

중소도시단위 포장유지관리시스템(PMS) 개발 연구

Development of Municipal Class Pavement Management System(PMS)

김지원* 오주삼** 오승환*** 조윤호****

Kim, Ji-Won · Oh, Ju-Sam · Oh, Seung-Hwan · Cho, Yoon-Ho

1. 서론

도로포장은 공용 개시와 더불어 재료물성의 변화, 교통하중, 기상변화 등의 내·외적인 요인에 의해 파손이 발생하고, 포장 자체의 노후로 인하여 내구성이 저하된다. 우리나라의 2003년 말 현재 도로연장은 97,252km이며 계속 증가추세에 있다. 최근의 교통수요의 증가와 교통수단의 대형화로 인해 포장공용성 저하가 가속화되며,⁽¹⁾ 포장상태를 적절한 시기에 일정 서비스 수준으로 복원시키고, 교통흐름을 원활히 하기 위한 유지보수 예산도 기하급수적으로 증가하고 있다. 이에 대한 대책으로 포장 유지 관리를 효율적으로 수행하기 위해 포장유지관리시스템(Pavement Management System : PMS)이 도입되었으며, 현재 고속국도, 일반국도, 서울시에서는 다양한 연구를 통해 PMS를 구축하였다. 그러나 우리나라 전체도로의 64.9%에 이르는 지방도 및 시·군도에 대해서는 PMS를 실시하지 않고 민원 또는 관리자의 판단에 의해 포장 유지 보수를 실시하고 있는 실정이다. 따라서 지방도 및 시·군도의 대부분이 편중되어 있는 중소도시단위 PMS 구축이 필요하다.

중소도시단위 PMS는 '효율적인 포장유지관리'라는 기본 취지는 기존의 PMS와 같으나, 각 중소도시별 도로체계의 기능적, 구조적 특성이 기존의 그것과 다르기 때문에, 이를 그대로 적용하기에는 개념적, 논리적, 기술적으로 많은 문제를 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 강릉시를 한 예로써, 영세한 도로포장유지관리 환경의 중소도시단위 PMS에 적합한 PMS의 구성요소를 선정·통합하였다. 이를 통해 조립식 모델 및 모듈을 개발·제공함으로써 각 중소도시의 특성을 합리적으로 반영하고자 하였다. 또한 일반 PC기반의 window 환경에서 PMS를 구성하여 운영이 쉽고, GIS응용프로그램 등을 접목하여 사용자 의견 반영이 가능한 인터페이스를 제공함으로써, 사용자가 이용하기 편리한 시스템을 구축하는데 그 목적이 있다.(그림 1 참조)

2. 시스템 구축 개요

포장유지관리시스템(PMS)은 감독자가 적정한 포장상태를 유지할 수 있도록 최적의 전략을 찾을 수 있게 지원해 주는 일련의 방법이다.⁽²⁾ PMS는 목적에 따라 Network Level과 Project Level로 구분되며 데이터베이스, 포장상태평가, 포장공용성 예측, 유지보수방법의 선정, 우선순위 및 작업계획 결정, 엔지니어링 피드백 등으로 구성된다.⁽³⁾

본 연구에서 강릉시를 중소도시단위 PMS의 시험대상지역으로 선정하였으며 데이터베이스는 강릉시 관할의 고속국도, 일반국도, 주간선·보조간선도로에 한하여 실제자료를 이용하여 구성하였다. 또한 포장상태자

* 정희원. (주)토탈페이브먼트시스템 대표이사 · 공학박사 · 02-3413-0290 (E-mail : j_kim41@hotmail.com)

** 비희원. 한국건설기술연구원 토목연구부 첨단도로시스템 연구그룹, 선임연구원 (E-mail : jusam@kict.re.kr)

*** 비희원. 중앙대학교 건설환경공학과 석사과정 · 02-816-0251 (E-mail : confidence97@hanmail.net)

**** 정희원. 중앙대학교 건설환경공학과 교수 · 02-820-5336 (E-mail : yhcho@cau.ac.kr)

료는 시험운영이라는 점을 고려하여 가상의 값을 이용하였다.

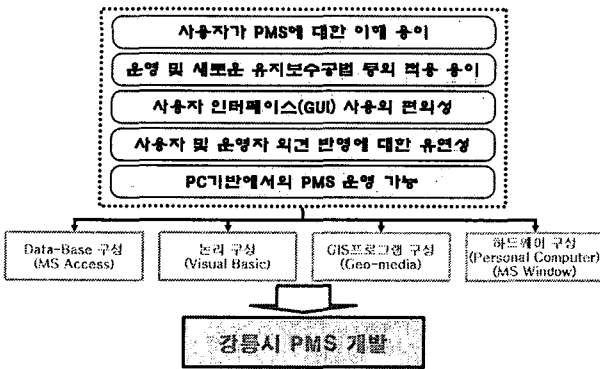


그림 1. 강릉시 PMS의 구성

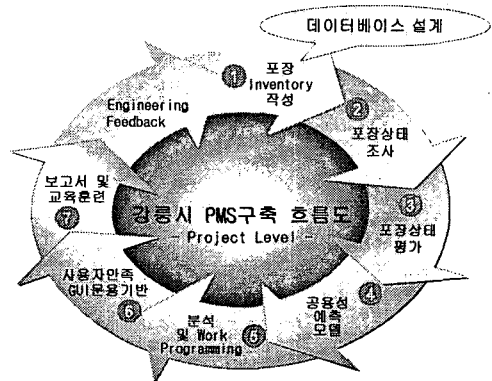


그림 2. 강릉시 PMS구축 흐름도

강릉시 PMS의 개략적 흐름은 그림 2와 같이 구축된 데이터베이스에 포장관련 및 포장상태조사 자료를 입력한 뒤 저장된 자료를 바탕으로 포장상태평가, 공용성예측 및 분석(유지보수공법선정, 우선순위결정, 경제성분석 등)을 실시한다. 또한 PMS의 효율적인 업무수행을 위해서 업무관련 기술이전 및 교육훈련을 실시하고 그 결과 최적의 포장유지관리대안(그래픽, 테이블, 그래프 형식의 보고서)을 작성·출력한다. 최종적으로 PMS 결과에 따른 시행 및 엔지니어링 피드백을 통해 보완이 이루어진다.

3. 데이터베이스 설계

3.1 도로 위치지정체계(Location reference system) 및 도로관리구간 분할 방법 선정

도로관리에 있어 명확한 도로 위치지정체계의 확립은 정책결정자, 도로관리자 및 보수담당자들 간의 원활한 의사소통을 위한 필수적인 요소이다. 이를 위해서는 GIS 응용프로그램상의 지형정보자료와 강릉시의 현장도로가 일치해야 하며, 데이터베이스와 상호 연계되어야 한다.

도로 위치지정체계 방법에는 크게 공간적 방식과 선형적 방식으로 분류된다. 전자는 특정위치를 좌표(위도, 경도, 높이)를 이용하여 지정하는 방식인데 반해, 후자는 도로의 선형에 따라 일정거리에 위치한 지점을 이용하여 인식하는 방식이다. 선형적 방식으로는 Mile post, Mile point, Reference post, Reference point의 4가지 방법이 있다.⁽⁴⁾

또한 도로를 일정구간(동질성구간)으로 나누어 관리할 때, 구간을 분할하는 방법에는 도로의 형태 및 특성에 따라 Route-milepost 방법, Node-link 방법, Branch-section 방법 등이 있다. 이는 데이터베이스의 크기를 결정하는데 중요한 역할을 한다.⁽⁵⁾

강릉시의 여건을 고려한 PMS에서의 결정사항은 다음과 같다.

- 강릉시 PMS의 관리대상 도로는 도시부 도로로써 노드(Node)와 링크(Link)로 구성되어 있으며, 별도의 위치지정을 위한 시설물 관리는 현실적으로 어려움이 있을 것으로 판단하였다. 이에 노선의 각 노드를 Reference point로 사용하여, 시·중점노드로부터 얼마나 떨어진 거리에 위치하는지의 reference 정보를 두어 유지보수 업무수행을 용이하게 하였다.
- 강릉시의 도로는 새주소 사업을 통해 각 노선마다 노선명과 시·중점이 모두 부여되어 있다. 이러한 노선을 기준으로 하여 시점부터 중점까지 일정거리(100m)간격으로 구간을 분할하여 관리하도록 함으로써 포장유지관리 및 자료관리 업무의 효율성을 제고하였다.



- 구간표시를 시작위치와 끝위치로 하지 않고 구간의 길이를 사용함으로써 도로의 선형변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 하였다.

3.2 포장상태지수의 선정

포장상태지수는 정책결정자, 도로관리자 및 보수담당자 사이에 포장상태에 관한 의사소통을 가능하게 해 주며, 전반적인 포장상태의 인식을 빠르게 하는 역할을 한다. 포장상태지수는 균열, 러팅 등의 다양한 형태의 결함을 고려하여 포장상태를 정량화해서 나타낸 값이다. 대표적인 지수로는 Distress Manifestation Index(DMI)⁽³⁾, Pavement Condition Index(PCI)⁽⁶⁾, Pavement Serviceability Index(PSI)⁽⁷⁾ 등이 있다.

강릉시 PMS에서는 강릉시의 지역 및 도로 특성을 고려하여 Pavement Surface Distress Index(PSDI)와 Pavement Serviceability Index(PSI)를 선정하였다. 이는 강릉시 도로의 주된 결함을 충분히 반영하도록 하였으며, 선진 국가의 중소도시단위 PMS에서의 포장상태지수와 비교검증이 가능하도록 하였다.

3.3 데이터베이스

데이터베이스는 도로관련 기초자료 제공 및 포장유지관리와 연관된 모든 의사결정의 객관적인 근거자료로써 성공적인 PMS 구축의 전제조건이 된다. 데이터베이스 구축 시 고려사항은 다음과 같다.⁽⁸⁾

- 장애에 발생할 수 있는 데이터의 변화에 대한 유연성 결비
- PMS의 각 Level에 따른 데이터베이스 구성의 명확한 구분이 필요
- 모든 사용자들의 데이터베이스로의 접근이 용이해야 할 것
- 정확성 및 정밀성을 갖춘 고품질 데이터의 유지관리

이를 바탕으로 데이터베이스의 각 항목들은 그 목적에 따라 달라질 수 있으며, 대상 도로관리기관의 규모 및 여건, PMS구축의 주된 목적 등에 따라 그 내용이 결정된다. 강릉시 PMS의 경우 자료수집의 및 운영의 효율성을 고려하였고, 지역 및 도로특성을 반영하고자 중소도시단위 Project Level에서의 PMS에 필요한 항목들로 데이터베이스를 구성하였다.

- (1) 노선 및 구간 일반현황 관련자료
 - 구간 일련번호(ID), reference point 자료, 지역, 포장종류, 연장, 차선수, 도로폭, 시공업체, 시공년도 등
- (2) 포장상태 관련자료
 - 균열등급, 러팅깊이 등급, 팻칭면적 등급, 팻홀 등급, 평탄성, PSDI, PSI, GPI 등
- (3) 과거이력 관련자료
 - 유지보수이력(보수 공법·연장·면적·비용·일시·횟수·업체, 결합유형), 교통량자료 등
- (4) 정책 관련자료
 - 연도별 예산, 적용보수기준 및 우선순위 등
- (5) 환경 관련자료
 - 기상자료 등

4. 시스템 구성

강릉시 PMS는 도로관리자가 포장상태를 신속하고 정확하게 파악하고, 그에 따른 적절한 유지보수공법, 보수우선순위 및 보수시기를 선정하여 PMS의 궁극적인 목표인 효율적 도로관리를 지원하는 시스템이다.

강릉시 PMS는 일반현황조회 기능, 검색기능, 분석기능, 자료 입·출력기능 등으로 구성되어 있으며, 시스

템 메뉴 구성은 그림 3과 같다.

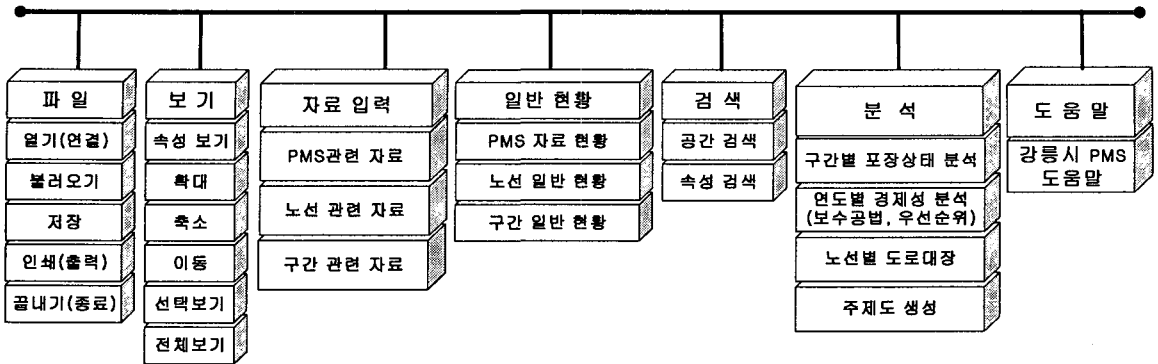


그림 3. 강릉시 PMS 화면메뉴 구성도

4.1 일반현황 조회기능

강릉시 PMS의 데이터베이스는 관리대상도로의 일반현황, 포장상태 및 보수이력 데이터 등을 저장하고 있다. 이러한 데이터베이스 자료들을 통해 정책결정자, 도로관리자, 보수담당자 등은 도로의 전반적인 현황을 파악하게 되며, 그에 따른 포장유지관리관련 의사결정에 필요한 객관적 근거와 정보를 얻게 된다.

강릉시 PMS는 양질의 데이터 정보들을 이용자가 손쉽게 빠르게 획득하고 이해할 수 있도록 설계하였다. GIS 응용프로그램의 활용을 통해 각종 데이터 정보들을 화면에 그래픽으로 표현할 수 있도록 하였으며, 다양한 요구형태에 따른 정보제공을 통해 이용자가 만족 할 수 있도록 하였다. 또한 특정 노선 및 구간에 대한 정보들은 이용자가 그래픽 상에서 한번의 클릭만으로도 쉽게 얻을 수 있도록 하였다. 그림 4는 강릉시 PMS 조회기능의 한 예를 보여주고 있다.

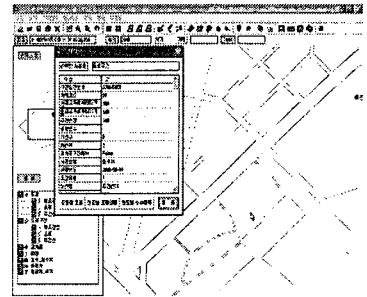


그림 4. 강릉시 PMS 조회기능의 예

4.2 검색기능

강릉시 PMS는 도로관리자를 비롯한 이용자들이 손쉽게 활용할 수 있도록 설계된 시스템이다. 이를 위한 방법 중의 하나가 바로 검색기능의 구성 및 강화이다. 검색기능은 이용자의 요구 형태에 따라 공간검색 기능과 속성검색 기능으로 구분할 수 있다.

4.3 분석기능

같은 종류와 양의 자료를 가지고 있다 하더라도 그것을 어떻게 활용하느냐에 따라 그 효과는 상이하게 나타난다. 현실적으로 포장유지관리에 소요될 수 있는 예산은 한정되어 있기 때문에, 유지보수가 필요한 전 구간의 도로를 보수하는 것은 불가능하다. 따라서 합리적인 분석방법을 통해 이용자가 올바른 의사결정을 내릴 수 있도록 하는 것이 분석기능의 근본적인 목적이라 할 수 있다.

강릉시 PMS의 분석 기능은 포장상태분석(공용성예측 등)과 경제성분석(보수공법 결정, 보수우선순위 결정, 보수비용 및 시기 등)으로 분류하였다.



4.4 자료 입·출력 기능

강릉시 PMS는 데이터베이스 Tool로서 MS Access를 이용하고 있으며, 도로관련 일반현황 및 포장상태자료 등을 포함한 다양한 정보가 저장되어 있다. PMS 운영에 있어서 중추적 역할을 담당하는 데이터베이스 자료는 수집과 관리가 중요하다.

도로관리자는 데이터베이스에 저장되어 있는 자료들을 수정, 삭제, 추가, 갱신해야 하고 다양한 정보들을 알맞은 형태로 출력해야 한다. 이를 위해 강릉시 PMS에서는 자료의 입·출력 기능을 강화하여 이용자가 만족할 수 있도록 하였다. 다음 그림 5 ~ 그림 7은 입·출력물의 한 예를 보여준다.

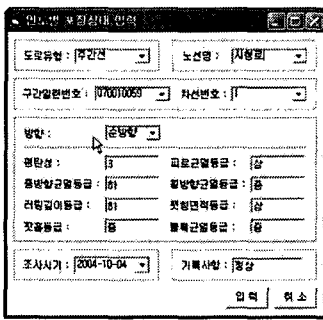


그림 5. 입력창의 예

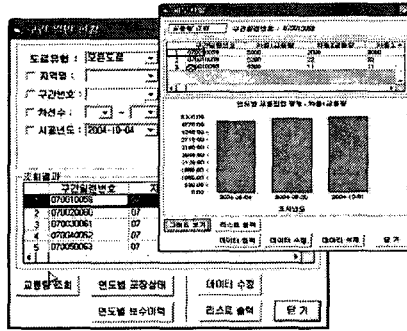


그림 6. 그래프 출력의 예

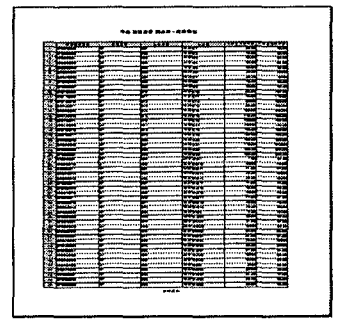


그림 7. 리스트 출력의 예

5. 결론

본 연구에서는 도로포장의 유지관리 환경에 있어서, 비교적 영세하다고 판단되는 중소도시단위에 적합한 도로포장유지관리시스템(PMS)을 제시하고자 하였다. 이를 위해 강릉시 대상으로 PMS구축을 위한 연구를 실시하였으며, 결론은 다음과 같다.

1. 국내의 열악한 중소도시단위 PMS구축 환경에 적합한 PMS의 구성요소를 선정·통합하여, 조립식 모듈 및 모듈을 개발하였다.
2. 중소도시단위 PMS의 도로 위치지정체계 및 도로관리구간 분할은 중소도시내의 관리대상 도로의 특성을 고려하여 구성하였다.
 - 중소도시단위의 관리대상 도로는 도시부 도로로서 노드와 링크로 구성되며, 별도의 위치지정을 위한 시설물 관리의 현실적 어려움이 있다. 이에 노선에 속하는 각 노드들을 Reference point로 사용하여, 시·중점 노드로부터 얼마나 떨어진 거리에 위치하는지의 reference 정보를 두어 유지보수 업무를 용이하게 하였다.
 - 노선명과 시·중점이 부여된 각 노선을 기준으로 하여 시점부터 중점까지 일정거리(50m)간격으로 구간을 분할하여 관리하도록 함으로써 포장유지관리 및 자료관리의 효율성을 제고하였다.
 - 구간표시를 구간의 길이를 사용함으로써 도로의 선형변화에 능동적인 대처를 가능하게 한다.
3. 일반 PC기반의 window 환경에서 PMS를 구성함으로써 운영이 쉽고, GIS 응용프로그램(Geo-media) 등을



접목하여 이용자 편의의 인터페이스를 제공함으로써 이용자의 시스템 접근을 용이하게 하였다.

- 4. 중소도시단위 PMS의 기능을 강화하여 도로관리자 및 다양한 이용자들의 요구를 충족시킬 수 있도록 하였다. 또한 다양한 분석 수행 시 엔지니어의 경험이나 주관적 판단, 예산액 등을 고려하여 쉽게 수정할 수 있도록 함으로써 유연한 시스템을 구축하고자 하였다.

6. 참고 문헌

1. 건설교통부, 도로업무편람, 2004
2. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structure, 1993
3. Tom Kazmierowski, Zhiwei He and Brian Kerr, A Second Generation PMS for The Ministry of Transportation of Ontario, 2001
4. Richard A. Deighton and David G. Blake, Improvements to Utah's Location Referencing System to Allow Data Integration, Third International Conference on Managing Pavements, Vol. 1, National Academy Press Washington, D.C, 1994
5. Ralph Haas, W. Ronald Hudson and John Zaniewski, Modern Pavement Management, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1994
6. M. Y. Shine, Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots, Champman & Hall, 1994
7. 서울특별시, 서울특별시 포장도로 유지관리시스템(PMS) 구축 사업, 2003
8. Ram B. Kulkarni, Richard W. Miller, Pavement Management System : Past, Present, And Future, 2002