

화학적 침식을 받은 하수처리시설 콘크리트 구조물의 성능저하에 대한 미세구조적 관찰

Microstructural Observations on the deterioration of Concrete Structure for Wastewater Treatment Facilities Subjected to Chemical Attack

김성수* 이승태** 박광필*** 봉원용****
Kim, Seoung Soo Lee, Seung Tae Park, Kwang Pil Bong, Won Yong

ABSTRACT

Recently, there has been a intensive social interest for concrete structures with respect to durability by carbonation, chemical attack etc. Specially, the deterioration of concrete due to chemical attack in environments such as Wastewater Treatment Facilities is important factors degrading the durability of concrete structure. The purpose of this paper is to evaluate on deterioration of Wastewater Treatment Facilities concrete to chemical attack through instrumental analysis such as XRD, SEM and EDS.

According to the results of this study, Wastewater Treatment Facilities concrete to chemical attack due to SO_4^{2-} , Mg^{2+} ions founded out to appear deterioration materials peak : ettringite/thaumasite, gypsum and brucite peak.

1. 서론

최근 들어 콘크리트의 중성화 및 화학적 침식에 따른 철근의 부식 등의 영향으로 콘크리트 구조물의 성능 저하에 따른 내구성 저하가 사회적 문제로 대두되면서 콘크리트 구조물의 내구성 향상 및 개선과 관련되는 많은 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 특히, 화학공장 또는 오·폐수 처리 및 하수도 등에 건설되는 콘크리트 구조물이 화학적 침식에 의하여 성능이 크게 저하되어 중대한 문제점이 종종 발생한다고 알려져 있다.

국내 하수처리 시설물의 대부분은 각종 유해 이온의 화학적 침식으로 인해 열화가 진행 중이며 이로 인한 구조물의 급속한 열화가 진행되고 있는 실정이다. 따라서 화학적 침식에 따른 열화의 원인을 정확히 파악하고 나아가 이에 대한 적절한 내구성 대책을 마련한다면 하수처리 시설물의 수명 및 안전성 확보에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구에서는 하수처리시설 콘크리트 구조물에서 실제로 화학적 침식에 노출된 구조물 벽체 표면에서 시료를 채취하여 하수처리 시설물의 화학적 침식에 대한 열화정도를 평가하고 그 원인을 기기분석을 통하여 분석함으로써 추후 하수처리 시설 콘크리트 구조물의 내구성대책 수립에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

* 정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

** 정회원, University of Toronto, Dept. of Civil Eng., Senior Researcher

*** 정회원, 대전대학교 토목공학과 석사

**** 정회원, 대전대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험 개요 및 방법

2.1 실험개요

조사 대상 콘크리트의 품질상태 및 내구성능 등을 평가하기 위하여 현장에서 구조물별 콘크리트 시료를 채취하여 Surface(0~2cm) 및 Inner(2~4cm)를 X-ray Diffraction(XRD), Scanning Electron Microscope(SEM) 및 Energy Dispersive X-ray Spectrometer(EDS)등과 같은 기기분석을 통하여 알아보았다.

2.2 콘크리트 시편 채취

그림 1 및 2와 같이 $\Phi 50\text{mm}$ 코어를 이용하여 콘크리트 구조물의 각 부분으로부터 코어시편을 채취하였다.

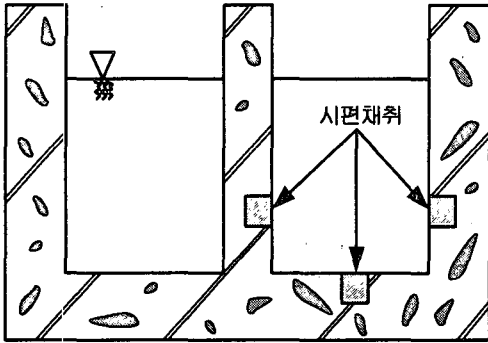


그림 1 시편 채취 부위

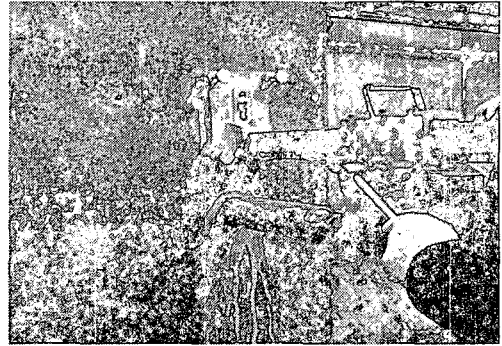


그림 2 현장시료 채취

2.3 실험방법

2.3.1 압축강도

조사대상 콘크리트구조물에서 채취한 $\Phi 50 \times 100\text{mm}$ 코어 시편을 KS F 2405에 의하여 압축강도를 측정하였다.

2.3.2 기기분석

분말법을 이용하여 채취한 시료를 대상으로 RINT D/max2500(Rigaku)을 이용하여 X선 회절분석을 실시하였으며, 측정조건은 CuKa(Ni Filter) : 30kV, 20mA, Scanning Speed: 6°/min, Full scale : 700cps, 2θ : 5~40°로 하였다. 또한 채취한 콘크리트 시료를 XL30 ESEM(Philips)를 이용하여 적절한 배율로 확대촬영을 실시(SEM)하였으며 반응생성물을 에너지 분산형 분석 장치(EDS)를 사용하여 확인하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도

그림 3은 하수처리구조물의 1차침전지 바닥 코팅부(Core A), 1차침전지 벽면(Core B) 및 포기조 벽면(Core C)의 압축강도를 측정한 후 설계기준강도에 대한 비로써 나타낸 결과이다. 오·폐수에 접해 있는 Core B 와 Core C는 각각 설계기준강도의 79%와 65%정도의 강도비가 나타난 반면, Core A의 압축강도는 설계기준강도를 약간 초과하는 값을 나타내었다. 다시 말해서 Core B 및 C의 경우, 오·폐수에 함유되어 있는 유해이온들이 침투로 인한 강도감소가 나타난 것으로 사료되며 Core A는 콘크리트 표면의 코팅재료의 영향으로 인하여 유해물질의 침투가 상대적으로 억제되어 압축강도 감소가 발생하지 않았음을 확인할 수 있었다.

3.2 XRD

화학적 침식으로 인한 강도저하가 발생한 Core B 및 C에 대한 XRD 분석결과를 나타낸 것이 각각 그림 4 및 그림 5이다. 그림 4는 Core B의 표면으로부터 0~2cm(Surface) 및 2~4cm(Inner)의 깊이에서 채취한 분말샘플의 XRD 분석결과를 나타낸 것이다. Inner 부분에 대한 XRD 분석결과 portlandite, calcite, quartz 및 소량의 ettringite 피크가 검출되므로써, 유해이온의 침투에 의한 반응생성물은 관찰되지 않음을 알 수 있었다. 그러나, Surface 부분에서는 portlandite 피크가 Inner 부분의 XRD 결과와 비교하여 크게 감소하였을 뿐만 아니라 ettringite/thaumasite, gypsum 및 brucite의 피크가 나타나므로써 SO_4^{2-} 및 Mg^{2+} 이온의 침투 및 반응에 의한 성능저하가 발생하였음을 유추할 수 있었다.

한편, 그림 5는 Core C 시편의 Surface부분에 대한 XRD 분석결과를 나타낸 것으로써, Core B Surface 부분의 XRD와 매우 유사한 결과가 나타남을 확인할 수 있었다.

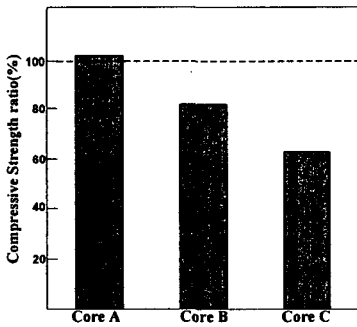


그림 5 하수처리 콘크리트 구조물 압축강도

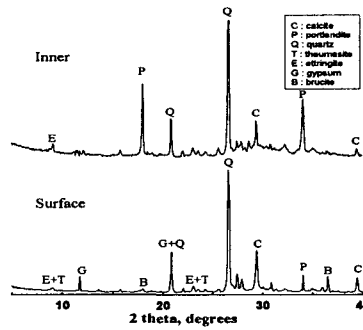


그림 4 core B XRD 분석결과

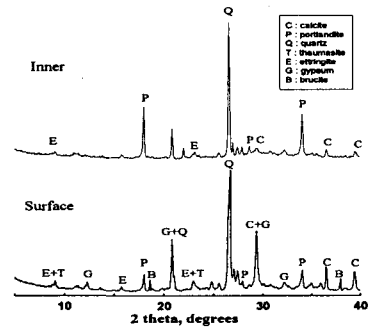


그림 5 core C XRD 분석결과

3.3 SEM 및 EDS

Core B 시편의 Inner 및 Surface 부분에 대한 SEM 촬영결과를 나타낸 것이 각각 그림 6 및 7이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 시편의 내측부분은 콘크리트의 수화반응에 의한 생성물이 지배적으로 관찰되므로써, 비교적 건전한 조직구조임을 알 수 있었다. 이에 반하여 Surface 부분에서는 시멘트 페이스트 중 침상의 물질로 채워진 air void를 관찰할 수 있었으며, 이 침상물질에 대한 EDS 분석결과 ettringite의 생성을 확인할 수 있었다.

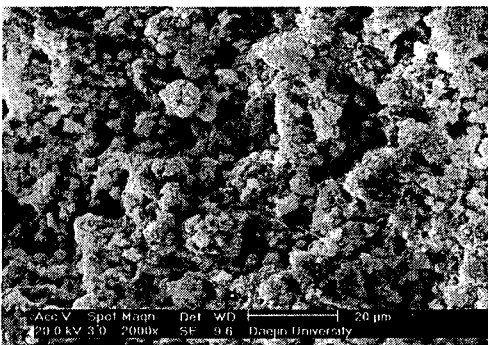


그림 6 Core B의 Inner 부분에 대한 SEM 사진

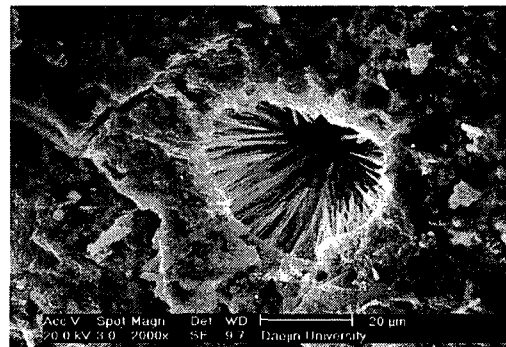


그림 7 Core B의 Surface 부분에 대한 SEM 사진

그림 8는 Core C 시편의 Surface 부분에 대한 SEM 촬영결과를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 콘크리트 시편의 표면부는 침상의 물질이 다량으로 생성되었음을 확인할 수 있었다. EDS 분석 결과를 나타낸 것이 그림 9로써 calcium, sulfur, silicon 및 oxide의 원소피크가 검출됨에 따라 thaumasite의 생성을 확인할 수 있었다.

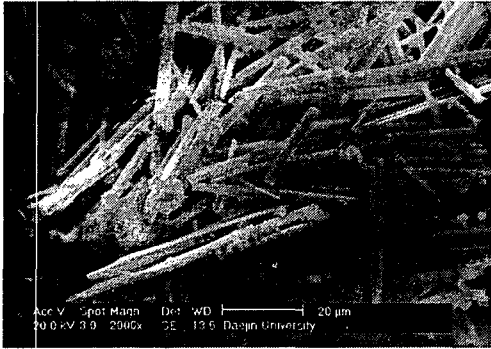


그림 10 Core C 표면부분에 대한 SEM 사진

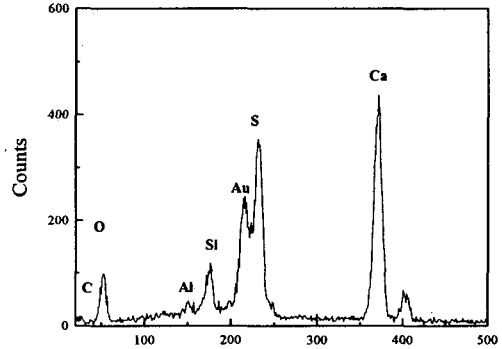


그림 11 침상물질에 대한 EDS 분석결과

4. 결론

- (1) 1차 침전지 및 포기조 벽면의 콘크리트 압축강도는 설계기준 강도에 못 미치는 결과를 나타내었으며, 강도저하 원인을 XRD로 분석한 결과 표면에서는 하수처리장에 유입되는 폐수에서 나오는 SO_4^{2-} 과 Mg^{2+} 이온 등의 영향으로 thaumasite, gypsum, brucite같은 열화 물질의 피크가 나타나는 것을 알 수 있었다.
- (2) SEM 및 EDS 분석결과 표면 부분에서는 많은 침상 구조물이 나타나는 것을 볼 수 있었으며, 침상 부분에서는 폐수에서 나오는 SO_4^{2-} 이온이 콘크리트 속으로 침투하여 나타나는 ettringite와 EDS 분석을 통해 나타나는 calcium, sulfur, silicon 및 oxide의 물질로 볼 때 thaumasite로 추정되는 물질임이 생성됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. P. J. Tumidajski, G. W. Chan, K. E. Philipose (1995). "An Effective Diffusivity for Sulfate Transpotation into Concrete" Cement and Concrete Research, Vol.25, No.6. pp.1159-1163
2. 鈴川論一, "硫酸鹽抵抗性", 콘크리트技術者のためのセメント化學雜論, セメント協會, 1985, pp. 21-24.