

PMS의 기본기능 및 구성요소

서영찬*

1. 서론

일본의 아스팔트 포장 수명(시공 후 덧씌우기까지의 기간)이 12~13년이라는 믿기 어려운 사실은 우리에게 시사하는 바가 크다. 우리의 경우, 수명이 그렇게까지 안된다는 점은 둘째로 치더라도 실제수명이 어느 정도 되는지에 대한 파악도 미흡한 실정이다. 포장설계는 10년 또는 20년으로 하나 고속도로의 경우 약 5년 주기로 덧씌우기하는 실정이며 지방도나 시·군도의 경우 이 보다 더 짧은 경우도 많은 것으로 추정된다. 이런 설계수명과 실제수명의 차이는 지금까지 누구도 문제삼지 않고 있으며 그 누구의 책임으로도 돌릴 수 없는 설계, 시공, 유지관리 전반에 걸친 총체적인 문제의 표출이다.

문제는 우리나라 포장의 실제수명이 어느 정도 되는지조차 파악이 안되고 있고 따라서 이러한 문제를 공식적으로 제기하지 못하고 있다는 데서 출발한다. 포장수명을 파악하기 위해서는 포장상태의 정기적인 조사가 필수적이며, 이들 조사결과가 시간이 경과하더라도 지속적으로 축적되어야 하고, 포장수명이 설계보다 짧은 경우 그 원인을 파악하고 문제해결을 위한 연구가 뒤따라야 하는 것이다.

* 한양대학교 교통공학과 부교수

포장관리체계(PMS, Pavement Management System)의 목적은 정기적인 포장상태 조사를 통해 최적 보수우선순위 및 공법선정과 함께 포장의 설계, 시공 및 유지관리 각 단계별로 개선사항을 도출하여, 궁극적으로 같은 예산 또는 더 적은 예산으로 포장수명을 늘리는 데 있다.

본 고에서는 PMS에 대한 전반적인 이해를 돕기 위해 PMS의 기본기능 및 주요 구성요소에 관한 일반사항들을 기술하였다.

2. PMS의 기본기능

PMS의 기본기능은 크게 다음 세가지 단계로 나눌 수 있다.

- Network Level
- Project Level
- Research Level

Network Level의 PMS는 전체 도로망(Network)차원에서 어느 구간을 먼저 보수/보강 할 것인가를 결정하는 단계이다. 일반적으로 방대한 도로망을 대상으로 하기 때문에 포장상태조사의 정밀도는 약간 떨어지더라도 가능한 신속한 방법으로 조사할 수 있는 방법을 이

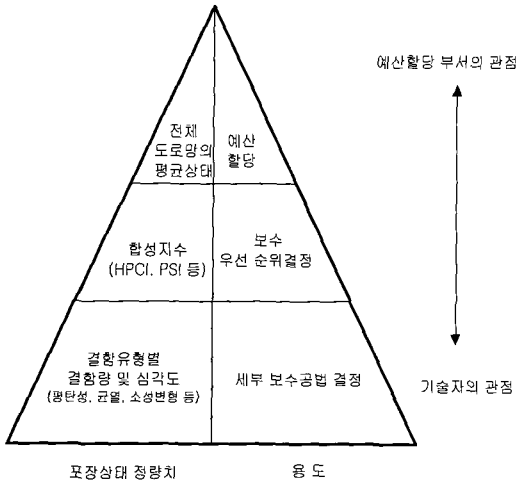


그림 1. 포장상태조사 결과치의 단계별 용도⁽¹⁾

용한다. 조사결과에 있어서도 평탄성, 균열, 소성변형 등 결함유형별로 분석하기 보다는 HPCI, PSI, MCI 등과 같이 각 결함들의 합성지수(Combined Index)를 이용한다.⁽¹⁾ 이것은 학생들의 석차(우선순위)를 정할 때 각 과목(평탄성, 균열, 소성변형 등)별 점수보다는 이들의 평균점수(합성지수)를 기준으로 하는 것과 같은 원리이다.

Project Level의 PMS는 보수/보강 대상구간에 대해 구체적으로 어떤 공법을 적용할지를 판단하는 단계이다. 이 단계에서는 Network Level에서 보수/보강 대상으로 선정된 구간에 대해 상세조사 또는 현장실사를 통해 구체적인 보수세부계획을 수립하게 된다. 공법결정논리는

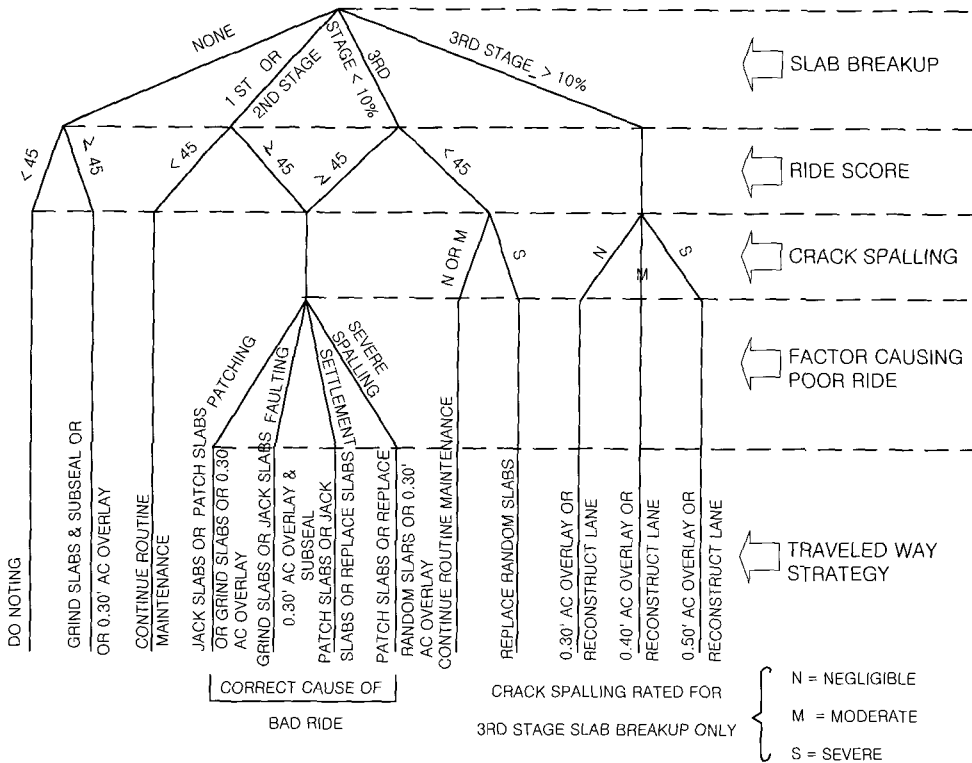


그림 2. 미국 California 주 DOT의 콘크리트포장 보수공법결정을 위한 Decision Tree⁽²⁾

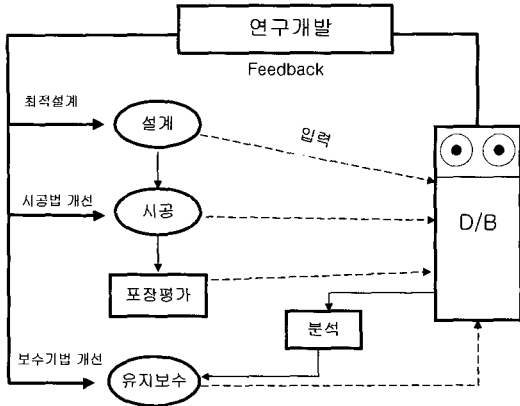


그림 3. PMS의 연구개발 기능

그림 2와 같은 Decision Tree(2)를 사용하거나 보수공법 대안별 경제성분석을 통하기도 한다. 그러나 최종 보수공법 및 보수면적 등의 결정은 현장사정을 가장 잘 파악하고있는 해당 도로 관리담당부서 기술자의 의견을 참고 할 필요가 있다.

Project Level에서의 포장상태 평가에서는 합성지수 보다는 개개의 결함별 심각도 및 분포면적을 고려할 필요가 있다. 예를 들어 합성지수가 같아도더라도 평탄성이 불량한 구간과 균열이 문제되는 구간은 보수공법이 각각 달리 결정되어야 하는 것이다.

Research Level의 PMS에서는 Database에 장기간 축적된 포장상태 조사결과를 이용하여 포장의 공용성을 평가하고 설계, 시공, 보수공법 등의 문제점 도출 및 개선방향을 제시하는 단계이다. Research Level의 PMS는 다음과 같은 용도로 사용될 수 있다.

- 기존 포장설계법의 평가 및 새로운 설계법 개발
- 신재료 또는 신공법의 효과 검증
- 유지보수 공법별 수명 연장효과 비교
- 장기 유지보수 정책 수립

3. PMS의 주요 구성요소

PMS의 구성요소는 포장평가, Database (D/B), 보수우선순위 및 공법결정 논리, 현황조회기능 등으로 크게 나눌 수 있다.

3.1 포장평가

포장평가는 다음 4가지 사항을 기본요소로 한다.

- 노면 평탄성 (승차감)
- 표면결함
- 구조적 지지력
- 노면 마찰력 (주행안전)

(1) 노면 평탄성

노면 평탄성은 노면의 종방향 굴곡을 말하며 도로의 기능적 측면에서 운전자에게 가장 민감한 요소이다.

노면 평탄성을 나타내는 지수로는 SV(Slope Variance), PI(Profile Index), QI(Quarter-Car Index), RCI(Riding Comfort Index) 등 측정방법 또는 장비에 따라 다양하나 1989년 M.W. Sayer(3)에 의해 IRI(International Roughness Index)로 통일하는 방향으로 가는 것이 국제적인 추세이다.

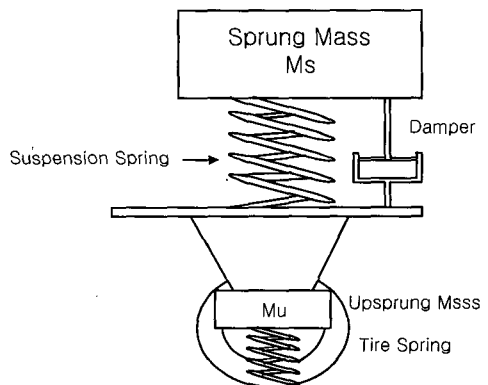


그림 4. Quarter-Car Model

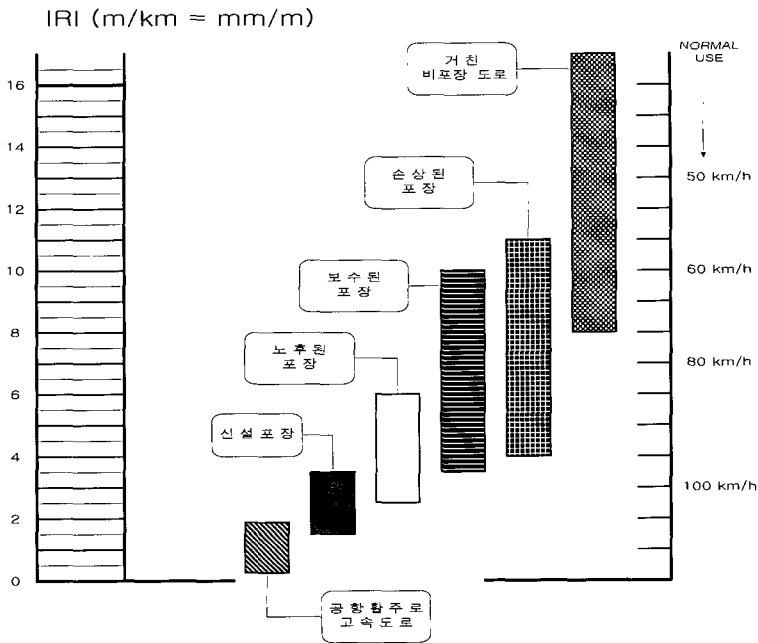


그림 5. 포장상태별 IRI

IRI는 먼저 노면의 실제 profile을 측정하고 이 노면을 그림 4와 같은 Quater Car(자동차의 네 바퀴중 한바퀴만 있는 가상의 차량)가 80km/h로 주행했을 때 발생하는 상하 흔들림을 누적한 것이다.

(2) 표면결함

표면결함은 균열, 소성변형, Pothole 등 포장 표면에 발생하는 결함의 총칭으로서 유지보수 실무자들에게 가장 관심사가 되는 요소이다.

표면결함은 공항포장평가에서 주로 사용되는 PCI(Pavement Condition Index)와 같이 하나의 합성지수로 나타내기도 하나 대부분 균열율, 소성변형 깊이 등과 같이 각각의 결함정도를 별도로 표시하는 것이 일반적이다.

표면결함의 측정은 육안조사의 문제점을 해소하는 차원에서 많은 기관들이 자동포장상태 조사장비에 의하고 있다.

(3) 구조적 지지력

구조적 지지력은 하중재하에 따른 포장체의 처짐량으로 표현되며 Project Level에서 덧씌우기 두께 결정 또는 기층/보조기층의 재시공여부 등을 판단하는데 사용된다.

포장체의 처짐량은 FWD, Deflectograph, Benkelman Beam 등으로 측정되며 그 결과는 역산(Backcalculation)과정을 통해 포장체 각층의 탄성계수를 추정하는데 사용된다. Backcalculation으로부터 얻어진 각 층의 탄성계수를 분석하면 포장체의 어느 부분이 약한지 판단할 수 있으며 BISAR, ELSYM5, ILLISLAB 등 구조해석 프로그램을 이용하면 필요한 덧씌우기 두께도 산출할 수 있다.

구조적 지지력조사는 주행 중 조사가 어렵기 때문에 교통차단이 불가피하므로 꼭 필요한 구간에 한하여 조사를 실시하는 것이 일반적이다.

(4) 노면 마찰력

노면 마찰력은 포장면의 마찰계수를 측정하는 것으로서 습윤시 노면의 미끄러운 정도를 판단하는데 사용된다.

조사장비로는 PFT(Pavement Friction Tester)나 BPT(British Pendulum Tester)등이 많이 사용되며 조사결과는 SN(Skid Number), BPN(British Pendulum Number)값으로 각각 표현된다.

노면 마찰력은 모든 구간에 조사할 필요는 없고, 노면 습윤시의 교통사고가 빈번한 곳에 대해 그 원인이 노면 마찰력에 있는지를 판단하는데 사용된다.

일반적으로 노면마찰력은 PMS와는 별도로 관리하는 경우가 많으며 이 분야 선진국의 경우 습윤노면 안전관리 프로그램(Wet Pavement Safety Program)을 별도로 운영하는 경우가 많다.

3.2 Database

제 2절에 언급된 PMS의 기본 기능들이 효율적으로 운영되도록 하기위해 Database는 PMS의 전체적인 지식기반으로서 정보제공자의 역할을 한다 (그림 6).

Database에는 다음과 같은 자료들이 포함되어 있다.

- 단위구간별 위치정보(Section Identification)
- 포장상태 조사자료

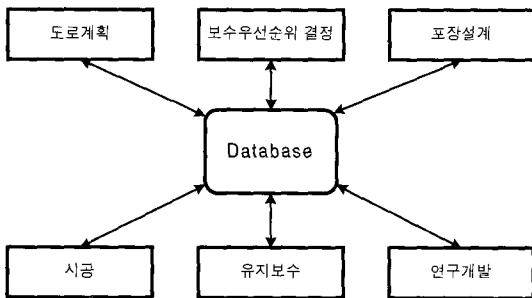


그림 6. PMS의 핵심기능으로서 Database의 역할⁽¹⁾

- 설계, 시공 및 보수이력
- 교통량
- 보수공법대안 및 각 공법별 시공단가
- 기타 관련자료

Database의 각 항목들은 자료의 성격상 두가지로 분류할 수 있는데, 하나는 설계, 시공자료 등 시간이 경과하여도 변함이 없는 자료이며, 또 하나는 포장상태, 교통량, 유지보수실적 등과 같이 시간경과에 따라 정기적 갱신(update)이 필요한 자료이다.

정기적 갱신이 필요한 자료에 대해서는 과거 자료들을 별도로 관리할 수 있도록 하여 시간경과에 따른 변화 패턴을 볼 수 있도록 Database 설계시 배려할 필요가 있다.

3.3 보수 우선순위 및 공법결정논리

보수 우선순위 및 공법결정은 제 2절에 언급된 바와 같이 PMS의 기본 기능으로서 매년의 보수/보강계획을 수립하는 필수적인 요소이다.

보수 우선순위 결정은 Network Level의 PMS로서 포장상태에 의한 방법(Condition Rating), 편익 비용비에 의한 방법(Benefit Cost Ratio), 수명주기 비용분석에 의한 방법(Life Cycle Cost Analysis)등 다양하다. 이 중 포장상태에 의한 방법이 가장 선호되고 있으며 (표 1 참조) 최근 전체 도로망의 수명주기를 고려한 다양한 최적화 기법들이 개발되고 있다.

보수 공법결정은 Project Level의 PMS로서 제 2절에서 언급한 바와 같이 구간별 결함의 유형이나 심각도에 따라 판단하게 된다.

최종 보수공법은 현실적으로 시공이 가능한 공법들을 대상으로 결정할 필요가 있으며, 보수 연장결정에 있어 실제 시공여건 등을 충분히 고려해야 한다. 예를 들어 수심 m의 짧은 구간은 시공장비의 이동 등을 고려할 때 덧씌우기

표 1. 미국 각 주의 보수 우선순위 결정기준⁽⁵⁾

보수 우선순위 결정 기준	해당 도로관리기관 수
포장상태에 의한 방법	29
편의 비용비 비교	12
수명주기 비용	6
비용과 보수요구시기	4
초기비용	1
기타	4

가 현실적으로 불가능하므로 보수구간 결정시 충분한 연장이 나올 수 있도록 고려되어야 한다. 또 전산 프로그램에 의해 결정된 보수공법들은 일반적인 도로조건에는 적용이 가능하나 연약지반, 교량접속부, 호우에 의한 함몰 등 특수한 경우에는 적용이 어려우므로 최종 보수공법은 기술자에 의해 각 보수공법 적용의 타당성을 확인한 후에 결정하는 것이 안전하다. 그림 7은 Decision Tree에 의한 보수공법결정의

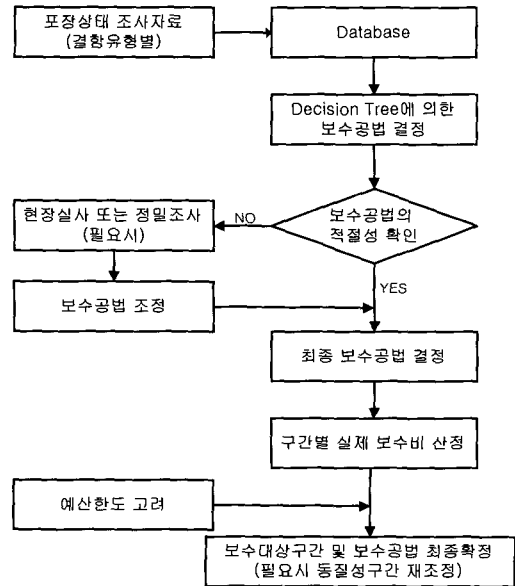


그림 7. Decision Tree에 의한 보수공법결정 방법의 보완 논리

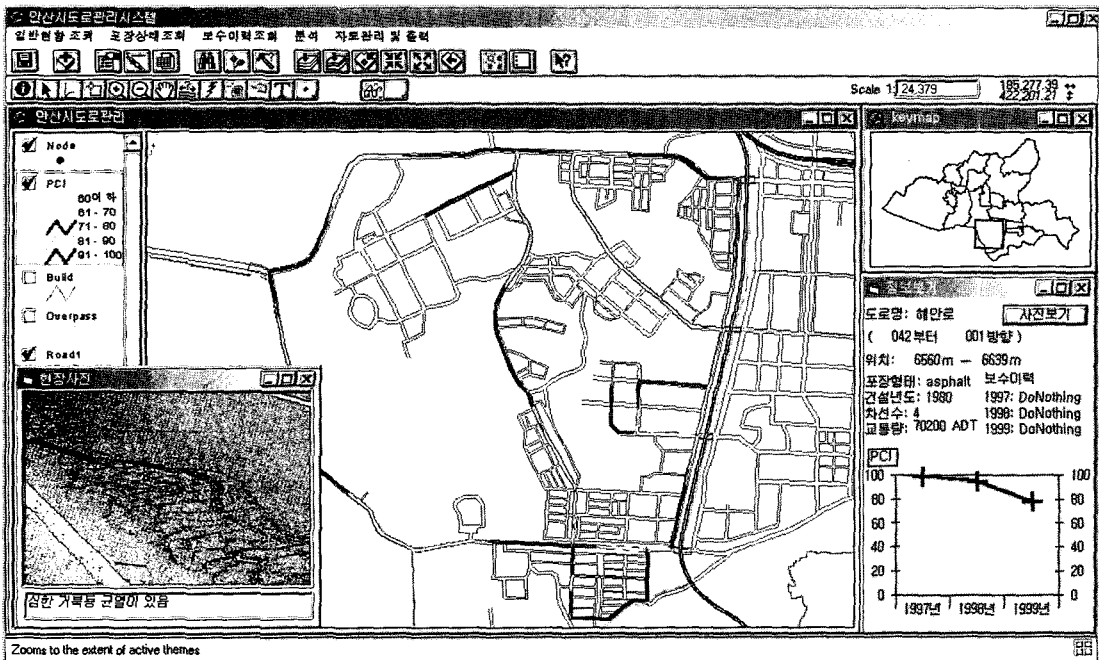


그림 8. GIS와 접목된 PMS의 현황조회기능의 예⁽⁷⁾

보완책으로서 필자가 제안하는 보수공법결정 흐름도이다.

3.4 현황조회기능

현황조회기능은 PMS의 주기능은 아니나 도로관리자의 입장에서 업무의 효율성을 높여주는 편리한 도구가 되었다. 특히, 근래 GIS와의 접목을 통해 도로의 일반현황, 구간별 포장상태, 보수요구 구간, 보수공법, 교통량 등 방대한 도로망의 각종 정보를 Graphic으로 한눈에 파악하는 것이 가능해 졌다.

GIS와 연계된 PMS의 주요 기능에는 자료입력기능, 검색 및 출력기능, 화면표시기능, 질의기능, 포장상태 조사결과 관리기능, 통계 및 그래프 작성기능, 각종 도면 및 사진 출력기능 등이 포함된다.

4. 맺음말

미국의 경우 '93년부터 육상교통효율화법안(ISTEA)의 발효로 연방정부의 재정지원을 받는 모든 도로에 대해 PMS의 운영을 의무화하고 있다. 또 일본의 경우 '65년에 이미 자동포장상태 조사장비를 개발하여 '71년부터 체계적인 포장상태조사를 실시해 오고 있다.

우리는 현재 PMS의 초보적인 도입단계에 있다. 한정된 예산으로 포장수명 극대화라는 PMS의 최종 목표에 이르기 위해서는 상당한 인내와 투자가 필요할것으로 판단되며 많은 시행착오도 따를 것으로 보여진다. 그러나 이미 건교부, 도로공사, 공항관리공단, 서울시 등 많은 기관에서

PMS를 운영중이거나 개발중에 있다는 사실은 우리나라 포장 분야에 대해 밝은 전망을 가능케 한다.

참고문헌

- (1) Hass, R., W. R. Hudson, and J. Zaniewski, MODERN PAVEMENT MANAGEMENT, Krieger Publishing Company, 1994
- (2) Bartell, C., and K. Kamp, "Development of the California Pavement Management System", Vol. 1 : System Description, Report No. FHWA-CA-HM-7139-78-03, FHWA, 1978.
- (3) Sayer's, M. W., T. D. Gillespie, and C. A. V. Queiroz, "Establishing a Correlation and a Standard for Measurement", World Bank, Technical Report 45, Washington DC, 1986.
- (4) Wet Pavement Safety Program, NCHRP Synthesis of Highway Practice 158, TRB, 1990
- (5) Pavement Management Methodologies to Select Project and Recommend Preservation, NCHRP Synthesis 222, TRB, 1995.
- (6) Evaluation of Pavement Management Strategies, NCHRP Synthesis 77, TRB, 1981.
- (7) 박상규, 서영찬 "GIS 응용프로그램을 이용한 시 단위 포장관리체계(PMS) 개발연구", 한국도로포장공학회 창립기념 학술발표회 논문집, 한국도로포장공학회, 1999.