

해안매립지에 위치한 전력구 콘크리트 구조물의 내구성 조사

Investigation of Durability of Electric Power Concrete Structures Exposed to Reclaimed Marine Land

김 성 수* 박 광 필** 남 바 림*** 유 주 환***
Kim, Seong Soo Park, Kwang Pil Nam, Ba Reum Yoo, Ju Hwan

ABSTRACT

In Marine Land underground reinforced concrete structures, such as electric box power structure, water and chloride ion penetrated into concrete through the cracks of concrete and its permeable property, cause the corrosion of reinforcing steel bar, which accelerates the expansive cracks and deterioration of concrete.

The purpose of this paper is to evaluate on deterioration of durability concrete through instrumental analysis such as schmidt hammer and carbonation, chloride content. Under the reclaimed marine land, the main cause of deterioration of concrete structures is the steel corrosion due to the penetration of chlorides and the deterioration of outer concrete itself by chemical attack.

1. 서론

최근 들어 국토의 효율적 이용을 위하여 해안 매립지와 같은 열악한 환경에 콘크리트 구조물의 건설이 증가하고 있는 실정이다. 이러한 콘크리트 구조물의 내구성저하에 따른 성능저하는 우리나라의 지리적, 환경적 여건으로 염해, 화학적 침식 및 동결융해 등 내구성저하로 구조물의 사용수명이 저하되고, 이러한 콘크리트 구조물의 내구성저하에 따른 성능저하는 보수나 보강 및 유지관리 등에 상당한 비용이 소요될 뿐만 아니라 붕괴사태가 발생할 경우 그 파급효과는 경제적, 기술적 차원을 넘어 국가와 기술자에 대한 불안을 조장할 요인을 제공할 뿐만 아니라 국제사회에서의 경쟁력 약화와 신뢰성 상실로 이어지게 된다.

국가의 산업 발전을 위한 산업단지의 전력 송전 및 배전을 위하여 전력구나 맨홀 등 많은 콘크리트 구조물이 건설되어 있으며, 이러한 콘크리트 구조물이 지하에 건설되고, 심지어는 해안 매립지 등에 건설됨으로 인해 구조물의 내구성이 저하되는 환경에 놓여 있는 것이 사실이다. 또한, 전력의 송전 및 배전을 위한구조물의 경우는 국가의 기반 시설로서 축조 시 막대한 재원이 소요될 뿐만 아니라, 구조물의 성능에 문제가 있어 사용할 수 없을 경우에는 전력의 공급이 원활하지 못하여 국가 경제의 손실은 물론 국민의 생활에 적지 않은 불편을 초래할 가능성이 있다. 콘크리트 구조물어의 성능이 크게 저하되어 손상

* 정회원, 대진대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 대진대학교 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 대진대학교 토목공학과 석사과정

을 입은 후에는 보수 및 보강의 비용이 더욱 많이 소요될 뿐만 아니라 그 대책 공법도 한정적일 수밖에 없기 때문에 정기적인 진단을 통하여 사전에 예방을 하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 현재 사용 중인 3곳의 해안 매립지 전력구 콘크리트 구조물의 내구성 저하 실태를 조사하기 위하여 현장의 육안 조사 및 콘크리트 시료를 채취하여 염화물 함유량, 탄산화 시험을 실시하였으며, 콘크리트 구조물에 성능저하 실태를 분석하여 해안 매립지 콘크리트 구조물의 유지관리와 보수 및 보강을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험 개요 및 방법

2.1 실험개요

조사 대상 콘크리트의 열화상태 및 내구성능 등을 평가하기 위하여 현장에서 구조물의 슈미트 해머에 의한 강도 측정 및 누수 구역, 백화 현상 등을 조사하였으며, 구조물에서 채취한 시료를 이용하여 염화물 함유량 및 탄산화 시험을 실시하였다.

2.2 실험방법

(1) 외관조사 및 슈미트 해머에 의한 강도 추정 : 해안매립지에 위치한 전력구 콘크리트 구조물의 실내 온도와 균열 및 누수, 백화 구역의 외관조사 및 현장에서 평가할 수 있는 슈미트 해머를 이용하여 측정 후 일본재료학회식($F_c = 13R_0 - 184$)으로 콘크리트 압축강도(F_c)를 추정하였으며, 여기서, R_0 =기준강도이다.

(2) 염화물 함유량 및 탄산화 측정 : 현장에서 채취한 콘크리트의 염화물이온량을 측정하기 위하여 AASHTO T260 규정에 따라 실시하였으며, 시험 방법 중 본 연구에서는 선택성 이온 전극을 이용한 전위차 측정법을 사용하였고, 측정실험은 시료를 105℃에서 건조시킨 후 분쇄하여 No. 100 체를 통과시켜 약 3g의 분말시료를 채취하여 수용성 염화물이온을 추출하고 선택성 염화물이온 전극을 이용하여 측정하였다. 또한, 해안 매립지에 위치한 전력구 구조물의 탄산화 진행 정도를 측정하게 위하여 구조물의 현장에서 드릴로 구멍을 뚫어 1%의 페놀프탈레인 용액을 분무 후 버니어 캘리퍼스를 이용하여 적자색으로 변하지 않은 탄산화 진행 부분을 측정하였다

3. 실험결과 및 고찰

3.1 조사대상 구조물의 외관조사 및 슈미트 해머에 의한 강도 추정

전력 공급에 있어 중요 구조물인 지하 전력구는 내부에 많은 전력 케이블로 인하여 매우 복잡하게 되어 있으며, 본 연구대상인 전력구 구조물의 일반적인 사항은 표 1과 같다. 전력의 사용이 많은 산업공단에 위치한 ME, SE전력구의 경우는 내부의 온도가 동절기임에도 불구하고 35℃ 이상으로 매우 높게 측정되었다.

표 1 조사대상 구조물의 개요

	주변환경	길이	공공연도	실내 온도*	비고
ME	해안 매립지, 공단 개발지	1,000 m	10년	35 ℃	
KE	해안 매립지, 산업공단	500 m	13년	13 ℃	폐쇄
SE	해안 매립지, 산업공단	500 m	9년	39 ℃	

* 동절기 측정 온도

또한, 그림 1과 같이 내·외부 온도 차로 인하여 전력구 BOX구조물 상부에 물방울이 맺혀 있는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 그림 2 및 3에서 같이 구조물의 일부분에서는 심한 균열로 인하여 외부의 지하수 유입이 많은 것뿐만 아니라 해안 매립지에 위치한 구조물 특성상 지하수에 염분을 함유하고 있어 철근 부식으로 인한 녹물이 배출이 나타나고 있었다. 이는 전력구 구조물 내부 철근 부식이 많이 진행되었음을 의미하는 것으로 사료되고, 그림 4와 같이 특정한 부분에서는 철근 부식에 의한 팽창 압으로 인하여 콘크리트의 피복덮개가 탈락 된 것으로 나타나는 부분이 상당수 있음을 알 수 있었다.

현재 이러한 콘크리트의 열화는 조사 대상 구조물의 주변 환경 여건상 열화를 촉진하는 해안 매립지에 위치하고 있어 콘크리트 내부로 염분의 침투 확산과 함께 철근의 부식을 촉진함으로써 구조물의 성능저하 주요 요인으로 사료된다.

한편, 그림 5는 조사 대상 구조물의 공공 연수에 대한 콘크리트의 강도 변화를 측정하기 위하여 현장에서 간이법으로 슈미트 해머를 이용하여 강도를 추정한 값을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 ME,KE는 각각 19.4, 22.9MPa로 SE의 26.7보다 작은 값을 나타내었다.

슈미트 해머에 의한 콘크리트의 강도는 현장의 여러 부분을 측정하여 평균값을 나타낸 것으로 측정값이 작게 측정된 것은 위의 외관 조사에서 보는 바와 같이 구조물의 위치가 해안 매립지이고 염분의 침투와 균열로 인하여 콘크리트의 강도 저하의 주요 원인으로 사료되며, 추후에는 콘크리트의 열화된 부분에 있어 공공시설임을 고려하여 보수 보강 등의 대책이 필요할 것으로 사료된다.

3.2 조사대상 구조물의 염화물 함유량 및 탄산화

콘크리트 중의 세공용액의 pH는 12.5 이상이므로 건전한 부위에서는 적자색을 띠지만 시멘트 수화물이 탄산화되면 색의 변화가 없게 된다. 따라서 적자색으로 변색된 부분과 변색되지 않은 부분과의 경계선에서 콘크리트 표면까지의 깊이를 측정하여 탄산화 깊이로 하였다.

KE 전력구에서 채취한 코아 시험체의 탄산화를 측정한 결과 평균 1.5cm이상으로 측정 되었다. KE 전력구의 경우 13년이 경과 된 구조물로서 시공연수에 비하여 탄산화가 많이 진행되었음을 알 수 있었으며, 다른 전력구의 경우도 공공연수에 비하여 탄산화가 많이 진행되었으나 SE 전력구의 경우는 내부에 도장으로 인하여 탄산화의 진행 속도가 느린 것으로 사료 된다.

또한 해안 매립지에 축조되어 있는 3곳의 전력구에서 콘크리트 시료를 채취하여 염화물 함유량을



그림 1 전력구 습기에 의한 물방울

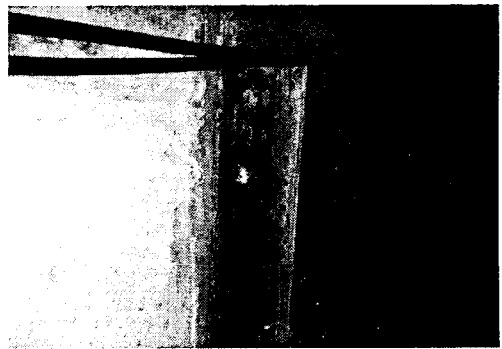


그림 2 균열부위 지하수 용출

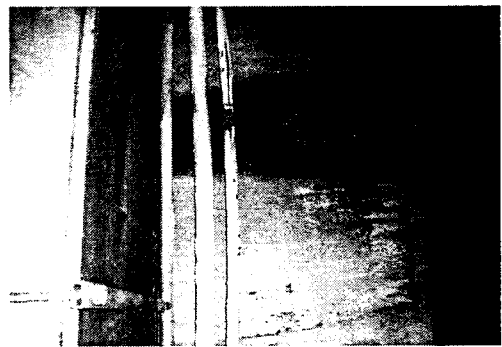


그림 3 균열부위 철근 녹물

측정하였으며 그림 6에 나타내었다.

전력구에서 채취한 콘크리트시료의 염화물 함유량 측정 결과를 나타낸 것으로서 전력구 별로 염화물 함유량이 1.76에서 3.51kg/m³의 값을 나타내었다. 한국 콘크리트 학회 및 일본 콘크리트 학회에서 제시한 철근 부식 임계 염화물량은 1.2kg/m³으로 본 조사 대상 전력구의 콘크리트 구조물의 경우 임계 염화물량을 초과하고 있는 것을 알 수 있었다.

이러한 실험결과로 보아 해안 매립지에 축조되어 있는 전력구의 경우 장기적으로 염분 및 탄산화에 의한 철근부식 가능성이 높을 것으로 사료된다. 또한, 해안 매립지에 위치한 전력구 구조물의 성능 저하는 염분의 침투로 인한 철근 부식과 함께 탄산화, 백화, 화학적 침식 등 많은 요인 있는 것으로 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.



그림 4 철근 부식에 의한 콘크리트 탈락

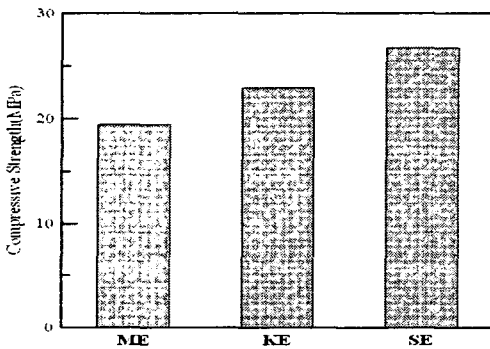


그림 5 슈미트 해머 측정결과

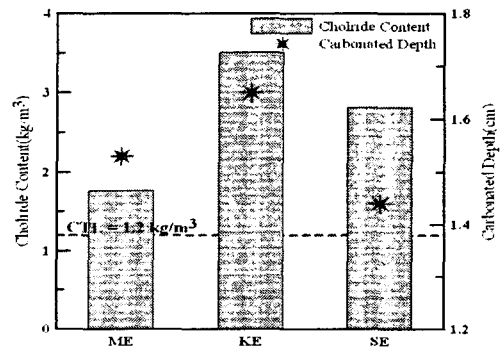


그림 6 염화물 함유량 측정결과

4. 결론

- (1) 해안 매립지 전력구 콘크리트 외관 조사결과, 사용 중인 구조물의 온도와 습도가 높았으며, 균열에 의한 누수와 철근 부식에 의한 녹물이 발생하는 것을 알 수 있었고, 슈미트 해머에 의한 강도는 ME, KE은 SE의 26.7MPa보다 작게 측정되는 내부에 열화가 조금 더 진행되는 것으로 사료된다.
- (2) 해안 매립지 전력구의 염화물량 측정결과 철근부식임계 염화물량 1.2kg/m³을 초과하고 빠른 탄산화의 영향으로 철근 부식 가능성이 높은 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 04핵심기술C02-02)의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김성수 "해양환경하에 방치한 콘크리트의 열화 및 철근의 부식, 방식에 대한 연구", 한양대학교 대학원 토목공학과 박사학위 논문, 1994.