

국도 포장의 장기 공용성 추정 및 유지관리 방안

Performance Estimation and Maintenance Method for Road Pavement Sections

이영욱* · 도명식** · 이종달*** · 장민균****

Lee, Young Uk · Do, Myung Sik · Lee, Jong Dal · Jang, Min Keun

Abstract

In this paper, a PMS(Pavement Management System) application is presented to control the LCC(Life Cycle Cost) of road pavement. The aim of this paper is to provide the decision makers with the planning information regarding maintenance strategies for efficient road pavement management. The validity of PMS application presented in this paper is investigated through case studies for conducted for 22 national highway road sections in Korea.

key words : pavement management system, maintenance method, performance estimation

1. 서론

최근 인구의 감소, 환경에 대한 관심의 증가와 경제 환경의 불확실성 등으로 인해 새로운 대규모 사회간접 시설을 건설하기에는 많은 어려움이 따르고 있으며, 이미 건설되어 운영 중인 많은 사회기반시설들이 노령화 되어 그 기능을 유지시키기 위하여 유지관리 및 시설물의 갱신 등이 필요하게 되어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이미 미국, 유럽 및 일본 등의 선진국을 중심으로 생애주기비용(Life Cycle Cost)을 고려한 투자계획과 이에 따른 의사결정 로직과 비용편익분석(Cost Benefit Analysis)을 이용하여 프로젝트의 실시에 따른 사회전체의 편익과 비용을 비교하여 사회간접자본의 건설 및 유지비용의 판단기준으로 이용하는 연구도 활발히 이루어지고 있다(Lemer, 2004). 한편 우리나라에서도 국도 및 고속국도에서 이미 운영 중인 포장구간을 대상으로 효율적인 관리를 위해 PMS(Pavement Management System)를 도입하여 운영 중에 있다(한국건설기술연구원, 2003).

본 연구에서는 국도의 포장단면을 대상으로 현장조사를 시행하여 얻은 자료를 바탕으로 포장단면의 장기 공용성 추정과 유지관리 방안을 마련하기 위한 방안제시와 이를 위해 개발된 도로포장 관리시스템의 S/W를 소개하고자 한다.

2. 도로포장관리시스템(PMS)

포장관리시스템(PMS)은 포장에 관련되는 계획, 설계, 건설, 유지, 보수, 평가, 자원, 편익, 연구 등 많은 복잡한 프로젝트를 종합적이고 체계적으로 이용하여 공용기간 중의 도로를 관리하는 것으로, 최적의 포장의 질을 최저의 비용을 통해 유지하는데 목적이 있다(Hudson et al., 1997; 도명식 외, 2006).

그러나 대부분의 국가나 지자체에서는 반응적 유지보수(reactive maintenance) 즉, 'worst first' 개념을 통해 시공하고 있어 초기에 적은 비용으로 유지가 가능한 도로를 재포장하는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 또

* 대구과학대학 측지정보과 · 부교수 · E-mail : ywlee@tsc.ac.kr

** 정희원 · 한밭대학교 도시공학과 · 조교수 · E-mail : msdo@hanbat.ac.kr

*** 영남대학교 토목공학과 · 교수

**** 영남대학교 · 연구원

한 단순히 유지관리비용 측면뿐만 아니라 도로공사로 인한 지체, 교통사고, 환경문제 등 다양한 손해가 발생할 가능성이 상대적으로 크며 이러한 공사 등의 영향을 고려한 연구는 아직 초보적인 수준에 머물고 있는 실정이다.

우리나라의 경우 건설교통부에서 1980년대 후반부터 국도 유지 예산의 효율적인 활용과 포장의 적정한 상태 유지를 위해 국도포장관리시스템을 구축하여 운영 중에 있다. 현재 수행되고 있는 도로포장관리시스템은 매년 약 3000km의 일반국도에 대해 조사대상구간을 선정하고 있으며, 자동노면조사장비(ARAN:Automatic Road ANalyzer)를 이용하여 포장상태자료(종단평탄성, 소성변형, 균열)를 수집하고 교통량 및 보수이력 등을 고려한 동질성구간에 대해 포장상태등급을 결정하여 유지보수를 위한 기초 자료로 활용하고 있다(한국건설기술연구원, 2005).

3. 대상구간 선정 및 공용성 평가방법

3.1 대상구간 선정

포장의 공용성 예측을 위해 필요한 포장 상태자료는 크게 유지보수 전년도, 유지보수 직전, 유지보수 직후로 나눌 수 있으며, 포장의 공용성 평가를 위한 대상구간의 선정에 대해 크게 4가지 요소(교통량, 중차량, 도로의 기하구조, 공용기간)를 고려하여 대상구간을 선정하였다,

본 연구에서는 총 22개 구간을 대상으로 도로포장 상태를 조사하였으며, 포장공법별로는 특수포장 22개 자료(SMA 6개구간, CRM 4개구간, PMA 6개구간, PBS 6개구간), 일반포장 22개 자료를 대상으로 종단평탄성(IRI m/km)을 현장에서 조사하였으며, <표 1>은 조사된 특수포장과 일반포장 구간의 도로정보를 나타낸 것이다.

표 1. 대상구간의 상세정보

ID	조사번호	국도번호	시 점	종 점	시행년도 (일반/특수)	차로 /시공
T1-55	034111	23	지방도697분기	원동교A1	1999/2004	4/2
T1-53	027206	28	지방도925분기 안장대교 A2	국지도68분기안장 IC	2000/2003	4/2
T1-50	023202	17	대전시계(뒤) (현도교A2)	지방도591분기(뒤)(매봉교A1+1.500)	1998/2003	4/2
T1-48	016217	19	산동육교A1+2.739	전남/전북도계	2002/2002	4/2
T1-13	985118	30	지방도710분기+0.200	국도1분기(변산측)	1992/1999	2/2
T1-10	984223	45	국도39분기	삼거교 A1	1996/1999	2/2
T2-21	025123	26	(구)국도29분기(앞)-1.400	군산 IC	1999/2004	4/2
T2-18	027207	28	안강IC교	국도7분기(앞)	2000/2003	4/2
T2-12	021106	38	안성IC + 0.100	평택시계(뒤)+10.400	1999/2003	4/2
T2-10	998204	14	부산시계(뒤)+6.542	일광/장안읍면계	1993/2001	4/2
T3-49	031115	45	충남/경기도계+0.200	평택시계(앞) 군문교A1	1999/2003	4/2
T3-41	023205	17	청원IC+4.300	청주시계(앞)0.600	1992/2002	4/4
T3-39	018107	14	통영시(뒤)	국도77분기(앞)	1997/2002	4/2
T3-35	013211	37	동평교A1+2.103	국도4분기(전북)	1995/2002	2/2
T3-26	001101	1	송탄시(뒤) 신장교 A2	진위교A1	1997/2001	4/2
T3-2	975201	17	국도 39분기	국도39분기+6.800	1993/1997	2/2
T4-18	023218	36	미호천교A2	청주시계(앞)	1998/2003	4/4
T4-15	014214	29	청성교A1	청성교A1+1.770	1997/2002	2/2
T4-11	007210	31	포항시계(뒤)+3.721+6.670	지방도68분기	1996/2001	2/2
T4-9	004212	38	국도29분기(당진)+0.100	대호방조제A1	1994/2001	2/2
T4-6	004105	4	국도40분기(뒤)	국도40분기(뒤)+3.177	1997/2001	2/2
T4-2	998202	14	설창교A1+3.502 인현삼거리	김해시계	1997/2000	4/2

3.2 공용성 평가

포장의 장기 공용성을 평가하기 위해 현장 포장의 상태 자료를 바탕으로 악화 과정을 예측하여야 한다. 그림 1을 보면 현재 획득 할 수 있는 현장자료와 공용성의 추세를 알 수 있다.

본 연구에서 적용하고자 하는 도로악화 모형에 필요한 공용성 자료는 일반포장구간에 C3, C4, 특수포장구간에 C6, C7의 자료이다. 그러나 보유하고 있는 자료는 C1, C4, C7으로 유지보수 직후의 초기상태(C3, C6)에 대한 정보가 부재한 상황이다. 본 연구에서 악화추정과정은 확률과정을 따른다고 가정하여 현시점의 포장수준지표(IRI)를 초기값으로 하여 기대치 Path 방법을 이용하여 악화추정을 하였다. 본 연구에서는 악화모형을 구하기 위해 IRI지표를 이용하여 악화추정식을 추정하였다.

일반포장과 특수포장의 공용년수별 IRI값의 선형회귀식을 구한 결과, 일반포장은 $y=0.0914x+2.775$, 특수포장은 $y=0.0841x+2.8966$ (X: 년수)의 선형회귀식을 구할 수 있었다.

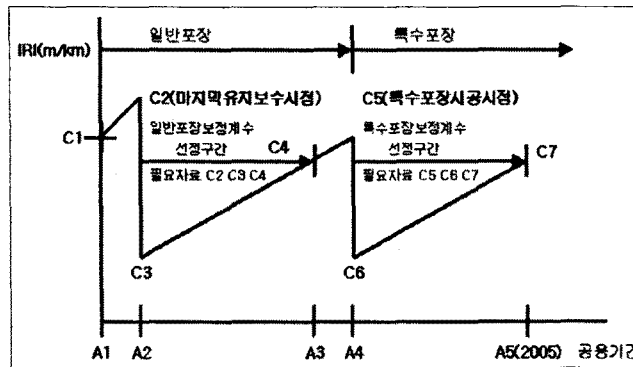


그림 1. 공용성 평가를 위한 기본 개념

한편, IRI(International Roughness Index)란 1982년 세계은행(IBRD)후원으로 미국을 포함한 서방 5개국이 참여하여 국제평탄성지수(IRI)란 국제기준을 설정한 노면의 평탄성을 나타내는 지표로 도로의 주행감과 밀접한 관계가 있으며, 평탄성은 노면성상에 따라 주행의 안전과 쾌적성, 운행비용 등에서 상당한 영향을 미친다. IRI를 구하는 방법은 균열이나 소성변형처럼 육안조사 혹은 간단한 장비로 조사가 불가능하며, 차량에 ARAN이란 장비를 장착한 후 실제 대상구간을 주행하여 공용지표값을 산출한다. 100m간격으로 Update하게 되며 Bump수를 기준으로 산정하게 된다(남영국, 2004).

4. 도로포장 관리시스템의 개발

4.1 포장관리시스템을 위한 S/W의 구성

본 연구에서 구축한 도로포장 유지관리 시스템은 크게 4개의 메인 시스템(Main-system)과 6개의 서브시스템(Sub-system)으로 구성되어 있다.

우선 첫 번째 점검대상에서는 도로망 전반에 대한 조사 자료의 데이터를 통합 관리하는 시스템으로 관리 구간 수, 총 연장, 각 구간에 대한 조회 및 검색이 가능하며, 도로망 조사 자료 데이터로는 각 구간의 포장년도, 시공공법, 포장종류, 교통량, 폭원 등으로 구성되어 있다.

두 번째 조건설정에서는 차량군에 대한 노면상태에 따른 차량주행비용 및 공사규제에 대한 이용자비용, 수선공법의 세부기준에 대한 수선공법판정 시스템으로 구성되어 있다. 노면상태에 따른 차량주행비용은 노면상태에 따른 차량군의 차종별(대형차, 소형차) 주행비용(연료비, 기타)을 단위비용으로 환산하였으며, 공사규제에 의한 이용자비용은 차량주행비용과 시간손실비용에 대해 각 4가지 규제(감속, 정지, 정체, 공사규제)에 대해 단위비용으로 환산하여 구축하였다.

수선공법판정 시스템은 각각의 교통량(L, A, B, C, D)에 따라, 수선공법(덧씌우기, 절삭 덧씌우기, 재포장)에 따라 수선단가를 산정하였다.

세 번째 시뮬레이션에서는 악화프로세싱을 추정하는 악화추정시스템과 도로포장의 장기 공용성을 추정하는 시스템으로 구성되어 있다. 악화수준의 예측치를 근거로 유지보수 구간의 우선순위를 결정하는 의사결정 시스템은 공용성 및 경제성 평가에 근거한 의사결정을 지원하는 부분이다.

네 번째 출력부분에서는 경제성 평가를 위한 관리회계부분과 장기 공용성을 파악할 수 있는 그래프 부분으로 이루어져 있다. 관리회계부분은 분석결과에 따른 포장 유지관리비용에 대한 매년 추정예산을 나타내 주는 부분으로 효율적인 유지관리 예산을 집행할 수 있도록 도와준다.

본 연구에서 개발된 도로포장 관리시스템에 이용될 경제성 분석지표로는 편의 비용비(B/C)를 도입하였으며, 관리자비용이라 하면 유지보수비용으로 국한되며, 이용자비용은 차량유지비용과 통행시간비용의 합으로 산정하였다.

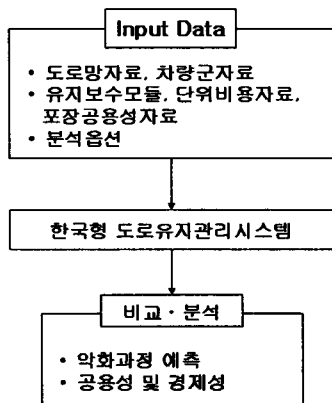


그림 2. 연구개발의 흐름도

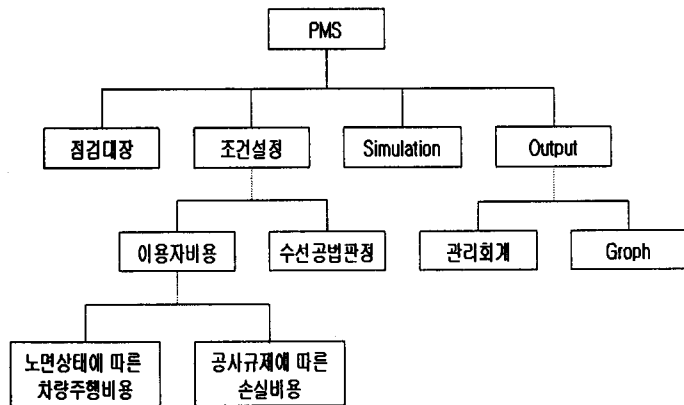


그림 3. 도로포장 관리시스템(PMS) 구성

4.2 도로포장 관리시스템을 이용한 공용성 평가 및 경제성분석

현장조사를 통해 얻어진 IRI자료와 일반포장과 특수포장의 IRI값을 이용하여 계산된 선형회귀식을 이용하여 시뮬레이션을 실행하였다. 또한 시뮬레이션의 기본적인 분석조건으로 분석기간을 50년으로 하고, 도로포장데이터와 선형회귀식으로 분석된 필요유지예산을 예산 제약이 없는 상태로 설정하여 시뮬레이션을 한 결과 IRI값이 평균 2.5~2.8 사이의 양호한 도로포장상태를 유지할 수 있음을 알 수 있었다.

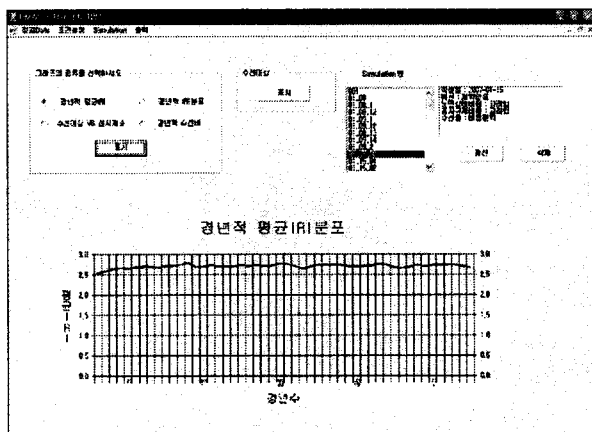


그림 4. 경년적 평균 IRI 분포도

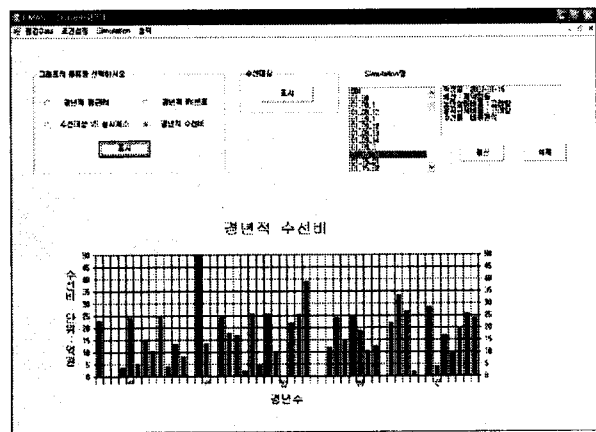


그림 5. 경년적 수선비용 분포

따라서 현재의 매년 일정하게 편성되어 있는 도로의 유지보수 예산의 장기 추정이 가능하며, 이를 바탕으로 도로의 건설 및 유지보수 예산의 편성에 효율성을 기할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구에서는 국도의 포장단면의 자료를 토대로 포장의 공용성 추정과 효율적 유지관리를 위한 예산산정에 대한 방안을 제시하였다. 본 연구를 통해 개발된 도로포장 관리시스템을 이용하면 포장의 장기공용성 추정에 근거하여 도로관리자가 효율적인 포장관리를 위한 의사결정을 할 수 있게 될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 남영국(2004) 도로포장공학, 구미서관
2. 도명식 외, (2006) LCC를 고려한 내유동포장의 공용성 및 경제성 분석에 관한 연구, 대한토목학회 논문집 제26권 5D, pp.783-796.
3. 한국건설기술연구원(2005) 2004 도로포장관리시스템 최종보고서.
4. Hudson, W. R., Hass, R. and Uddin, W. (1997) *Infrastructure Management*, McGraw-Hill.
5. Lemer, A.C. (2004) *Public Benefit of Highway System Preservation and Maintenance*, NCHRP Synthesis 330, TRB, pp.3-13.