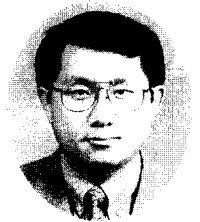


일본의 콘크리트 관련 시설물의 유지관리 동향과 전망

- 21세기는 maintenance의 시대 -



박석균*

1. 서론

현재, 일본은 건설성주관하에 건설기술의 최대 중점과제로서 기술개발의 3대 핵심목표를 선정하여 추진중에 있다. 「메인テナンス성의 향상」, 「생력화(省力化)」, 「생자원(省資源)」이 바로 그것이다. 그 중 메인テナンス성의 향상에 대해서는 「건설성 종합개발 프로젝트」라는 명으로 1991년부터 1996년까지 5개년에 걸쳐 이미 과제가 수행된 바 있다. 그 수행내용 중에는 사회자본의 유지갱신, 기능향상기술의 개발이 포함되어 있으며, 적용대상도 도로구조물 뿐 만 아니라 하수도 시설, 수중구조물 등 건설성이 관리하고 있는 중요시설을 대상으로 이들의 적절한 유지관리 및 보전에 필요한 요소기술을 개발하는 일이 계획되어 있다.

또한, 1991년 일본의 각의(閣議)에서 1990년

시점부터 각 산업분야에서 에너지·자원을 동결 시키기로 결의한 바가 있다. 건설업 통계에 의하면 2000년 시점에서는 에너지·자원의 소비량은 대략 60%정도 늘어날 것으로 예상된다고 볼 때, 2000년까지 2/3만큼 에너지·자원의 소비량을 억제하지 않으면 안된다는 얘기가 된다. 따라서, 사회간접자본을 대표하고 있는 각종 시설물에 대해서도 마찬가지로, 시설물의 수명을 더욱 늘려 사용하는 일도 자원의 절약측면(생자원성)에서 대단히 큰 비중을 차지하게 됨을 놓고 볼 때, 시설물의 유지관리 필요성은 더욱 절실한 국가적 과제로서 부상되고 있다.

이와 같은 추세에서 특히, 일본콘크리트공학협회에서 1992년부터 발족한 「콘크리트 구조물의 보수공법 연구위원회」(위원장:魚本健人 동경대학교수)를 중심으로 활발한 위원회 활동을 통해 그

* 정회원, 대전대학교 토목공학과 전임강사

성과 보고서가 다수 발간되고 있다. 이중에서 일본의 시설물 유지관리현황에 대한 귀중한 자료가 정리되었기에¹⁾, 향후 국내에서도 매우 유용하게 참고될 것으로 판단되어, 해당자료를 소개코자 번역·정리해 보았다.

2. 일본의 유지관리 동향과 그 개요

2.1 일본에서의 공공투자

2.1.1 사회정비수준

일본은 전후 급속한 경제성장과 더불어 사회자본정비를 추진해 왔으나, 그 수준은 오랜 역사와 실적을 갖는 구미 선진제국에 비해 큰 격차를 나타내고 있다. 예를 들어, 하수도 보급율은 일본이 44%인 반면 영국은 95%, 미국은 73%이고, 도로포장율도 일본은 68%인 반면 영국은 100%, 미국은 90%에 이르고 있다. 바로 이와 같은 통계적 자료는 일본이 선진국중에서도 GNP가 상당히 높은 수준에 있음에도 불구하고, 국민은 그 풍요로움을 실감하지 못하는 요인중의 하나임을 입증해주고 있다고 볼 수 있다.

2.1.2 공공투자

일본의 공공투자는 그림 1에서 보는바와 같이 구미선진제국을 따라잡기 위해 최근 수 년 동안 총액 30조엔을 넘는 규모를 유지하여, 對GNP비율의 추이가 구미제국에 비해 선진국중 가장 높다.

그러나, 1995년 1월의 한신·아와지 대지진을

체험하고서, 일본은 지진이 다발하는 것이 지세적·역사적으로 분명한데도, 「안전성」에 대한 충분한 배려가 미흡했음을 절실히 인식하게 되어, 향후 사회자본정비의 「안전성」을 어떻게 해서 높여 가는가가 중요한 관건으로 대두되게 되었다. 또한, 일본 정부가 1994년 10월에 종합한 공공투자 기본계획에서는 1995년~2004년까지 10년간 총액으로 630조엔의 공공투자를 행하기로 결정하였다.

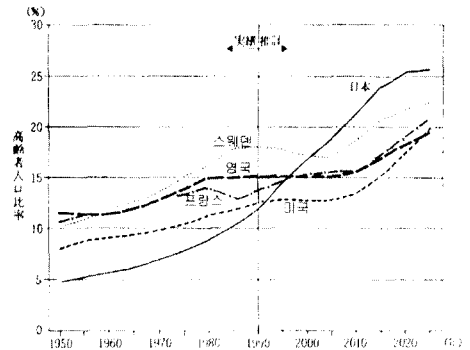


그림 2 주요선진국의 고령자 인구비율 추이 (고령자 인구비율=65세 이상/총인구)

2.2 성숙화 사회의 도래와 투자여력

일본의 고령자 인구비율의 추이는 그림 2에서 보는 바와 같이 현재 고령자 인구가 총인구의 13%를 점유하고 있지만, 향후 2000년에는 17%, 2025년에는 25.8%에 달할 예정이어서 21세기는 급속한 노령화 사회(노동인구의 감소)

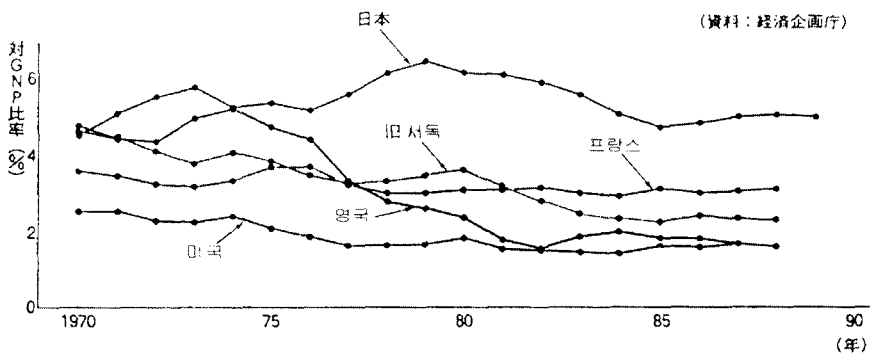
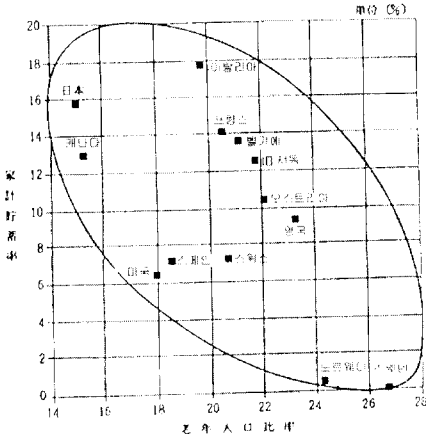
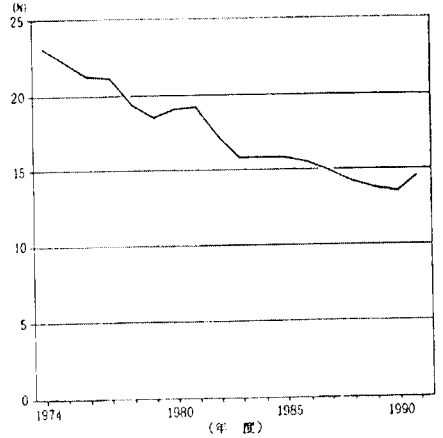


그림 1 공공투자의 對GNP비율의 추이



주) · 노년인구비율=(65세이상인구/15~64세인구)×100
· 자료는 1980~90년 평균
그림 3 가계저축율과 노년인구비율



주) 저축율 : 저축/가처분 소득
그림 4 가계저축율의 추이

를 맞을 것으로 예측되고 있다. 이는 고령화에 따라 저축율이 저하하게 됨으로써, 공공사업에 대한 투자여력 역시 감소하게 됨을 의미하게 된다.

현재 일본 경제의 가계, 일반 정부, 법인 부문의 각각의 저축과 투자를 보면, 저축이 초과로 되고 있지만, 그림 3의 라이프사이클 가설에 의하면, 구미선진국에서는 노년인구비율이 높을수록 가계저축율이 감소하는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

일본의 가계 저축율은 그림 4에서와 같이 1970년 중순이후 장기적으로 저하경향에 있어, 현재 15%정도인 것이 노령인구비율의 증대 등에 따라 2010년에는 9% 정도로 저하하는 것으로 보고 되고 있다.

즉, 이상의 사실들로부터 투자여력이 충분히 남아 있는 향후 십수년간이 사회자본정비의 마지막 기회라고 할 수 있어, 630조엔의 공공투자는 「이 시기를 놓치면 거액을 투자해 사회자본을 정비할 기회는 없다」는 뜻을 내포하고 있다.

따라서, 이 630조엔의 공공투자는 그림 5의 사회자본분야별 정비사업에서 나타나고 있는 바와 같이, 향후 10년간에 사회자본정비를 거의 끝내는 것을 목표로 하고 있어, 거액의 자금을 요하는 국가 프로젝트 등은 이 기간 중에 추진되는 것으로 하고 있음을 알 수 있다.

2.3 공공투자에 접하는 유지관리비

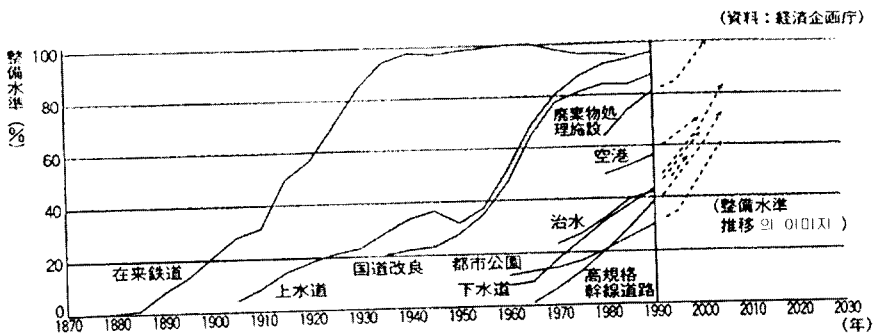
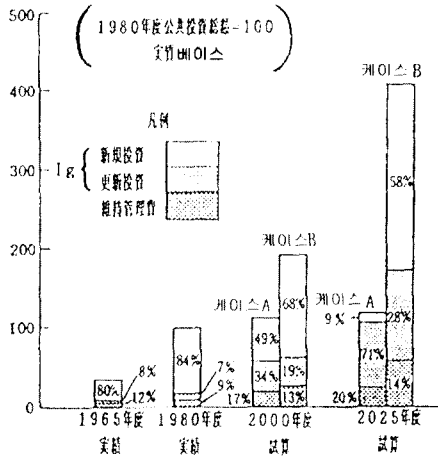


그림 5 사회자본의 분야별 정비수준



주 · 케이스 A는 금후의 lg의 신장률이 실질년의 0%인 경우
· 케이스 B는 실질년 3%인 경우의 계산치임.

그림 6 공공투자에서 점하는 신규투자 · 갱신 투자 · 유지관리의 추이와 전망

사회자본에는 노후화 등에 따른 물리적 내용년 수가 있어, 이 기간을 넘기면 갱신을 행할 필요가 있다. 그러나, 물리적인 내용년수내 이더라도 기술혁신이나 수요의 변화에 따라 현재의 시설물들이 기능적 · 경제적으로 진부화 됨으로써 이용가치가 감소하여, 갱신을 행할 필요도 발생하게 된다.

일본의 향후 국토기반투자에 대해서 전망하면, 그림 6에서와 같이 국토기반시설의 노후화에 따른 기능유지 경비가 급속히 증가하는 한편, 고도성장기 이후에 정비된 시설이 점차 갱신기를 맞게 되어 막대한 갱신투자가 필요할 것으로 전망된다. 이는 바로 유지관리적 경비(유지관리비 + 갱신투자)가 급속히 증대하게 됨을 의미한다.

그림 6에서 보는 바와 같이, 공적 투자에서 점하는 유지관리적 경비(유지관리비 + 갱신투자)의 비율은 현재 20%정도이지만, 공적자본형성 Ig(신규투자 + 갱신투자)가 년 평균 실질 3%정도 늘어나는 추이라면 40년 후에는 약 30%가 되고, 0%인 경우에는 40년 후에 90%를 점하게 된다.

이렇게 되면, 결국, 향후로 갈수록 국민의 새로운 Needs에 부응하여 신규의 국토기반정비를 행하여 국민생활의 질적 향상을 추구하기가 어렵게

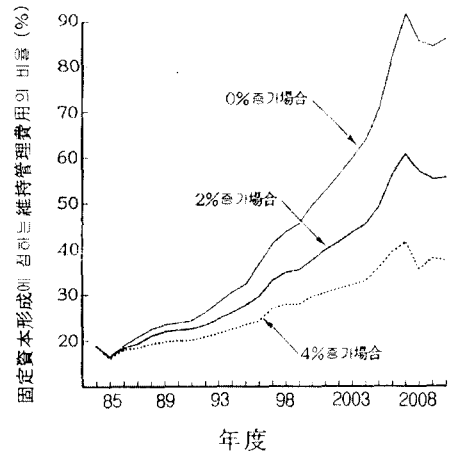


그림 7 고정자본 형성에서 점하는 유지관리비용의 비율과 금후의 증대

된다. 그렇다고 해서, 다른 한편에서 유지관리와 갱신을 소홀히 하면, 기능을 상실한 노후시설이 방치되어 경제 · 산업 · 국민생활에 형언할 수 없는 막대한 손실을 입히게 될 것이 분명하다.

또한, 같은 맥락으로 그림 7의 건설성 관방정책과에서 조사한 자료에도 의하면, 유지관리비용이 사회자본시설 전체를 대상으로 한 공적 투자액에서 점하는 비율은 공적 투자액이 향후 4% 늘어나면 50%에 가깝고, 0% 늘어나면 100%에 가까워 사실상 신규사업은 거의 불가능해 짐을 예상하고 있다.

이 때, 시설 갱신비는 유지수선비의 2배 정도 크게 되는 것으로 추정되고 있다.

2.4 유지관리시장

이러한 추세를 놓고 보았을 때, 일본의 유지관리시장은 건설관련 분야에서 약 17조엔, 시설관련 분야에서 약 18조엔으로 전망되고 있으며, 근년 현저한 증가추세에 있다.

2.4.1 개요

일본토목학회에서는 「유지관리란 구조물에 갖추어진 초기 성능 및 기능을 어느 수준이상으로 보지(保持)해 가기 위한 행위의 총칭, 이를 보전이라고도 한다」라고 유지관리를 정의하고 있다.

즉, 구조물은 그림 8에 나타난 유지관리의 개념 및 범위에서 적절한 유지관리를 행해줌으로 인해 최소의 비용으로 설계내용연수의 기간중에 기대된 기능을 발휘하고 유지할 수 있다는 것이 기본 개념이다.

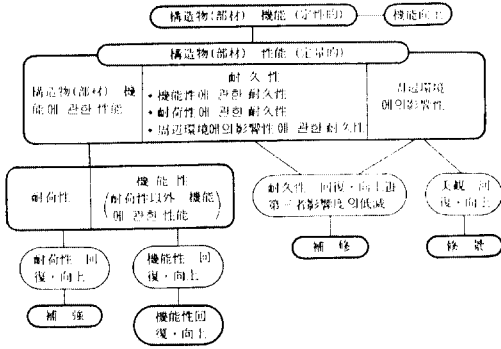


그림 8 유지관리에 관한 용어의 개념도

2.4.2 건축 구조물

일본의 건축 구조물의 경우에 있어서, 그림 9에서 보는 바와 같이 2000년에는 외벽개수의 척도로 되는 건축연수 15년 이상이 약 40%를 점유하게 되어 유지관리 필요성이 증대할 것으로 예상되고 있다.

한신·아와지 대지진에 의한 맨션 등의 피해를 교훈으로, 기설 구조물의 내진성능향상을 긴급히 실시할 필요가 있는 등 종래의 유지관리인 보수·보강·개수와는 다른 내진보강 필요성이 부각되고 있는 것이 특징으로 되고 있다.

2.4.3 토목 구조물

1) 하수도 구조물

일본의 하수도 정비는 1955년부터 현저히 진전되기 시작하여, 그림 10에서 보는 바와 같이 현재 하수도 보급율은 1993년도 말에 49%에 달하고 있고, 관로연장은 약 213km가 되고 있으며 계속 증가 추세에 있다. 이에 따라 시설유지관리 비용도 증가추세에 있음을 알 수 있다.

2) 도로교

일본의 본격적인 도로정비는 1954년 제1차 도로정비 5개년 계획에 의해 개시되어 1955년 후

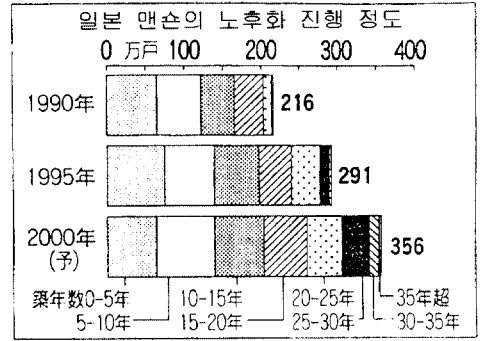


그림 9 일본 맨션의 노후화 진행 정도

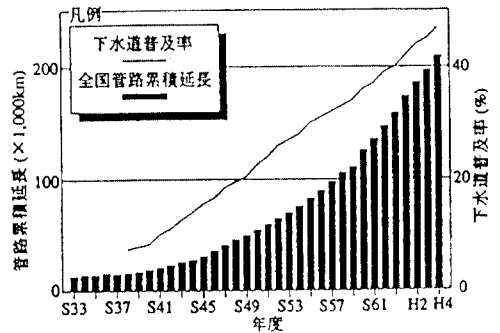


그림 10 일본의 하수도 보급율과 관로누적연장

반의 고도경제성장기부터 1975년대 전반 사이에 그 수가 집중되고 있기 때문에, 그림 11에서 보는 바와 같이 가설년차는 1966년부터 1980년까지가 큰 피크를 이루고 있다. 이들 교량이 2010년경부터 50년을 넘기 시작하기 때문에, 이 무렵부터 급격한 교량의 노령화가 진행될 것으로 예

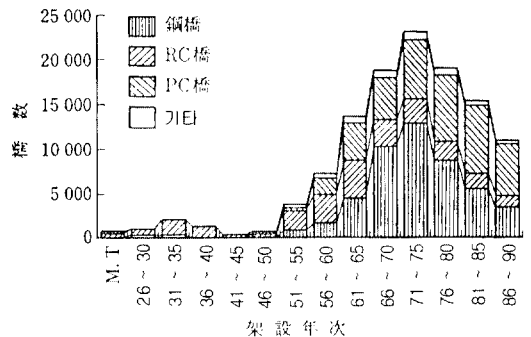


그림 11 가설년차별 교량수(1991.4.1 현재)

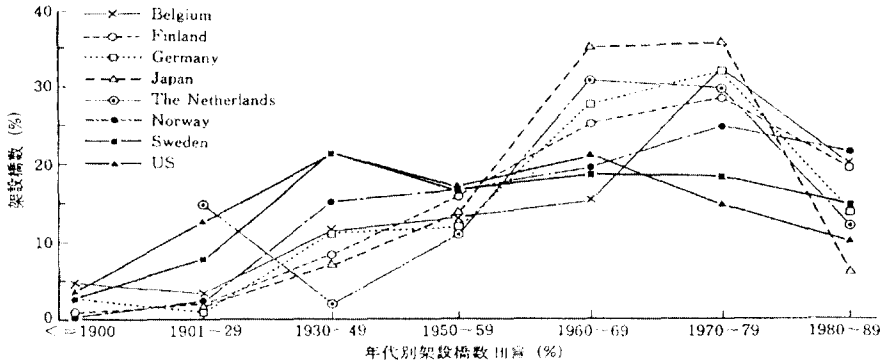


그림 12 架設년차별 교량수의 국제비교

상되고 있다.

한편, 일본의 도로정비역사는 비교적 짧아, 그림 12의 국제비교에서와 같이 구미선진제국에 비해 가설년차가 근년에 편중되어 있음을 알 수 있다.

현재 평균 신설교 수(2000)와 철거교 수(200)의 추이로 계산해 보면, 그림 13에서와 같이 2001년에는 큰 변화가 없지만, 2011년에는 10%, 2021년에는 30%, 2031년에는 50%에 달할 것으로 전망되고 있다.

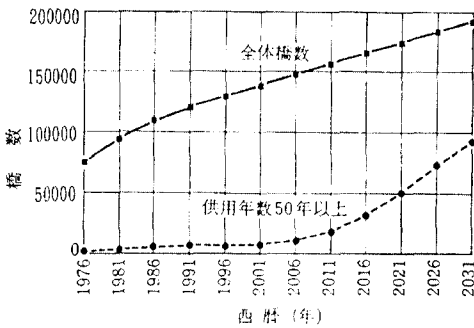


그림 13 供用年수 50년 이상 교량수의 장래예측

3) 철도교

1987년 조사에 의하면 일본 JR(일본철도) 재래선에서의 콘크리트교 상부공은 약 3만6000연(連), 하부공은 철근콘크리트·무근콘크리트를 합쳐 약 9만6000기(基)가 있는 것으로 집계되었다. 이를 경년(經年)별로 보면 그림 14에서와 같이 상부공에서는 0~40년이 60%, 40~60년이

20%, 60년 이상이 13%를 차지하고 있다. 하부공은 무근콘크리트 구조물의 경우 50년 미만인 것이 85%이고, 철근콘크리트 하부공은 비교적 새로운 것에 속한다.

신간선에서는 구조물 연장 1845km 중, 콘크리트교는 848km로서 전체의 46%에 해당하고, 하부공은 모두 철근콘크리트조로 되어 있다.

그림 14에서 알 수 있는 바와 같이, 향후 20년 미만에서 도로교와 마찬가지로 많은 철도교가 고령화될 것으로 예상되고 있다.

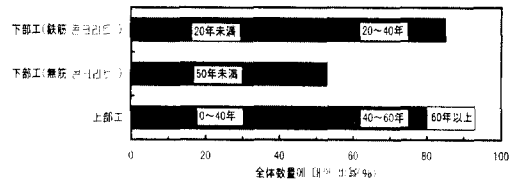


그림 14 JR 재래선의 콘크리트 상·하부공의 전체 수량에 대한 비율

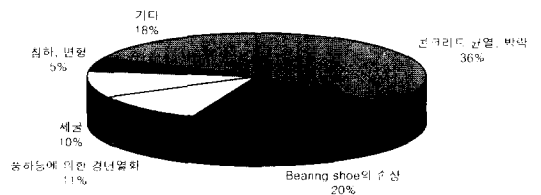


그림 15 구조물의 요인별 보수실적

그림 15는 1946년 이후에 건설된 구조물을 대상으로 조사한 보수실적을 요인별로 분류한 것이다. 가장 많은 보수요인은 콘크리트의 균열·박락에 의한 것(36%)이고, 이에 풍화 등 경년에 따

른 열화(11%)를 합치면, 전체의 거의 반수가 콘크리트의 열화, 철근부식에 대한 보수인 것으로 추측할 수 있다.

3. 내진(耐震) 보강

한신·아와지 대지진에 의한 피해의 주원인은 ①구조물이 설계된 시점에서의 설계강도를 초과한 지진력 ②그 시점에서의 적절치 못한 내진설계법으로 인한 철근콘크리트 구조물의 「전단파괴」인 것으로 지적되었다. 이를 입증하듯 큰 피해를 받은 구조물의 대부분은 1970년대 이전에 건설된 구조물이었다.

이에 따라, 한신·아와지 대지진을 계기로 JR 각사·민철(民鐵)에서는 운수성 지도아래, 일본도로공단·수도고속도로공단·한신고속도로공단 등에서는 건설성 지도아래 기설 구조물의 내진보강을 실시하고 있다.

기동부의 내진보강으로서 철근콘크리트 구조물 내 단주(單柱) 및 라멘교각의 보강공사가 1995년부터 시작되고 있고, 그 보강총수는 철도에서 약 50,000 교각, 도로에서 약 15,000 교각이 되고, 금후 3개년 및 5개년 정도의 긴급조치로서 실시되고 있다.

4. 종합결론

일본의 콘크리트 구조물의 유지관리 및 보전은 1983년의 염해(鹽害), 그에 이어 알칼리 골재반응 등의 콘크리트 위기를 계기로 사회적 문제로 대두되고 부터 큰 관심을 갖게 된 것으로 볼 수 있다.

기존 콘크리트 구조물의 내구성 회복 또는 수명 연장뿐 만 아니라, 보다 쾌적한 환경공간을 실현시키는 일과 더욱이 한신·아와지 대지진을 계기로 기존의 방대한 시설물을 어떻게 내진보강해 가아가 최근의 긴급과제로 부상되고 있다. 이에 따라, 유지관리 및 보전에의 관심이 사회적으로 더욱 높아져 가고 있다.

또한, 유지관리와 보전에 대한 사회적 Needs에의 대응과 그 진보에 따라 실제 시공에 대응한 각종 보수·보강방법과 조사진단기술의 개발과 그 개선이 요구되고 있기도 하다. 이에 부응하여, 관공청과 학협회를 중심으로 유지관리와 보전에 관련한 조사 및 연구가 각 분야에서 활발히 진행 중에 있다.

이는 머지 않아 우리나라의 현실도 일본 등의 선진국과 같은 노후구조물의 증가추세가 본격화되기 시작할 것으로 내다 볼 때, 우리도 현재 국내 시설물에 대한 유지관리현황을 통계적으로 면밀히 분석하고 대비해 나아가야 할 시점에 와있다고 볼 수 있다. 아울러, 유지관리와 보전에 관련한 조사 및 연구 또한 보다 다양하고 폭넓게 전개될 필요성이 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 日本コンクリート工學協會, 콘크리트構造物の劣化および補修事例集, 1996.10
2. 日本建設白書 1994年度版
3. 牛島榮, 表面處理工法における鐵筋コンクリートの耐久性能向上に關する基礎研究, 群馬大學 學位論文, 1994.3
4. 西川和廣, 道路橋の壽命と維持管理, 日本土木學會論文集, No.501, 1994.10, pp.1-10
5. 宮本征夫, 콘크리트構造物の補修補強工法の最近の動向, 第40回日本學術會議材料研究聯合講演會, pp.183-187