

## 성능평가 점검체계에서 콘크리트 구조물의 내구성능 평가기법

글. 이종석\_인프라안전연구본부 연구위원

### 성능평가 점검체계

국도교통부는 2018년 6월 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 [성능평가 편을 새로이 발간하였다. 이것은 ‘시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법’ 제43조 및 같은 법 시행령 제30조에 따라 제정한 ‘시설물의 안전 및 유지관리의 실시 등에 관한 지침’을 시행하기 위함이다.

기존의 안전점검 및 진단과 가장 두드러지게 달라진 점은 상태평가와 안전성평가만을 실시하는 기존 방식에 비해 이 둘을 병합하여 안전성능 평가로 실시하고, 추가적으로 내구성능 평가와 사용성능 평가를 실시하여 최종적인 ‘성능’을 평가하는 것이다. 이 글에서는 이 중 독립적으로 평가되는 내구성능 평가를 위주로 기술하고자 한다.

### 기존 점검체계에서 내구성 평가의 문제점

기존 점검 및 진단 체계에서 콘크리트 구조물의 내구성 평가는 재료시험이라는 항목으로 염화물 침투량과 탄산화 깊이에 대하여 실시하였다. 그러나 이 경우에도 내구성 평가라는 개념은 없었으며, 육안점검 결과와 더불어 상태평가 항목으로 존재하였다. 이러한 체계에서 대상 시설물의 내구성을 한눈에 파악하는 것은 근본적으로 어려움이 있었다.

또한 기존의 점검체계에서 염화물 침투량이나 탄산화 깊이를 평가할 경우 시설물의 공용기간을 고려하지 않고 측정된 결과만을 가지고 판단하였다. 측정결과는 당연히 중요하다고 생각되지만, 일부 내구성이 저하된 결과가 나왔다는 것만으로는 대상 시설물의 내구성을 제대로 평가하기는 어렵다. 예를 들면, 2개의 서로 다른 시설물에서 탄산화 깊이를 조사한 결과, 모두 탄산화 깊이가 30mm가 나타났다고 했을 때 2개 시설물은 동일한 평가를 받을 것이다. 그러나 만일 2개 시설물 중 하나는 공용기간이 1년이고 다른 하나는 30년이었을 경우를 가정해 보면, 결과는 달라져야 할 것이다. 즉, 1년 만에 30mm의 탄산화가 진행된 것은

매우 빠른 진전을 보인 것으로 대상 시설물의 내구성은 매우 나쁜 경우라고 볼 수 있다. 반면, 30년 만에 30mm의 탄산화가 진행된 구조물은 상대적으로 내구성이 강한 구조물일 것이다. 이것은 구조물의 공용기간을 고려하지 않은 결과로서 콘크리트 내구성 평가에서는 반드시 시간 인자도 포함하여 평가하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

한편, 콘크리트 구조물은 특별한 열화환경이 조성되지 않으면 내구성이 저하되지 않으며, 역으로 내구성이 저하되는 것은 열화환경이 존재하기 때문이다. 결국, 열화환경을 미리 알고 있다면 대상 시설물이 취약한 내구성을 예측할 수도 있을 것이다. 예를 들면, 제설제에 의한 염해도 없으면서, 해안가에서 멀리 떨어진 내륙에 위치한 구조물에 대하여 염해를 심각하게 고민할 필요가 없는 것이다. 또한, 그림 1에서 보여지듯이 겨울철에 동결융해 사이클이 적은 제주도나 남부 해안 지역들은 동결융해에 대하여 심각하게 고민할 필요가 없을 것이며, 반면 중북부 지방과 같이 겨울철에 동결융해 사이클이 많은 지역의 구조물들은 동해 우려가 있음을 인지하여야 하고, 해안가에 인접한 구조물들은 염해의 가능성이 있음을 알아야 하는 것이다.

열화환경에 무관심하고 점검결과만을 신뢰하는 경우, 예방적 유지관리 행위는 어려울 것이고, 불필요한 점검을 하게 되며 꼭 필요한 항목의 점검에 소홀할 수 있다. 따라서, 기존의 점검체계에서 내구성 평가에 대한 문제점을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 내구성 평가가 독립적으로 이루어지지 못하여 대상 시설물의 내구성을 파악하기 어려움
- 시설물의 공용기간을 고려하지 않고 측정 결과만으로 평가하기 때문에 신뢰도 높은 평가를 하기 어려움
- 시설물의 열화환경을 고려하지 않고 평가를 실시할 때 문에 취약한 내구성을 예측하기 어려움에 따라 예방적 유지관리가 어려움

이러한 문제점을 개선하기 위하여 새로이 시행된 성능평가 체계에서는 이를 해결하기 위한 일환으로 새로운 내구성능 평가항목과 등급기준을 제시하였으며, 내구성 등급산정 절차 또한 새로운 방식으로 제안하였다.

### 성능평가 점검체계에서의 내구성능 평가

성능평가 점검에서는 콘크리트 내구성능 평가 체계를 개선하기 위한 기본적인 접근방식에 있어 기존 점검체계의 문제점을 고려하여 다음과 같은 3가지를 고려하였다.

- ① 독립적인 내구성 평가 실시
- ② 열화환경 평가
- ③ 공용기간을 고려하여 내구성 평가에 반영

상기 기본적인 접근방식에 따른 세부적인 접근방식은 아래와 같다.

- ① 내구성능 평가는 열화환경평가를 추가적으로 실시하며, 열화진전평가와 분리하여 평가
  - 우리나라 환경기반 자료를 활용하여 열화환경을 평가
  - 최근 환경변화를 반영하여 열화환경을 평가
- ② 시설물별 내구성 평가항목은 선별적으로 적용하되 적용되는 평가기준은 동일하게 함
- ③ 콘크리트의 내구적 특성을 고려한 최저등급제 평가
- ④ 슈미트해머의 용도를 콘크리트 표면부의 품질 저하를 추정하는 것으로 재설정

[표 1] 성능평가 점검체계에서의 내구성능 평가 체계도

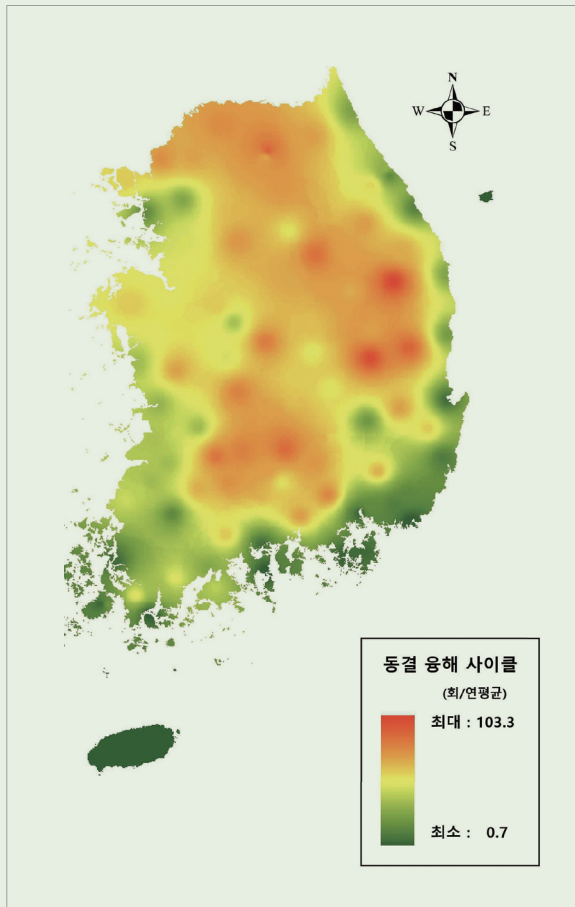


콘크리트 구조물의 내구성 평가는 그림 1과 같이 크게 열화환경 평가와 열화진전 평가로 나눌 수 있다. 열화환경 평가는 대상 콘크리트 시설물의 환경적 영향을 고려하여 평가 대상 구조물이 어떠한 열악한 환경에 처해 있는지를 알기 위함으로 염해환경, 동해환경 및 토양환경의 3가지 항목을 평가하도록 되어 있다.

특히, 염해환경과 동해환경은 강설일수, 기온변화에 따른 동결과 융해 사이클 등과 같은 우리나라 기상자료와 해안 대기 중의 염분 분포, 해안거리에 따른 대기 중 염분량 감소 등 현장 실측자료를 활용하여 3개 등급의 평가기준을 설정하여 우리나라 환경에 최적화된 평가가 가능하도록 하였다.

또한, 겨울철 도로 제설을 위해 뿌려지는 제설제의 사용이 빈번해지면서 제설제에 포함된 염화물에 의한 내구성 저하가 잇따르고 있으며, 이에 따라 최근 환경변화 추세에 따라 제설제 환경을 열화환경 항목을 포함하여 평가할 수 있도록 하였다.

[그림 1] 동결융해 사이클에 의한 동해위험도 지도 예시



토양환경의 경우 기존에는 지하에 있는 강 구조물만을 대상으로 하였으나 성능평가 체계에서는 지하 콘크리트 구조물에 성능저하를 일으킬 수 있는 항목을 대상으로 선정하여 토양환경이 콘크리트 구조물에 미치는 영향을 평가할 수 있도록 하였다.

열화진전평가는 대상 시설물의 내구성이 저하된 정도를 시설물의 점검을 통하여 얻을 수 있는 염화물 침투량, 탄산화 깊이 및 피복 콘크리트 품질평가 등 3가지 항목을 지표로 5개 등급의 내구성 평가 체계를 구축하였다. 기존 점검의 상태평가에서 시행되고 있는 염화물 침투량과 탄산화 깊이 평가를 열화진전평가 측면의 내구성 평가 지표로 설정하고, 표면부의 내구성 저하를 효율적으로 반영할 수 있는 슈미트해머를 활용하여 피복 콘크리트의 품질을 평가하는 것을 추가적인 지표로 설정하였다.

다만, 염화물 침투량과 탄산화 깊이는 평가기준을 대폭 수정하여 잔여 피복두께가 모두 탄산화되는 시간과 철근부 전염화물량이  $2.5\text{kg/m}^3$ 가 되는 시간을 등급 기준으로 정하여 대상 구조물의 공용기간을 평가기준에 도입할 수 있도록 하였다.

한편, 내구성 평가를 실시함에 있어 최저 등급제를 적용하도록 하였으며 이것은 염해 혹은 탄산화 등 어느 한 가지 지표에 의해서만 피해가 발생하여도 심각한 결과가 발생할 수 있으며, 또한 내구성 평가가 좋은 평가를 받은 다른 평가항목 때문에 희석될 수 있기 때문이다. 예를 들어 염해가 전혀 발생하지 않는 구조물에서 탄산화 진행이 e등급으로 최악으로 진행되었다고 가정하면, 가중치를 적용할 경우 대상 시설물의 콘크리트 내구성 종합등급은 a등급을 받은 염해 때문에 c등급으로 판정될 수 있으며, 보통의 상태를 유지하는 것으로 오해할 가능성도 있는 것이다.

이상으로 간략하게 성능평가 점검 체계에서의 내구성 평가기법에 대하여 살펴보았으며, 자세한 사항은 최근 신설된 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침'을 참고할 수 있다. 아무쪼록 새로운 내구성 평가기법이 구조물의 수명관리에 도움이 되길 바란다. ☐

#### 참고자료

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 [성능평가 편], 국토교통부, 2018. 6
- 사회기반시설의 성능중심 관리·운영을 위한 한국형 성능등급 산정기술 개발, 한국건설기술연구원, 2017