물은 모래 또는 미반응 시멘트, 시멘트로부터 용출된 이온들과 응결한 다양한 황화물질로 구성되어 있다. 이 물질 중 대표적인 것은 CaCO₃, CaO, Ca(OH)₂로부터 생성된 CaSO₄인데, 이 물질은 구조적으로 매우 약하므로 수화물로부터 쉽게 이탈시킬 수 있다. 또한 이 물질은 수분을 포집할 수 있어 부식층 하부의 미생물이 전조기간 동안에 발생할 수 있는 수분 저하현상을 방지하여 부식을 증대시키는 요인으로 작용한다. 반면 이층은 화학성분이 콘크리트로 전달되는 것과 표면에 노출시키는 것을 지연시키는 작용을 하기도 한다.

하수도시설에서 대표적으로 관찰되는 황산에 의한 콘크리트

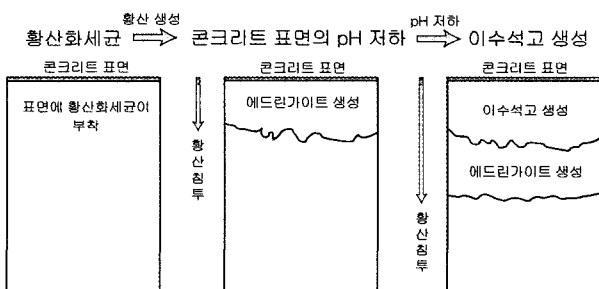


그림 4. 황산에 의한 콘크리트 하수관의 부식 진행 개념도

부식의 개념도를 <그림 4>에 나타냈다. 콘크리트의 부식이 상당히 진행되어 표면의 pH가 1 정도로 저하된 장소에서는 콘크리트 표면에 페티상의 이수석고가 관찰된다. 황화수소 산화미생물의 작용에 의하여 표면으로부터 황산이 계속적으로 공급될 경우, 표면의 이수석고층과 더불어 그 내부의 에트리נג가이트 층은 보다 심부로 이동한다.

이상과 같이 하수도 시설에서 발생하는 황화수소 산화미생물의 증식에 따른 콘크리트의 부식은 최종적으로 황산의 생성과 이의 콘크리트 내면으로의 침식에 의하여 발생한다.

하수도 시설에서 황산에 의해 부식되고 있는 콘크리트 구조물의 깊이 방향으로의 황산이온의 침입(확산)과 pH, 생성물의 분포 등의 관계를 모델화하여 <그림 5>에 나타냈다.

3. 우리나라 콘크리트 하수관의 부식 특성 및 현황

3.1 우리나라의 하수관거의 부식 현황

3.1.1 오수관 매설 현황

우리나라 전체에 대한 하수관거 부설현황을 구체적으로 파악하는 데는 한계가 있다. 본고에서는 한국토지공사에서 건설한 각종 단지에 부설한 오수관의 매설 현황을 <그림 6>(년도별 오수관종 매설 현황)에 나타내었다. 2000년도 이전에는 흙관을 오수관으로 사용하였으며, 전체 관종의 약 70%를 콘크리트관이 차지하는 것으로 나타나 있다.

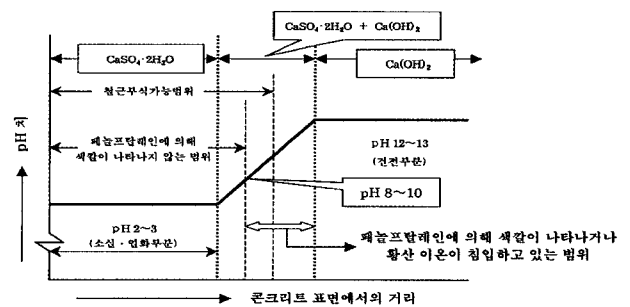


그림 5. 콘크리트 하수관거의 부식 심도별 pH 및 화학성분

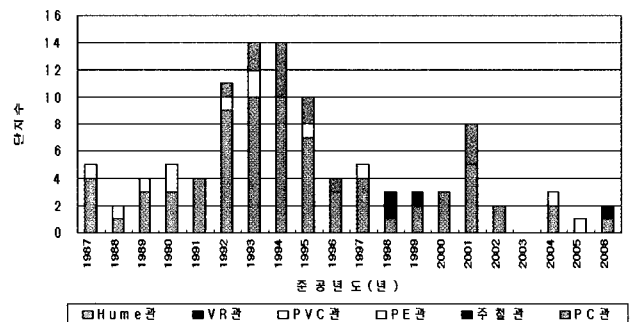


그림 6. 년도별 오수관종 매설 현황(2003년 8월 기준)

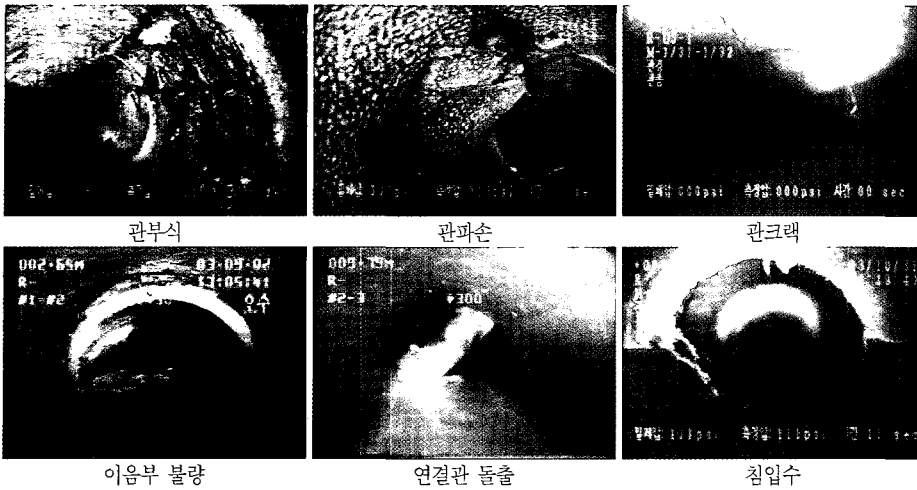


그림 7. 흠관의 대표적인 이상 내역

3.1.2 CCTV 조사 결과 및 분석

CCTV 조사시 나타나는 흠관의 대표적인 이상 상태를 (그림 7)에 나타내었다. 조사 결과 전체 2,746m에서 278개소의 이상 내역이 발견되었다. 이는 평균 9.8m 당 한 지점의 이상내역 및 노후화가 진행된 것으로 분석되었다(그림 8 참조). 전체적으로 매설 년도에 관계없이 이상부위 및 노후화 의심 지점이

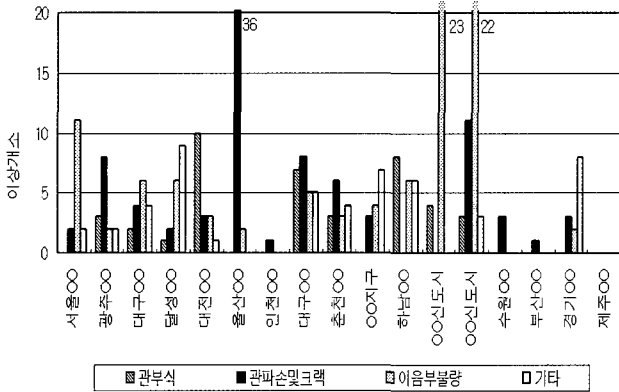


그림 8. 각 지구별 이상 내역에 따른 흠관 CCTV 조사 결과

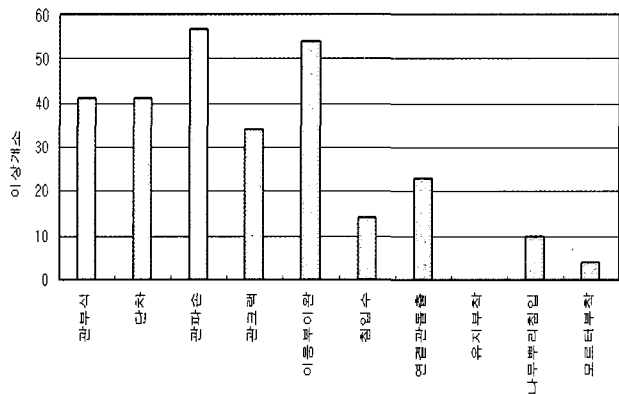


그림 9. 이상 내역별 흠관 CCTV 조사 결과

많은 것으로 나타났다. 흠관의 특성상 관부식, 단차, 관파손, 이음부 이완, 연결관 돌출 등의 문제점이 많은 것으로 조사되었다(그림 9 참조). 또한 관부식에 의한 문제점이 심각한 것으로 나타났다. 따라서 흠관은 오수관으로 사용시 관 내면의 내식성을 보장하는 방안을 강구하여야 한다고 판단된다.

3.1.3 오수관 열화도 조사

CCTV 조사에 의하여 오수관의 현재 상태를 정확히 진단하는 것이 곤란하다. 콘크리트 오수관의 열화도를 조

사하여 오수관의 상태 및 잔존 내용연수를 진단 방법으로 페놀프탈레인 지시약을 이용한 중성화의 깊이를 측정하였다. (그림 10)과 같이 맨홀에 진입하여 콘크리트 층을 일부 천공하고, 그 단면에 페놀프탈레인 용액을 분무한 후에, 콘크리트 표면에서 적색으로 착색된 지점까지의 평균 거리를 측정하였다.

열화도 조사 결과를 <표 1>에 나타내었다. 주택단지의 경우 경과년도에 따른 부식 깊이의 상관관계식은 $Y=0.6795X$ ($R^2=0.8879$)로 나타났다(그림 11 참조). 주택단지의 경우에



그림 10. 열화도 조사 방법

표 1. 각 단지별 열화도 조사 결과

No.	지구명	용도	경과 년도	부식깊이(mm)									
				Point 1			Point 2			Point 3			평균
				상	중	하	상	중	하	상	중	하	
1	대구○○지구		17	14	10	11	15	12	12	13	10	8	11.7
2	광주○○지구		17	6	8	5	15	15	20	-	-	-	11.5
3	대전○○지구		15	22	18	18	5	2	2	6	5	3	9.0
4	춘천○○지구	주택	11	10	9	8	5	5	4	-	-	-	6.8
5	대구○○지구	단지	11	10	9	7	9	9	9	8	4	4	7.7
6	하남○○지구		10	8	7	7	9	9	6	-	-	-	7.7
7	○○신도시		8	4	-	-	9	-	-	6	-	-	6.3
8	양산○○지구		5	5	7	3	4	3	3	4	6	6	4.6
9	달성○○지구		17	17	18	15	20	20	18	6	5	5	13.8
10	울산○○지구	산업	13	13	14	20	14	13	11	15	15	10	13.9
11	인천○○지구	단지	12	15	15	20	-	-	-	15	13	10	14.7
12	부산○○지구		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

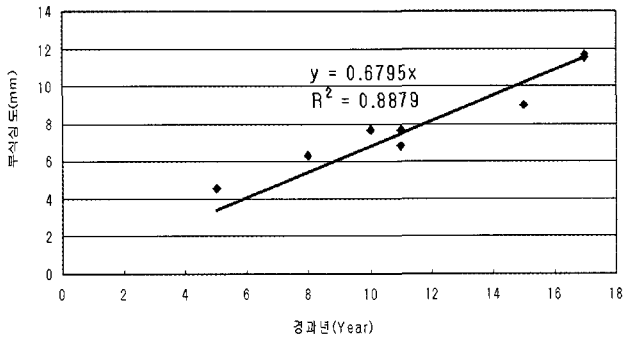


그림 11. 관 매설 경과 년에 따른 부식깊이 변화

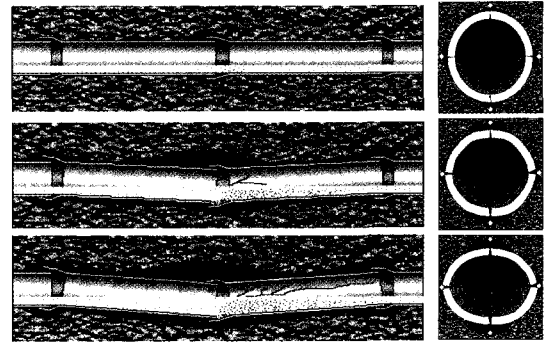


그림 12. 하수관거의 변형 및 파괴 특성

는 경과 년에 따라 부식 진행 정도가 대체적으로 일정하였다. 콘크리트 맨홀 벽체와 흡관의 부식속도가 같다고 가정할 때, 평균 부식속도는 0.7 mm/년 정도로 추정할 수 있다.

3.2 국내 하수관거의 부식 원인 및 특성 고찰

3.2.1 하수도 시스템과 부식 특성

우리나라의 하수관거는 오수 발생원에 분뇨정화조(단독 정화조)가 설치되어 있으며, 합류식 지역의 경우 분뇨정화조의 설치율을 의무화하고 있다. 현행 하수도시스템에서는 하수 발생원에 혐기성 프로세스인 오수정화시설 및 분뇨정화조를 운영하고 있는데, 이는 악취 및 부식유발 물질인 황화수소를 대량으로 생성하는 결과를 초래한다.

따라서 합류식 하수관거 시스템의 경우, 하수의 유하 과정에서는 황화수소의 발생량이 적으며, 오히려 분뇨정화조에서 생성된 황화수소의 방출에 의한 부식이 진행되는 것으로 사료된다.

특히 각 가정에서 배출되는 관거와 접속되는 지선관거는 대형의 간선관거에 비하여 관 두께가 얇아 부식에 상대적으로 취약하다. 따라서 지선관거는 간선 및 차집관거보다 관연장이 5 ~ 10배 길기 때문에 부식발생으로 인한 피해연장이 상대적으로 길어 부식에 의한 피해가 가중될 것으로 판단된다.

3.2.2 부식이 대량으로 발생하는 장소

자연유하의 경우 재포기에 의하여 다소 용존 산소가 존재하므로 황화수소의 발생억제가 가능하다. 그러나 압력관의 경우 외부로부터의 산소 주입 차단 효과가 발생하여 혐기성 반응기의 역할을 하므로 황화수소발생 조건이 양호하게 된다. 따라서 부식은 압력관 후단부의 황화수소가 다량 방출하는 지점의 관정에서 발생한다. 또한 펌프장에 설치되는 침사지와 스크린 등에서도 다소간의 황화수소 발생이 불가피하다. 그러나 상류로부터 발생하여 하수 내에 포함된 황화수소가 펌프에 유입시 임펠러에 의한 난류 및 와류에 의하여 다량 발산될 수 있다.

한편 황화수소의 발생 기질인 유기물을 비롯하여 H₂S, SO₄의 농도가 높은 폐수 및 고온의 폐수는 다량의 부식 요인이 될 수 있다. 피혁, 정류, 유가공, 제지, 도축장 등의 폐수가 이에

해당한다. 또한 pH가 낮은 폐수의 경우도 황화수소의 용존양을 증가시켜 발산을 촉진시킨다.

3.2.3 불량시공 및 유지관리로 인한 부식 특성

지금까지 부설된 우리나라의 하수관거는 콘크리트 관거가 대부분이다. 콘크리트 관거의 경우 설계 및 시공시 기초를 제외하였으며, 수밀접합을 하지 않았다. 따라서 우리나라의 하수관거는 <그림 12>와 같이 변형과 파괴가 매우 급속히 진행되고 있다. 관거의 중단변형은 황화수소를 생성하는 퇴적현황을 유발한다. 또한 이로 인한 관거의 크랙 및 파괴는 생성된 황산의 내부 침투를 용이하게 하여 부식을 가속시킨다.

4. 결 언

우리나라는 1980년대 초반부터 오수처리 목적이 가미된 하수도, 현대화사업을 진행하여 왔다. 그러나 국내의 하수관거는 여러 가지 면에서 문제가 발생하여 하수도 사업의 본래 목적을 달성하지 못하고 있는 실정이다. 미국 등 선진외국의 경우 하수관거 부식에 대한 예측 및 방지 등에 대한 연구는 물론 관련 지침이 발간되어 시행되고 있다. 우리나라의 경우 하수관거 시스템상 오수발생원에 분뇨정화조 등과 같은 부식에 더 취약한 여건을 가지고 있다. 따라서 외국의 부식방지 기술을 그대로 활용하는 데는 한계가 있을 것으로 사료된다.

지금 수행하고 있는 BTL사업 등과 같은 하수관거 정비 정책은 우리나라에 적합한 부식방지 기술을 연구 개발하여 적용하여야 할 것으로 판단된다. □

참고문헌

1. 송호면, "콘크리트 하수관거의 생·화학적 부식 특성에 관한 연구", 박사학위논문, 2000. 2.
2. 한국토지공사, "오수관거 자재의 적정성 검토 연구", 한국토지공사, 2004. 12.
3. "Sulfide in Wastewater Collection and Treatment System", ASCE, 1989.
4. 下水管渠施設 腐蝕對策の 案内書(案), (社)日本下水道 協會, 2002. 4.