

콘크리트 구조물의 유지관리 현황 및 리해빌리테이션 방향

- The Present State of Maintenance and Direction of Rehabilitation for Concrete Structures -



김무한*
Kim, Moo Han

1. 머리말

현재 국내에서는 콘크리트 구조물의 수명연장 및 내구성 향상을 위한 리해빌리테이션에 있어서 설계·시공뿐만 아니라 새로운 재료·공법 측면에서 연구개발이나 실제 현장에서의 적용기술 개발이 충분히 이루어졌다고 볼 수 없는 실정이다. 이것은 지금까지 SOC(Social Overhead Capital) 시설의 대부분을 차지하고 있는 콘크리트 구조물의 내구성 및 사용성 향상에 대한 국가·사회적 요구 또는 인식이 저조했기 때문이라고 말할 수 있다.

따라서 콘크리트 구조물의 유지관리 및 리해빌리테이션에 있어서 아직까지 체계적인 사고방식이 확립되어 있지 않은 개별적인 요소기술을 종합하여 콘크리트 구조물의 수명연장 및 내구성 향상을 도모하기 위해서는 <사진 1>에서 보는 바와 같이 각종 성능저하 현상이 발생된 콘크리트 구조물의 내구성 회복을 위한 연구개발이 시급히 요구되고 있다.^{1,2,3,6,7)}

여기서 말하는 리해빌리테이션이라는 용어는 의학 분야에서 주로 사용되는 것으로 콘크리트공학 분야에서는 아직 명확한 학술 용어로서 사용되고 있지 않지만, 본고에서는 성능저하 된 부재 또는 부위 등의 성능을 설계 당초에 의도한 공용수준 이상으로 회복시키는 것으로서 보수와 보강을 포함하는 의미를 내포하고 있다.^{3,4,5,8,9,10)}

이러한 콘크리트 구조물의 리해빌리테이션 수요는 21세기에 접어들어 과거 고도성장기에 건설된 수많은 콘크리트 구조물들이 노후화됨에 따라 더욱 증대할 것으로 예측되고 있으며, 더욱이 사회간접자본시설로서 콘크리트 구조물의 정비도 진행해 나가지 않으면 안 되는 실정이다.

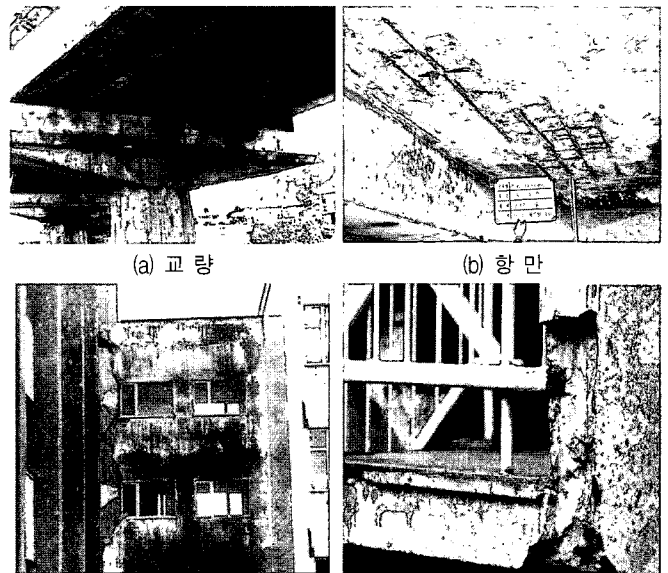


사진 1. 각종 콘크리트 구조물의 성능저하 사례

한편, 최근의 저 성장시대에 있어서는 건설생산뿐만 아니라 유지관리에 있어서도 LCC(Life Cycle Cost : 구조물의 건설비 + 공용기간 중 유지관리비) 측면에서 한층 합리화가 요구되고 있

표 1. 건축물의 LCC 비용 내역

비용항목	점유율(%)	합계(%)	비고
건설비	26	26	건설 단계
보전비	16	74	건설후의 단계
수선·설비갱신	11		
운용비	21		
일반 관리비	26		

* 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수

다. 일례로서 건축 구조물의 경우 <표 1>에서 보는 바와 같이 건설단계에 있어서 제경비는 단지 1/4을 점유하고 있으며 나머지 3/4은 건설 후의 수리·보전·관리 등의 경비에 소비되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 상황에서 국가·사회적 간접자본시설인 콘크리트 구조물의 사용연수와 내용연수 등의 수명연장 및 내구성 향상을 위한 유지관리 기법 및 리해빌리테이션 시스템의 개발이 시급히 해결해야 할 중요한 과제로 대두되고 있다.

이러한 관점에서 본고에서는 국내 콘크리트 구조물의 유지관리 현황 및 국내 콘크리트 구조물의 리해빌리테이션에 있어서 현실적인 문제점을 파악한 후, 국내 콘크리트 구조물의 합리적인 리해빌리테이션을 위한 기본방향을 제시하고자 한다.

2. 국내 콘크리트 구조물의 유지관리 현황

콘크리트 구조물의 유지관리 시스템에 있어서 가장 중요한 것은 대상 구조물에 대한 정기적인 안전진단을 실시하여 어떠한 성능저하 현상이 진행되고 있는지를 정량적으로 예측하고, 성능회복목표를 설정하여 어떻게 보수·보강을 실시하여야 하는지를 판단하는 것이다. 이것은 마치 인간이 건강진단을 통하여 큰 병에 대처하는 것과 유사하다고 할 수 있다. 그러나 현재 국내 실정은 콘크리트기술자라 하더라도 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 전문적인 인식이 아직까지 충분하다고 말할 수 없고, 또한 기술적으로도 해결해야 할 사항이 많이 잔존하기 때문에 결과적으로 구조물의 성능저하가 상당히 진행된 후에 비로소 구조물에 대한 안전진단이나 유지·보수공사가 실시되는 사례가 많은 것이 현실이다.^{1,2)}

예를 들어 최근 각종 언론매체를 통하여 염해, 중성화 등의 각종 성능저하요인에 의해 유발되는 문제점은 많이 알려져 있으나, 그에 대한 대책 또한 모호하게 제기되고 있고 실제 현장 적용 시 설계자가 판단할 수 있는 정량화된 데이터가 전무한 실정이다.

또한 콘크리트 구조물의 안전진단 시 대부분 구조적인 안전성능을 위주로 성능평가가 이루어지고 있으며, 염화물량, 중성화 깊이 등의 내구성에 관한 조사·진단은 체계화되고 정량적인 평가기준이 없어 미흡한 실정이다. 또한, 실제 콘크리트 구조물이 다양한 환경조건에서 받게 되는 복합열화 및 향후 대상 콘크리트 구조물의 수명예측에 대한 평가가 이루어지지 않고 있는 상황이다.

이러한 상황에서 국내의 유지·보수기술은 최근보고 되고 있는 각종 성능저하현상, 즉 염해, 중성화 등 소위 콘크리트 구조물의 병을 내부로부터의 원천적인 치료가 아닌 피부과적인 치료에만 그치는 경향이 있다. 이와 같은 콘크리트 구조물의 병은 내부로부터의 근본적인 치료가 필요하고, 철근의 부식은 마치 암세포와 같아 내과수술이나 외과수술 등의 치료가 필요하게 된다.

따라서 콘크리트 구조물의 보수는 내부로부터의 근본적인 보수를 목적으로 하여 성능저하 원인 및 성능저하 진행단계 등에 대한 정량적 평가를 실시한 후 보수공법을 적용해야 할 것이며, 이

를 위해서는 국내 콘크리트 구조물의 유지관리에 있어서도 이와 같은 성능평가 기준을 시급히 설정하여 조사·진단항목의 선정 및 평가부위와 평가방법의 선정 등에 있어서도 체계화된 방법이 정립되어야 할 것으로 사료된다.

또한, 콘크리트 구조물의 내용연수 평가에 있어서는 대상 구조물의 현재 사용실태와 시공 당시 시방기준, 구조물이 위치하고 있는 환경조건과 보수재료의 내구성 관계, 건설경비와 유지관리 경비와의 관계 및 이러한 제 요인들이 인간활동에 미치는 기능을 고려하여야 할 것으로 판단되며 이를 위해서는 기존 콘크리트 구조물의 유지관리 실태를 데이터베이스화하여 회복목표수준과 현재의 성능저하 정도에 근거한 전문화된 유지관리 방안을 마련하여야 할 것으로 판단된다.

3. 리해빌리테이션의 문제점 및 기본방향

콘크리트 구조물의 안전진단 및 보수보강 업계 또는 콘크리트 구조물의 유지관리나 보수보강공사를 발주하는 기관 등에서는 성능저하 된 콘크리트 구조물의 보수여부 판정 및 보수공법 선정 등에 있어서 기준의 모호성 등으로 애로사항을 토로하고 있는 실정이다. 또한, 현재 콘크리트 구조물의 보수재료 및 시공기술에 있어서 이미 다종다양한 재료와 공법이 개발되고 있고, 특허 및 신기술 등으로 인증이 되고 있으나, 선택기준이 되는 규격과 규준이 전무한 상태이기 때문에 콘크리트 구조물의 유지관리 담당자, 진단기술자, 보수설계자 및 시공기술자들은 각 기업체의 홍보자료에 근거하거나 보수재료·공법의 특수성 및 우수성 등을 정확히 인식하지 못하고 기존 시공실적 등을 고려하여 일률적으로 판단이 이루어지고 있는 것이 현실이다.

한편, 최근 국내 보수공사에 적용되는 보수재료 및 공법의 시공방법은 인력에 의한 시공법과 기계식 시공법으로 크게 구분할 수 있다. 최근에는 인건비 상승 및 시공오차를 줄이기 위해 시공방법을 기계화하고 있는 추세이지만 국내의 경우 보수시공 장비의 성능 및 선정방법에 대한 기준이 없을 뿐만 아니라 현장상황에 대응할 수 있는 기계화 시공법이 확립되어 있지 않기 때문에 인력에 의한 시공에 많이 의존하고 있는 실정이며, 이로 인해 시공부위의 들뜸이나 박리·박락 등의 시공오차나 품질변동의 우려가 있어 체계화된 시공방법의 정립이 필요한 상황이다.

또한 국내 보수공사에서는 보수공법 적용 시 환경조건 및 시공조건에 대한 고려 없이 보수가 실시되어 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 예를 들면 에폭시수지계 방식·보수공법의 경우 에폭시수지계는 모체콘크리트 바탕과의 부착이 완벽할 때 그 성능을 발휘하는 특징이 있으나 바탕이 습한 경우에는 모체콘크리트와의 부착성능이 현저하게 저하되기 때문에 습윤환경에서는 사용이 불가능하다는 문제점이 있다. 따라서, 모체콘크리트의 바탕면이 완벽하게 건조되어 있어야만 보수재료로서의 품질이 확보된다. 또

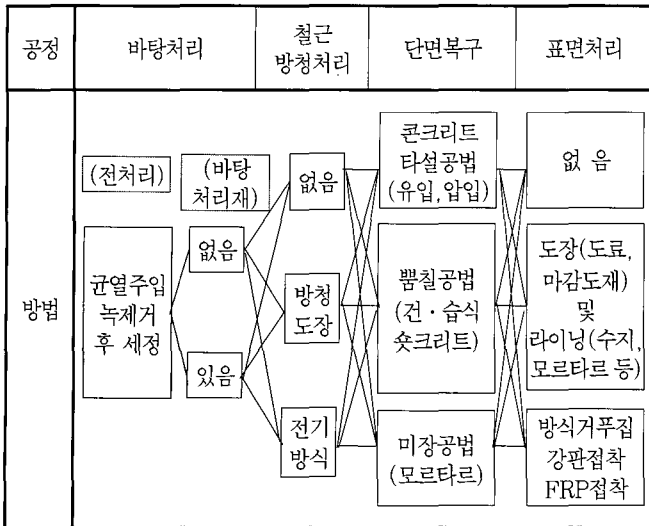


그림 1. 철근부식에 대한 일반적인 보수공정 개요

한 시멘트계 방식·보수공법의 경우 모체콘크리트 표면의 흡수상태가 10% 이상, 대기 중 습도조건이 85% 이상이 되면 백화나 들뜸이 발생하게 되고 이에 따라 부착능력이 저하되는 문제점이 지적되고 있다.

이러한 문제점에도 불구하고 현재 국내에서는 콘크리트 구조물이 위치하고 있는 환경조건 및 시공조건 등을 고려하지 않은 상태에서 천편일률적으로 보수공법을 선정하거나 보수공사를 진행하고 있으며, 이에 따라 결과적으로 보수시공을 실시한 부위에 재열화현상이 발생되고 추가적인 보수시공이 요구되는 경우가 많이 발생하고 있는 실정이다.^{1,2)}

또한, 국내에서 철근부식이 발생된 콘크리트 구조물을 대상으로 하여 일반적으로 적용되고 있는 보수공정의 개요를 나타낸 <그림 1>에서 알 수 있는 바와 같이 바탕처리, 철근방청처리, 단면복구 및 표면처리 등의 공정이 대표적으로 실시되고 있다. 또한 사용재료로서는 주입재료의 경우 에폭시수지 및 시멘트슬러리가 주로 사용되고 있고, 바탕처리재의 경우 신구접착제, 알칼리성 회복제, 구체 강화제 및 도포형방청제 등이 사용되고 있다. 또한, 철근방청처리제로서 에폭시수지, 광명단 및 폴리머시멘트 등이 사용되고 있으며, 단면복구재료로서는 에폭시모르타르와 폴리머시멘트모르타르 등이 주로 사용되고 있다.

그러나 이와 같이 다양한 보수재료 및 공법이 적용되고 있음에도 불구하고 사용재료에 대한 성능규준·품질관리기준 또는 시스템화 된 보수공법에서 전체적인 성능평가를 할 수 있는 기준이 제정되어 있지 않기 때문에 제조업체의 카탈로그나 기초물성에 관한 공인시험기관의 시험성적서에 의존하여 간접적으로 평가할 수밖에 없는 실정이다. 또한 보수공사후의 보수효과를 판단하는 방법에 있어서도 아직까지 판단기준 및 기법이 정비되어 있지 않은 상태이므로 주로 외관조사에 의해서만 평가가 이루어지고 있는 것이 현실이다.

이에 따라 많은 콘크리트 구조물 구조전문가들이 구조적인 해석기법을 통해 성능저하 원인을 추정하고, 보강설계를 실시하고 있으나 내부철근의 부식이나 구체콘크리트의 성능저하 상태 및 성능저하 원인을 과소평가하고 있기 때문에 일시적으로는 보강은 가능하지만 장기적으로는 콘크리트의 성능저하를 촉진시키는 오류를 빈번히 발생시키고 있다. 콘크리트 구조물의 내구성이 현저히 저하된 경우에는 보강을 실시하기 전에 반드시 모체콘크리트의 내구성을 회복시킨 후 보강을 실시하여야만 장기적인 보강효과가 확보될 수 있다는 사실을 염두에 두어야 할 것이다.

일반적으로 내구성의 향상을 도모하는 것을 보수라고 하고 구조적인 안전성을 도모하는 것을 보강이라고 구분하고 있지만 실제로 성능저하 된 콘크리트 구조물의 경우 내재염분 및 중성화 등에 의해 철근부식이 현저하게 되어 보강을 실시해야 하는 경우가 상당히 많이 발생하게 되므로, 콘크리트 구조물의 내하력과 내구성 문제를 종합적으로 판단한 후, 성능저하 된 콘크리트 구조물에 적확하고 합리적인 보수여부 판정 및 보수공법 선정 등을 수행할 수 있는 기술자의 양성이 절실하다고 판단된다.

4. 결 언

전술한 바와 같이 21세기에 접어들어 콘크리트 구조물 리해빌리테이션의 수요는 점점 증대할 것으로 예측되고 있으며, 더욱이 사회간접자본시설의 정비도 지속적으로 진행해 나가지 않으면 안 되는 상황이다. 한편 저성장시대에 있어서는 건설생산뿐만 아니라 유지관리에 있어서도 LCC 측면에서 한층 합리화가 요구되고 있으며, 최근 전지구적인 문제로 확대되고 있는 환경문제에 대응할 수 있는 환경부하저감형 건설생산시스템의 개발이라는 측면에서 콘크리트 구조물 리해빌리테이션의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

우리나라의 경우 1970년대 이후 급속한 경제발전을 이룩하였으며, 서울올림픽대회와 주택문제 해결을 위한 분당, 일산, 평촌, 산본 등 신도시의 200만호 아파트 건설사업과 고속전철, 신공항 건설 등의 대형건설사업이 진행되는 가운데 삼풍백화점 및 성수대교 붕괴를 기점으로 기존 콘크리트 구조물의 유지관리에 있어서 여러 가지 문제점들이 노출되기 시작하였다.

이러한 현실적인 문제점들을 해결하기 위해서는 국내에서 사용되고 있는 다양한 보수재료 및 공법에 대한 내구성 촉진실험, 실제 대기환경에서의 장기 폭로실험 등을 실시함으로써 보수재료에 대한 성능규준·품질관리기준, 시스템화 된 보수공법의 성능평가 및 정량적인 설계기술, 그리고 보수공사 후 품질평가체계의 확립 등 정량적인 기술개발을 위한 국내 관·산·학·연의 지속적인 관심과 공동연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

또한, 이와 같은 국내 상황에서 콘크리트 구조물의 수명연장과 내구성 향상을 위해 합리적 유지관리 및 리해빌리테이션의 기본

방향을 제시하면 다음과 같다.

1) 콘크리트 구조물의 염해, 중성화 등의 내구성 저하 원인별 성능저하 메커니즘과 성능저하 진행단계 등을 고려한 보수설계기법 등의 정비가 시급히 이루어져야 한다.

2) 사용재료에 대한 성능규준·품질관리 기준 및 시스템화 된 보수공법 대해서 정량적으로 성능평가를 할 수 있는 기준이 시급히 제정되어야 한다.

3) 보수설계시 대상 콘크리트 구조물의 회복목표 수준을 고려하여 보수재료 및 공법을 선정하는 정량적인 보수설계기술이 정착되어야 한다.

4) 환경조건·현장시공조건 및 방법, 사용 장비, 보수재료의 조강성 필요유무, 보수부위의 대소 등의 제반 조건을 고려한 정확한 시방서의 제정이 필수적이다.

5) 보수공사의 적절한 품셈정비와 아울러 보수공사 후의 품질평가체계에 대한 정량적인 기술 개발이 하루빨리 이루어져야 할 것으로 판단된다. □

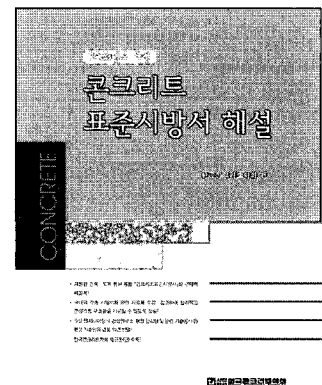
참고문헌

1. 건설교통부, "염해 및 중성화 피해를 입은 콘크리트 구조물의 내구성 회복을 위한 보수공법 시스템 개발 및 실용화 방안", 2001년도 건설기술연구개발사업 연차보고서, 2003. 6.
2. 金武漢, 權寧璉, 姜錫杓, 金容魯, "中性化されたコンクリートのアルカリ性回復に關する實驗的研究", 콘크리트工學年次論文集, Vol.24, No.1, 2002. 6, pp.1449~1454.
3. 日本콘크리트工學協會, "콘크리트構造物のリハビリテーション研究委員會報告書", 1998. 10.
4. 日本콘크리트工學協會, "複合劣化콘크리트構造物の評價と維持管理計劃研究委員會報告書", 2001. 5.
5. 日本土木學會, "콘크리트標準示方書(維持管理編)", 2001. 1.
6. 김무한 외, "국내 철근콘크리트조 아파트의 노후도 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 2000. 6.
7. 김무한 외, "국내 철근콘크리트조 아파트의 실태조사에 의한 중성화속도 및 잔여수명검토에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 2001. 1, pp.45~50.
8. 日本建築學會, "鐵筋콘크리트造建築物の耐久性調査・診斷および補修指針(案)・同解説", 1997.
9. 日本콘크리트工學協會, "콘크리트診斷技術", 2001. 1.
10. 日本建築學會, "建築物の調査・劣化診斷・修繕の考え方(案)・同解説", 1993. 1.

새로나온 책 - "콘크리트 표준시방서 해설"

◆ 소개

"... 「콘크리트 표준시방서 해설」의 개정에는 1999년도 제정판을 근간으로 하였으며, 국내외 각종 시방서 및 규준 등을 참고하였습니다. 또한, 집필에는 콘크리트 관련 분야에 종사하고 있는 토목·건축 분야의 중진 기술자 및 연구자들이 참여하였으며, 수차의 토의와 여러 번의 공청회를 개최하여 특히, 현장 기술자들의 의견을 반영하였습니다. 초안에 대해서는 학회 자체의 자문회의를 거쳐 수정 보완하였으며, 콘크리트와 관련이 있는 기관 및 연구소 등에 검토를 요청하여 수용할 수 있는 부분은 최대한 반영함으로써 좋은 「콘크리트 표준시방서 해설」이 출간될 수 있도록 정성을 다하였습니다..."(머리말 중)



- 제 목 : 콘크리트 표준시방서 해설
- 저 자 : 사단법인 한국콘크리트학회
- 출판사 : 기문당
- 출판일 : 2004년 2월
- 페이지 : 670쪽
- 정 가 : 35,000원
- ISBN : 89-7086-574-8