

강릉시 콘크리트 하수관거의 내구성 평가

Estimation on Durability of Concrete Sewage in Kangnung City

최 성 하* 최 윤 석* 김 강 래* 김 명 유* 양 은 익**
Choi, Sung Ha Choi, Yoon Suk Kim, Kang Rea Kim, Myung Yu Yang, Eun Ik

ABSTRACT

Most of sewage in our country has been made by concrete, and currently they shows gradual deterioration. One of serious problems happened in the sewage is a corrosion of sewage itself. Namely, biochemical corrosion is the most important one. Deterioration phenomenon in concrete used in sewage is occurred by environment condition of sewage, such as erosion by the acid, erosion by sulfate, corrosion by carbonation and so on several factors. However, at present, investigation data on durability of Kangnung city sewage is not sufficient. In addition, the prediction of repair time and selection of rehabilitation method is also not easy. Accordingly, in this research, investigation on durability of sewages located in Kangnung city was carried out. It will also supply the basic data for repair and rehabilitation.

1. 서론

우리나라 하수관거의 대부분은 콘크리트로 제조되었으며 현재는 많이 노후화되어있고, 하수처리장의 유지관리 과정에서 하수도 시스템상의 문제들이 나타남에 따라 하수관거에 대한 관심이 점점 부각되고 있다. 하수관거에서 발생하는 중요한 문제 중의 하나가 부식인데, 이러한 하수관거의 부식은 생화학적 부식이 주를 이룬다. 하수관 재질로 사용되는 콘크리트의 열화 현상은 하수관거가 처해있는 환경 조건(즉, 산에 의한 침식, 황산염에 의한 침식, 탄산화에 의한 부식 등)에 의해 발생된다. 그러나, 현재 까지도 본 연구의 조사 지역인 강릉시에서는 하수관거의 내구성에 대한 조사 데이터가 전무한 실정이며, 이에 따라 보수보강의 적절한 시기 또한 예측하지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 이 논문에서는 현재 강릉 지역에 소재한 하수관거의 내구성능에 대한 평가를 통하여 이 관거의 내구 상태를 파악함으로써 보수 보강에 대한 기초자료를 제시하는데 그 목적을 두었다. 이를 위하여 하수관거에 대한 현장 조사가 이루어졌으며, 조사된 위치로부터 보강철근의 부식 가능성, 염화물 농도, 강도 및 탄성계수, 균열유무, 박리 유무 등을 조사하였다.

2. 콘크리트 하수관거의 열화 및 생화학적 부식반응 이론

2.1 콘크리트 하수관거의 열화현상과 부식에 영향을 미치는 인자

하수관거의 대표적인 열화현상으로 세 가지를 들 수 있는데, 먼저 생화학적 부식은 하수내에 포함된 황

* 정희원, 강릉대학교 토목공학과 대학원생

** 정희원, 강릉대학교 토목공학과 부교수

화물과 유기물을 이용하여 증식하는 미생물의 산화·환원작용에 의하여 생성된 황산에 의해 발생한다. 두 번째, 강산이나 강알카리를 함유한 폐수의 유입으로 인한 직접적인 화학적 부식에 의해 하수관거가 열화를 받기도 한다. 마지막으로 하수관거 부설지점의 내·외부에 존재하는 탄산가스에 의한 콘크리트 자체의 탄산화에 의해 부식이 발생하는 경우도 존재한다.

콘크리트를 화학적으로 침식하는 물질은 부식의 메커니즘을 살펴볼 때, 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 콘크리트중의 시멘트 수화물과 화학반응을 일으켜 본래 물에는 녹기 어려운 시멘트 수화물을 가용성의 물질로 바꿈으로써 콘크리트를 열화시키는 것이며 대부분의 산, 일부의 동식물유, 일부의 무기염류와 황화수소나 아황산가스등의 부식성 가스 등이 이에 해당한다. 또 다른 하나는 황산염과 같이 콘크리트중의 시멘트수화물과 반응하여 새로운 화합물을 만들 때 팽창을 수반하는 것으로서, 팽창압에 의해 콘크리트를 약화시킨다. 경우에 따라서는 이 두 가지 현상을 동시에 유발시키는 물질도 있으며 콘크리트를 화학적으로 침식하는 물질의 종류는 다양하다. 침식의 속도나 정도는 침식되는 물질의 종류 외에, 농도, 온도, 건습반복의 유무, 마모나 충격의 유무, 침식액의 흐름의 유무, 콘크리트의 품질 등에 의해서도 변화한다.

2.2 생화학적 부식반응 이론

콘크리트 하수관거 내의 부식 중 가장 흔히 발생하는 생·화학적 부식은 주로 음식물과 분뇨 및 세제 등에 포함된 황화합물들의 생물학적 작용에 의한 변화에 기초하고 있다. 즉, 관을 부식시키는 황산(H₂SO₄)은 하수중에서 생성된 황화수소((H₂S)가스에 의하여 만들어지고, 이때 이용되는 황화수소는 하수 내의 황산이온으로부터 변화된다고 할 수 있다. 하수관의 경우 유속, 구배, 퇴적물량, 부실공사, 흐름상태, 구경, 및 과부하 등의 여러 가지 원인에 의하여 황화수소 발생과 관련된 인자가 상이하다.

3. 강릉 지역 하수 현황 및 하수관거의 내구성 조사 결과 및 분석

3.1 하수관거 현황 및 하수 인구 현황

Table 1 강릉시 하수관거 현황

연별	합 계			합류식관거			분류식관거		
	계획 연장 (km)	시설 연장 (km)	보급 률 (%)	계획 연장 (km)	시설 연장 (km)	보급 률 (%)	계획 연장 (km)	시설 연장 (km)	보급 률 (%)
1996	668	315	47.2	-	291	-	668	24	3.6
1997	668	351	52.7	-	327	-	668	24	3.6
1998	668	360	53.9	-	336	-	668	24	3.6
1999	668	364	54.5	-	340	-	668	24	3.6
2000	668	374	56		347		668	27	4
2001	668	419	62.7		353		668	66	9.9

Table 2 하수인구 현황

연별	총인구	합계	하수처리인구			관거 접속 인구	보급률(%)	
			물리적 처리 [1]	생물학적 처리 [2]	고도 처리 [3]		하수 처리	관거 접속
1996	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	226,014	187,000	-	187,000	-	189,500	82.74	83.84
1998	229,876	187,000	-	187,000	-	189,500	81.34	82.43
1999	232,575	168,618	-	168,618	-	167,908	72.50	72.20
2000	233,812	169,075		169,075		169,075	72.53	72.53
2001	233,812	169,936		169,936		169,936	73.00	73.00

3.2 조사 위치 및 조사 항목

남대천변에 존재하는 K교 아래, W교 아래, 및 P교 아래에 위치한 하수암거 3곳을 선정 조사하였다.

Table 3 하수관거 조사항목

분류	외관 조사	내부 분석 조사
조사 항목	부식균열, 녹의 침출여부 콘크리트 박리조사	압축강도, 탄성계수, 염화물 함유량, 탄산화 깊이, 자연전위

3.3 외관 조사 결과

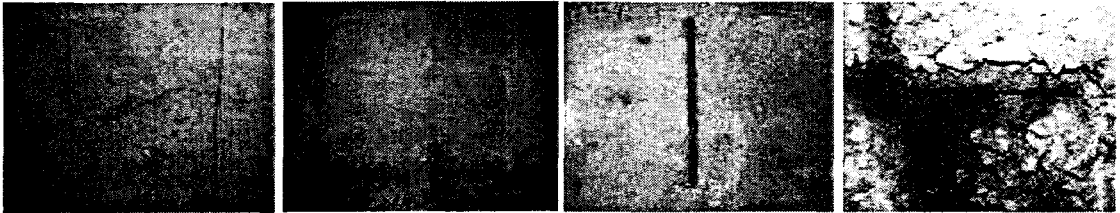


Fig. 1 부식균열

Fig. 2 박리현상

Fig. 3 철근노출

Fig. 4 철근단면손실

3.4 하수암거의 역학적 특성

콘크리트 흙관의 경우, 시방서에서 규정하는 콘크리트 설계강도가 30 MPa인 점을 생각할 때 대략 35~50% 정도의 강도 감소가 발생하였다. 특히, P교 하부에 위치한 하수암거의 탄성계수가 적게 나타났으며, 이는 강도 결과와도 일치한다. 외관 조사 시에도 이러한 문제점이 발견되었는데, 접합부의 철근노출과 균열의 존재가 관찰되었다. 이는 시공시 콘크리트 품질의 저하로 인한 것으로 판단된다.

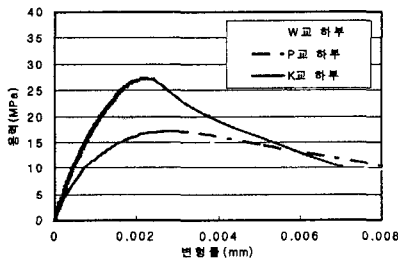


Fig. 5 하수 암거의 압축강도

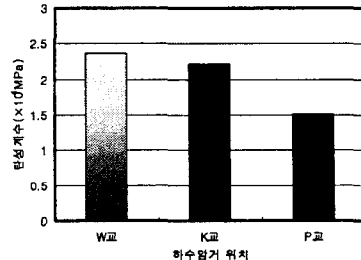


Fig. b 하수 암거의 탄성계수

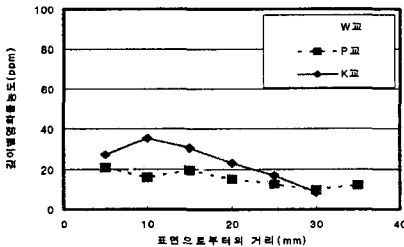


Fig. 7 하수 암거의 깊이별 염화물당

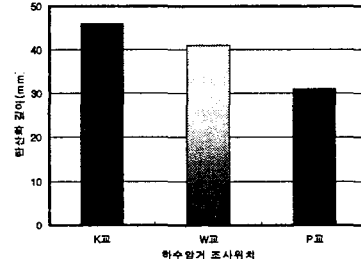


Fig. 8 하수 암거의 탄산화 깊이

3.5 하수 암거의 염화물 침투 및 탄산화

표면 염화물량 값이 대략적으로 일반적인 유입하수의 농도($0.46 \sim 0.58 \text{kg/m}^3$)값과 일치하였으며, 깊이 35mm에서는 약 0.12kg/m^3 의 염화물량 값을 보였다. 이러한 결과로부터 조사된 하수암거의 염화물에 의한 부식가능성이 희박한 것으로 판단된다. 그러나 구조물에 균열이 발생할 경우 그 균열이 염화물과 탄산가스의 통로가 되어 빠른 침투가 예상되므로 부식에 대한 피해가 심각할 것이다. Fig. 8로부터는 조사된 하수 암거는 일반적인 구조물에서 발생하는 탄산화 깊이보다 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 일반 구조물보다 하수관거의 구조물이 노출되는 탄산가스 농도가 높기 때문이다. 그러나 일반적인 밀폐지역 하수관거보다 탄산화 깊이가 적게 나타난 이유는 조사지역 모두 공기의 유입이 자유로운 배출구 지역에 위치하기 때문에 상대적으로 밀폐된 공간보다 탄산가스 농도가 낮고, 온도 또한 낮기 때문으로 판단된다.

3.6 하수 암거의 부식 가능성 조사

현재 P교 일부에서만 부식발생 가능성이 나타났으며, 대부분 구조물의 경우 $-200\text{mV} \sim -350\text{mV}$ 사이에서 자연전위 값이 측정되었다. 또한, K교와 W교에 위치한 하수암거 모두 바닥에 인접한 부분에서 자연전위 값이 낮게 측정되었는데, 이는 바닥 부근의 부식 가능성이 높음을 시사한다. 부식 가능성을 생각해볼 때, 현재는 부식이 진행 중인 단계에 있으며 최근 몇 년 사이에 급격한 부식이 발생할 것으로 판단된다.

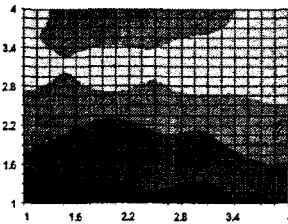


Fig. 9 K교 하수 암거의 자연전위

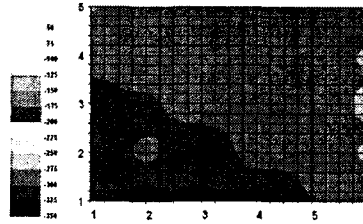


Fig. 10 W교 하수 암거의 자연전위

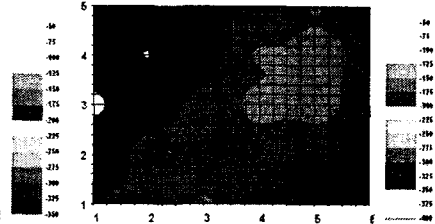


Fig. 11 P교 하수 암거의 자연전위

4. 결론

본 연구의 범위에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 조사된 하수암거에 있어 외관조사 결과 부식에 의한 균열이나 콘크리트의 탈락과 박리가 심하게 관찰되었고, 시방서에서 규정하는 콘크리트 설계강도가 30 MPa인 점을 생각할 때 대략 35~50% 정도의 강도 감소가 발생한 것으로 파악되었으며, 이러한 결과는 산 및 부식성가스에 의한 콘크리트의 열화때문인 것으로 판단된다.
- 2) 깊이별 염화물량과 탄산화 깊이 조사 결과에 따르면, 염화물량 값이 우려할만한 수준의 값을 나타내지는 않았으나, 탄산화는 약 40mm정도 깊이까지 진행되었다. 아울러 조사된 구조물에 있어 균열이 관찰됨으로 탄산화 및 염해에 의한 복합열화로 인해 부식 가능성이 높다.
- 3) 세 곳에 대한 부식가능성을 살펴보면, 하수암거의 바닥인근 부위에서 부식가능성이 높은 것으로 나타났다. 또한, 현재 측정된 자연전위의 값이 $-200 \sim -350\text{mV}$ 으로 불확실한 값을 나타내나 부식 초기의 진행 기간을 겪고 있는 것으로 판단되며, 최근 몇 년 사이에 급격한 부식이 발생할 것으로 판단된다.
- 4) 조사된 하수암거의 경우, 밀폐된 공간이기보다는 배출구역임에도 불구하고 이미 부식이 진행되었거나 진행중인 것으로 나타났다. 그러므로 강릉 지역의 조사되지 않은 밀폐된 공간에 위치하는 하수관거의 부식은 더 심각할 것으로 유추된다.
- 5) 본 연구 결과로부터 하수관거에 대한 종합적인 대책 수립 및 보다 정밀한 진단 조사가 수행되어야 함을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지원에 의한 목적기초연구(R05-2002-000622-0)의 일환으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 한국건설기술연구원, 수관거부식에 관한 연구(중간보고서), 1993.
- 2) 高橋 正安, 하수의 혐기성 처리시 발생하는 수중 황화물의 제어, 용수와 폐수 Vol.31, No.4, 1989.
- 3) 森 忠洋 외 1인, 콘크리트 미생물 부식의 진단방법, 용수와 폐수 Vol.33, No.12, 1991.