

# PCM 기법을 이용한 국도 PMS 평가

## Evaluation of National Highway Pavement Management System using PCM Method

유 인 균

(한국건설기술연구원 도로시설연구실 실장) (한국건설기술연구원 도로시설연구실 연구원)

김 제 원

(한국건설기술연구원 도로시설연구실 연구원) (일본 사이타마대학 토목공학과 교수)

이 수 형

Koji Tsunokawa

### 목 차

I. 서론	III. 국도 PMS 평가
1. 연구의 배경 및 목적	1. 문제점 분석
2. 연구의 범위 및 방법	2. 목표 분석
II. 국도 PMS 현황 및 평가 방법론	3. PDM 작성
1. 포장관리시스템	4. 평가기준 설정
2. 국도 PMS	5. PCM을 이용한 국도 PMS 평가
3. 외국의 PMS 효과분석 사례	IV. 결 론
4. 국도 PMS 평가 방법론	참고문헌

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 도로는 1970년대 초기 고속도로의 건설과 함께 비약적으로 연장이 증가하여 왔다. 도로시설 중에서 도로포장은 차량의 통행과 자연환경적인 영향으로 인해 시간이 지남에 따라 점차적으로 파손되기 때문에 양호한 포장 상태를 유지하기 위하여 일정한 사업비를 투입해 적정한 보수를 시행하고 있다.

도로관리 연장의 증가와 더불어 도로 유지관리 규모나 비용이 증가함에 따라 유지관리 방법을 개인의 경험과 감각에만 의존하기에는 한계가 있고 의사결정 및 한정된 예산의 효율적인 사용에 대한 근거도 필요하게 되었다. 이러한 상황에서 1970년경 미국에서 총체적인 포장 관리가 가능한 포장관리시스템이 연구개발되었으며, 우리나라에서도 건설교통부에서 일반국도 포장의 관리를 위해 1987년부터 외국에서 도로 조사장비와 분석 시스템을 도입하여 지금까지 포장관리시스템을 운영하고 있다.

이러한 시스템은 상황과 여건의 변화에 따라 유연하게 대응하고, 본래의 목표를 충족시키고 있는지 등에 대한 평가를 통해 개선사항을 도출하고 이를 시행함으로써 시스템을 개선시켜 나갈 필요가 있다. 이와 같은 평가를 통해 시스템의 질적인 향상과 신뢰성을 확보할 수 있으며, 자금의 제공자와 지원자 등 다양한 관계자에게 자금 투입의 결과에 대해 명확한 근거를 제시 할 수가 있다.

그러나 우리나라 일반국도에서 20여 년 동안 포장관리시스템을 운영하고 있지만 이 시스템의 문제점이나 체계적이고 합리적으로 포장관리가 이루어지고 있는지 등 운영 중인 시스템의 효과에 대한 평가는 없었으며 국도 포장관리시스템의 질적 향상과 투명성의 확보를 위해서 운영 중인 시스템을 전반적으로 평가할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 국도 포장관리시스템의 현황과 외국의 평가 사례를 살펴보고 적합한 방법론을 설정하여 국도 포장관리시스템을 평가하고 개선방안을 도출하여 보다 합리적이고 체계적인 도로 포장관리체계를 확립하기 위한 토대를 마련하고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

국도 포장관리시스템의 운영 효과를 평가하기 위해 우선 국도 포장관리시스템의 현황에 대해 살펴보고 국외에서의 포장관리시스템 효과분석 사례를 조사하고 이를 통해 적절한 평가 방법을 모색한다.

평탄성, 교통량 등에 대한 포장관리시스템 시행 전·후의 상태 변화 비교 및 시스템 도입 이전부터 현재까지의 유지보수비 변화 추이를 분석하고, 국외 효과분석 사례를 토대로 적절한 효과분석 방법론을 설정하여 국도 포장관리시스템의 운영 효과를 종합적으로 분석·평가하고 운영 효과분석 결과를 토대로 국도 포장관리시스템을 개선시킬 수 있는 방안을 제시한다.

## II. 국도 PMS 현황 및 평가 방법론

국도 포장관리시스템의 현황을 살펴보기 위하여 먼저 포장관리시스템의 개념에 대해서 약술하고 국도 포장관리시스템을 설명함으로써 국도 포장관리시스템이 어떻게 운영되고 있는지 또는 무엇이 보완되어야 하는지 살펴보고 이러한 시스템의 지속적인 발전을 위해서는 적절한 평가와 개선이 필요한 데 외국의 사례를 통해 국도 포장관리시스템의 평가에 적합한 평가 방법을 모색하였다.

### 1. 포장관리시스템

포장관리시스템은 자동차 교통이 발달한 미국에서 포장의 성능을 확보하기 위한 방안으로 1970년경부터 시작되었고, 여러 국가에서 활발히 실무에 적용하고 이를 개선하기 위한 연구가 진행되고 있다.

기존의 전통적인 포장관리방법은 파손이 발생하면 파손이 발생한 구간을 우선 보수하는 대응적 보수를 시행하는 것으로 이러한 방법에는 몇 가지 문제점이 있다.

수명주기 중 포장상태의 변화를 분석해보면, 공용 초기년도에는 대체로 양호한 상태를 유지하면서 오랜 기간 동안 점차적으로 성능이 저하되지만 파손이 발생하기 시작하는 시점부터

는 급격한 성능 저하를 보이게 된다. 이렇게 이미 포장의 파손이 심하게 발생한 구간을 보수하는 대응적 보수방법은 전체 도로망의 평균적인 포장상태를 저하시키게 된다.

적절한 시기에, 적절한 구간을 적정공법으로 예방적 보수를 하게 되면 적은 비용으로 전체적인 포장상태를 양호하게 유지할 수 있다. 언제, 어디를, 어떻게, 어느 정도 보수하느냐하는 것은 현재의 비용뿐만 아니라 장래 유지보수의 결과로 나타날 비용까지 고려하는 생애주기비용분석 등 여러 가지 분석을 통해 이루어져야 하는 복잡한 문제이다. 이러한 다양하고 복잡한 포장의 유지관리를 개인의 경험과 감각에 의한 판단에 의존하는 것은 한계가 있으며, 개인적으로는 경제적이며 효율적이라 내린 판단이 전체 생애주기비용을 고려할 경우 비경제적일 수 있다. 이러한 불합리한 면을 찾아내어 효과적으로 포장을 관리하기 위해서는 포장의 관리를 총체적으로 시스템화할 필요가 있으며, 이를 구체화한 것이 포장관리시스템(Pavement Management System, 이하 PMS)이다.

### 2. 국도 PMS

건설교통부에서는 1970년대부터의 급속한 경제성장으로 인해 교통량의 증가와 중량화로 인해 포장상태가 급속히 악화되어 유지보수비가 급증함에 따라, 보다 객관적이고 합리적인 포장관리방법의 필요성을 인식하게 되어, 1986년 프랑스로부터 조사장비와 분석 시스템을 도입하여 4년에 걸친 조사 작업으로 12,000km의 국도에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

국도 PMS는 국도포장에 대한 데이터베이스, 조사장비와 분석시스템으로 구성되어 있다. 조사장비로는 포장 지지력 측정 장비 FWD(Falling Weight Deflectometer), 노면의 상태를 조사하는 ARAN(Automatic Road Analyzer), 노면의 미끄럼저항을 측정하는 PFT (Pavement Friction Tester) 등을 이용하고 있으며, 경제성 분석도구로는 세계은행에서 2000년 2월 개발한 HDM-4(Highway Design and Management)를 사용하고 있다.

일반국도는 현재 14,000여km로 이중 건설교통부에서 관리하고 있는 11,000여km가 국도 PMS 대상구간이다. 국도 PMS는 개별사업 수준 PMS

와 도로망 수준 PMS로 구분되어 수행되고 있다. 개별사업 수준 PMS는 매년 약 3,000km 구간에 대해 자동화된 조사장비를 이용하여 포장 노면 및 구조적인 상태를 조사·분석하여 차기 년도의 보수구간, 보수공법 및 시행 우선순위를 결정한다. 보수구간과 보수공법의 결정은 포장 파손이 심각한 구간과 기능성을 필요로 하는 구간을 우선적으로 결정하고, 일반적인 보수구간은 차기년도 보수예산을 감안하여 경제성 분석을 통해 보수구간과 시행 우선순위를 결정한다. 정책결정과 일반국도 보수예산 편성 등의 업무에 활용할 수 있는 도로망수준(Network Level) PMS는 전 국도 56개 노선을 5km마다 1 km씩 포장노면상태(균열, 러팅, 평탄성)를 조사하여 노선별, 지역별 노면의 상태 현황을 파악할 수 있도록 분석하고, 자료를 축적하고 있다.

### 3. 외국의 PMS 효과분석 사례

여러 국가에서 도로포장의 유지관리에 PMS를 적용하고 있고 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 다음에는 본 연구에서 조사된 외국의 PMS 효과분석 사례를 정리하였다.

#### 1) Hudson et al. (2001)

Hudson et al.은 미국 애리조나 주 전체에서 PMS의 확립 전·후 두 기간에 대해 도로망의 평균 노후화율을 비교한 후, PMS 설치 후 애리조나 주에서 포장수명을 2년 연장시켰다는 결론을 내렸다. 이후, 전체 도로망의 자산 가치를 고려하여 도로 수명연장을 화폐가치로 변환하였다. 또한, 도로상태의 향상이 가져온 사용자 비용 절감액을 산정하였다. 이들은 포장예산 및 교통량과 같은 PMS의 다양한 입력변수와 기타 요인들과의 잠정적인 연관성을 조사하지 않고 이 같은 혜택이 전적으로 PMS를 도입한 결과라고 생각했다.

애리조나 주에서 실시한 위의 연구의 목표는 PMS를 구축하고 운영하는 데 소요된 비용과 포장상태가 개선되어 얻게 되는 편익을 비교하여 PMS 구축과 운영에 소요된 비용이 효과적이라는 것을 증명하기 위한 연구이며 이 방법은 소요비용의 효율성만 평가한 연구이다.

#### 2) Falls et al. (2004)

Falls et al.은 장기적 자료를 활용하여 PMS의 장점 및 비용의 수량화와 관련된 두 가지 유형의 사례 연구를 논의했다. 첫 유형은 Hudson et al.의 연구와 유사한 것으로 전·후 분석을 활용한 두 가지 사례 연구를 담고 있다. 이 두 가지 사례 연구 중 하나는 Hudson et al.이 논의한 사례와 동일하다. 캐나다 앨버타 주의 사례 연구에서는 PMS의 확립 전 5년 및 확립 후 5년 기간 중에 평균도로망 포장상태가 포장품질지수(Pavement Quality Index; PQI)로 환산하여 7.9% 향상된 것으로 보고되었으며 이 기간 중 도로 복구자금이 일정했다는 점에서 PMS의 효과를 평가하였다. 향상된 결과는 애리조나의 연구와 유사한 방식으로 도로당국 비용 및 사용자 비용 절감으로 변환하였다. 이것은 애리조나의 연구방법과 거의 동일하므로 타당성 및 적용가능성과 관련해 동일한 전망이 가능하다고 본다. 이 사례연구에는 교통량이나 교통하중을 언급하지 않았고 장기적인 데이터가 이러한 모델들의 향상에 기여한 정도가 얼마나 되는지가 조사되지 않았다.

### 4. 국도 PMS 평가 방법론

국도 PMS의 평가는 선진국에서 프로젝트의 다면적인 평가에 사용하는 평가기법을 적용하는 것이 합리적이라는 결론을 내리고 미국 국제개발청(USAID)의 로지컬 프레임워크와 독일 기술협력공사(GTZ)의 목적지향형 프로젝트 입안방법을 참고로 일본의 국제개발고등교육기구(FASID)에서 개발한 프로젝트 순환평가 관리기법(Project Cycle Management; PCM, 이하 PCM)을 이용하여 평가하는 것이 적절할 것으로 판단하였다.

PCM 방법은 프로젝트를 사이클로 파악하여 종합적으로 운영·관리하는 방법으로 대상 프로젝트의 계획·실시·평가라는 일련의 사이클을 효율적이고 일관되게 관리하도록 프로젝트 설계 매트릭스(Project Design Matrix; PDM, 이하 PDM)를 이용하여 관리하는 방법이다.

PDM이란 프로젝트의 관리를 위해 프로젝트의 목표, 성과 및 이를 검증할 수 있는 지표와 활동, 투입 등에 대한 논리적인 상관관계를 나타내는 매트릭스를 말한다.

PCM 1단계는 프로젝트의 도입 시 수반되는 문제점들을 분석하는 것이다. 2단계는 목표계도(Objective Tree)를 만드는 것으로 주로 문제점계도에서 취합된 문제점에 대한 설명을 조치 위주의 보고서로 기술함으로써 만들 수 있다. 이렇게 작성된 목표계도는 프로젝트를 설계하는 지침서 역할을 한다. 3단계는 프로젝트의 사후평가로서 이상적인 상황에서 최초로 작성된 PDM이 현재 프로젝트 구조를 정확히 반영하는지 확인하고 주요 불일치 사항이 식별되면 그에 따라 PDM을 수정하는 것이다. 마지막으로 PCM의 4단계에서는 평가용 PDM를 작성한 이후에 PMS와 같은 복잡하고 다각적인 프로젝트의 사후평가를 위한 종합적인 토대 역할을 하는 OECD/DAC(1991)의 5가지 평가기준을 통해 평가를 수행한다.

평가 5항목이란 타당성(Relevance), 유효성(Effectiveness), 효율성(Efficiency), 영향(Impact), 지속가능성(Sustainability)을 말한다.

결국 PCM에 의한 프로젝트의 평가방법은 PDM과 평가 5항목을 조합한 시스템적인 평가방법을 말한다.

### III. 국도 PMS 평가

PCM에 의한 프로젝트의 평가는 1단계가 문제점분석, 2단계는 목표분석, 3단계에서는 프로젝트 설계 매트릭스(PDM)의 작성, 마지막 4단계는 PDM과 평가 5항목을 이용하여 프로젝트 전체를 평가하고 개선사항을 제시하는 것이다.

#### 1. 문제점 분석

건설교통부가 PMS를 도입하기 이전의 주요 문제점은 도로의 관리연장이 증가하고 유지관리에 필요한 비용이 증가하면서 유지관리 및 보수의 필요성을 평가하는 합리적인 체계의 부재였다. 서로 다른 도로 등급 및 지역과 관련하여 실제적인 유지관리 및 보수의 필요성에 대한 자료가 없었으므로 이미 부족한 상태였던 유지관리 예산이 일부 항목에 편중되어 배분되었고 종종 예산부족을 더욱 악화시켰다.

#### 2. 목표 분석

위에서 언급한 문제점을 완화하기 위해 1987년 건설교통부가 PMS의 도입을 추진하였다.

건설교통부가 도입한 PMS의 핵심 목표는 국가 도로의 유지관리 및 보수의 필요성을 평가하는 체계를 확립하는 것이었다. 유지관리 및 보수예산 요청을 정당화하고 이의 사용을 합리화하는 체계도 요구되었다. 이와 같은 체계가 갖추어짐으로써 일반국도 도로망의 상태가 향상되고 책임성이 증대될 것으로 기대하였다.

PMS의 체계 개발에 가장 중요한 요소는 전체 도로망의 유지관리 및 보수 필요성에 대한 객관적 정보의 가용성과 상이한 도로 등급 및 지역에 대한 유지관리 및 보수예산의 분배이다. 아울러, 도로망에 대한 체계적인 상태조사, 전산화된 도로자료은행 개발 및 PMS 소프트웨어 설치가 필요하다. 전체적인 프로세스는 인적자원과 IT 기반시설의 개발 및 조사장비의 설치와 함께 시작되어야 한다.

#### 3. PDM 작성

PDM은 프로젝트를 5가지 요소 즉, 입력, 활동, 출력, 프로젝트 목표 및 종합 목표로 요약하고 매트릭스의 필수적인 부분으로써 프로젝트가 목표를 달성하기 위해 실행되어야 하는 중요 가정조건을 포함하고 있다.

이 구조는 프로젝트의 5가지 요소간의 논리적 관계를 명확히 제시하는데 매우 효과적이다. 아울러, 각 프로젝트 요소의 달성 정도를 측정하는 객관적 검증지표(Objectively Verifiable Indicators; OVIs)와 검증수단을 식별하는 체크리스트 역할도 한다. 검증지표 검사는 객관적이고 엄격한 모니터링 및 평가의 근거가 된다.

PDM은 프로젝트 전체를 관리하기 위해 프로젝트의 설계단계에서 고안되어야 하지만 국도 PMS와 같은 경우 사후평가의 토대로써 PDM을 소급하여 평가용 프로젝트 설계 매트릭스로 작성하는 것이 유용하다. 그림 1은 국도 PMS에 대해 작성한 PDM이다.

#### 4. 평가기준 설정

설 명	객관적 검증지표	검증수단	중요 가정조건
<b>종합 목표</b> - 적절한 유지관리를 통한 도로상태 향상 - 책임의 증가	1. 종합적인 도로망 상태 2. 납세자의 만족		
<b>프로젝트 목표</b> - 유지관리 예산배정 합리화 - 유지관리 예산 사용 합리화 - 도로 유지관리 예산 증가	1. PMS 활용을 통한 비용절감 2. 유지보수 작업의 비용 효과 3. 도로유지보수에 대한 예산		- 유지보수 작업 실행 및 발주 - 효율성이 악화되지 않음
<b>출 력</b> - 체계적인 도로 상태조사 시행 - 자료은행 구축 - 도로 유지보수 필요성에 대한 객관적인 자료 구축	1. 매년 조사한 도로연장 2. 매년 업데이트되고 자료은행에 저장되는 데이터 3. 전략, 프로그램 및 프로젝트 레벨 분석을 위한 PMS 소프트웨어의 적절한 사용		- 국가 예산이 충분함 - 정치가의 간섭이 지나치지 않음
<b>활 동</b> - 조직적 구조 구축 - 인적자원 개발 - IT 기반시설 개발 - PMS 소프트웨어 및 조사장비 설치	<b>입 력</b> 1. 초기비용:PMS실행을 위한 조직적 구조 확립/PMS 개발 및 운용을 위한 직원지원/IT기반시설개발, 소프트웨어와 조사장비의 구매, 직원교육을 위한 예산 2. 경상비, 직원급여/조사장비, IT기반시설, PMS 소프트웨어의 유지 관리 비용/외주비용		- 훈련된 직원이 PMS를 계속 담당 - 건교부 관리노력이 충분함  전제조건 - PMS 개발을 위한 예산 및 기술자원이 확보됨

그림 1. 평가용 프로젝트 설계 매트릭스(PDM)

PCM 평가방법에서 사용되는 평가 5항목인 타당성, 유효성, 효율성, 영향 및 지속가능성에 대해 평가 항목별로 조사를 하기 위해서는 정량 및 정성적인 분석을 통해 해결해야 할 문제점과 그 요인에 대한 분석이 필요하다.

1) 타당성(Relevance)

타당성은 프로젝트 목표와 상위 목표가 나타내는 방향과 수익자를 포함한 지역사회와 국가 전체가 지향하는 방향이 일치하는지를 검토한다. 특히 정부 정책의 방향성과 프로젝트가 지향하고 있는 방향이 일치하고 있는지가 중요한 요점이 된다. 또한 국가 경제와 유효 자원 및 기타 여러 상황에 대한 정합성도 타당성에 대한 판단 대상이 된다.

2) 유효성(Effectiveness)

유효성이란 프로젝트 목표의 달성도를 의미한다. 프로젝트 목표의 달성도를 조사하기 위해서는 우선 프로젝트 목표와 그 지표가 명확해야 한다. 프로젝트 목표가 애매할 경우 평가자는 PDM 작성 시에 목표를 명확하게 나타내고 양적으로나 질적으로도 적절한 지표를 제시할 필요가 있다.

3) 효율성(Efficiency)

인적, 물적, 금전적 투입이 어느 정도 성과로 전환되었는지를 검토한다. 가장 적절한 수단을 통해 최적의 시기(혹은 기간 내)에 최소의 투입으로 필요한 성과가 달성되면 효율성이 높은 것으로 판단한다. 그러나 이것만으로 효율성이 높은지 낮은지를 판단하기는 쉽지 않다. 투입이

적절했는지 등을 판단하려면 비교를 위한 기준이 필요하지만 고려해야 하는 요인이 많은데다 수량이나 금액으로 환산하기 어렵고 표시 방법도 통일되어 있지 않기 때문에 비교 기준을 정량적으로 명시하기란 매우 어렵다.

4) 영향(Impact)

영향은 프로젝트를 실시함으로써 발생하는 다양한 상황을 말한다. 프로젝트를 일정 기간 내에 실시한다는 것은 활동을 통해 성과와 프로젝트 목표를 달성한다는 것을 의미한다. 영향은 이러한 명시된 의도(성과, 프로젝트 목표) 이외에 일어나는 긍정적인 효과, 부정적인 영향, 기대되는 효과, 예상되는 영향, 나아가 직접적인 것에서부터 파급되는 정도, 시간 경과까지도 고려한 간접적인 것까지도 포함한다.

5) 지속가능성(Sustainability)

지속가능성 검토에서는 프로젝트가 실시해 온 활동의 계속, 성과나 프로젝트 목표의 유지, 상위 목표 달성 예상 등을 고려한다. 중요한 것은 프로젝트 조직이다. 이는 프로젝트 종료 후에 항상 조직으로 활동을 계속하는 예도 있지만 프로젝트 실시 기간 중에 한정되어 있고, 해산되거나 기능이 분산되거나 다른 조직으로 흡수되는 경우도 있다. 또한 프로젝트가 조직화를 기해 온 그룹이나 프로젝트를 지원해 온 실시 기관 등도 중요하다. 이들 조직의 활동과 지원을 통해 프로젝트의 편익이 지속될 전망이 있는지 횡단적인 관점에서 검토한다.

## 5. PCM을 이용한 국도 PMS 평가

국도 PMS 운영 효과 평가는 PDM의 객관적 검증지표를 기준으로 국도 PMS를 검토하고 검토 결과에 기초하여 평가 5항목의 평가기준에 따라 PMS를 전체적으로 평가한 후 평가 결과에 따른 개선사항을 제시한다.

### 1) PDM의 객관적 검증지표에 의한 평가

#### (1) 종합 목표와 관련된 객관적 검증지표

##### ① 종합적인 도로망 상태

일반국도의 종합적인 도로망 상태 평가는 PMS를 도입하기 전·후 상황의 비교를 통해 평가할 수 있다. 국도 PMS를 도입하기 전인 1987년 상황과 2005년 상황을 비교해 보면 교통량은 PMS 시행 전에 비해 상당히 증가하였으나 균열 및 평탄성은 개선되었다. 또한 유지보수에 투자된 비용은 1970년대 이후 지속적으로 증가하다 2001년 이후 감소하는 추세를 나타내고 있다. 표 1은 PMS의 도입전인 1987년과 2005년의 교통량과 포장상태를 비교한 것이며 그림 2는 보수비용 변화 추이를 나타낸 것이다.

<표 1> 포장상태 및 교통량 현황 비교

구분	1987년	2005년	비고
ESAL(대/일)	991	1,593	2005년 교통량
균열률(%)	18.7	5.0	
소성변형(mm)	4.2	6.0	
평탄성(m/km)	2.98	2.27	
보수비용(억원)	1,151	436	2006년 현재가치

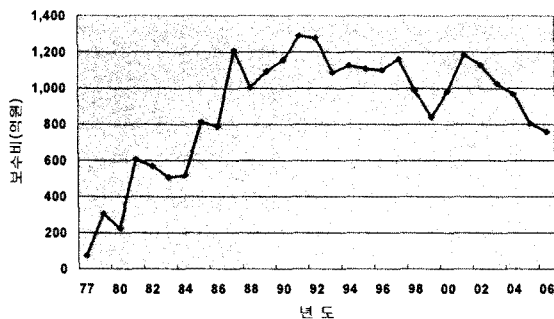


그림 2 보수비용 변화 추이('06년 현재가치 환산)

##### ② 납세자의 만족

국민의 세금으로 운영되는 도로는 결국 납세자인 국민을 위한 것이고 국민이 납세하고 제공하는 서비스에 대해 느끼는 만족감을 말한다. 도로포장의 보수에 대해서 국민이 느낄 수

있는 것은 포장되는 기존포장의 상태이다. 국민은 아직 사용할 수 있는 포장을 보수한다고 느끼고 관계기관에 진정하는 사례가 있다. 이것은 예방적 유지보수의 효과에 대한 홍보의 부족으로 나타날 수도 있고 자료 분석의 착오로 발생할 수도 있다. 그리고 국민이 요구하기 전에 관리기관이 최선의 방법으로 관리하고 있다는 것을 아직은 증명하지 못하고 있다.

#### (2) 프로젝트 목표와 관련된 객관적 검증지수

##### ① PMS 활용을 통한 비용절감

국의 효과분석 사례의 분석 방법을 이용하여 국도 PMS 사용에 의한 비용절감의 정량화를 시도하고자 하였다. 그러나 국도 PMS에서는 비용절감의 정량화에 필요한 자료가 부족하므로 위의 방법을 사용하기 어렵다.

##### ② 유지관리 작업의 경제성

국도 PMS의 비용효과에 대한 궁극적인 지표는 도로망을 어떤 수준으로 유지하는데 사용되는 돈의 양이다. 이러한 경우 효율성이 연장된 기간 내에서 평가되어야 한다. 또한 규모가 큰 도로망이나 중차량 교통량을 유지하는 데에는 더 많은 비용이 필요할 것이므로, 도로망과 교통량 크기의 영향도 고려해야 한다.

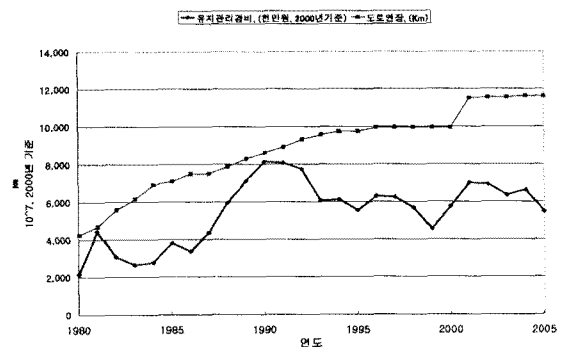


그림 3 도로연장 대비 유지관리 경비

그림 3에서 1980년 이후 도로망은 확장되고 있는 반면 유지관리 경비는 안정화 되고 있다. 유지관리 되는 도로의 km당 유지관리 비용 및 PMS 운영비가 유지관리비용에서 차지하는 비율은 외국의 기관과 유사한 수준으로 나타났다.

1987년에 PMS를 도입하여 본격적으로 PMS가 운용되기 시작한 1990년까지는 유지관리 비용이 급격히 증가하였다가 이후부터는 안정적

인 수준으로 떨어졌다. 1998년 SMA, PMA를 시험포장을 실시하면서 일반국도의 소성변형을 억제하기 위한 방안으로 고비용의 개질아스팔트 혼합물의 적용이 증가하기 시작하였다. 이것은 그 당시의 유지보수비용을 증가시켰으나, 증가된 유지보수비용은 심각한 소성변형 문제를 해결하였고 수년 동안의 유지보수비용을 감소시키는 성과를 나타내었다. 표 2는 이 기간 사이에 16% 증가된 단위 유지보수비용을 나타낸다.

<표 2> 단위 유지보수비용의 비교

구분	평균연장 (km)	평균 유지비 (M 2천원)	km 당 보수비 (M 2천원/km)
1983~1987	7,010	33,912	4.84
2001~2005	11,558	64,793	5.61
증가율	1.65	1.91	1.16

그러나 이 결과가 비용효과의 손실로서 설명되어서는 안 된다. 이 기간 동안 교통량은 증가되었으나 평탄성과 처짐량과 같은 도로망 상태는 개선되었기 때문이다. 표 3은 1987년과 2005년의 평탄성과 처짐량 상태를 비교한 것이다.

표 3 평탄성과 처짐량 개선 현황

구분	평탄성(IRI)		처짐량(mm)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
1987년	2.98	1.59	0.891	0.354
2005년	2.44	0.486	0.221	0.0791
개선율(%)	18.1	-	75.3	-

이것은 비용효과가 증가했다는 것을 의미한다. 비용효과에서의 증가율은 아래의 수식으로 계산되어 질 수 있다.

$$\text{비용효과율} = (\text{평탄성 개선율}) \times (\text{구조적 강도 개선율}) / (\text{단위 유지보수비용 증가율})$$

표 2와 3에서 비용효과는  $1.181 \times 1.753 / 1.16 = 1.785$ 로 계산된다. 따라서 1987년부터 2005년까지 유지보수작업의 비용효과는 적어도 78.5% 개선되었다고 말할 수 있다.

### ③ 유지보수에 대한 예산

유지보수예산과 관련된 PMS의 목표는 2가지가 있다. 하나는 도로망을 유지관리 하는데 필

요한 예산을 충분히 확보하는 것이고, 다른 하나는 유지보수구간과 예산항목에 따라 유지보수예산을 합리적으로 분배하는 것이다.

PMS가 도입된 1987년부터 5년 동안 유지보수예산의 급격한 증가가 있었으나 PMS의 도입으로 인한 것인지 확인하기는 어렵다.

### (3) 출력과 관련된 객관적 검증지수

#### ① 매년 조사한 도로연장

일반국도의 도로포장 조사는 매년 약 3,000km를 조사하고 있다. 그러나 1987년 포장연장에 비해 2005년 포장연장이 42% 증가하였고 4차로 이상의 다차로 비율이 크게 증가하여 실제로 관리해야 하는 포장의 면적은 82%가 증가하였다. 이러한 변화에도 불구하고 PMS 도입 이후 조사연장의 수준은 변하지 않았다. 표 4에 1987년과 2005년 일반국도 차로 및 포장 면적 현황을 나타내었다.

<표 4> 1987년과 2005년 일반국도 차로별 현황 및 포장의 면적

구분	포장연장 (km)	2차로 (km)	4차로 (km)	6차로 이상 (km)	포장면적* (km <sup>2</sup> )
1987년	9,738	8,739	571	428	66.99
2005년	13,846	8,076	5,097	673	121.73
증가율	42.2	-7.6	792.6	57.2	81.7

\* 1차로 폭을 3m로 가정

② 매년 자료은행에 저장되고 갱신되는 자료 국도 PMS에서는 현장조사 자료 및 관련 자료들을 갱신하기에는 한계가 있어 데이터의 저장과 갱신은 일부 자료에 한해 매년 이루어지고 있다.

③ 전략, 프로그램 및 프로젝트 레벨 분석을 위한 PMS 소프트웨어의 사용

국도 PMS에서 보수공법 결정 방법은 우선 포장파손 상황에 따라 보수여부와 우선 보수구간을 선정하고 파손 요소의 정도와 공법별 특성에 따라 보수공법을 결정한다.

보수 우선순위는 파손상태에 따른 우선보수대상 구간과 일상유지관리 구간을 제외한 구간에 대해 경제성 검토를 통해 결정한다. 경제성 분석에는 세계도로은행에서 개발한 HDM-4 프로그램을 활용한다.

(4) 입력과 관련된 객관적 검증지수

① 초기비용

초기비용은 PMS의 실행을 위한 조직적 구조 확립과 PMS 개발 및 운용을 위한 직원지원 및 IT기반시설 개발, 소프트웨어와 조사장비의 구매, 직원교육을 위한 예산을 포함한다. 초기비용에 대해서는 20년 전에 이루어졌기 때문에 판단하기 어렵다.

② 경상비

경상비는 직원급여와 조사장비, IT기반시설, PMS 소프트웨어의 유지관리비용 및 외주비용을 포함한다. 1999년 이전의 운용비용은 확인할 수가 없으며 1999년 이후의 국도 PMS 운영비용은 표 5에 나타내었다.

<표 5> 국도 PMS 운영비용

년 도	'99년	'00년	'01년	'02년	'03년	'04년	'05년
운영비용 (백만원)	522	620	695	800	877	970	900

2) 평가 5항목의 평가기준에 의한 평가

(1) 타당성(Relevance)

타당성 평가는 국가도로망을 관리하고 있는 건설교통부의 현재 정책과 국도 PMS 초기에 고안된 종합 목표 및 프로젝트 목표와 어느 정도 관련되어 있는지를 판단하는 것이다.

종합 목표와 프로젝트 목표와 관련된 객관적 검증지표에 의한 평가에서 종합 목표와 프로젝트 목표의 직접적인 목표를 활용할 수 있는 자료의 부재로 평가할 수 없는 항목이 있었지만 최적 유지보수 공법 결정 및 보수 우선순위 결정, 예산 규모의 객관적 근거 제공, 효과적인 국도 유지보수, 도로 사용자의 더 높은 서비스 수준의 유지 등 기존시설의 운영효율을 극대화하려는 정책과 PMS의 목적을 유지하고 있으므로 전반적으로 타당성에서 우수한(excellent)것으로 평가된다.

(2) 유효성(Effectiveness)

유효성은 출력을 통해 프로젝트 목표가 달성되거나 달성될 정도를 확인하는 것이다. 이 기준은 프로젝트 목표의 객관적 검증지표를 검사하고 프로젝트 목표 달성에 영향을 주는 중요

가정조건의 실현 정도를 고려해 그러한 검증지표가 출력의 결과에 준 영향이 어느 정도인지 평가해야 한다. 이 기준과 관련한 평가는 국가 일반예산이 충분한지, 정치가의 간섭이 지나치지 않은지 등을 면밀히 고려하여야 한다. 각 질문에 대한 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

- PMS를 활용한 비용절감은 자료와 정보의 부재로 인해 대답할 수 없지만 교통량과 도로연장이 크게 증가했음에도 불구하고 포장도 보수예산이 이에 비례해서 증가하지 않은 것으로 볼 때 비용절감은 확실히 있다고 판단된다.
- PMS에서는 HDM-4의 프로젝트 레벨 분석을 사용하여 우선순위를 선정함으로써 유지보수 작업의 효과적인 개선이 가능해졌다.
- PMS는 도로망을 최적의 수준(전략적 분석)으로 유지보수하기 위해 필요한 예산을 분석하는 절차가 있어야 하지만 국도 PMS에서는 이러한 분석이 수행되지 않았다.
- 유지보수 지역과 보수공법선정에 있어 유지보수 예산의 분배가 실질적으로 개선되었는데 이것은 전체 국도 도로망 상태에 대한 객관적인 정보와 우선순위를 결정하는데 있어 HDM-4을 이용한 체계적인 의사결정에 기인한다.

따라서 국도 PMS는 전반적으로 유효성에서 양호한(good)것으로 평가된다.

(3) 효율성(Efficiency)

효율성은 프로젝트 실행과정의 생산성과 관련된다. 조사항목은 입력이 출력으로 전환된 정도, 투입한 자원의 양적·질적 적절성, 입력수단, 방법 및 시기 등이다. 이 기준에 대한 평가결과를 요약하면 다음과 같다.

- 국도 PMS의 도입 이후 관리해야 하는 연장이 증가에도 불구하고 조사연장의 수준은 변화되지 않았다. 또한 현재 운영되고 있는 데이터베이스 시스템은 일부 자료만이 자료은행에 갱신이 되고 대부분의 자료들은 별도의 저장 장치에 저장되어 사용하고 있다.
- 유지관리 되는 도로의 km당 유지관리 비용 및 PMS 운영비가 유지관리비용에서 차지하는 퍼센트 측면에서 캐나다 및 미국 내 여러 도로관리기관과 동일한 성과를 보이는



것으로 나타났다. 그러나 연간 조사의 대상이 되는 도로망의 길이가 타 도로 관리기관보다 짧았으므로 이 점에서 더 많은 노력이 필요하다.

따라서 국토 PMS는 전반적으로 유효성에서 양호한(good)것으로 평가된다.

#### (4) 영향(Impact)

영향은 프로젝트 실행으로 인한 긍정적·부정적 효과 및 직·간접적 효과에 관한 것이다. 영향은 계획 당시 예상하지 못한 효과를 포함한다. 이 기준과 관련한 평가에 대한 결과는 다음과 같다.

- PMS 적용 전·후의 평탄성 결과를 보면 교통량은 증가했지만 평탄성은 획기적으로 개선되었다.
- 부정적인 영향은 보고된 적이 없다.
- 도로망의 서비스 수준이 향상되었고 PMS가 시작된 이후 보다 체계적이고 합리적으로 관리되고 있으므로 시민들의 인식은 향상되었을 것으로 판단된다.

따라서 국토 PMS는 전반적으로 영향에서 우수한(excellent)것으로 평가된다.

#### (5) 지속가능성(Sustainability)

지속가능성은 이후에도 이 프로젝트가 계속될 것인가에 대한 전망이며 프로젝트의 자립도와 관계가 있다. 현재 국토 PMS는 외국의 기술진에 의해 처음 도입되었지만 도입 이후 거의 20여 년간 전적으로 국내 기술진에 의해 활용했다는 점에서 이 평가기준과 관련하여 아무런 문제를 제기할 수 없다. 따라서 국토 PMS는 전반적으로 지속가능성에서 우수한(excellent)것으로 평가된다.

## 6. 개선사항

전체적으로 국토 PMS는 평가 5항목 중 타당성, 영향, 지속가능성은 우수하고 유효성과 효율성은 다른 나라보다 짧은 조사연장과 관련 자료의 부족으로 인하여 양호한 것으로 나타났으나, 전반적으로 우수한 것으로 평가되었다. 따라서 국토 PMS의 유효성과 효율성을 개선시킬 수 있는 방안에 대해 제시하고자한다.

#### 1) HDM-4 사용의 확대

HDM-4 프로그램은 아스팔트포장, 콘크리트포장, 비포장 도로 등 다양한 조건에 대해 목적에 부합하는 분석방법을 선택하여 분석을 수행할 수 있다. 또한 특정 조건하의 분석결과에 대해 원하는 출력물을 선택하여 사용할 수 있다는 점에서 활용성이 매우 높은 프로그램이다.

현행 국토 PMS에서는 5AC(5cm덧씩우기), 내유동성포장(SMA, PMA, CRM, PBS 등을 사용한 5cm 덧씩우기), 표면처리(폴리머 슬러리실), 배수성포장, 현장재생의 5가지 보수공법을 적용하고 있다. 그러나 HDM-4는 5AC나 표면처리가 일정한 조건을 만족하는 구간에 대해 경제적인 방법인지 분석하는 데에만 사용된다.

HDM-4에서 사용되는 아스팔트 포장의 분류는 아스팔트 혼합(asphalt mix; AM)과 같은 내유동성 아스팔트 콘크리트를 포함하기 때문에 이것을 적절히 보정한다면 HDM-4 포장과손모델을 사용할 수 있다.

내유동성포장을 포함한 모든 구간에 대해 HDM-4 분석을 사용할 것을 제안한다. HDM-4를 이용하여 보수공법을 선택할 때 최적의 대안을 포함하는 것은 필수적이다.

또한 국토 PMS에서도 2002년부터 전국 국토 도로망의 상태를 파악하기 위해 전국 국토 포장상태 감시체계를 운영해 오고 있다. 그러나 국토 포장상태 감시체계를 통해 전국 도로망의 상태를 파악하고 평가하는 것은 가능하지만 필요한 예산의 확보나 도로정책에 반영 할 수 있는 근거를 제공하지는 못하고 있다.

따라서 도로망 수준 분석에 HDM-4를 사용할 것을 제안한다.

#### 2) 조사구간의 확대 및 데이터베이스 개선

매년 국토 포장관리시스템은 대략 3,000km의 조사대상구간과 1,800km의 동질성구간을 선정하여 포장조사를 실시한다. 그러나 다른 국가와 비교해 보았을 때, 조사연장이 많은 것이 아니다. 국토 도로망의 관리자로서 국토 도로망 관리에 대한 의무를 다할 수 있도록 적어도 3년에 한번은 국토 도로망의 모든 도로 구간에 대해 조사하는 것이 더 바람직하다. 현재 국토포장관리시스템에서는 조사된 자료는 전산화되어 데이터베이스로 저장되지 않는다. 따라서 국토

도로망을 관리하는데 중요하게 사용될 조사 자료 및 관련된 자료들을 데이터베이스화할 것을 강력히 제안한다.

#### IV. 결론

우리나라 일반국도에서 20여 년 동안 PMS가 운영되어 오면서, 시스템의 문제점이나 체계적이고 합리적으로 포장관리가 이루어지고 있는지 등 운영 중인 시스템의 효과에 대한 평가는 없었으며 국도 PMS의 질적 향상과 투명성의 확보를 위해 PMS의 평가연구를 수행하였다.

PMS의 평가방법으로는 선진국에서 프로젝트의 다면적인 평가에 사용하는 평가기법을 적용하는 것이 합리적이라는 결론을 내리고, 선진외국의 프로젝트 평가기법을 조사하여 일본에서 개발한 PCM방법이 PMS의 다면적인 평가에 적합하다고 판단하였다. 이 방법에 따라 평가한 국도 PMS의 평가 결과는 아래와 같다.

첫째, 타당성은 프로젝트의 목적이 종합 목표 및 프로젝트 목표와 어느 정도 관련되어 있는지를 판단하는 것으로, 현재 운영 중인 포장관리시스템의 목적은 종합 목표 및 프로젝트 목표를 통해 이루어지므로 우수한 것으로 평가되었다.

둘째, 유효성은 프로젝트 목표가 달성되거나 달성될 정도를 확인하는 것으로, 포장관리시스템을 활용하여 유지보수작업 비용의 효율 향상과 유지보수 예산의 증가가 이루어지는 등 양호한 것으로 평가되었으나 비용절감은 관련 자료의 부재로 정량적인 파악이 불가능하였다.

셋째, 효율성은 프로젝트 실행과정의 생산성을 의미하는 것으로, km당 유지관리 비용 및 포장관리시스템 운영비는 다른 나라와 동일한 성과를 보이거나 조사되는 도로연장이 다른 나라에 비해 짧으므로 양호한 것으로 평가되었다.

넷째, 영향은 프로젝트의 실행으로 인한 효과에 관한 것으로, 평탄성의 획기적인 개선과 유지관리 예산의 합리화 및 시민들의 인식 향상이 이루어졌으므로 우수한 것으로 평가되었다.

마지막으로 지속가능성은 프로젝트의 자립도에 관한 것으로, 외국에서 처음 도입되었으나 20여 년간 전적으로 우리나라 사람들이 활용해

왔으므로 우수한 것으로 평가되었다.

전체적으로 국내 포장관리시스템은 평가 5항목 중 타당성, 영향, 지속가능성은 우수하고 유효성과 효율성이 다른 나라보다 짧은 조사연장과 관련 자료의 부족으로 인해 양호한 것으로 나타났으나, 전반적으로 우수한 것으로 평가되었다. 따라서 유효성과 효율성을 보완하기 위해 국내 포장관리시스템 운영시 조사구간의 확대 및 조사 자료의 데이터베이스 개선, HDM-4를 이용한 도로망 수준의 분석, HDM-4에서 사용되는 포장파손모델의 보정을 실시할 것을 제안하였다.

요약하면, 현재의 PMS를 개선하기 위해서는 도로망 수준의 조사와 분석시스템을 갖추어야 하며 HDM-4에 대한 보정을 통해 신뢰성을 높여서 이를 적극 활용할 필요가 있다. 또한 조사 자료의 품질과 데이터의 저장 및 정확한 입출력을 확인할 수 있는 시스템으로의 개선이 필요하다.

#### 참고문헌

1. FASID,(2003). PCM Management Tool for Development Assistance. Monitoring & Evaluation(M&E)
2. Falls, Lynn Cowe and Susan Tighe (2004). Analyzing Longitudinal Data to Demonstrate the Costs and Benefits of Pavement Management. Journal of Public Works Management and Policy, Vol. 8, No. 3, pp. 176-191.
3. Foundation for Advanced Studies on International Development. (2004-1). Project Cycle Management: Management Tool for Development Assistance: Planning, Third Edition. Tokyo: FASID.
4. Foundation for Advanced Studies on International Development. (2004-2). Project Cycle Management: Management Tool for Development Assistance: Monitoring and Evaluation, Third Edition. Tokyo: FASID.