



2011

## 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발

Development of Integrated Pavement Management Policies  
in Seoul

배윤신 · 신성일

# 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발

Development of Integrated Pavement Management Policies in  
Seoul

2011

## ■ 연구진 ■

---

연구책임 배 윤 신 • 환경안전연구실 부연구위원  
신 성 일 • 도시교통연구실 연구위원  
연구원 신 경 엽 • 환경안전연구실 연구원  
조 수 연 • 도시교통연구실 연구원

---

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서  
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

## 요약 및 정책건의

### I. 연구의 개요

#### 1. 연구의 배경

- 서울시 도심부 도로에서는 산업화로 인한 경제 인구의 증가로 교통량이 증가하고 있는 추세이며, 중앙버스전용차로 도입 이후 버스전용차로에 중하중(버스 하중)이 집중적으로 발생하면서 포장파손이 촉진
  - 최근 이상기온 현상으로 인한 동결기의 폭설과 해빙기의 큰 일교차 및 집중호우 등으로 인한 포장파손 발생
- 특히 서울시 간선도로 대부분은 최초 건설 후 20년 이상 공용(公用) 중으로 포장의 노후화가 매우 빠르게 진행되고 있는 상황
  - 아스팔트 포장의 최초 설계수명이 20년임에도 불구하고 실제 공용 중인 도로의 재포장주기는 5~10년 정도
  - 도심부 도로포장의 특성상 도로의 노후화와 교통량 증가, 그리고 잦은 굴착 복구의 영향으로 포장의 수명을 유지하기 매우 힘든 상황을 반증
- 도로는 서울시 인프라구조물의 가장 큰 부분을 차지(도로를 포함한 도시기반시설에 대한 자산가치는 69조 4,771억원)하며 매년 도로부분에서 발생하는 유지관리비용은 2020년 이후로 건설비용을 초과할 것으로 진단됨
  - 도시교통본부 유지관리 예산은 2001년 24.76%에서 2008년 15.84%로 감소
  - 2008년 도로시설물 관리 예산은 2400억원으로 2001년 3036억원 대비 80%에도 못 미치는 상태
- 도로포장관련 비용은 재포장, 긴급복구, 도로상의 공사, 안전사고 방지 등 도로시설 관리 및 교통흐름의 억제에 의한 교통혼잡 비용과 함께 발생함



- 서울시 포장관리시스템(PMS : Pavement Management System)이 활성화되어 있지 않아 많은 유지비용이 소모되고 있음
- 이로 인한 잦은 긴급복구 때문에 교통혼잡 비용 및 민원 발생이 증가
- 그러므로 서울시 도로포장 유지관리 정책은 이러한 기초로서 재료의 품질 관리 방안, 효율적인 포장관리시스템(PMS) 운영 방안, 예방적 유지보수공법의 도입 방안 등에 대한 관리정책 필요

## 2. 연구의 목적

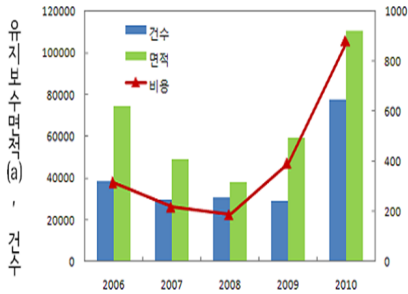
- 이 연구는 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발방안을 제시하기 위하여 포장관리시스템(PMS)을 이용하여 서울시 도로포장의 문제점을 분석하고, 선진 도로포장 사례분석을 통하여 서울시에 적합한 대안들을 도출함. 또한 실무자 심층면접조사를 실시하여 현실적인 접근을 시도하였으며, 서울시 도로포장 개선을 위해 구조적/재료적 측면과 관리적 측면에서 정책방향을 제시
- 공간적 범위는 총 연장 1,932km 도로구간이며 포장파손의 발생 원인을 중심으로 기술
- 시간적 범위는 2008년부터 현재까지이며 서울시 포장관리 현황과 선진 포장관리 자료를 이용

## II. 연구의 주요 내용

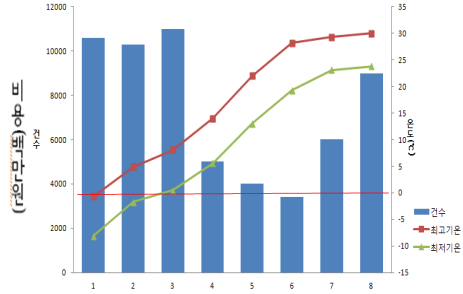
### 1. 서울시 도로포장 현황 및 문제점

- 최근 여름철 집중호우(장마 등) 및 겨울철 폭설 등의 이상기후로 인하여 서

울시 포장파손이 가속화되고 있으며, 이에 따른 비용이 증가  
 -월별 온도에 따른 소파발생량을 보면 1~3월에 소파발생이 집중적으로  
 발생하는 것으로 나타나 해빙기의 온도변화가 도로포장의 파손을 가속  
 화시킬 가능성이 큰 것을 확인

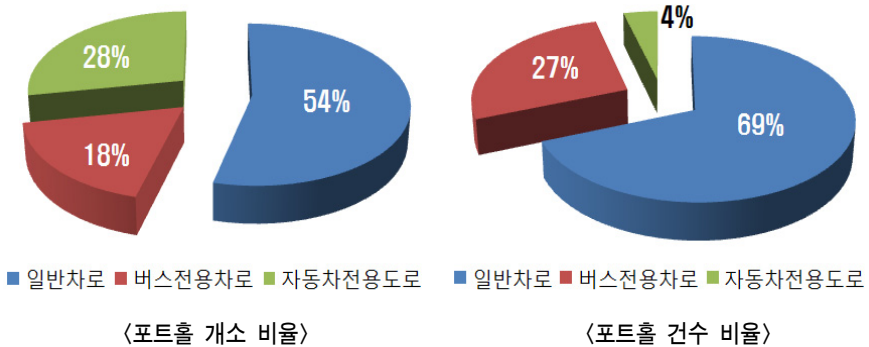


〈그림 1〉 소파보수 면적/건수 및 비용



〈그림 2〉 월별 온도 및 소파발생량

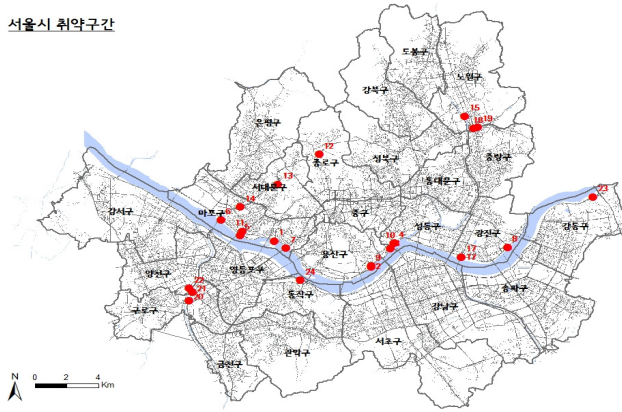
○2004년 서울시 대중교통체계 개편 작업과 함께 중앙버스차선 제도가 도입  
 된 이래로 버스전용차로에 중하중(버스 하중)이 집중되면서 포장파손(소성  
 변형)이 발생하여 조기 포장파손 발생



〈포트홀 개수 비율〉

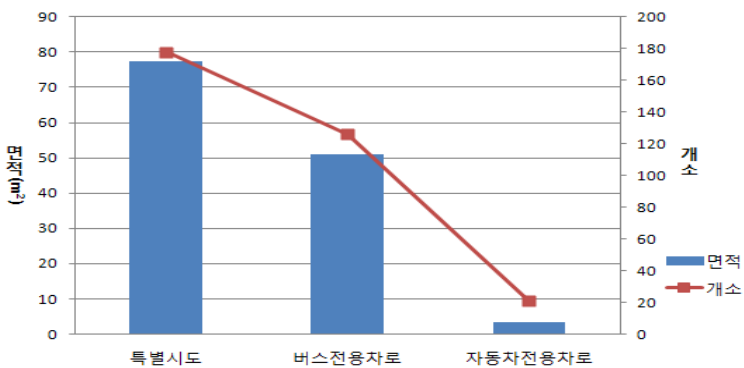
〈포트홀 발생 비율〉

〈그림 3〉 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적



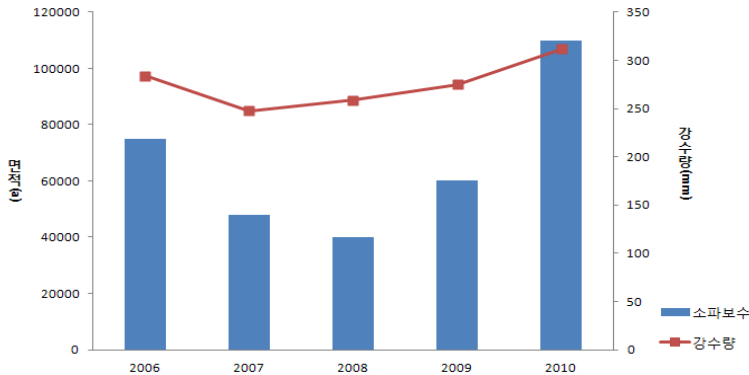
〈그림 4〉 서울시 도로포장 취약구간

- 2009년 “서울시 포장도로 조사 및 분석 용역”을 통해 163개 노선 총 연장 1,932km에서 포장조사 실시
  - 균열률 3.64%, 소성변형 발생량 5.15mm, 종단평탄성(IRI) 3.08m/km
- 차로별 포트홀(pothole) 발생 현황을 보면 버스전용차로의 포트홀 발생 수 및 면적이 매우 높으며, 이는 버스에 의한 중하중의 반복적 재하와 버스정류장에서의 단속류로 인하여 포장파손이 발생하기 때문임



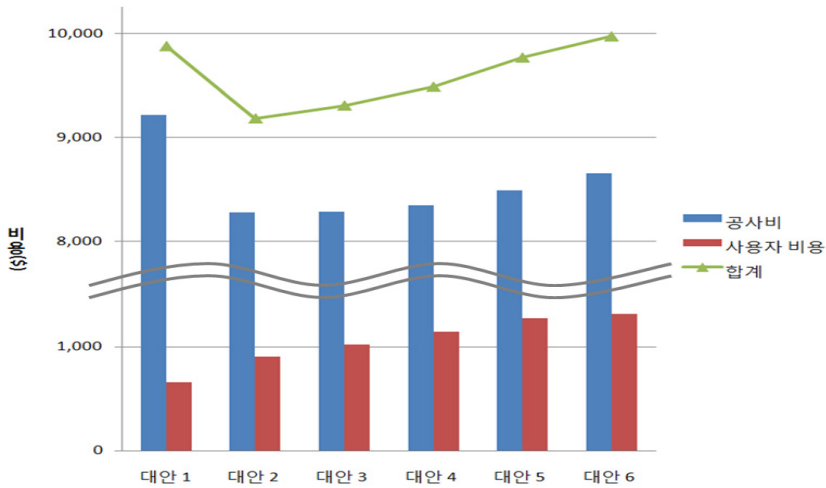
〈그림 5〉 차로별 포트홀 발생

- 연도별 서울시 소파보수 면적 및 강수량을 비교해보면 강수량이 증가할수록 소파보수 면적이 증가
  - 최근 국내 기후가 아열대기후로 변하고 있어 수분에 의한 포장파손을 줄이기 위한 노력이 필요



〈그림 6〉 연도별 소파보수 면적 및 강수량

- 서울시 도로포장 대상의 대부분이 20~30년 이상 된 도로가 대부분이며, 유지보수 시 파손 규모에 따라 소파보수, 평삭 및 덧씌우기 등의 유지공법을 실시하고 있으나 기층 이하 층에 대한 보수는 전혀 시행되고 있지 않음
  - 하부층이 노후화될 경우 기존 포장의 균열에 의해 상부층에 반사균열이 발생하여 덧씌우기 포장의 조기 파손을 야기
- Real Cost 프로그램을 사용하여 덧씌우기 유지보수 공법과 하부 층을 고려한 유지보수공법과의 생애주기비용 분석을 실시
  - 대안 2(하부층 고려)가 가장 경제적인 유지보수 공법
  - 대안 1(덧씌우기 유지보수 공법)보다 대안 2가 경제적



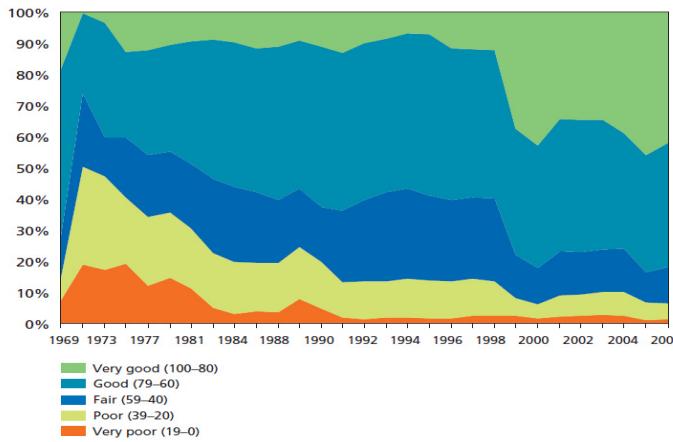
〈그림 7〉 대안별 비용분석 결과

- 총 도로연장 8,142.1km 및 도시고속도로 183.9km 중 노후화된 구간을 연 평균 약 350억원의 도로포장 유지관리 예산으로 효과적으로 정비하기에는 역부족
- 서울시 도로연장이 국토해양부 관리연장의 약 58.2%에 해당하는데 비해 교통상황은 열악하여, 네트워크 레벨의 포장상태 조사만으로는 서울시 도로포장의 상태 진단 및 유지보수 예산집행이 어려움
  - 자동포장상태조사장비는 포장의 하부구조 상태에 대한 진단을 할 수 없으므로 GPR(Ground Penetrating Radar), FWD(Falling Weight Deflectometer) 등 비파괴 시험장비 도입 필요
- 서울시가 주관하는 대부분의 발주 공사는 최저가 낙찰제로 되어 있으며, 수의 계약이 아닌 일반 경쟁 입찰로 되어 있어 많은 문제점 발생
  - 신기술을 개발해도 직접 수주를 하지 못하는 포장 전문업체 대신 아무런 기술이 없는 업체가 공사를 수주하여 품질 관리에 어려움
  - 아스팔트 혼합물을 관급으로 지정할 경우 시공업체와 생산업체가 서로 분리되어 계약하므로 포장 품질에 문제가 발생하면 책임 회피 우려

- 플랜트, 시공, 감리 심층면접조사 결과 온도관리, 다짐횟수 관리 등의 문제가 있는 것으로 확인되었으며, 세 분야 모두 포장 전문인력이 부족한 것으로 나타나 품질 확보에 많은 어려움 발생

## 2. 선진 도로포장 사례 연구

- 대부분의 선진국들은 30~40년 전에 PMS에 대한 연구를 시작하였고 많은 데이터를 구축
  - 워싱턴 주정부의 경우 1970년 포장조사 결과 양호구간의 비율이 약 50%였는데, 2005년 포장조사 결과 양호구간의 비율이 93.5%로 증가



자료 : FHWA, 2008

〈그림 8〉 연도별 포장상태 변화

- 도로 사업에 대한 예산이 감소하고 교통량이 증가함에 따라 도로포장의 서비스 상태 및 수명을 개선시키기 위한 많은 연구가 진행되고 있음
  - 적은 비용으로 도로포장의 수명을 개선시키기 위해 다양한 예방적 유

- 지보수 공법이 개발되었으며, 칩실, 실코트, 크랙필링, 슬러리실 등이 많이 사용됨
- 미국 조지아교통국(Georgia DOT)의 경우 도로포장의 품질 향상을 위해 중·경하중에 대한 아스팔트 도로포장 가이드라인을 제시해 교통량에 따라 아스팔트를 다르게 적용
  - 도로포장의 공용성 확보를 위해 아스팔트 덧씌우기 공법이 가장 많이 사용되고 있으나, 기존 포장의 파손(패칭, 균열 등)을 확실히 제거하지 않고 덧씌우기할 경우 조기 포장파손이 발생하므로, 이를 방지하기 위한 다양한 공법이 적용 중임
    - 보통 아스팔트 기층 시공에 많이 사용되며 기존 아스팔트 포장의 내구성을 강화할 수 있는 CIR(Cold in-place Recycling)공법
    - 응력흡수 및 방수 기능이 있는 멤브레인층을 두는 Reinforced Fabrics 공법
    - 기존 포장의 균열 면과 아스팔트 덧씌우기 포장의 중간에 시공하는 Stress Relief Course 공법
  - 보증제도는 조기 파손으로부터 포장을 보호하고 포장의 공용성을 개선시키며, 잦은 시공을 줄이기 위해 도입
    - 이 제도는 크게 재료 및 기술에 대한 보증과 공용성에 대한 보증으로 나뉘며, 재료 및 기술에 대한 보증은 2~4년의 보증 기간을 갖고, 공용성 보증은 단기 5~10년, 장기 10~20년의 보증 기간을 갖음
    - 유럽의 경우 1~4년의 재료 및 기술적 보증을 적용하고 있으며, 대부분 5년의 공용성 보증을 갖고 있고, 설계수명이 5년보다 클 경우 러팅, 균열, 내구성, 평탄성, 미끄럼 저항성 등의 공용성 평가를 통해 계약자에게 과도한 짐이 되지 않는 선에서 보증 수명을 책정

### Ⅲ. 정책제언

#### 1. 포장의 구조적 개선방안

- 중교통 도로에 대한 대책방안은 버스전용차로가 대상이 되며, 버스전용차로의 경우 당초 이러한 용도로 설계 및 시공되지 않은 도로를 활용함으로써 구조적 지지력(아스콘 단면두께 부족)이 부족한 구간이 대부분임. 따라서 버스전용차로에 대한 구조적 지지력을 조사 평가하고 적정 포장두께를 설계한 다음 지지력 보강을 위한 포장두께를 확보하는 사업이 필요
- 서울시에는 경하중에 대한 시방서는 있으나 중하중에 대한 시방서는 없는 상황이므로 중하중에 대한 시방기준이 중요
- 국내 기후를 고려하지 않은 시방서로 인하여 아스팔트 도로포장의 수분저항성이 많이 떨어져 이에 대한 개선이 필요하고, 아스팔트 혼합물 생산 시 박리방지제 첨가가 요구되며, 이에 따른 연구도 시급
- 서울시에서는 도로의 유지보수를 위하여 획일적인 덧씌우기 공법을 주로 사용하고 있어 하부층(기층 등)이 많이 노후화된 상태(20년 이상)임. 노후화된 포장의 균열에 의한 반사균열은 공용수명을 감소시키고, 잦은 덧씌우기 유지보수 때문에 예산낭비가 발생하고 있으므로 포장관리시스템을 이용한 생애주기비용 분석이 바람직

#### 2. 계약제도의 개선

- 계약발주제도 : 공사시행부서에서 공종별 권역별 통합발주 시행안 검토를 통해 관리업무 경감 및 현장감독 현실화로 공사의 품질 향상을 도모하고 소규모 전문건설업체의 통합 및 대형화로 기술력 향상을 추구하고, 실적 평가를 통해 우수업체의 참가를 장려
- 보증제도 : 현재 서울시에서는 최저가 낙찰제를 적용하고 있으며, 보증 기



간은 2년으로 매우 짧은 상황임. 이에 따라 서울시 도로포장의 성능이 저하될 우려가 있으므로 성능중심의 평가기준을 제시하고, 도로포장의 품질 확보를 위해 하자보수 기간을 장기화(5년)하는 방안을 제시

- 인센티브제도 : 국내에는 2,200여개의 포장 전문 시공회사가 있고, 플랜트 업체의 수가 500여개 있음. 그러나 포장 전문 인력은 매우 미미한 상황이며 아스팔트 포장이 제 수명인 10년을 다 하지 못하고 있기 때문에 공사 준공 시 시공을 잘 수행한 업체 또는 플랜트에게 다음 공사 입찰 때 가점을 주어 전반적인 포장 업체의 시공 수준 향상을 유도
- 지불 규정 제도의 도입 : 공사를 준공할 때 포장의 성능 인자(두께, 밀도 등)를 실험하여, 시방 기준에 못 미치게 되면 그만큼 포장체의 수명이 줄어들므로, 이에 대한 공사 금액을 감액하여 품질 향상을 유도

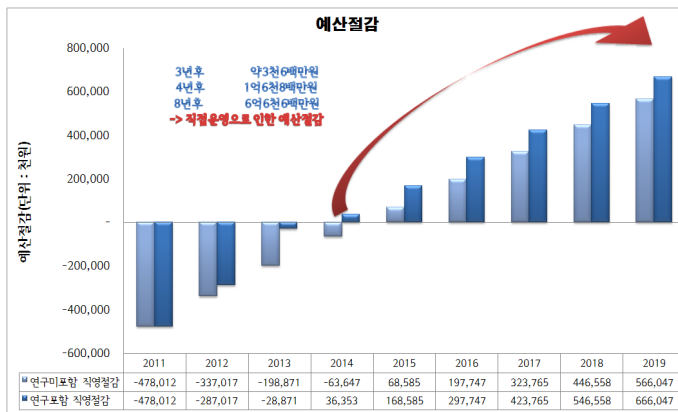
### 3. 품질관리의 개선

- 품질관리 전문 감리제도 : 생산 및 시공 품질관리에 대한 외부지문 또는 전문 감리 시스템을 구성하여, 아스팔트 플랜트 생산 및 시공현장 위탁 전문 감리를 통한 품질관리를 강화하거나, 포장 담당직원과 합동 감리수행으로 직원의 품질관리 능력 함양 유도
- 품질시험 인력 확충 : 전체 서울시 포장 사업에 대한 계획을 수행하기 위한 인력이 필요하며, 지역별 관리사업소에서는 포장 사업을 시행하는 데 있어 품질관리를 철저히 수행하기 위한 전문인력도 필요
- 품질관리 D/B 구축 : 플랜트 및 현장에서의 구간별 품질관리 자료를 D/B 화함으로써, 향후 포장 상태가 변화될 때 원인 등을 체계적으로 판단할 수 있는 근간 마련
- 품질관리 전문인력의 보완 : 관리사업소에는 전문 인력이 거의 없는 수준이므로 본부에 포장 분야에 대한 기획 및 관리를 위한 전문팀이 구성되어

- 야 하고, 사업소별로 최소 2인 이상의 전문인력 배치
- 품질관리 교육 실시

#### 4. 포장관리시스템(PMS) 개선

- PMS의 합리적 운영 : 단년도 최저가 입찰 계약에 따라 매년 업체가 바뀌고, 장비도 변경되고 있는 상황임. 어느 업체든 일정 수준 이상의 장비를 구축하고 운영할 수 있도록 만들거나, 최소 3년간은 일정 기관에서 운영할 수 있도록 장기 계약을 할 필요가 있음. 또한 네트워크 레벨뿐 아니라 프로젝트 레벨의 PMS도 반드시 구축해야 함
- 예산절감 : 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과가 있으며, 3년 후부터 연구 포함 직영 시 우수인력과 장비를 갖춘 서울시 도로포장 유지관리 전문팀 운영으로 약 3,600백만원의 예산절감 효과가 있음. 또한 우수인력 확보로 도로포장 성능향상 프로젝트의 관리 및 서울시 도로포장 재료 및 시공 품질관리 전문요원으로 근무가 가능하므로 업무의 효율성이 뛰어남



〈그림 9〉 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과

## 5. 인력양성

- 포장관련 인력 양성의 현황을 보면 국내에서는 포장관련 교육 프로그램이 전무한 편이며, 아스콘 플랜트의 경우 KS의 인증을 받기 위해 받는 교육이나 공무원 교육원 등에서 단편적으로 2~3시간씩 받는 교육이 거의 전부인 실정임. 도로포장이 전문성을 요구한다는 점을 인식하고, 이에 대한 주기적 교육 및 인증이 필요하며, 도로포장 산업기사제도 및 기사제도화도 필요

# 목 차

---

제1장 서론 .....	3
제1절 연구배경 및 목적 .....	3
1. 연구배경 .....	3
2. 연구목적 .....	4
제2절 연구범위 및 내용 .....	5
1. 연구범위 .....	5
2. 연구내용 .....	5
제3절 연구체계 및 연구방법 .....	6
1. 연구체계 .....	6
2. 연구방법 .....	6
제2장 서울시 도로포장 현황 및 문제점 .....	11
제1절 서울시 도로파손 및 포장현황 .....	11
1. 서울시 도로파손 발생 현황 .....	11
2. 서울시 도로포장 상태 분석 .....	17
제2절 서울시 도로포장 문제점 분석 .....	31
1. 구조적/재료적 문제 .....	32
2. 관리적 문제 .....	45
제3절 실무자 대상 심층면접조사 및 분석 .....	51
1. 플랜트 실무자 심층면접조사 결과 .....	52
2. 시공 실무자 심층면접조사 결과 .....	53
3. 감리 실무자 심층면접조사 결과 .....	57
제3장 선진 도로포장 사례 연구 .....	63

제1절 포장관리시스템(Pavement Management System) .....	63
1. 미국 .....	64
2. 영국(United Kingdom) .....	68
제2절 중하중 .....	70
1. 예방적 유지보수 .....	71
2. 중·경하중 아스팔트 포장 가이드라인 .....	74
제3절 반사균열 .....	77
1. 미국 네바다(Nevada) .....	79
2. 미국 일리노이(Illinois) .....	85
제4절 계약제도 .....	86
1. 미국 .....	86
2. 유럽 .....	90
<b>제4장 서울시 도로포장 개선방안 .....</b>	<b>95</b>
제1절 도로포장 내구성 증진을 위한 정책방안 .....	95
1. 포장의 구조적 개선방안 .....	95
2. 특수 포장의 도입 .....	100
제2절 서울시 도로포장 관리시스템 구성(안) .....	103
1. 제도적 측면 .....	103
2. 시스템 측면 .....	110
3. 인력양성 측면 .....	113
<b>제5장 결론 및 정책제언 .....</b>	<b>117</b>
제1절 결론 .....	117

1. 서울시 도로파손 발생 현황 .....	117
2. 서울시 도로포장 상태 분석 .....	119
3. 서울시 도로포장 구조적/재료적 문제 .....	122
제2절 정책제언 .....	124
1. 포장의 구조적 개선방안 .....	124
2. 계약제도의 개선 .....	126
3. 품질관리의 개선 .....	127
4. 포장유지관리시스템(PMS) 개선 .....	128
5. 인력양성 .....	129
참고문헌 .....	133
부록 .....	141
영문요약 .....	165

# 표 목 차

---

〈표 2-1〉 도심지 도로포장 특성 .....	11
〈표 2-2〉 서울시 도로포장 취약구간 .....	15
〈표 2-3〉 도로파손의 정의 및 발생 메커니즘 .....	16
〈표 2-4〉 조사대상노선 .....	17
〈표 2-5〉 국내외 보수기준 비교 .....	24
〈표 2-6〉 SPI 등급에 따른 포장상태 등급 .....	26
〈표 2-7〉 조사대상 노선의 분석결과 .....	26
〈표 2-8〉 사업소별 SPI 현황 .....	31
〈표 2-9〉 수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소 .....	36
〈표 2-10〉 2003년 도로보수 현황 .....	37
〈표 2-11〉 포장상태 등급 기준 .....	39
〈표 2-12〉 보수이력에 의한 포장상태 등급 .....	39
〈표 2-13〉 2010년 서울시 일교통량 .....	42
〈표 2-14〉 교통량 입력 변수 .....	42
〈표 2-15〉 대안별 유지보수 계획 .....	43
〈표 2-16〉 유지보수 공법 적용 자료 .....	43
〈표 2-17〉 대안별 유지보수 비용 비교 .....	44
〈표 2-18〉 도로관리과 포장 유지보수 세출예산 .....	46
〈표 2-19〉 서울시 도로포장 현황 .....	46
〈표 2-20〉 서울시 PMS 추진 경위 .....	47
〈표 2-21〉 네트워크 및 프로젝트 레벨 항목 비교 .....	48
〈표 3-1〉 영국의 도로 현황 .....	68
〈표 3-2〉 포장상태 조사장비 적용 현황 .....	70
〈표 3-3〉 중하중 도로포장 유지보수 공법 .....	74

〈표 3-4〉 경하중 시방서 .....	75
〈표 3-5〉 중하중 시방서 .....	76
〈표 3-6〉 Nevada DOT 포장과손 현황 .....	84
〈표 3-7〉 보증 형태별 보증 기간 .....	88
〈표 3-8〉 포장 보증제도 .....	89
〈표 4-1〉 중하중 도로포장 개선방안 .....	97
〈표 4-2〉 중하중 도로포장 기대효과 .....	97
〈표 4-3〉 수분저항성 개선방안 .....	98
〈표 4-4〉 수분저항성 개선 기대효과 .....	98
〈표 4-5〉 하부구조 개선방안 .....	100
〈표 4-6〉 하부구조 개선 기대효과 .....	100
〈표 4-7〉 연도별 용역비 .....	111
〈표 4-8〉 제시된 정책방안의 시급성 정도 .....	114
〈표 5-1〉 제시된 정책방안의 시급성 정도 .....	130



# 그림목차

---

〈그림 1-1〉 연구체계 .....	6
〈그림 2-1〉 연도별 서울시 소파보수 면적/건수 및 비용 .....	12
〈그림 2-2〉 월별 온도 및 소파발생량 .....	13
〈그림 2-3〉 월별 강수량 및 소파발생량 .....	13
〈그림 2-4〉 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적 .....	14
〈그림 2-5〉 서울시 도로포장 취약구간 .....	14
〈그림 2-6〉 소성변형 (서울시 양재동) .....	16
〈그림 2-7〉 피로균열 (좌 : 삼양동, 우 : 군자동) .....	16
〈그림 2-8〉 포트홀 (좌 : 역삼동, 우 : 양재동) .....	17
〈그림 2-9〉 자동포장상태조사장비(KRISS) .....	18
〈그림 2-10〉 균열 조사 .....	19
〈그림 2-11〉 소성변형 조사 .....	19
〈그림 2-12〉 종단평탄성 조사 .....	20
〈그림 2-13〉 KRISS를 통한 이미지 촬영방식 .....	21
〈그림 2-14〉 포장도로의 노면 이미지 촬영 .....	21
〈그림 2-15〉 횡방향 요철(소성변형량) 측정 .....	22
〈그림 2-16〉 Quarter Car Model .....	23
〈그림 2-17〉 종단평탄성(IRI)에 따른 포장 상태 .....	23
〈그림 2-18〉 종단평탄성 측정 초기화면 .....	24
〈그림 2-19〉 균열 발생분포 현황 .....	27
〈그림 2-20〉 도로교통사업소별 균열률 현황 .....	27
〈그림 2-21〉 소성변형 발생분포 현황 .....	28
〈그림 2-22〉 도로교통사업소별 소성변형 현황 .....	29
〈그림 2-23〉 종단평탄성 분포 현황 .....	29

〈그림 2-24〉 도로교통사업소별 중단평탄성 현황 .....	30
〈그림 2-25〉 사업소별 포장평가지수(SPI) 현황 .....	31
〈그림 2-26〉 연도별 교통량 .....	32
〈그림 2-27〉 차로별 포트홀 발생 .....	33
〈그림 2-28〉 중앙버스전용차로 포트홀(석촌호수) .....	33
〈그림 2-29〉 연도별 일반 및 특수 아스팔트 적용 비율 .....	34
〈그림 2-30〉 연도별 강수량 .....	35
〈그림 2-31〉 연도별 소파보수 면적 및 강수량 .....	35
〈그림 2-32〉 덧씌우기 횟수에 따른 일반국도 포장의 공용연수 .....	38
〈그림 2-33〉 Real Cost 프로그램의 초기화면 .....	41
〈그림 2-34〉 대안별 비용분석 결과 .....	44
〈그림 2-35〉 서울시 PMS 흐름도 .....	47
〈그림 2-36〉 GPR을 이용한 포장 두께 및 파손 현황 조사 .....	49
〈그림 2-37〉 FWD(Falling Weight Deflectometer) .....	49
〈그림 2-38〉 포장파손 비율 .....	51
〈그림 2-39〉 아스팔트 골재 구매처 .....	52
〈그림 2-40〉 아스콘 운반 시 거리 및 시간 고려 유무 .....	53
〈그림 2-41〉 텍코팅 시공 품질 향상을 위한 요소 .....	54
〈그림 2-42〉 페이머 작동 원리 및 장비 구조 .....	55
〈그림 2-43〉 다짐 횟수 점검 .....	55
〈그림 2-44〉 아스팔트 포장에 대한 교육 여부 .....	57
〈그림 2-45〉 시공 공정별 아스콘 온도 점검 여부 .....	58
〈그림 2-46〉 다짐별 다짐횟수 점검 여부 .....	58
〈그림 3-1〉 연도별 포장상태 변화 .....	64

<그림 3-2> 아스팔트 콘크리트의 생애주기비용 유지보수 주기 .....	65
<그림 3-3> POP 프로그램 .....	67
<그림 3-4> 포장결합 및 처리방법 .....	72
<그림 3-5> 공법 선택 절차 .....	73
<그림 3-6> 아스팔트 포장 선택 가이드라인 .....	75
<그림 3-7> 반사균열 메커니즘 .....	78
<그림 3-8> 반사균열 모델에 대한 설계도 .....	79
<그림 3-9> CIR 시공 .....	81
<그림 3-10> CIR공법의 포장 단면 .....	81
<그림 3-11> Reinforced Fabrics 공법의 원리 및 포장 단면 .....	82
<그림 3-12> Stress Relief Course 공법의 포장 단면 .....	83
<그림 3-13> Mill and Overlay 공법의 포장 단면 .....	83
<그림 3-14> Interlayer 적용 사례 .....	86
<그림 3-15> 시방서 개발 흐름도 .....	87
<그림 4-1> 포장두께 확보 방안 .....	95
<그림 4-2> 서울시 아스팔트 포장 선택 가이드라인(안) .....	96
<그림 4-3> 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과 .....	112
<그림 5-1> 월별 온도 및 소파발생량 .....	118
<그림 5-2> 월별 강수량 및 소파발생량 .....	118
<그림 5-3> 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적 .....	118
<그림 5-4> 서울시 도로포장 취약구간 .....	119
<그림 5-5> 도로교통사업소별 균열률 현황 .....	119
<그림 5-6> 도로교통사업소별 소성변형 현황 .....	120
<그림 5-7> 도로교통사업소별 중단평탄성 현황 .....	121

〈그림 5-8〉 사업소별 포장평가지수(SPI) 현황 .....	121
〈그림 5-9〉 연도별 교통량 .....	122
〈그림 5-10〉 차로별 포트홀 발생 .....	122
〈그림 5-11〉 연도별 소파보수 면적 및 강수량 .....	123
〈그림 5-12〉 대안별 비용분석 결과 .....	124
〈그림 5-13〉 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과 .....	129

# 제1장 서론

제1절 연구배경 및 목적

제2절 연구범위 및 내용

제3절 연구체계 및 연구방법

# 제1장

## 서론

### 제1절 연구배경 및 목적

#### 1. 연구배경

서울시 도심부 도로에서는 산업화로 인한 경제 인구의 증가로 교통량이 증가하고 있는 추세이다. 중앙버스전용차로 도입 이후 버스전용차로에 중하중이 집중적으로 발생하면서 포장파손이 촉진되고 있으며, 최근 이상기후 현상으로 인한 동절기의 폭설과 해빙기의 큰 일교차 및 집중호우 등으로 인한 포장파손이 발생하고 있다.

특히 서울시 간선도로 대부분은 최초 건설 후 20년 이상 공용 중으로 포장의 노후화가 매우 빠르게 진행되고 있는 실정이다. 실례로 아스팔트 포장의 최초 설계수명이 20년임에도 불구하고 실제 공용 중인 도로의 재포장주기는 5~10년 정도이다. 이는 도심부 도로포장의 특성상 도로의 노후화와 교통량 증가, 잦은 굴착 복구의 영향으로 포장의 수명을 유지하기 매우 힘든 상황을 반증하고 있다(한국도로학회, 2005).

도로는 서울시 인프라구조물의 가장 큰 부분을 차지(도로를 포함한 도시 기반시설에 대한 자산가치는 65조 4,771억원)하며 매년 도로부분에서 발생하는 유지관리비용은 2020년 이후로 건설비용을 초과할 것으로 진단되고 있다. 하

지만, 서울시 도시교통본부 도로기획관 예산 중 도로시설물의 안전점검 및 진단 등 유지관리에 투입되는 예산은 2001년 24.76%에서 2008년 15.84%로 감소하는 등 매년 감소 추세에 있고, 2008년 도로시설물 관리 예산은 2400억원으로 2001년 3036억원 대비 80%에도 못 미치는 상태여서 효율적인 예산운영 방침 마련이 시급한 상태이다(서울시정개발연구원, 2008).

도로포장관련 비용은 재포장, 긴급복구, 도로상의 공사, 안전사고 방지 등 도로시설 관리 및 교통흐름의 억제에 의한 교통혼잡 비용과 함께 발생한다. 서울시는 포장관리시스템(PMS : Pavement Management System 이하 PMS)이 활성화되어 있지 않아 예방적 유지보수보다 사후 유지보수를 하고 있는 실정이기 때문에 많은 유지비용이 소모되고 있고, 이로 인한 잦은 긴급복구 때문에 교통혼잡 비용 및 민원 발생이 증가하고 있다.

그러므로 서울시 도로포장 유지관리 정책은 이러한 기초로서 재료의 품질관리 방안, 효율적인 PMS 운영 방안, 예방적 유지보수공법의 도입 방안 등에 대한 관리정책이 필요하다.

## 2. 연구목적

이 연구는 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발방안을 제시하기 위하여 PMS를 이용하여 서울시 도로포장의 문제점을 분석하였고, 선진 도로포장 사례분석을 통하여 서울시에 적합한 대안들을 도출하였다. 또한 감리, 시공, 플랜트에 대한 심층면접조사를 실시하여 도로관리시스템 개선을 위한 현실적인 접근을 시도하였으며, 서울시 도로포장 개선을 위하여 구조적/재료적 측면과 관리적 측면에서 정책방향을 제시하였다.

## 제2절 연구범위 및 내용

### 1. 연구범위

이 연구의 공간적 범위는 총 연장 1,932km 도로구간이며 포장파손의 발생 원인을 중심으로 기술되었고, 시간적 범위는 2008년부터 현재까지이며 서울시 포장관리 현황과 선진 포장관리 자료를 이용하였다.

서울시 통합 도로포장 관리정책 개발방안을 제시하기 위하여 서울시 도로포장 관리현황 및 문제점 파악, 선진 도로포장 사례 분석, 서울시 도로포장 개선 방안 도출 단계로 연구를 진행하였다.

또한 서울시 도로포장 관리현황 및 문제점을 파악하기 위해 2008년부터 2009년까지 수행된 PMS 자료를 이용하여 서울시 도로포장의 파손 원인을 분석하였고, 선진도로포장 사례를 통해 도심지역에 주로 발생하고 있는 중하중으로 인한 포장파손과 반사균열에 의한 덧씌우기 공법의 문제점을 해결하기 위한 방안을 도출하였다. 마지막으로 서울시 도로포장 개선을 위해 구조적/재료적 측면과 관리적 측면에서 서울시 도로포장에 적용해야 할 방안을 제시하였다.

### 2. 연구내용

이 연구의 주요 내용은 크게 ① 서울시 도로포장 현황 및 문제점 ② 선진 도로포장 사례 연구 ③ 서울시 도로포장 개선 방안의 3가지로 구성되어 있다.

서울시 도로포장 현황 및 문제점에서는 ① 서울시 도로파손 및 포장현황 ② 서울시 도로포장 문제점 분석 ③ 실무자 대상 심층면접조사 및 분석의 3가지 요소를 살펴보았다.

선진도로포장 사례에서는 ① 포장관리시스템 ② 중하중 ③ 반사균열 ④ 계약제도의 4가지 사례를 조사하였다.



서울시 도로포장 개선 방안에서는 ① 도로포장 내구성 증진을 위한 정책방안 ② 서울시 도로포장관리 시스템 구성(안)에 대한 개선 방안을 기술하였다.

### 제3절 연구체계 및 연구방법

#### 1. 연구체계



〈그림 1-1〉 연구체계

#### 2. 연구방법

이 연구를 위해서 문헌조사와 함께 국내·외 현황 및 개발사례, 서울시 도로포장 상태 현황 분석 등을 통해 서울시 도로포장 수준 향상에 관한 주요 이슈들을 살펴보았다.

먼저 서울시 PMS 자료를 통해 서울시 도로포장의 상태를 파악하였고 포장

파손의 원인을 규명하였으며, 크게 관리적 문제와 구조적 문제로 분류를 하였다. 관리적 문제에서는 예산 부족, PMS 관리 미흡, 계약 문제, 잦은 굴착 복구 등을 분석하였고, 구조적 문제에서는 증가하는 교통량 및 중앙버스차선 도입으로 인해 발생하는 포장파손, 이상기온 및 강수량으로 인해 생기는 포장파손, 획일적인 덧씌우기 공법 등을 살펴보았다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 선진 도로포장 관리 현황에 대한 조사를 수행하였다. 특히 효율적인 유지보수를 수행하기 위한 PMS, 중앙버스차로의 조기파손을 방지하기 위한 중하중 도로포장관리 방안, 하부구조의 문제점을 해결하기 위한 반사균열 등에 대한 문헌을 조사하였다.

이를 통해 서울시 도로포장 개선 방안을 구조적/재료적 측면과 관리적 측면으로 나눠 작성을 하였다. 구조적/재료적 측면에서는 중하중 도로포장 개선 방안, 수분저항성을 향상시키기 위한 박리방지제 도입, 하부구조의 불량으로 인한 잦은 덧씌우기 공법을 줄이기 위한 방안 등의 내용을 다루었다. 관리적 측면에서는 도로포장의 품질 향상을 위한 계약제도와 효율적인 PMS 운영을 위한 방안을 제시하였다.

## 제2장 서울시 도로포장 현황 및 문제점

제1절 서울시 도로파손 및 포장현황

제2절 서울시 도로포장 문제점 분석

제3절 실무자 대상 심층면접조사 및 분석

## 제 2 장

# 서울시 도로포장 현황 및 문제점

### 제1절 서울시 도로파손 및 포장현황

#### 1. 서울시 도로파손 발생 현황

도심지 도로포장의 파손은 주로 구조 및 재료적 특성에 의한 파손과 도심지 특유의 문제점에 의한 파손으로 분류할 수 있다. <표 2-1>은 도심지 도로포장의 특성을 보여준다.

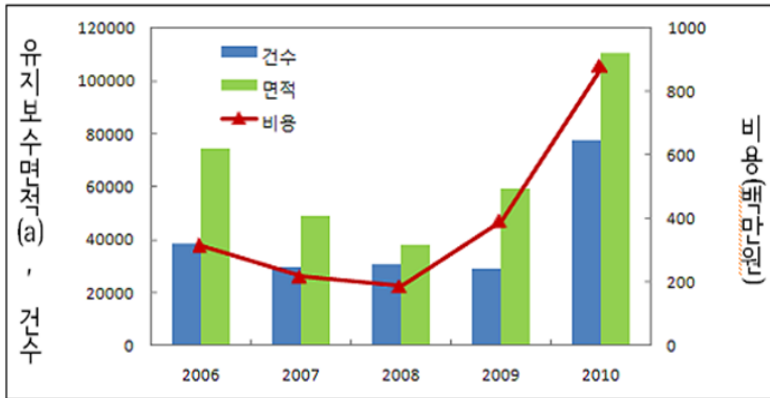
<표 2-1> 도심지 도로포장 특성

구조 및 재료적 특성	도심지 포장 특성
<ul style="list-style-type: none"><li>- 아스팔트 콘크리트 포장이 다수임</li><li>- 노후 포장이 다수임(20년 이상)</li><li>- 평균 아스팔트 층 두께 20~30cm</li><li>- 유지보수 시 획일적 표층 덧씌우기</li><li>- 특정 파손에 대한 보수 대책 부재</li><li>- 재생 아스콘 활용 비율 30%</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 기존 도로의 유지보수 위주임</li><li>- 빈번한 도로의 굴착 및 복구의 시행</li><li>- 겨울철에 제설제 사용</li><li>- 주로 야간공사</li><li>- 도심지내 포장재료 플랜트 부재</li><li>- 단속류 및 저속류 교통하중</li><li>- 포장체 하중초과 차량 단속 미비</li></ul>

자료 : 한국도로학회, 2005

최근 여름철 집중호우(장마 등) 및 겨울철 폭설 등의 이상기후로 인하여 서

울시 포장파손이 가속화되고 있다. <그림 2-1>은 연도별 서울시 소파보수 면적/건수 및 비용을 나타내고 있다.

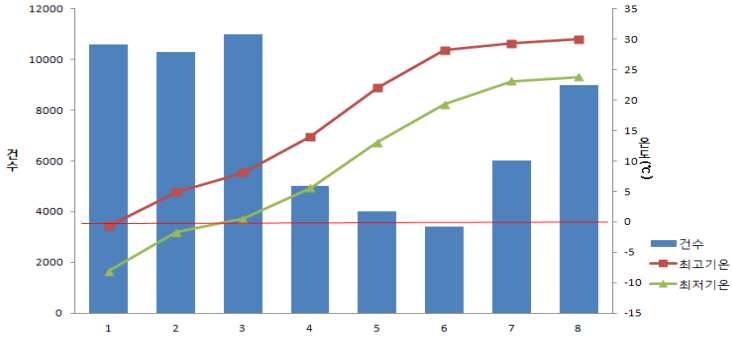


자료 : 서울시, 2011

<그림 2-1> 연도별 서울시 소파보수 면적/건수 및 비용

특히 2010년에는 소파보수 면적/건수 및 비용이 큰 폭으로 증가하였는데, 이것은 2010년에 ‘기후변화 종합 재해 세트’라고 할 만큼 다양하고 강도 높은 이상기후 현상이 한반도에 나타났기 때문이다. 2010년 1월 4일 서울에 25.4cm의 폭설(1937년 이래 최대), 9월 21일 서울에 259.5mm의 폭우(1908년 이후 역대 2위), 여름철 92일 중 81일의 전국평균기온이 평년보다 높은 폭염 지속 등의 기상이변이 발생하였다(기상청, 2010).

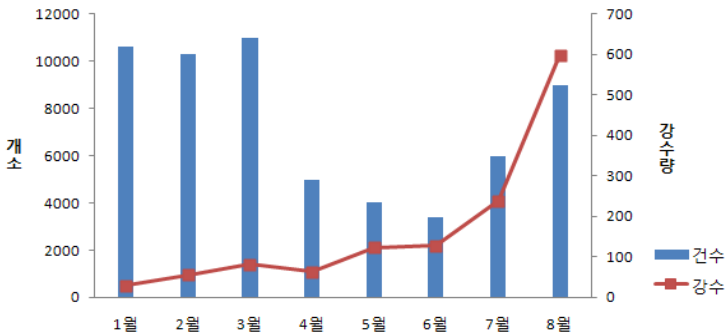
<그림 2-2>는 월별 온도 및 소파발생량을 나타내고 있다. 1월부터 3월까지의 온도 변화를 보면 각각의 평균 최저기온과 평균 최고기온이 0℃ 부근에 분포하고 있으며, 소파가 집중적으로 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이 자료를 통해 해빙기의 온도변화가 도로포장의 파손을 가속화시킬 가능성이 크다는 것을 알 수 있었다



자료 : 서울시, 2010  
기상청 홈페이지 2010

〈그림 2-2〉 월별 온도 및 소파발생량

〈그림 2-3〉은 월별 강수량 및 소파발생량을 보여주고 있다. 강수량이 증가하는 7월, 8월에 소파보수 발생 건수가 증가함을 확인할 수 있었으며, 1월부터 3월까지 앞서 말한 해빙기 온도변화의 영향으로 인해 포장파손을 가속화 시킨 것으로 보인다.

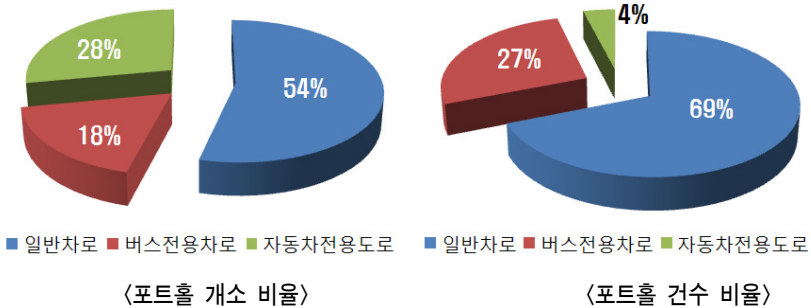


자료 : 서울시 도시안전본부, 2010  
기상청 홈페이지 2010

〈그림 2-3〉 월별 강수량 및 소파발생량

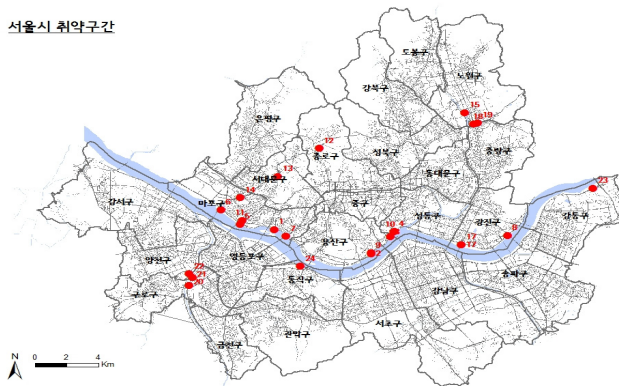
2004년 서울시 대중교통체계 개편 작업과 함께 중앙버스차선 제도가 도입

된 이래로 버스전용차로에 중하중(버스 하중)이 집중되면서 포장파손(소성변형)이 발생하여 포장 수명에 큰 영향을 미치고 있다. <그림 2-4>는 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적을 보여준다. 버스전용차로의 포트홀 개소 비율(18%) 및 포트홀 건수 비율(27%)을 보면 버스전용차로의 비율이 상당히 높은 것을 확인 할 수 있으며, 중하중(버스 하중)이 포장파손에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. <그림 2-5>와 <표 2-2>는 서울시 도로포장 취약구간을 나타내고 있다(서울시설공단, 2011).



자료 : 서울시, 2010

〈그림 2-4〉 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적



자료 : 서울시설공단, 2011

〈그림 2-5〉 서울시 도로포장 취약구간

〈표 2-2〉 서울시 도로포장 취약구간

연번	노선명	방향	반복파손위치
1	강변북로	구리	서강대교 지난 500m(4차로)
2			반포대교 지난 1.1km(1차로)
3			한남대교 지난 1.1km(1차로)
4			동호대교 하단 1~2차로
5		난지	당산철교 지난 200m 4차로
6			성산대교 전 200m 3차로
7			마포대교 하단 1~4차로
8			올림픽대교 북단 램프
9			서빙고 고가
10			동호대교 하단 1~4차로
11	내부순환로	성산	성산램프 전 200m
12		성동	흥지문터널 전 200m
13			홍은램프
14			성산램프
15	동부간선도로	상계	한천교 지난 300m 1~2차로
16	동부간선도로(B)	공항	D램프 시점부
17		청담	청담대교 전 1~2차로
18	북부간선도로	구리	월릉 JC 지난 300m(2차로)
19			월릉 JC 지난 450m(2차로)
20	서부간선도로	성산	고척교 지난 300m(2차로)
21			신정교~목동교(1차로)
22		시흥	목동교~신정교(1차로)
23	올림픽대로	공항	암사정수장 지난 400m(4차로)
24		하일	한강철교 지난 500m(4차로)

자료 : 서울시설공단, 2011

실제 서울시 포장상태를 확인하기 위하여 서울시내 도로포장 현장조사를 실시하였다. <그림 2-6>, <그림 2-7>, <그림 2-8>은 각각 소성변형, 피로균열, 포트홀을 보여주며, <표 2-3>은 도로파손의 정의 및 메커니즘을 나타내고 있다.



〈표 2-3〉 도로파손의 정의 및 발생 메커니즘

구분	정의 및 발생 메커니즘
소성변형	지속적인 교통하중에 의해 바퀴가 접촉하는 양쪽 측면이 밀려 올라와 종방향으로 포장이 손상되는 현상을 의미한다. 소성변형은 크게 보조기층 및 노상에서 발생하는 소성변형(Consolidation)과 표층에서만 발생하는 소성변형(Rutting)으로 구분한다.
균열	반복 교통하중에 의해 아스팔트 콘크리트의 피로 파괴로 인하여 발생하는 일련의 상호 연결된 균열을 의미한다. 균열의 종류에는 크게 거북등균열, 종·횡방향 균열, 패칭, 시공 줄눈 등이 있다.
포트홀	아스팔트 포장의 공용 시에 포장 표면에 생기는 국부적인 작은 구멍으로, 시공 시의 전압 부족, 혼합물의 품질 불량, 배수구조 불량 등의 이유로 발생한다.

자료 : 위성동, 2002



〈그림 2-6〉 소성변형 (서울시 양재동)



〈그림 2-7〉 피로균열 (좌 : 삼양동, 우 : 군자동)



〈그림 2-8〉 포트홀(좌 : 역삼동, 우 : 양재동)

## 2. 서울시 도로포장 상태 분석

1999년부터 현재까지 서울시는 도로포장 유지관리 업무 및 유지보수 예산 편성에 합리적이고 실용적인 행정과 투명성 확보를 위하여 서울시 PMS 구축 및 운영에 관한 용역을 주고 있다.

이 연구는 서울시 도로포장의 상태를 분석하기 위해서 서울시 PMS 자료 중 자동포장상태 조사장비(KRISS : Korea Roadway Infrastructure Survey System, 이하 KRISS)를 이용하여 조사된 약 1,932km의 자료를 활용하였다. 더불어 포장 파손을 균열, 소성변형, 종단평탄성으로 구분하여 상태 현황을 각 관리사업소로 제시하였으며, 조사대상노선에 대한 상세 내용은 다음 <표 2-4>와 같다.

〈표 2-4〉 조사대상노선

구분	노선수	조사차로연장(km)
전체	163	1,932
동부사업소	16	184
서부사업소	36	369
남부사업소	23	286
북부사업소	39	344
성동사업소	23	254
강서사업소	22	202

자료 : 서울시, 2009

## 1) 자동포장상태 조사장비(KRISS)

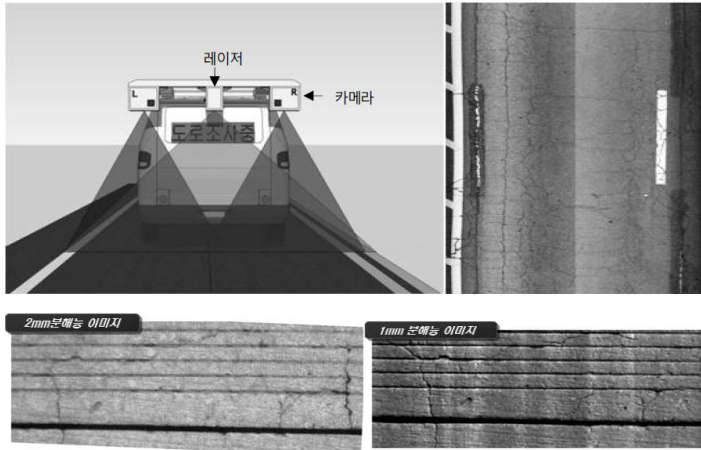
KRISS 건설교통부 국책연구과제로 개발된 장비이며 현재 국토해양부 국도 포장 조사장비로 사용되고 있다. 또한 최신 레이저 기반의 포장상태 조사장비로서 기존 장비에 비해 고선명 노면 이미지 획득이 가능하여 미세균열 검출이 가능하다. KRISS의 기능에는 포장의 균열 정도와 분포면적, 소성변형 깊이 및 종단평탄성 등의 노면상태 조사 기능 등이 있다. <그림 2-9>는 KRISS를 보여주며 조사 항목의 세부 내용은 다음과 같다.



<그림 2-9> 자동포장상태조사장비(KRISS)

### (1) 균열

KRISS의 균열 감지 방법을 보면 후방에 설치된 고해상도 라인스캔 카메라를 이용하여 최대 0.5mm 균열 분해능력을 갖는 노면 이미지를 획득함으로써, 보다 미세한 균열 및 명확한 포장의 표면결함 검출이 가능하다. <그림 2-10>은 KRISS로 균열을 조사하는 모습을 보여준다.

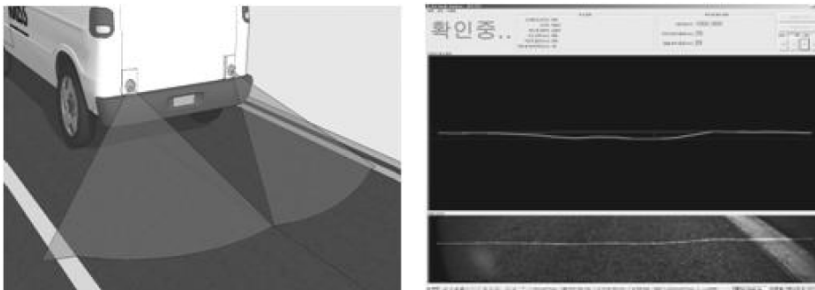


자료 : 국토해양부, 2010

〈그림 2-10〉 균열 조사

## (2) 소성변형

KRISS는 기존 아날로그 횡단 프로파일 측정기 및 3m 막대자를 이용하여 측정하는 장비와 달리 측정 자료가 디지털로 기록되고 소성변형량을 신속하게 조사할 수 있는 장비이다. <그림 2-11>은 KRISS를 이용해 소성변형을 조사하는 모습을 나타낸다.

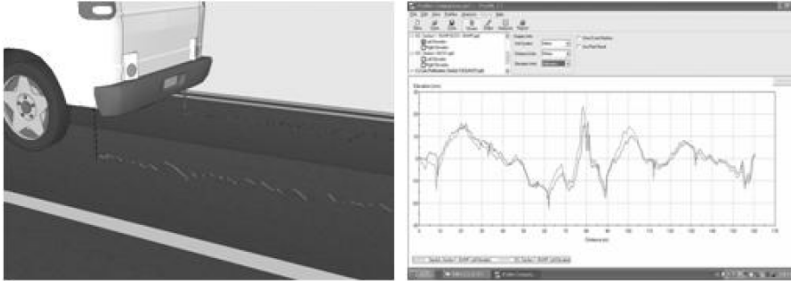


자료 : 국토해양부, 2010

〈그림 2-11〉 소성변형 조사

### (3) 종단평탄성

종단평탄성 측정을 위해 정밀도 0.01mm 이하의 고정밀 고속레이저를 차량의 주행궤적과 동일하게 양측 바퀴 부분에 장착하고, 포장의 요철(凹凸)을 신속히 측정하여 차량 주행방향에 대해 포장의 평탄정도를 정량화시킨다. 주행 중 차량의 떨림 보정을 위해 가속도 센서를 이용하고, 주행속도에 따른 차량 떨림의 영향을 최소화시켜 요철 높이를 측정한다. <그림 2-12>는 종단평탄성을 조사하는 모습을 보여준다.



자료 : 국토해양부, 2010

<그림 2-12> 종단평탄성 조사

## 2) 분석방법

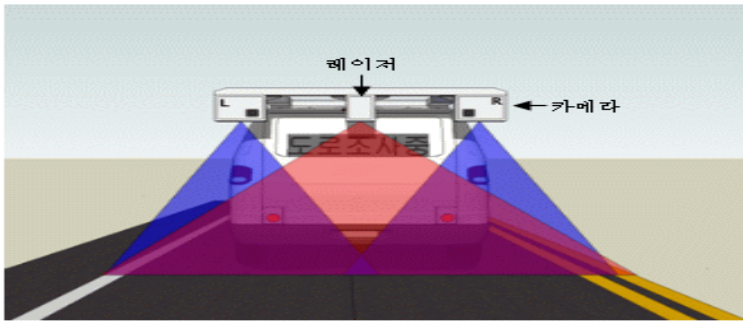
### (1) 균열(표면결함)

균열은 종·횡방향 균열, 시공줄눈부 균열 등의 선형균열과 거북등 균열과 같은 면적균열, 소파보수(Patching), 포트홀 등과 같은 노면에 나타난 표면결함을 의미한다. 표면결함 자료는 포장평가지수의 기초자료로 활용할 수 있도록 도로의 포장면적에 대한 균열면적의 정도를 나타내는 균열률(%)로 표현하고 있다. <그림 2-13>은 KRISS를 통한 이미지 촬영방식을 보여주고, <그림 2-14>는 포장노면 이미지를 나타낸다.



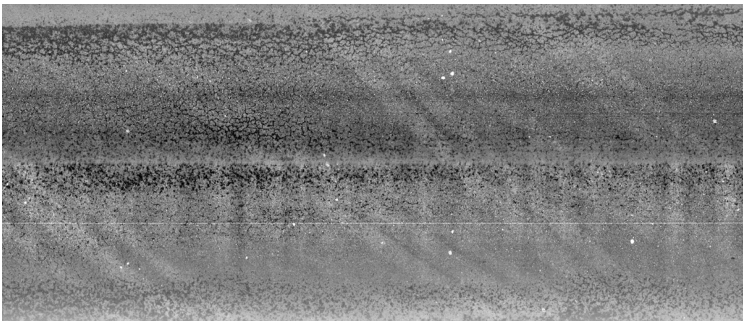
※ 표면결함 측정 방법

도로포장 노면의 결함을 수치화하는 방법으로 노면이미지에 일정크기의 격자망을 형성하여 균열이 발생한 곳을 체크하여 결함발생량을 정량화할 수 있는 격자망 분석방법을 적용



자료 : 서울시, 2009

〈그림 2-13〉 KRISS를 통한 이미지 촬영방식



자료 : 서울시, 2009

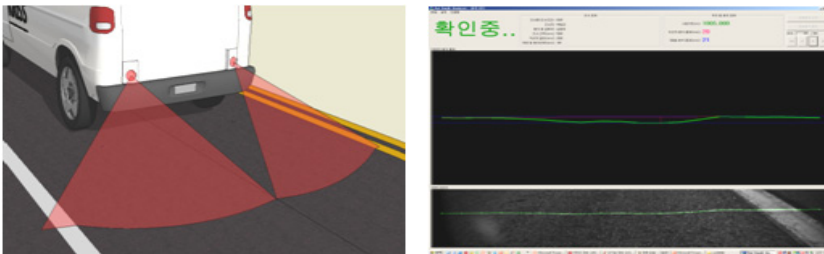
〈그림 2-14〉 포장도로의 노면 이미지 촬영

## (2) 소성변형

최근의 교통량의 증가와 더불어 화물차량의 대형화로 인해 도로의 바퀴자국을 따라 변형이 증가되고 있다. 또한 소성변형의 대표적인 사례인 러팅(rutting)은 중차량 통행노선과 교차로에서 크게 발생하고 있으며, 우천 시 물고임 현상 때문에 안전운행의 저해요인으로 작용하고 있다.

소성변형의 정량화 방법이 있음에도 불구하고, 측정방법이나 기기에 따라 결과 값에 많은 차이가 발생하고 있다. 일반적으로 소성변형의 측정을 위해 직선자(Straight-Edge) 방법에 의해 변형된 깊이를 구하게 되나, 공용 중인 도로에서 방대한 구간을 매번 직선자 방법으로 소성변형을 정량화하는 것은 현실적으로 불가능하다.

따라서 <그림 2-15>와 같이 노면의 횡단에 대해 선형레이저를 출력시키고 동시에 영상을 촬영하여 화상처리 방식으로 대상노면의 상대적 높이(Profile)를 측정하여 노면에 발생한 소성변형의 깊이를 구하게 된다.



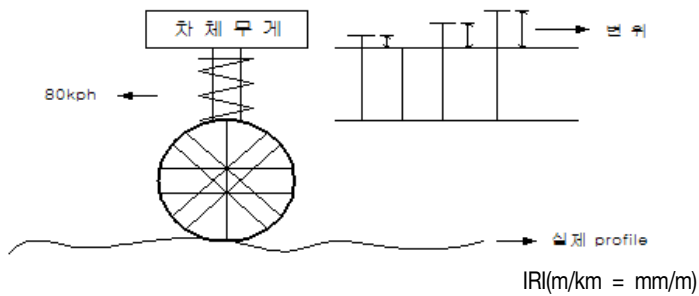
자료 : 서울시, 2009

<그림 2-15> 횡방향 요철(소성변형량) 측정

## (3) 종단평탄성

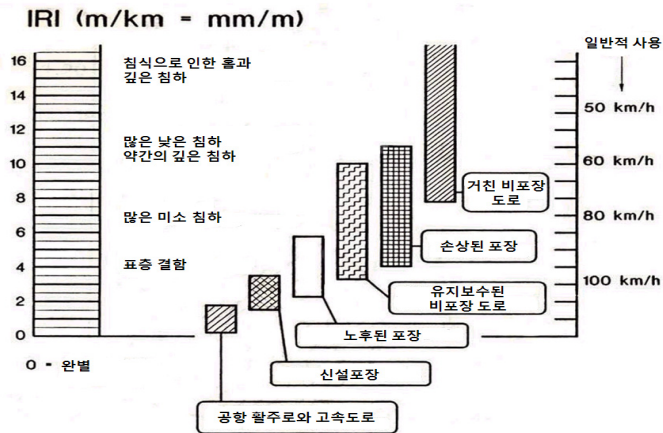
승차감, 즉 노면의 종단평탄성은 노면의 종방향 굴곡을 말하며 도로의 기능적 측면에서 운전자에게 가장 민감한 요소이다. 이 연구에서는 국제적으로 통용하여 쓰고 있는 종단평탄성(International Roughness Index, IRI)을 사용하였다. 종단평탄성은 먼저 노면의 실제 상대적 높이를 측정하고, 이 노면을 <그림

2-16>과 같은 Quarter Car(자동차의 네 바퀴 중 한 바퀴만 있는 가상의 차량)가 80km/h로 주행했을 때 발생하는 상·하 흔들림을 누적하여 산출한다. 국내의 경우 자동포장상태 조사장비(ARAN, ARIA, KRIS 등)에 종단평탄성을 측정할 수 있는 시스템이 장착되어 있으며, 최근에 품질관리 측면에서 종단평탄성을 측정하여 도로의 실제 승차감으로 준공검사를 수행하기도 한다. 종단평탄성에 따른 포장 상태는 <그림 2-17>과 같다.



자료 : 서울시, 2009

<그림 2-16> Quarter - Car Model



※부록 2 참조

<그림 2-17> 종단평탄성(IRI)에 따른 포장 상태



종단평탄성 측정방법은 다음과 같다. 먼저 조사장비의 후방에 장착된 레이저 센서에 의해서 <그림 2-18>과 같이 도로포장의 상대적 높이가 수집되며, 이때 차량의 진동은 장비 내에 부착된 가속도계로 보정된다. 또한, 데이터를 수집하는 각각의 센서는 차량의 양쪽 바퀴가 지나가는 주행경로의 노면요철을 실시간으로 측정하여 단위구간별(20m)로 저장한다.



자료 : 서울시, 2009

<그림 2-18> 종단평탄성 측정 초기화면

<표 2-5>는 과손별(균열, 소성변형, 종단평탄성) 국내의 보수기준을 비교한 것이며, 서울시의 경우 균열률 15% 이상, 소성변형 25mm 이상, 종단평탄성 7.5m/km 이상일 경우 유지보수를 하도록 규정되어 있다.

<표 2-5> 국내외 보수기준 비교

분류		유지보수 여부 경계기준			비고
국가	기관	균열률 (%)	소성변형 (mm)	종단평탄성 (IRI) (m/km)	
서울특별시		15	25	7.5	100km/h 이상
국내 PMS	고속도로	10	12.5	3.5	80km/h
	국도	10 (균열도 0.3m/m <sup>2</sup> )	20	4.0	60km/h (2차로)
	지방도	20	20	5.0	
일본	MCI	15	25	-	
미국	FHWA/DOT	-	12.5	3.5~3.8	주간선도로

자료 : 서울시, 2009

#### (4) 포장상태지수(SPI)

방대한 도로에서 다양하게 나타나는 포장상태를 각각의 파손 정도(종류, 범위)에 따라 정량적으로 표현하고 평가하기 위한 하나의 방법으로 국내외에서 다양한 지수가 사용되고 있다.

즉 포장상태지수를 활용하여 포장파손의 종류에 따라 양, 정도 등을 정량적으로 표현하고 보수대상구간의 유지보수 우선순위를 산정한다. 이를 통해 중·장기적으로 유지보수시기를 예측하여 경제적인 유지보수 예산을 수립할 수 있다.

서울시는 자체적인 포장 평가지수인 SPI(Seoul Pavement Index)를 개발하여 사용하고 있으며 (식 2.1)과 같다.

$$SPI = 10 - PDI \quad (\text{식 2.1})$$

여기서, PDI : 포장파손지수(Pavement Distress Index)

$$PDI = [(10 - PCI_{Cr})^5 + (10 - PCI_{Rd})^5 + (10 - PCI_{IRI})^5]^{1/5}$$

$$PCI_{Cr} = 10 - 2.23Cr^{0.3}$$

$$PCI_{Rd} = 10 - 0.2Rd$$

$$PCI_{IRI} = 10 - 0.667IRI$$

여기서, Cr : 포장의 균열

Rd : 평균 소성변형 깊이

IRI : 종단평탄성

SPI 등급에 따른 포장상태 등급은 다음 <표 2-6>과 같다.

〈표 2-6〉 SPI 등급에 따른 포장상태 등급

SPI	상태구분	보수방안
10 ~ 8	매우 양호	보수 불필요 또는 예방적 유지보수, 균열실링, 소파보수 등
8 ~ 7	양호	
7 ~ 6	보통	1~2년내 보수 필요
6 ~ 5	보통 불량	적정 보수(보수계획수립)
5 ~ 3	불량	보수/보강 필요 (절삭)덧씌우기 등
3 ~ 0	매우 불량	

자료 : 서울시, 2009

이 연구에서는 포장파손을 조사 노선에 대한 평균수치인 균열, 소성변형, 종단평탄성으로 구분하였고, 포장파손 종류별 현황을 지역별로 살펴보았으며, 각 분석 결과 자료는 서울시 PMS 자료를 활용하였다.

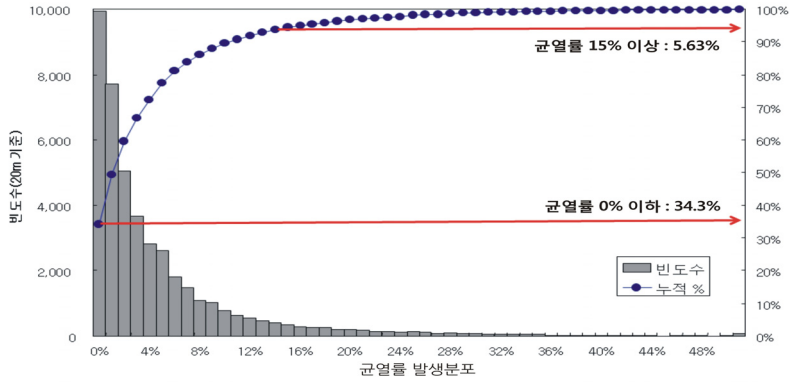
### 3) 서울시 도로포장파손별 현황

2009년 “서울시 포장도로 조사 및 분석 용역” 결과, 조사대상노선인 163개 노선 총 연장 1,932km에서 확인된 평균 결함발생량은 <표 2-7>과 같이 균열률 3.64%, 소성변형 발생량 5.15mm, 종단평탄성(IRI) 3.08m/km인 것으로 확인되었다.

〈표 2-7〉 조사대상 노선의 분석결과

균열률(%)	소성변형(mm)	종단평탄성(m/km)
3.64	5.15	3.08

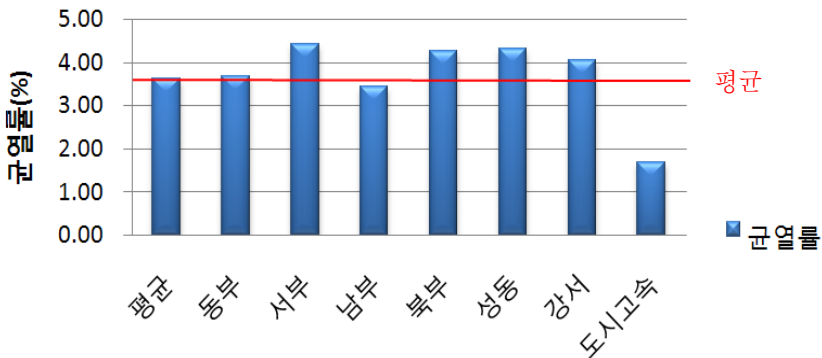
조사대상노선 전체의 평균 균열율은 3.64%로 비교적 양호한 상태이다. 조사대상노선의 균열률에 따른 분포현황은 <그림 2-19>와 같이 균열이 발생하지 않은 구간이 전체의 약 34.3%이며, 보수대상(15%)은 전체의 약 5.63%이다.



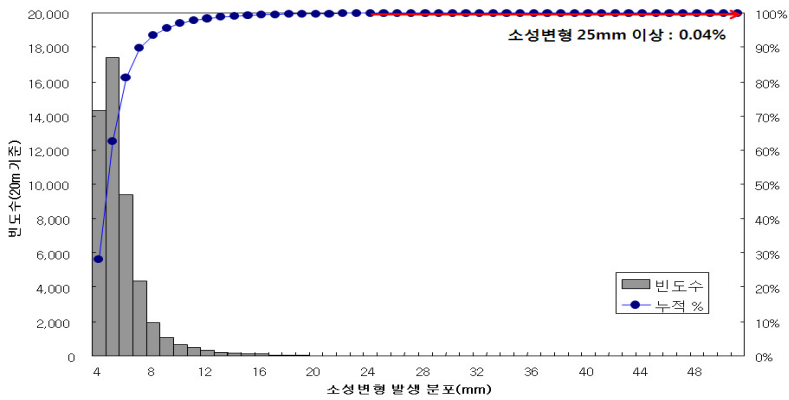
자료 : 서울시, 2009

〈그림 2-19〉 균열 발생분포 현황

도로교통사업소별 균열 발생현황은 <그림 2-20>과 같으며, 전체의 평균 균열률이 3.64%임을 감안하면, 서부도로교통사업소(4.43%), 북부도로교통사업소(4.27%), 성동도로교통사업소(4.33%), 강서도로교통사업소(4.06%)의 균열률은 전체 평균에 비해 다소 높으며, 도시고속도로의 균열률은 1.70%로 양호한 것으로 확인되었다. 한편 동부도로교통사업소와 남부도로교통사업소의 균열률은 평균값과 유사하였다.



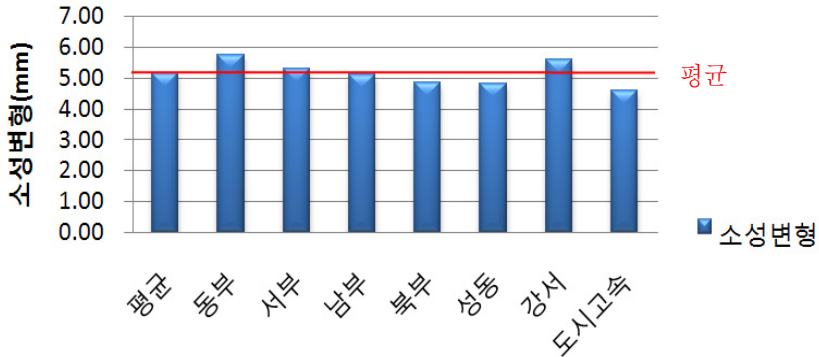
조사대상노선 전체 평균 소성변형 발생량은 5.15mm이고, 소성변형 발생 분포현황은 <그림 2-21>과 같으며 소성변형 발생량이 25mm 이상인 보수대상구간은 전체의 0.04%이다.



자료 : 서울시, 2009

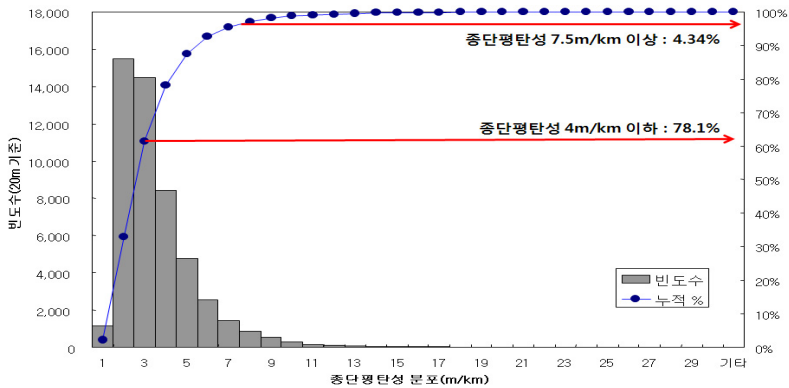
(그림 2-21) 소성변형 발생분포 현황

도로교통사업소별 소성변형 발생현황은 <그림 2-22>와 같으며 평균 소성변형 발생량은 5.15mm로 측정되었고, 전 노선이 서울시 소성변형 기준 25mm 보다 낮게 측정되어 양호한 상태로 확인되었다. 이는 소성변형이 주로 교차로나 경사진 도로와 같이 단속류나 저속류의 교통하중이 반복적으로 가해지는 지점에서 국부적으로 발생하는데, 분석된 자료는 전체적인 구간에 대한 평균 값만을 나타내고 있기 때문이다. 보다 정확한 자료를 얻기 위해서는 교차로 및 경사진 도로에 대한 소성변형 자료 구축이 필요하다.



〈그림 2-22〉 도로교통사업소별 소성변형 현황

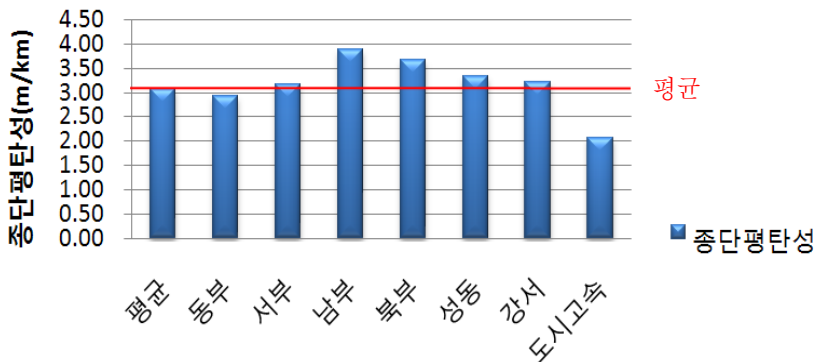
조사대상노선 전체의 종단평탄성 평균값은 3.08m/km이며, 종단평탄성의 분포현황은 <그림 2-23>과 같다. 종단평탄성 값이 4m/km 이하인 구간은 전체의 약 78.1%인 것으로 확인되었다. 종단평탄성 값이 10m/km 이상인 구간은 과속방지턱 및 미끄럼방지포장, 스쿨존 지역이 대부분인 것으로 확인되었으며, 보수대상구간(7.5m/km)은 전체의 약 4.34%로 나타났다(서울시, 2009).



자료 : 서울시, 2009

〈그림 2-23〉 종단평탄성 분포 현황

도로교통사업소별 종단평탄성 현황은 <그림 2-24>와 같으며, 조사대상노선 전체의 종단평탄성 평균값은 3.08m/km이다. 도시고속도로의 종단평탄성 평균값은 2.08m/km로 비교적 양호하며, 남부도로교통사업소(3.88m/km), 북부도로교통사업소(3.67m/km)를 제외한 사업소의 평균값은 전체 평균값과 유사하다.



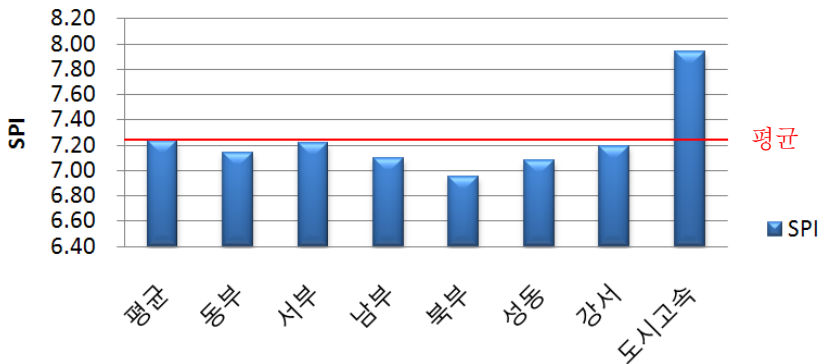
<그림 2-24> 도로교통사업소별 종단평탄성 현황

<그림 2-17>에서 제시한 종단평탄성에 따른 포장 상태로 비교하면, 남부 및 북부 도로교통사업소의 경우 노후화된 포장 또는 유지보수가 필요한 포장으로 분류된다.

PMS 조사대상 노선의 서울시 및 사업소별 포장평가지수(SPI)는 <표 2-8>, <그림 2-25>와 같다. 서울시 평균 SPI는 7.23으로 분석되었으며, 사업소별 SPI는 도시고속도로 7.94, 서부도로교통사업소 7.22, 강서도로교통사업소 7.19, 동부도로교통사업소 7.14, 남부도로교통사업소 7.10, 성동도로교통사업소 7.08, 북부도로교통사업소 6.95의 순으로 나타났다. 북부사업소의 경우 포장평가지수가 6.95로 보통 상태이고, 1~2년 내에 보수가 필요하며, 다른 도로사업소의 경우 포장평가지수가 7.08 이상의 양호한 상태로 보수 불필요 또는 예방적 유지보수가 필요한 것으로 조사되었다.

〈표 2-8〉 사업소별 SPI 현황

사업소	SPI	사업소	SPI
전체 평균	7.23	북부도로교통사업소	6.95
동부도로교통사업소	7.14	성동도로교통사업소	7.08
서부도로교통사업소	7.22	강서도로교통사업소	7.19
남부도로교통사업소	7.10	도시고속도로	7.94



〈그림 2-25〉 사업소별 포장평가지수(SPI) 현황

## 제2절 서울시 도로포장 문제점 분석

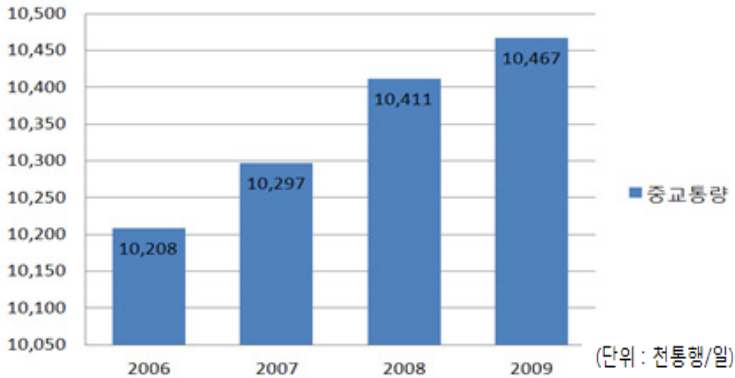
서울시 도로포장의 수명은 잦은 굴착 복구, 최저가 낙찰제를 사용한 계약문제, 품질관리 미흡, PMS 구축 미흡으로 인해 객관적인 예측이 힘든 실정이다. 현재 도로포장의 유지관리를 위해 기존 포장부에 대해 덧씌우기 공법을 실시하고 있으나, 보수 예산 범위 내에서 획일적인 방식의 기능개선만 이루어지고 있는 상황이다.



## 1. 구조적/재료적 문제

### 1) 중하중(교통량)

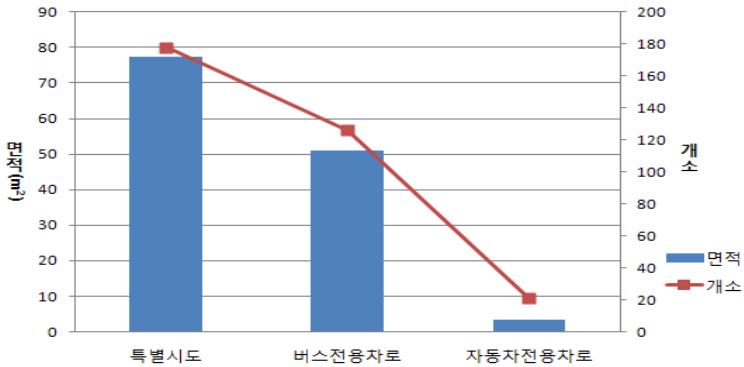
서울시는 인구 집중 현상 및 경제활동 인구의 증가로 매년 교통량이 증가하고 있으며, 기존 일반 아스팔트 포장에 설계 교통량 이상의 하중(중하중)이 반복 적용될 경우 포장의 조기파손이 발생할 수 있다. <그림 2-26>은 연도별 교통량을 나타낸다.



자료 : 서울시 홈페이지, 2011

<그림 2-26> 연도별 교통량

<그림 2-27>의 차로별 포트홀 발생 현황을 보면 버스전용차로의 포트홀 발생 건수 및 면적이 매우 많은 것을 볼 수 있다. 이는 버스에 의한 중하중의 반복적 재하와 버스정류장에서의 단속류로 인하여 포장파손이 발생하였기 때문이다. <그림 2-28>은 중앙버스전용차로에서 발생한 포트홀을 보여준다.



자료 : 서울시 도시교통본부, 2010

〈그림 2-27〉 차로별 포트홀 발생



〈그림 2-28〉 중앙버스전용차로 포트홀(석촌호수)

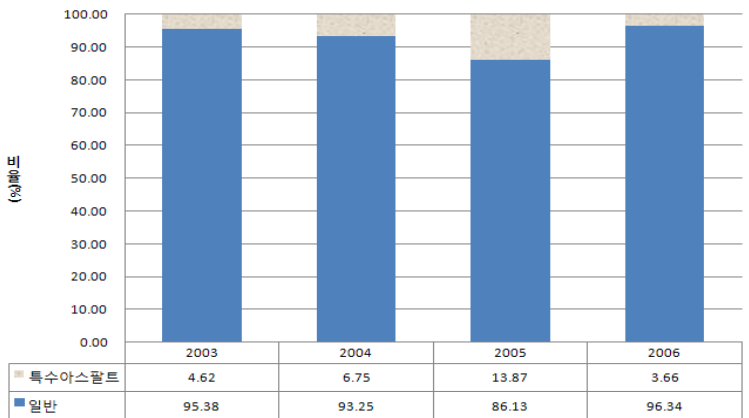
서울시는 중앙버스전용차로 도입과 동시에 2004년 1월 버스전용차로에 칼라아스팔트 포장을 시작하였으나, 2004년 7월 중앙버스전용차로 칼라아스팔트에 포트홀이 발생하여 파손 원인 분석 및 대책수립 연구를 시작하였다. 칼라아스팔트 품질 및 성능분석 결과 균열, 박리, 포트홀 등의 포장파손이 우려된다는 결과가 나왔다.

2005년에는 홍석골재를 사용한 반강성 포장을 적용하였으나 일부 버스 정류장에 취성 점토암 칼라골재 사용으로 파손이 발생하였고, 동절기 시공 또는

시멘트 밀크 주입 미흡으로 포장체 공극에 수분이 침투하여 포장이 파손되는 등 많은 문제가 발생하였다. 2006년부터 개질제+유색코팅 공법이 적용되기 시작하였으나, 기존 아스팔트와 부착 불량(코팅제 균열) 및 코팅의 탈색 및 벗겨짐 현상으로 인한 미관손상 문제 등이 나타나고 있다(서울시, 2010).

※ 반강성 포장  
 개립도 아스팔트 콘크리트에 폴리머 시멘트 페이스트를 혼합한 것으로 기존 아스팔트에 발생하는 소성변형을 방지하기 위하여 아스팔트의 연성과 시멘트의 강성을 적절히 혼합한 포장

<그림 2-29>는 연도별 일반 및 특수 아스팔트 적용 비율을 나타내는데, 중 교통 도로 및 버스전용차로 구간은 특수 아스팔트의 적용 비율이 많이 부족하기 때문에 포장 수명 확보에 많은 어려움을 겪고 있음을 알 수 있다.



(단위 : %)

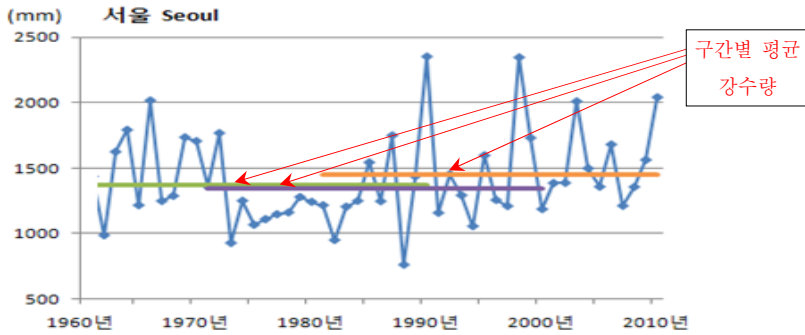
자료 : 서울시정개발연구원, 2007

<그림 2-29> 연도별 일반 및 특수 아스팔트 적용 비율

## 2) 강수량

최근 지구온난화로 인하여 이상기온 현상이 발생하면서 여름철 집중 호우

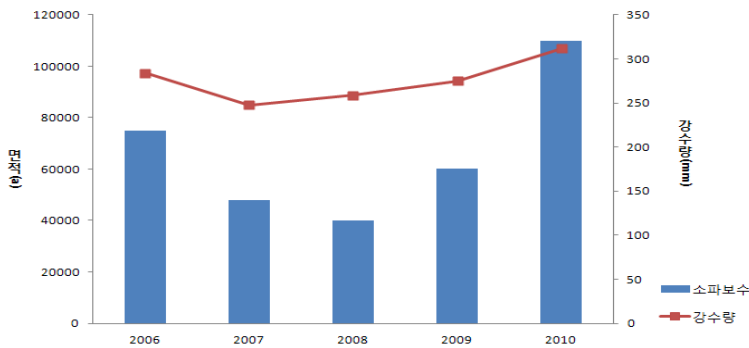
및 겨울철 폭설 등으로 인한 포장파손 문제가 발생하고 있다. <그림 2-30>은 강수량이 해마다 점차 증가하는 추세를 보여준다.



자료 : 기상청 홈페이지

<그림 2-30> 연도별 강수량

<그림 2-31>은 연도별 서울시 소파보수 면적 및 강수량을 나타내는데, 강수량이 증가할수록 소파보수 면적이 증가함을 알 수 있다. 최근 국내 기후가 아열대기후로 변하고 있어 수분에 의한 포장파손을 줄이기 위한 연구가 필요하다.



자료 : 서울시 도시안전본부, 2011  
기상청 홈페이지

<그림 2-31> 연도별 소파보수 면적 및 강수량

수분손상은 물에 의해 아스팔트 도로포장의 내구성 및 강성이 감소하는 현상이다. 수분손상은 재료 및 시공 등의 영향 인자에 의해 진전되는 특성을 가지고 있으며, 아스팔트 또는 골재(석분, 굵은 골재, 잔골재) 사이의 부착 손실 때문에 발생한다. 이외에도 수분손상은 물이 아스팔트 혼합물로 침투하면서 매스틱(아스팔트와 채움재로 구성된 혼합물 상태)의 구조를 약화시키고, 여기에 반복적인 교통하중이 작용하면서 수분에 점차 민감해지면서 발생한다 (Little 외, 2003).

아스팔트 혼합물의 박리 현상 및 포트홀 파손에는 다양한 발생 원인과 영향 요소들이 있다. <표 2-9>는 수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소들을 정리한 것이다.

<표 2-9> 수분손상 또는 파손의 발생원인 및 영향 요소

발생원인	영향요소
공동현상(Cavity)	수분, 포화도, 온도(동결 융해)
포장 배수 불량(간극수압)	수분, 수압, 포화도, 교통하중
부적절한 다짐 시공	공극, 수분(상부 유입)
골재 표면의 이물질 피복	먼지와 점토 함유량
골재의 건조 불량	골재의 수분 함유량
연질골재의 사용	골재 내구성
방수 불량 및 표면 처리 보수	수분, 증기압(하부 유입)

자료 : 황성도, 2006

### 3) 획일적인 덧씌우기 공법

서울시 도로포장 대상의 대부분은 20~30년 이상 된 도로가 대부분이며, 유지보수 시 파손 규모에 따라 소파보수, 평삭 및 덧씌우기 등의 유지공법을 실시하고 있어 표층 이하 층에 대한 보수는 전혀 시행되고 있지 않고 있다. 하부층이 노후화될 경우 기존 포장의 균열에 의해서 상부층에 반사균열이 작용하게 되어 덧씌우기 포장의 조기 파손을 야기시킨다. <표 2-10>은 2003년 서울시 도로보수 현황을 나타낸다.

※ 평삭  
평삭기를 이용해 포장 노면을 전체적으로 약간 깎아내는 방법

※ 반사균열  
아스팔트 포장층 위에 아스팔트로 덧씌우기를 실시하였을 때 기존 포장층의 균열 또는 줄눈의 형상이 그대로 반사되어 나타나는 균열

※ 하부층  
일반적으로 하부층이란 보조기층, 노상을 뜻하나, 이 연구에서는 기층, 보조기층, 노상을 뜻함

〈표 2-10〉 2003년 도로보수 현황

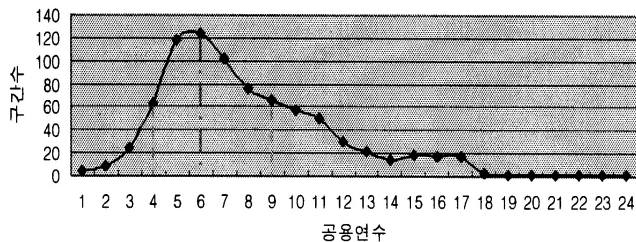
구 분	표면처리	소파보수	덧씌우기	재포장	전체
보수면적(a)	39	1,003	10,707	11,350	23,099
보수비용(백만원)	230	1,368	12,726	15,697	30,021
비율(%)	0,2	4,3	46,4	49,1	100,0

자료 : 조병완 외, 2006

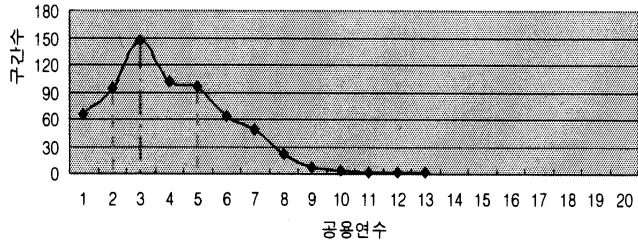
서울시에서 적용하고 있는 도로보수의 약 50.9%가 하부구조의 구조적 성능의 증가 없이 기능성만을 향상시키는 공법을 사용하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 공법은 재포장의 횟수가 거듭될수록 기존 도로포장을 조기 파손시키며, 노후화를 촉진시키는 요인으로 작용하고 있다.

〈그림 2-32〉는 최초 건설 후 덧씌우기 횟수별 포장공용기간의 분포를 나타낸 것이다. 최초 포장 이후 1차 덧씌우기까지의 공용연수는 평균 6년 정도이나, 1차 덧씌우기 후 2차 덧씌우기까지의 공용연수는 평균 3년, 3차부터 4차까지의 공용연수는 평균 2년 정도로 줄어들었다. 즉, 덧씌우기 횟수가 증가함에 따라 차후 유지보수까지 포장의 소요수명이 점차 줄어드는 경향을 나타내었다(임영환, 2003).

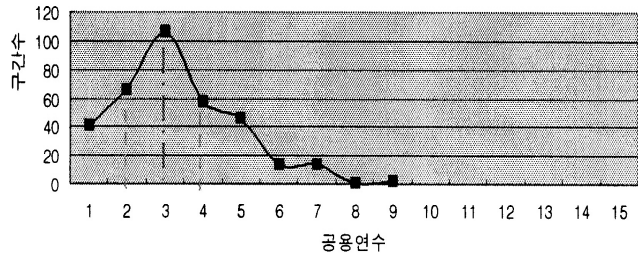
최초 포장후 1차 덧씌우기 포장



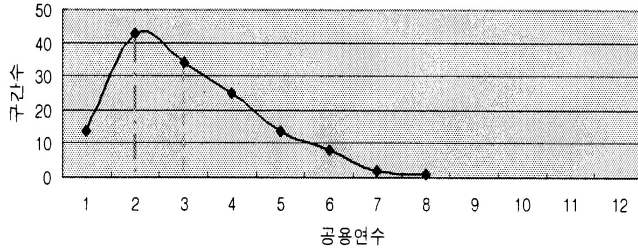
1차 후 2차 덧씌우기 포장



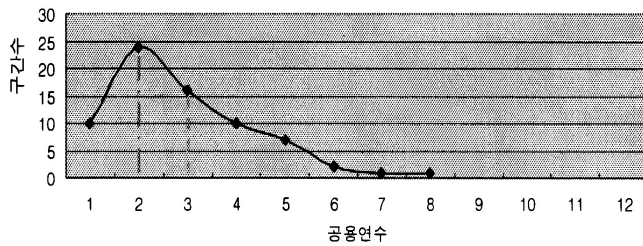
2차 후 3차 덧씌우기 포장



3차 후 4차 덧씌우기 포장



4차 후 5차 덧씌우기 포장



자료 : 임영환, 2003

〈그림 2-32〉 덧씌우기 횟수에 따른 일반국도 포장의 공용연수

<표 2-11>은 소성변형과 FWD 시험에 대한 포장의 처짐량 자료를 통하여 일반국도의 포장상태 등급 기준을 제시한 것으로, 이를 <그림 2-32>의 보수이력에 의한 포장상태 등급과 비교하여 나타내면 <표 2-12>를 얻을 수 있다.

※ FWD(Falling Weight Deflectometer) 시험  
포장면에 충격을 재하여 표면의 처짐을 측정하는 비파괴 시험장비

<표 2-11> 포장상태 등급 기준

처짐량(mm) 러팅(mm)	< 0.5	0.5 ~ 0.85	0.85 <
< 12	1등급	2등급	3등급
12 ~ 20	2등급	3등급	4등급
20 <	3등급	4등급	4등급

자료 : 한국도로학회, 2005

<표 2-12> 보수이력에 의한 포장상태 등급

공용연수 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1등급		2등급				3등급			
2	1등급	2등급		3등급						
3	1등급	2등급		3등급						
4	1등급	2등급	3등급							
5	1등급	2등급	3등급							
6	2등급		3등급							

자료 : 한국도로학회, 2005

따라서 동일한 포장에 대한 표층 절삭 후 덧씌우기 공법의 적용이 매우 비합리적임을 알 수 있다.



#### 4) 생애주기비용 분석을 통한 하부구조 문제점 분석

서울시 도로포장 덧씌우기 공법의 문제점을 파악하기 위해 미연방도로국(FHWA : Federal Highway Administration)에서 제공하는 Real Cost Program ver 2.5를 사용하여 생애주기비용(Life Cycle Cost)을 분석하였다.

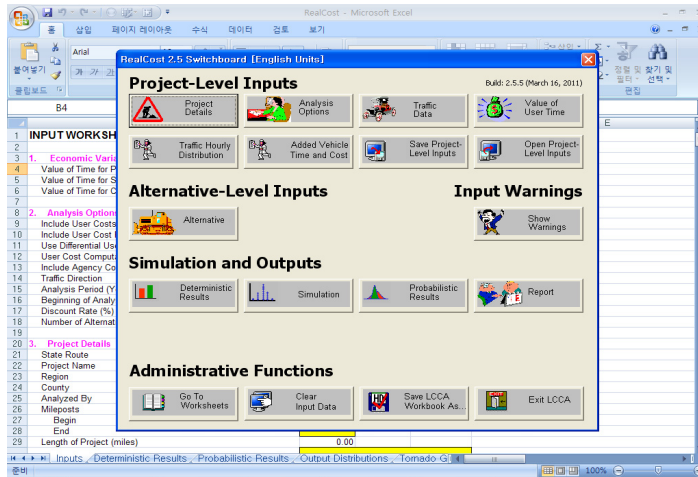
##### (1) 개요

1996년 미연방도로국(FHWA)은 “생애주기비용을 고려한 도로포장 설계” 연구를 시작하였으며, 1997년 이래로 총 40개 주의 교통국이 Real Cost 프로그램을 사용하고 있다(FHWA, 2010).

Real Cost 프로그램은 두 가지 목적을 위해 개발되었다. 첫 번째 목적은 생애주기비용 분석을 배우려는 사람들의 의사결정에 도움을 주고, 사용자가 소프트웨어를 이용하여 생애주기비용의 분석 효과, 서비스 수명, 경제적인 투자 등을 조사할 수 있도록 하는 데 있었다. 또한 직관적인 인터페이스를 통하여 유저가 쉽게 프로그램을 사용할 수 있도록 하는 데 있었다.

두 번째 목적은 엔지니어들이 도로구조물의 투자전략에 생애주기비용을 고려할 수 있는 역할을 제공하고, 생애주기비용 분석의 기본적인 지식만 갖고 있으면 소프트웨어를 쉽게 사용할 수 있도록 하는 데 있었다.

Real Cost 프로그램은 신설/재포장 및 유지보수와 관련된 비용을 관리자와 사용자의 관점에서 비용분석을 할 수 있도록 제작되었으며, 생애주기비용 분석 방법으로는 결정적 접근방법과 확률적 접근방법의 두 가지 방식을 사용하고 있다. <그림 2-33>은 Real Cost 프로그램의 초기화면을 나타낸 것이다.



〈그림 2-33〉 Real Cost 프로그램의 초기화면

## (2) Real Cost를 이용한 프로그램 해석

서울시의 유지보수 공법에 적용 중인 획일적인 덧씌우기 공법의 문제점을 분석하기 위하여, 생애주기비용 분석프로그램인 Real Cost 프로그램을 사용하여 비용 분석을 실시하였다.

Real Cost 프로그램은 크게 프로젝트 입력 단계와 대안 입력 단계로 나뉘고, 프로젝트 단계의 경우 프로젝트의 세부적 설명, 교통량, 이용자 비용, 지체 비용, 시간대별 교통류 분포 비율 등과 같은 입력변수들을 입력하고, 대안 단계의 경우 설계 포장 수명 기간의 모든 유지보수 공법에 대한 자료와 함께 공사 단가, 공사 시간, 유지보수 비용 등도 입력하게 되어 있다.

이때 도심지역 양방향 4차선 도로 총 연장을 7mile(11.27km)로 가정하였고, 현재 서울시에서는 야간 공사를 시행하고 있기 때문에 공사 시간을 야간으로 설정하여 분석을 수행하였다.

<표 2-13>은 2010년 서울시 일교통량을 나타내는데, 이 연구에서는 금화터널의 일교통량을 초기교통량으로 산정하였으며, 교통량 입력 변수는 초기 교통량(AADT), 교통성장 비율, 트럭비율 등으로 <표 2-14>와 같이 입력하였다.

〈표 2-13〉 2010년 서울시 일교통량

(단위 : 대)

구분	일교통량	구분	일교통량
퇴계로입구	70,010	자하문터널	34,678
서울역	89,588	장충체육관	84,993
정동 MBC 앞	82,911	시청역	100,436
사직터널	94,384	금화터널	71,238

〈표 2-14〉 교통량 입력 변수

구분	입력 변수
초기 교통량(양방향)	72,000vpd(vehicle per day)
최대 교통량(양방향)	140,000vpd
교통성장 비율	2.5% (최소 : 2.0, 최대 : 3.0)
자동차 비율	90%
트럭 비율	10%(5.2% singles, 4.8% combination)
대기행렬(Queue)	1,818vphpl
자유교통류(Free-Flow)	2,158vphpl
속도제한	65mph(104.61km/h)
시공 시 속도제한	40mph(64.37km/h)

일반적으로 서울시의 경우 대부분의 도로포장은 유지보수 공법으로 덧씌우기 공법을 적용하고 있기 때문에 이 연구에서는 신설 도로포장에 덧씌우기 공법만을 적용한 대안 1과 포장의 하부구조를 고려하여 덧씌우기 공법과 재시공을 병행하여 실시하는 대안 2~대안 6과의 경제성 비교분석을 수행하였다. <표 2-15>는 대안별 유지보수 계획을 보여주는데, 대안 1은 현재 서울시에서 적용하고 있는 획일적인 덧씌우기 공법을 나타낸 것이고, 대안 2~대안 6은 공용시간이 지남에 따라 하부구조에 발생하는 파손을 고려하여 하부구조의 구조적 성능을 개선할 수 있는 재시공 공법을 적용한 것으로 좀 더 객관적이고 합리적인 결과를 얻기 위한 대안으로 제시되었다.

대안 2는 2차 덧씌우기 후 재시공, 대안 3은 3차 덧씌우기 후 재시공, 대안 4는 4차 덧씌우기 후 재시공, 대안 5는 5차 덧씌우기 후 재시공, 대안 6은 6차

덧씌우기 후 재시공을 실시할 경우 대안별로 포장수명(약 40년)을 확보하는데 필요한 비용을 분석하였다.

〈표 2-15〉 대안별 유지보수 계획

(단위 : 년)

횟수	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	대안 5	대안 6
신설	9	9	9	9	9	9
1	5	5	5	5	5	5
2	4	4	4	4	4	4
3	3	9(재시공)	3	3	3	3
4	3	5	9(재시공)	3	3	3
5	2	4	5	9(재시공)	2	2
6	2	3	4	5	9(재시공)	2
7	2	1	1	2	5	9(재시공)
8	2					3
9	2					
10	2					
11	2					
12	2					
합계	40	40	40	40	40	40

서울시 도로설계 수명은 20년으로 정하고 있으나 서울시의 경우 실제로 20~30년이 지난 도로에 덧씌우기 공법만을 적용하여 공용하고 있기 때문에 분석기간을 40년으로 잡았으며 포장구조, 서비스기간, 공사비, 공사시간, 공사기간 등에 대한 자료는 <표 2-16>에 정리를 하였다.

〈표 2-16〉 유지보수 공법 적용 자료

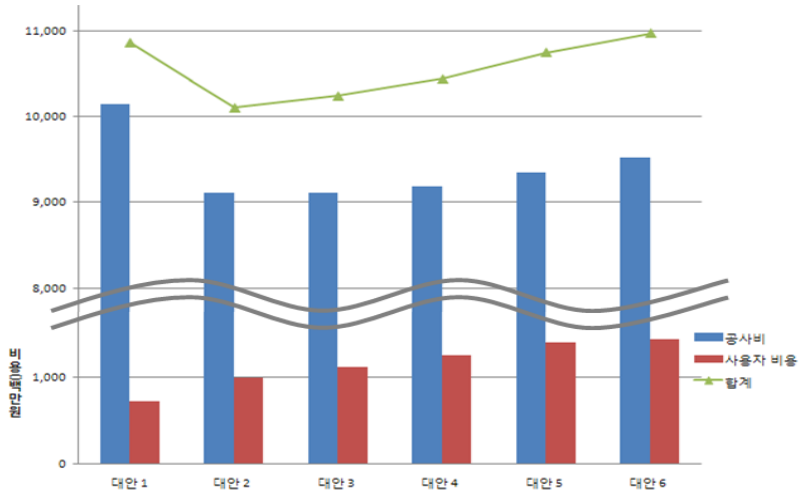
시공방법	포장구조	서비스 기간(년)	공사비 (백만원/km)	공사시간 (시간)	공사기간 (일)
신설	표층 5cm 기층 25cm 쇄석층 14cm	9	3,584	00 : 00~24 : 00	8
덧씌우기	표층 5cm	5, 4, 3, 2*	587	19 : 00~익일 06 : 00	8
재시공	표층 5cm 기층 5cm	9	1,503	00 : 00~24 : 00	8

\*포장 하부층의 구조적 손상을 고려하기 위하여 아스팔트 덧씌우기 수명을 덧씌우기 횟수에 비례해 5, 4, 3, 2년을 적용함(임영환, 2003)

\*이 연구에서는 달러의 환율을 1100원으로 환산하여 적용함

### (3) 해석 결과

결정적 접근방법을 통하여 생애주기비용을 분석하였고, <그림 2-34>와 <표 2-17>과 같은 결과를 얻었다.



<그림 2-34> 대안별 비용분석 결과

<표 2-17> 대안별 유지보수 비용 비교

총비용	대안 1(서울시)		대안 2		대안 3	
	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)
현재 가치	10,139	728	9,207	1,005	9,244	1,141
합계	10,867		10,212		10,385	
총비용	대안 4		대안 5		대안 6	
	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)	공사비 (백만원)	사용자 비용 (백만원)
현재 가치	9,277	1,270	9,342	1,405	9,599	1,460
합계	10,547		10,747		11,059	

분석결과 가장 경제적인 보수 방법은 대안 2로 가장 비경제적인 대안 6에 비해 약 847백만원의 경제적 이익이 발생하며, 이는 대안 6의 경우 대안 2~대안 5에 비해 덧씌우기 공법을 한 번 더 수행하였기 때문에 이에 따른 추가 비용이 발생하였기 때문이다.

서울시에서 적용하고 있는 대안 1은 하부구조의 노후화로 인하여 40년 동안 총 12번의 유지보수가 발생하며, 많은 유지보수 횟수로 인하여 높은 공사비가 측정되었다. 하지만 대안 1은 재시공을 하지 않아 다른 대안들에 비해 사용자 비용이 가장 낮게 측정되어, 총 공사비는 대안 6에 비해 조금 낮게 측정되었다. 대안 6은 유지보수 시 발생하는 사용자 비용이 가장 높게 나와 전체적인 유지보수 비용이 높게 측정된 것으로 보인다.

하부구조의 노후화를 고려한 생애주기비용 분석 결과, 현재 서울시에서 적용하고 있는 대안 1을 계속 적용할 경우 대안 2에 비해 약 655백만원의 경제적 손실이 있을 것으로 보인다. 더욱 정확한 자료를 얻기 위해서는 PMS 구축을 통해 서울시에 시공된 도로포장 자료를 통한 생애주기비용 분석이 필요하다. 또한 보다 자세한 비용분석은 부록 3에 수록하였다.

## 2. 관리적 문제

### 1) 예산 부족

도로는 서울시 인프라구조물의 가장 큰 부분을 차지(도로를 포함한 도시기반시설에 대한 자산가치는 69조 4,771억원)하며 매년 도로부분에서 발생하는 유지관리비용은 2020년 이후로 건설비용을 초과할 것으로 진단된다(서울시정개발연구원, 2007). <표 2-18>은 도로관리과의 포장 유지보수 세출예산을 나타낸 것이다.

〈표 2-18〉 도로관리과 포장 유지보수 세출예산

(단위 : 백만원)

구분	2008	2009	2010	평균
예산	27,228	55,267	23,918	35,471

자료 : 서울시 홈페이지

〈표 2-19〉는 2010년 기준 서울시 도로포장 현황을 보여주며, 총 도로연장 8142.1km 및 도시고속도로 183.9km 중 노후화된 구간을 평균 약 350억원의 도로포장 유지관리 예산으로 효과적으로 정비하기에는 역부족이다. 시민들의 불편을 줄이고 안정성을 확보하기 위해서는 충분한 예산 확보가 필요하다.

〈표 2-19〉 서울시 도로포장 현황

구분	도로연장(km)	도시고속도로(km)
2010년	8142.1	183.9

자료 : 서울시 도시안전본부 홈페이지

## 2) 포장관리시스템(Pavement Management System) 관리 부족

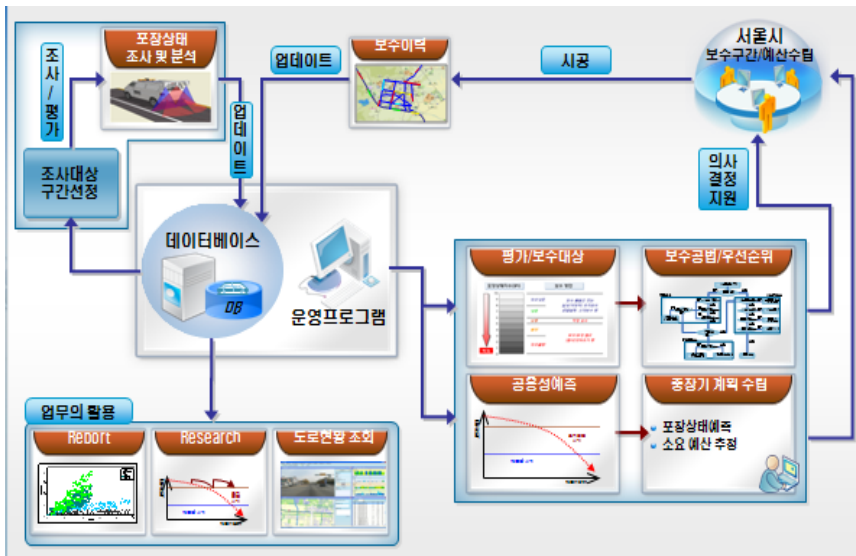
도로포장은 생산·시공되기 시작하면서 환경적 영향(온도, 수분), 교통하중 등의 다양한 요소에 노출되며, 이로 인해 내구성 감소 및 포장 노후화가 발생하여 도로포장의 수명을 저하시키게 된다. 또한 교통수요의 증가 및 교통수단의 대형화는 도로포장의 파손 및 노후화를 가속화시켜, 도로포장 유지를 위해 기존의 방식(경험에 의한 유지관리 방법)으로는 효율적으로 관리하기가 어렵게 되었다.

이에 따라 서울시는 도로포장 유지관리 분야에서 합리적이고 실용적인 운영과 예산 편성의 투명성을 확보하기 위해 과학적인 분석 방법인 PMS를 도입하게 되었다. 〈표 2-20〉은 서울시 PMS 추진 경위를 보여주고, 〈그림 2-35〉는 서울시에서 구축한 PMS 흐름도를 나타낸다.

〈표 2-20〉 서울시 PMS 추진 경위

구분	과업기간	내용	
-	1999.12~2001.12	서울시 PMS 연구개발 및 시범실시 시험구간 100km 조사 및 분석(시스템 개발)	
1차	1단계	2002.12~2004.01	서울시 PMS 운영 2,016km 조사 및 분석
	2단계	2004.04~2005.05	2,344km 조사
2차	1단계	2005.08~2006.04	1,280km 조사(전 노선 평가 실시)
	2단계	2006.08~2007.02	1,500km 조사
-	2008.02~2008.12	PMS 개발(웹기반)	
2차	3단계	2008.07~2009.01	1,932km 조사
3차	1단계	2009.06~2009.12	1,881km 조사

자료 : 서울시, 2009



자료 : 서울시, 2009

〈그림 2-35〉 서울시 PMS 흐름도

2002년부터 자동포장상태조사장비를 사용하여 포장상태(균열, 소성변형, 중 단평탄성)를 조사하고 데이터 정량화 및 포장 유지관리 의사결정 용역을 시행



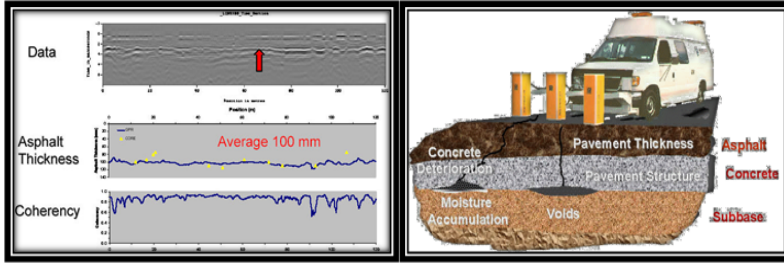
하였으나, 장기적인 운영비용이 소요되고, 운영과 보수담당의 분리에 따른 실무와의 연계성 부족으로 인해 추가예산 소요 및 작업 지연이 발생하고 있다. 또한 매년 조사 용역 업체가 변경되고, 그에 따라 장비가 변경됨에 따라 D/B 자료에 신뢰성이 결여되는 문제가 생기게 되며, D/B 구축에 문제점이 발생하게 되면 PMS의 본래 목적인 예산 절감 및 기술 발전 효과가 저감될 수 있다.

도로연장이 국토해양부 관리연장의 약 58.2%에 해당하는데 비해 교통상황은 열악하고 네트워크 레벨의 포장상태 조사만 수행하고 있어 서울시 도로포장의 상태 진단 및 유지보수 예산집행을 수행하는 데 어려움을 겪고 있다. <표 2-21>은 네트워크 및 프로젝트 레벨의 항목을 비교한 것이다.

<표 2-21> 네트워크 및 프로젝트 레벨 항목 비교

네트워크 레벨	프로젝트 레벨
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 일반정보(교통량, 포장구조, 균열 등)</li> <li>· DATA 분석</li> <li>· 보수 구간 결정</li> <li>· 보수 공법 결정</li> <li>· 경제성 분석</li> <li>· 유지보수 및 건설계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현장 상세조사 자료</li> <li>· 실험실 분석 자료</li> <li>· 특이구간 자료</li> <li>· DATA 분석</li> <li>· 대안 설정</li> <li>· 상세 보수 공법 결정</li> <li>· 경제성 분석</li> <li>· 건설 및 유지보수 실시</li> </ul>

마지막으로 KRISS는 포장의 하부구조 상태에 대한 진단을 할 수 없기 때문에 하부구조의 포장상태 파악을 위해서는 GPR(Ground Penetrating Radar) 및 FWD(Falling Weight Deflectometer)와 같은 정밀 측정기의 도입이 필요하다. GPR은 천공이나 줄파기 또는 지반의 교란 없이 비파괴적으로 포장체와 지반 단면 및 포장층의 두께를 측정하는 장비이다. <그림 2-36>은 GPR을 이용해 포장 두께 및 파손 현황을 조사하는 모습을 나타내고, <그림 2-37>은 FWD의 모습을 보여준다.



〈그림 2-36〉 GPR을 이용한 포장 두께 및 파손 현황 조사



〈그림 2-37〉 FWD(Falling Weight Deflectometer)

### 3) 품질관리 문제

#### (1) 계약 문제

현재 서울시가 주관하는 대부분의 발주 공사는 최저가 낙찰제로 되어 있으며, 수의 계약이 아닌 일반 경쟁 입찰로 되어 있다. 따라서 어떤 업체가 신기술 또는 특허를 갖고 있다 하더라도 수의 계약을 할 수 없도록 되어 있는 실정이다. 하지만 건설신기술을 인증해주는 국토해양부는 수의 계약을 할 수 있도록 규정하고 있어 건설신기술 제도에 모순이 있다.

따라서 신기술을 개발해도 직접 수주를 하지 못하는 포장 전문업체 대신 아무런 기술이 없는 업체가 공사를 수주하고 있으며, 관리비를 제외한 금액(10~30%)을 삭감한 나머지 금액으로 공사를 수행해야 하는 어려움이 있다.

아스팔트 포장에서 아스팔트 혼합물을 관급으로 지정할 경우, 포장을 시공하는 업체와 아스팔트 혼합물을 생산하는 업체가 서로 분리되어 계약하므로 포장 품질에 문제가 발생하였을 때(예를 들어 조기 파손이 발생하였을 때) 시공의 문제인지 또는 생산의 문제인지 등이 명확하게 구분되지 못하는 문제점이 있다. 즉, 생산 및 시공에 대한 품질관리가 제대로 수행되지 못하고 있으며, 생산 및 시공에 대한 D/B가 구축되어 있지 않아 관리에 어려움을 겪고 있다.

## (2) 아스팔트 플랜트의 인증 및 품질관리 체계의 문제점

국내의 아스팔트 플랜트는 지식경제부 기술표준원에서 실시하는 KS 인증을 통해 품질관리 능력을 인정받는다. 이는 아스팔트 콘크리트를 사용하는 각 시공 관련 기관의 품질관리 심사 등의 절차를 생략하는 결과를 초래하였고, 실제적인 생산 제품의 품질 보증보다 서류 심사를 통한 인증 절차에 주안점을 두면서 생산 제품에 대한 품질관리를 등한시하는 결과를 야기하였다.

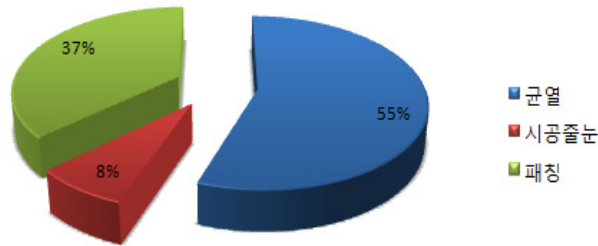
또한 아스팔트 혼합물을 생산하는 플랜트의 관리 주체가 다르다는 문제점이 있다. 즉 아스팔트 혼합물을 구매하여 사용하는 부처는 국토해양부이지만 아스팔트 플랜트를 관리하는 부처는 지식경제부 기술표준원이기 때문에 관리기관이 이원화되어 있다. 이로 인해 아스팔트 플랜트에서도 대처하는 데 있어 어려움이 있으며, 실질적으로 혼합물을 수급받는 현장에서도 문제가 발생하고 있는 실정이다.

이외에도 아스팔트 혼합물의 공급이 사급/관급이나에 따라 또는 현장에 따라 상황이 상이하며, 가격 문제뿐 아니라 품질관리에 따른 책임 소재 등이 서로 겹쳐 있어 이에 대한 해결 방안이 절실한 실정이다.

## 4) 굴착 복구

서울시 관내 도로에서는 각종 관로 매설을 위한 도로의 굴착 및 복구공사가 연평균 10만 여건이 시행되고 있으며, 이러한 잦은 굴착 복구 작업은 포장면의 침하, 균열 등의 하자를 발생시켜 도로포장의 내구력 저하 및 서비스 지수를 현

저히 떨어뜨리고 있는 실정이다(한국도로학회, 2005). <그림 2-38>을 보면 굴착 복구로 인하여 발생하는 포장파손인 패칭이 전체 파손의 37%를 차지하고 있어 굴착 복구 작업으로 인한 포장파손이 심각하다는 것을 확인할 수 있다.



자료 : 서울시, 2010

(그림 2-38) 포장파손 비율

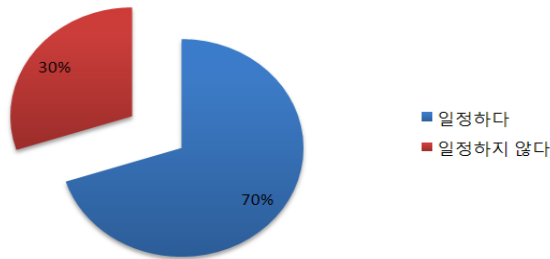
### 제3절 실무자 대상 심층면접조사 및 분석

이 설문조사는 서울시 도로포장의 수준 향상을 위한 실무자 의견을 현장 품질관리 방안에 반영하기 위해 실시하였으며, 이를 통해 포장 실무에 종사하고 있는 공무원 및 기술자들의 시공 품질관리에 대한 관심 및 인식 정도를 판단하고자 하였다. 또한 설문 결과의 분석을 통해 서울시 포장도로의 개선 방안을 도출하는 기초 자료로도 활용하였다.

설문조사는 플랜트, 시공, 감리의 세 가지 타입으로 구성된 심층면접조사이며, 도로관리사업소 등의 도로관련 공무원과 포장시공 관련업체의 기술자를 대상으로 하였다. 이 설문조사에 회신해 준 응답자는 71명이며, 이중 플랜트 종사자는 20명, 시공관련업체 기술자는 22명, 그리고 감리분야 종사자는 29명이다. 상기에서 실시한 설문 조사서는 <부록 1>에 첨부하였다.

## 1. 플랜트 실무자 심층면접조사 결과

플랜트 종사자를 대상으로 한 심층면접조사 내용을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 응답자 중 약 90%가 산업표준협회에서 주관하는 교육과정을 이수한 것으로 드러났다. 골재의 구매와 관련해서는 <그림 2-39>와 같이 약 70%는 일정한 골재 구매처가 있으나 약 30%는 원석 구매 후 골재 생산 및 골재의 원활한 공급을 위해 2~3개의 구매처를 두고 있었다. 또한 골재 변경에 대한 골재유출량 시험 및 배합설계 수행에 관해서는 100%가 수행한다고 대답했다. 국내 도로포장의 하자 발생의 원인으로는 적은 공사금액에 따른 부실화와 안이한 시공 방식이 각각 20%로 가장 높게 나왔다. 가장 적절한 하자보수기간으로는 2년이라는 응답이 50%, 1년이라는 응답은 40%로 대체로 짧은 하자 보수기간을 원하는 것으로 조사되었다. 선택 이유로는 서울시의 많은 교통량과 여름철 집중 호우로 인한 포장파손 때문이라는 의견이 있었고, 현행 혼합물의 품질 평가는 최종적으로 공사완료 후 일정 시일이 지난 후에 이루어지며, 하자발생에 대한 명확한 원인 추적 시 영향을 주는 변수가 많으므로 현행 2년은 제조사 입장에서 불리하다는 의견도 있었다.



<그림 2-39> 아스팔트 골재 구매처

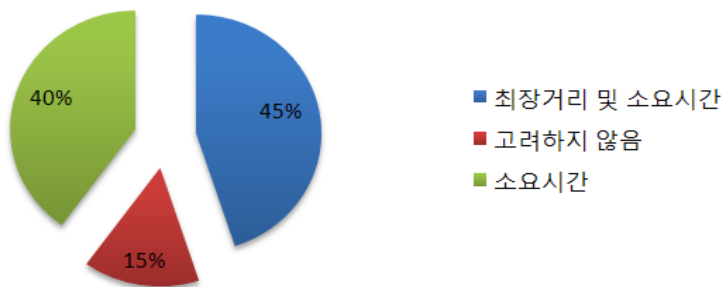
포장성능개선과 관련한 의견으로는 조달체계의 개선, 혼합물의 종류 개선 등이 있었다. 조달체계의 개선에서는 현행 조달체계는 품질의 신뢰성 정도에

따른 평가의 척도가 없으므로, 현실적인 단가(아스팔트 바인더 가격 변동, 골재의 품질정도에 따른 변동, 품질우수업체의 변별력 부족)의 반영이 필요하다는 의견이 나왔다. 또한 아스콘 단가의 경우 관급은 #78기준(표층) 66,764원/톤(VAT 별도), 민급은 #78기준(표층) 75,000원/톤(VAT 별도)으로 8,236원/톤의 차이를 보이고 있었다.

혼합물 종류의 개선에서는 현행 국내에 적용 중인 혼합물의 종류가 과거의 혼합물과 차이가 없어 변화하는 환경을 따라가기가 힘들기 때문에, 교통여건과 우수 혼합물의 개발 및 포장전문가 채용을 통하여 내구성 향상위주의 실제적 정책이 적용되어야 한다는 의견이 있었다.

## 2. 시공 실무자 심층면접조사 결과

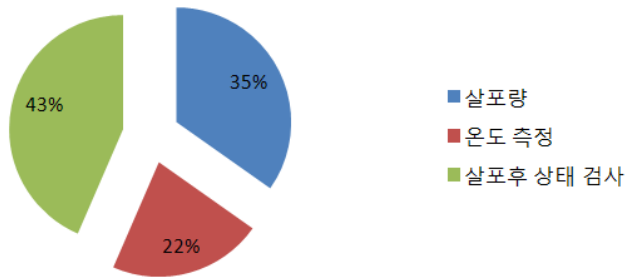
시공분야와 관련하여, 재료를 시공현장까지 운반하는데 소요되는 거리 및 시간을 시공 과정에서 고려하는지에 대한 심층면접조사 결과 <그림 2-40>과 같이 최장거리 혹은 소요 시간을 고려한다는 응답자가 약 45%, 교통 여건 등을 감안하여 소요 시간만을 고려하는 응답자가 약 40%, 고려하지 않는 응답자도 약 15%로 나타났다. 그 이유는 대부분 인근지역의 아스팔트 플랜트를 이용하기 때문인 것으로 드러났다.



(그림 2-40) 아스콘 운반 시 거리 및 시간 고려 유무

시공 현장에 도착한 아스팔트 콘크리트의 포설 전 온도를 측정하여 사용여부를 판단하느냐는 질문에 77%의 응답자가 한다고 대답하였고, 23%의 응답자가 하지 않는다고 대답하였다. 포설 시 온도가 기준 온도에 비하여 낮을 경우 아스팔트 포장의 다짐이 제대로 이루어지지 않아 포장의 조기 파손이 야기될 수가 있고, 기준 온도보다 높을 경우 과다짐이 발생하여 포장의 조기 파손이 발생할 확률이 매우 높아지게 된다. 시공자 교육을 통해 단계마다 온도 점검을 강화하여야 할 것으로 판단된다.

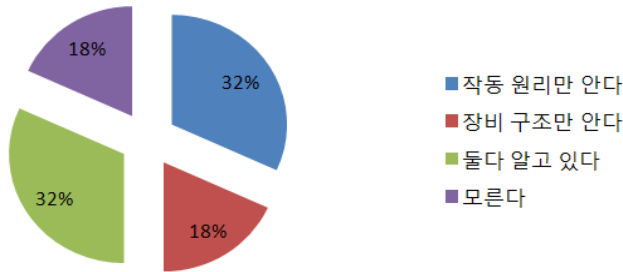
택코팅 시공 품질을 향상시키기 위해 가장 중요한 요소에 대해서는 <그림 2-41>과 같이 응답자의 43%가 살포 후 상태 검사를 가장 중요한 요인이라고 응답했으며, 35%는 살포량, 22%는 온도가 중요한 요인이라고 대답하였다.



<그림 2-41> 택코팅 시공 품질 향상을 위한 요소

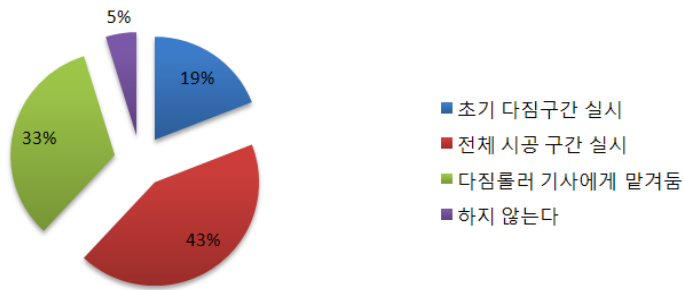
<그림 2-42>는 아스팔트 포장의 포설 과정에서 중요한 역할을 수행하는 페이버(Paver)에 대한 실무자들의 기술 수준을 보여준다. 응답자의 약 18%가 작동 원리와 구조에 대해 모른다고 응답하였으며, 두 가지 이상의 관련 지식을 숙지하고 있는 응답자는 약 32%였다. 상대적으로 페이버의 구조와 작동원리에 대해 모르는 응답자가 적게 나오긴 했지만, 이는 아스팔트 포장의 현장 품질관리에 중요한 역할을 담당하는 포설 및 다짐 공정의 적절한 시공 수준을 확보하는 데 문제가 될 수 있는 사항이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기

위해서는 시공 공정별 및 시공 장비별 현장 품질관리 매뉴얼 등의 실무 기술 자료의 정비가 선행되어야 하는 것으로 나타났다.



〈그림 2-42〉 페이버 작동 원리 및 장비 구조

〈그림 2-43〉은 시공 시 다짐 횟수를 점검하느냐는 질문에 대한 결과를 보여 주는데, 전체 시공 구간을 실시한다는 응답은 43%, 다짐롤러 기사에게 맡겨 두거나 실시하지 않는다는 응답이 38%로 매우 높게 나왔다. 따라서 다짐 단계별 다짐 횟수 점검에 대한 규정의 강화가 필요하다.



〈그림 2-43〉 다짐 횟수 점검

아스팔트 포장 시공 완료 후 다짐도 측정을 수행하는지에 대한 질문에 대해서는 41%의 응답자가 수행한다고 하였고, 55%의 응답자가 수행하지 않고 있



다고 하였다. 반이 넘는 응답자가 다짐도 검사를 수행하고 있지 않아 품질관리에 어려움이 있을 것으로 생각되며, 수행한다고 한 응답자의 36%가 현장 및 시험실 다짐 공시체의 겉보기 밀도를 통해 검사를 한다고 대답하였고, 응답자의 18%는 혼합물의 이론최대밀도와 현장 공시체의 겉보기를 통해 다짐도를 검사하고 있다고 답하였다. 또한 응답자의 9%는 공급원 승인서 및 현장 공시체의 겉보기 밀도를 통해 검사를 한다고 밝혔다.

아스콘 포설 후 7일 이내에 코어를 랜덤하게 채취하여 공사감독관에게 제출하느냐는 질문에 73%의 응답자가 제출을 한다고 대답하였고, 18%의 응답자가 제출을 하지 않는다고 답하였다. 규정상 7일 이내에 코어를 채취하여 공사감독관에게 제출하게 되어 있지만 18%의 응답자가 이를 이행하고 있지 않아 규정 강화가 필요하다.

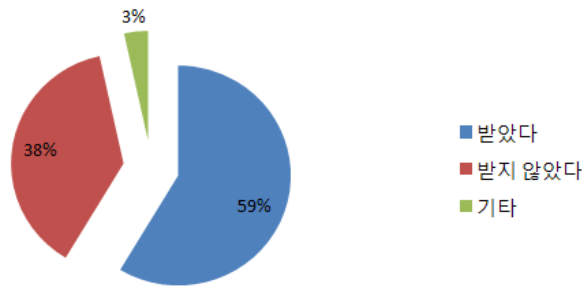
아스팔트 포장의 시공과정에서 가장 우선적으로 생각하는 품질관리 방법에 대해서는, 응답자의 53%가 혼합물의 온도를 가장 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 따라서 혼합물의 생산, 운반, 단계별 다짐 온도에 대한 온도 규정 및 철저한 점검이 이루어져야 할 것이다.

하자보수기간에 대해서는 59%의 응답자가 2년이 가장 적정하다고 응답하였고, 1년이 가장 적정하다는 응답자는 27%, 3년, 4년, 5년이 적정하다는 응답자는 각각 5%가 나왔다. 1~2년이 적합하다는 이유로 서울시의 많은 교통량과 양생시간의 부족으로 인하여 도로 품질의 확보가 힘들기 때문이라는 의견이 나왔으며, 4년 이상의 하자보수기간을 두어 시공사의 보다 정확하고 체계적인 시공관리가 필요하다는 의견도 있었다.

포장성능개선과 관련된 의견으로 도로별 교통량이 다르므로 교통량별, 버스 전용차로 및 일반차로별 등으로 하자보수기간을 다르게 적용해야 한다는 의견이 나왔으며, 현 여건상 현장과 플랜트의 거리가 매우 멀기 때문에 아스콘의 온도 관리가 필요하다는 의견도 있었다.

### 3. 감리 실무자 심층면접조사 결과

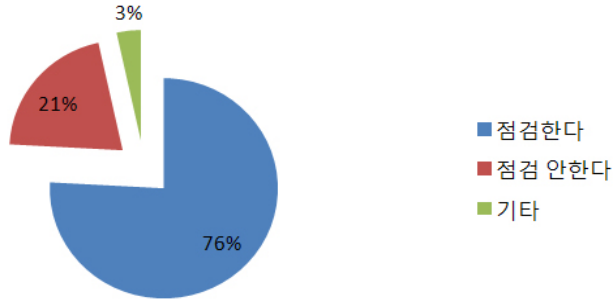
감리 분야에 종사하는 실무자를 대상으로 한 심층면접조사를 통해, 아스팔트 포장에 대한 체계적인 교육을 받았는지를 조사하였고 그 결과를 <그림 2-44>에 나타내었다. 38%의 응답자가 아스팔트 포장에 대해 체계적인 교육을 받지 못하여 감리 업무수행 시 많은 문제점이 발생할 것으로 우려된다.



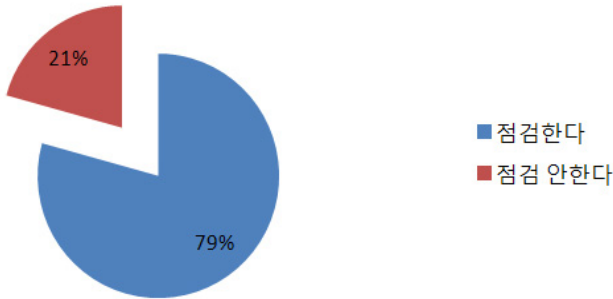
<그림 2-44> 아스팔트 포장에 대한 교육 여부

아스팔트 포장 관련 시공 업무를 수행하면서 해당 현장에 납품하는 아스팔트 플랜트에 대한 현장 실사의 횟수를 묻는 질문에 약 20%는 현장 실사를 하지 않는다고 대답했으며, 37%는 건당 1회 정도의 현장 실사만을 한다고 응답하였다. 현장 실사를 하지 않는 응답의 경우 관급으로 아스팔트 콘크리트를 공급받는 현실에서 품질관리 책임을 생산자에게 위임함에 따른 결과로 판단된다.

<그림 2-45>는 시공 공정별 아스콘 온도 점검 여부에 대한 심층면접조사 결과를 나타내며, 76%의 응답자가 점검을 수행한다고 답하였고, 24%의 응답자가 점검을 하지 않는다고 답하였다. <그림 2-46>은 다짐별 다짐횟수 점검 여부에 대한 심층면접조사 결과를 보여주며, 21%의 응답자가 점검을 하지 않는다고 대답하였다. 온도 및 다짐횟수의 점검은 도로포장의 품질 확보를 위해 매우 중요한 요소이므로, 이에 대한 교육 및 대책 마련이 필요할 것으로 보인다.



〈그림 2-45〉 시공 공정별 아스콘 온도 점검 여부



〈그림 2-46〉 다짐별 다짐횟수 점검 여부

아스팔트 시공 시 아스콘 시료 채취에 대한 심층면접조사 결과, 66%의 응답자가 시료를 채취한다고 하였고, 34%의 응답자가 시료를 채취하지 않는다고 하였으며, 채취 장소로는 플랜트(7%), 차량(34%), 도로(31%)가 나왔다. 아스콘은 도로포장에 문제가 발생하였을 경우 문제점을 찾을 수 있는 중요한 요소로 이용되기 때문에 꼭 필요하다.

하자보수기간에 대한 심층면접조사 결과, 응답자의 69%가 적합한 기간으로 2년을 꼽아 가장 높았고, 21%가 3년을 꼽아 두 번째로 높았으며, 1년, 4년, 5년이 각각 3%가 나왔다. 중차량의 증가 및 이상기후로 인해 포장 조기파손이 발생한다는 의견이 많았고, 표층 절삭 덧씌우기 때문에 발생하는 포장의 하부

구조 노후화로 인하여 표층의 수명이 감소하므로 2년 정도가 가장 적당하다는 의견도 있었다.

마지막으로 포장성능개선과 관련해서는 감독 대상 포장에 대한 전문지식 교육 강화, 전문지식을 습득한 기술자의 인사이동 자제, 서울시내 포장공사별 시방서에 대한 연구 필요, PMS 확대 추진, 포장 품질확보를 위한 주간 공사 실시 등 다양한 의견이 있었다.

# 제3장 선진 도로포장 사례 연구

제1절 포장관리시스템(Pavement Management System)

제2절 중하중

제3절 반사균열

제4절 계약제도

# 제 3 장

## 선진 도로포장 사례 연구

### 제1절 포장관리시스템(Pavement Management System)

포장관리시스템은 객관적인 포장의 조사 자료를 바탕으로 정책결정자가 필요한 정보를 제공함으로써, 합리적인 유지보수 의사결정을 지원하는 시스템이다. 이 연구에서는 예방적 유지보수(Preventive Maintenance)를 포함하는 포장관리시스템(PMS)에 대한 선진 사례를 예시하였다.

AASHTO(The American Association Highway and Transportation Officials)는 1999년에 예방적 포장유지활동 및 현황평가를 위해 50여개의 주 기관에 포장의 예방적 유지관리 프로그램인 PPMP(Pavement Preventive Maintenance Program)의 특성 및 현황에 대한 조사를 실시하였다.

심층면접조사에 응한 41개 기관 중 36개의 기관이 예방적 유지관리 프로그램을 수립하여 사용하고 있었으며, 예방적 유지보수 공법은 거의 모든 주에서 적용하고 있는 것으로 나타났다(AASHTO, 1999).

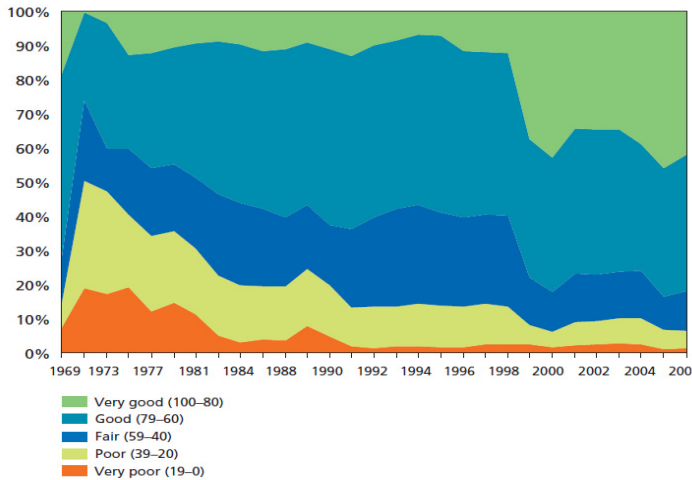
※ 예방적 유지보수 공법  
예방적 유지보수 공법은 포장체에 심각한 파손이 발생하기 전에 미리 표면처리 및 실링 등의 간단한 보수공법을 통해 도로포장 전체의 공용수명을 증가시키는 유지보수 방법

# 1. 미국

## 1) 워싱턴(Washington)

워싱턴 주정부(WSDOT)는 1960년 포장상태에 대한 조사 및 1970년대 포장 관리시스템 도입으로 도로포장 개선에 큰 효과를 보였다. 1969년부터 주정부는 2년마다 도로포장에 대한 전수조사를 실시하였으며, 1989년 이후에는 매년 도로포장에 대한 전수조사를 실시하고 있다.

1970년대 후반 워싱턴 주정부는 WSPMS(Washington State Pavement Management System)를 처음 발표하였으며 도로포장을 효과적으로 관리하기 위하여 이 시스템을 개선 및 수정하고 있다. <그림 3-1>은 워싱턴주의 연도별 포장 상태를 나타낸 것이다. 포장 조사 결과 양호구간의 비율은 1970년 약 50%에서 2005년 93.5%로 큰 폭으로 증가하였다.



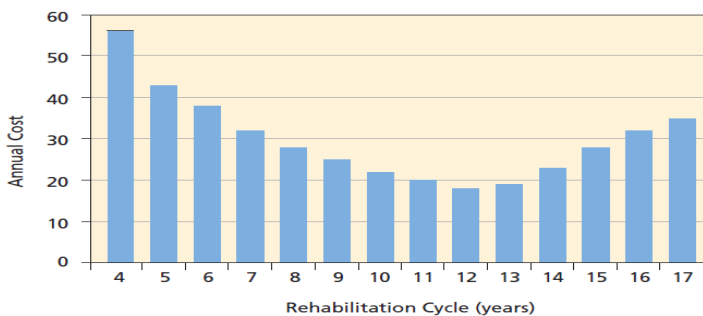
자료 : FHWA, 2008

(그림 3-1) 연도별 포장상태 변화

WSPMS는 매년 전 주도로에 대한 포장상태, 세부 시공내역, 교통량 등에 대

한 자료를 구축하고 있으며, 구축된 포장 상태 자료를 최적 유지관리 시기 및 우선순위 결정에 활용하고 있다.

1993년 포장관리시스템에 생애주기비용을 고려하도록 법률화되었고, 워싱턴 주정부는 생애주기비용 분석을 통하여 아스팔트 콘크리트의 적정 유지보수 주기(대략 12~13년 이내)를 결정하기 위해 다양한 환경에서 도로포장의 유지보수(포장 복구, 덧씌우기 등)에 대한 비용을 조사하였다. <그림 3-2>는 그 결과를 나타낸 것이다. 초기의 생애주기비용에는 관리자 비용만이 포함되었으나 최근에 와서는 사용자 비용도 포함되고 있다.



자료 : FHWA, 2008

<그림 3-2> 아스팔트 콘크리트의 생애주기비용 유지보수 주기

워싱턴 주정부는 도로포장의 개선 및 최적의 투자 이익을 위하여 기술적이고 경제적인 분석 방법인 WSPMS를 이용하고 있다.

## 2) 캘리포니아(California)

캘리포니아주는 1979년에 PMS를 처음 도입하였다. 다른 주와 마찬가지로 초기 PMS는 중앙컴퓨터 장치를 기반으로 하였고 대규모의 데이터베이스를 구축하였다. 주정부는 2년에 한 번씩 조사된 포장 상태 자료를 최적의 유지보수 대안 선택을 위한 의사결정 도구로 활용하였다.



지난 20년 동안 미연방도로국(FHWA)은 사회구조물 관리시스템의 사용을 촉진하였고, 주정부들은 다리 및 도로를 위한 관리시스템 구축에 대한 많은 연구를 시작하였다.

1991년 교통효율화법(ISTES)이 제정되면서 포장관리시스템의 개선 및 확장이 요구되었다. 이를 반영한 캘리포니아주의 PMS 관리 단계를 보면 다음과 같다.

### (1) 자료수집 및 관리 강화

- 차선의 수, 길이, 폭, 표면 종류, 기능적 분류, 갓길 등에 대한 정보
- 프로젝트 데이터의 이력, 시공 종류, 재시공 종류, 유지보수 종류, 예방적 유지보수 종류에 대한 정보
- 교통량, 교통 종류, 교통 하중 등에 대한 정보

### (2) 분석 자료 강화

- 승차감, 파손, 러팅, 표면 마찰력 등의 포장상태 분석 자료
- 특정 포장 종류에 대한 현재 및 미래의 공용성 분석, 네트워크상의 모든 도로포장 잔존수명 분석 등의 포장 공용성 분석 자료
- 도로포장의 공용성과 관련된 설계, 시공, 유지보수, 재료, 배합설계, 예방적 유지보수 등을 어떻게 적용할 것인가에 대한 기술자의 분석 자료

### (3) 매년 PMS 관련 정보의 평가 및 업데이트

캘리포니아의 PMS는 컴퓨터에 기반을 두어 기존의 PMS보다 많은 유저들이 쉽게 사용할 수 있게 되었고, 생애주기비용 분석제도를 도입하여 합리적인 유지보수를 수행하고 있다.

## 3) 네브라스카(Nebraska)

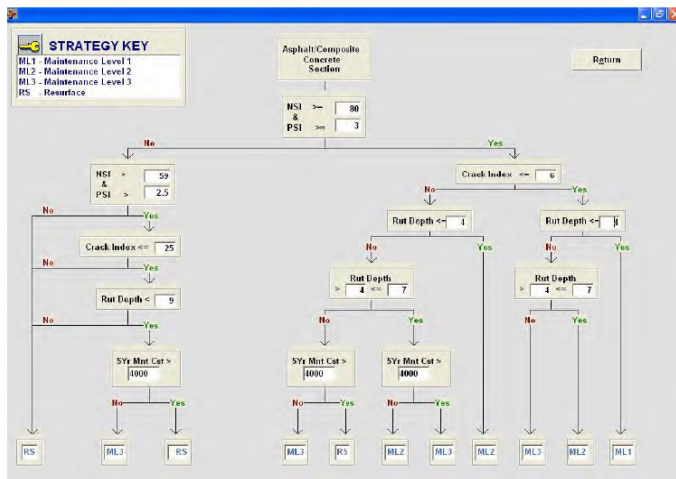
네브라스카 주정부는 1973년 도로포장의 PSI(Present Serviceability Index)를

측정하기 위한 연구를 시작하였고, 측정된 데이터는 아스팔트 덧씌우기 포장의 두께를 산정하기 위한 데이터로 사용하였다.

1984년 PMS 수행 및 개선을 위해 프로그램 관리부서(Program Management Division)가 창설되었는데, 그 목적은 다음과 같다.

- 포장과 관련된 모든 부서에 현재의 포장 상태 데이터를 제공
- 주도로의 포장 상태를 매년 갱신
- 수행 가능한 유지보수 공법에 대한 정보를 제공
- 유지보수와 관련된 의사결정에 대한 피드백 제공
- 미래의 포장상태 정보 제공

2004년 POP(Pavement Optimization Program) 2.1버전이 개발되어, 지역 자치단체에 배포되었다. POP는 Mandli Roadview Explorer를 통하여 현재 포장 상태를 조사할 수 있고 관련된 사진을 검토할 수 있다. 또한 분석 기간 및 연간 예산 입력을 통하여 생애주기비용을 분석할 수 있다(NDOT, 2009). <그림 3-3>은 POP 프로그램을 보여준다.



자료 : NDOT, 2009

<그림 3-3> POP 프로그램

## 2. 영국(United Kingdom)

### 1) UKPMS(United Kingdom Pavement Management System)

1980년대 중반 Local Authority Association(LLA)과 DOT는 새로운 포장관리시스템(PMS)을 도입하고자 하였고, PMS를 통해 눈으로 포장 상태를 평가하는 기존의 방식에서 장비를 사용하여 포장 상태를 평가하는 방식으로 대체되었다(Phillips, 1994).

영국의 총 도로 연장은 407,362km이며 잉글랜드의 도로 연장은 294,154km로 영국 총 도로의 72%에 달하며, <표 3-1>에 자세히 나타내었다.

<표 3-1> 영국의 도로 현황

나라	지방청	트럭 도로(km)	중요 도로(km)	기타 도로(km)	합계(km)
잉글랜드	150	7,286	27,959	266,198	294,154
웨일스	22	1,688	2,619	29,554	32,173
스코틀랜드	32	3,227	7,481	48,870	56,351
북아일랜드	23	281	n/a	n/a	24,684
합계	227	12,482			407,362

자료 : TRL, 2009

UKPMS는 도로, 커브, 보도, 자전거 도로 등과 같은 포장관련 자산을 효율적으로 관리하는 시스템이며, 이 시스템의 궁극적인 목적은 도로포장 관련 자산들의 상태 조사 및 유지보수 우선순위 선정을 통해 적절한 공용성을 유지하는 데 있다. 합리적인 유지보수 관리를 통해 예산절감 효과를 얻을 수 있었으며, UKPMS의 관리 단계를 나타내면 다음과 같다.

#### (1) 전략, 네트워크 단계

- 포장 유지보수의 필요성에 대한 확인
- 지원 가능한 예산 분석

- 실현 가능한 예산 대안 및 전략 선택
- 다양한 대안에 대한 서비스 상태 분석
- 예산 확보 방안
- 예산 범위 내에서의 유지보수 범위 산정

## (2) 프로젝트 선택 및 우선순위 단계

- 가능한 예산 내에서의 유지보수 우선순위 선정
- 합리적인 유지보수 공법 선정
- 비용평가 분석
- 관리자의 전반적인 목표와 관련된 우선순위 평가
- 유지보수 계획 및 예산 리스트 작성

## (3) 운영 단계

- 도로포장 상태 악화의 원인 평가
- 실질적인 유지보수 대안 확인(표층 재처리, 재포장)
- 유지보수 공법에 따른 경제성 분석
- 가장 합리적인 유지보수공법 선택

포장상태 조사를 위하여 활용되고 있는 다양한 장비를 <표 3-2>에 정리하였다. RCI(Road Condition Indicator)는 자동포장상태 장비로 포장의 표면 결함(러팅, 균열, 평탄성)을 조사하는 장비이고, Deflectograph는 포장의 처짐량을 측정하는 장비이며, SCRIM은 포장의 미끄럼을 자동측정하는 장비이다. 마지막으로 CVI(Coarse Visual Inspections)는 교통량이 적은 도로에 사용하는 표면 결함 조사장비이다.

〈표 3-2〉 포장상태 조사장비 적용 현황

나라	분류된 도로	비분류된 도로
잉글랜드	SCANNER RCI	CVI
스코틀랜드	SCANNER RCI	SCANNER RCI
웨일스	SCANNER RCI	-
북아일랜드	Deflectograph, SCRIM	CVI

자료 : TRL, 2009

영국은 UKPMS를 이용해 포장상태를 객관적으로 관리하고 있으며, 이를 통해 유지보수 우선순위를 효율적으로 선정할 수 있어 합리적인 예산관리 시스템을 구축하고 있다.

## 제2절 중하중

최근 미연방도로국은 도로포장의 서비스 상태 및 수명을 개선시키기 위한 방안으로 포장보호(Pavement Preservation) 개념을 도입하고자 많은 노력을 기울이고 있다. 또한 도로 사업에 대한 예산이 감소함에 따라 비용을 절감할 수 있는 유지보수에 대한 관심이 높아지고 있다. 포장보호 개념은 미래로 갈수록 더욱 중요시될 것이며, 이 개념을 이용한 예방적 유지보수는 도로포장의 수명 연장에 상당한 영향을 줄 것이라 보고 있다.

지금까지 수행된 포장보호 개념에 대한 연구는 주로 경하중 도로포장에 대해 진행되어 왔기 때문에 중하중 도로포장에 적용하기가 쉽지 않았으며, 중하중 도로포장에 포장보호 개념을 도입하기 위하여 SHRP(Strategic Highway Research Program)에서 “중하중 포장도로의 포장보호를 위한 가이드라인”을 2011년에 발표하였다(SHRP, 2011).

※ 포장보호(Pavement Preservation)  
전반적인 포장의 공용성 개선, 시민의 불편 최소화, 안정성 및 경제적인 도로 유지관리를 위해 발생한 개념으로 주로 예방적 유지보수 공법이 사용되고 있다.

## 1. 예방적 유지보수

1990년대 중반 이후 미국에서는 예산의 감소와 유지관리 비용의 증가로 도로포장의 품질을 유지하기 위해 많은 연구가 진행되었고, 예방적 유지보수 공법을 적용한 포장보호 개념이 도로분야에서 중요한 개념으로 자리 잡기 시작하였다.

도로포장의 수명을 개선하기 위해 다양한 예방적 유지보수 공법들이 개발되었으며, 칩실, 실코트, 크랙필링, 슬러리실 등이 가장 많이 사용되고 있다. 예방적 유지보수 공법은 일반적으로 경하중 도로포장에 많이 적용되어 왔으며, 도로포장의 공용성을 상당부분 향상시켜 경제적이고 효과적인 유지보수 방법으로 자리 잡게 되었다.

그러나 경하중에 적용된 예방적 유지보수 공법을 그대로 중하중 도로포장에 적용할 경우 많은 어려움이 따른다. 다음은 중하중 도로포장에 기존 예방적 유지보수 공법을 적용할 경우 발생하는 방해요인을 나타낸 것이다(SHRP, 2011).

- 중하중에 의한 예방적 유지보수 공법의 내구성 파괴 위험성 증가
- 특정 예방적 유지보수 공법에 대한 시민들의 부정적인 인식
- 증가한 공용성에 대한 기대
- 도로 기관의 경험 부족

예를 들면 하나의 예방적 유지보수 공법을 서로 다른 두 개의 교통량에 적용할 경우 문제가 발생하게 된다. 도로 A는 일평균교통량(ADT)이 1,500vpd이고 도로 B는 일평균교통량(ADT)이 20,000vpd일 경우 동일한 예방적 유지보수 공법을 적용한다면 도로 A와 도로 B의 포장수명은 동일하지 않을 것이다

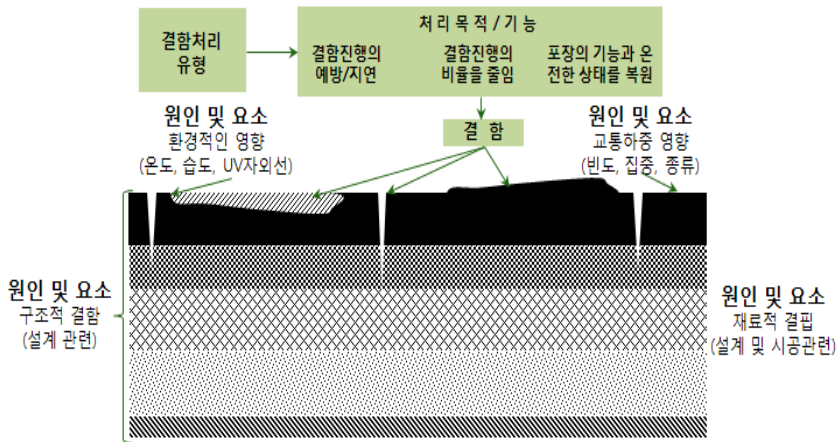
(SHRP, 2011).

최근 SHRP에서 “Renewal Project R26 : Preservation Approaches for High-Traffic-Volume”이라는 연구결과를 발표하였는데, 효율적인 포장보호 시스템을 도입하기 위해서는 명확한 시방 규정, 장기 공용성 및 경제성, 안전성 확보, 시공 시 대중교통지체 최소화 등이 필요하다고 보고하였다.

### 1) 중하중 포장보호 시스템 가이드라인

포장보호 시스템을 도입할 경우 고려해야 할 사항으로는 교통량, 현재 포장 상태, 기후상태, 작업시간, 유지보수 방법, 가격 등이 있다.

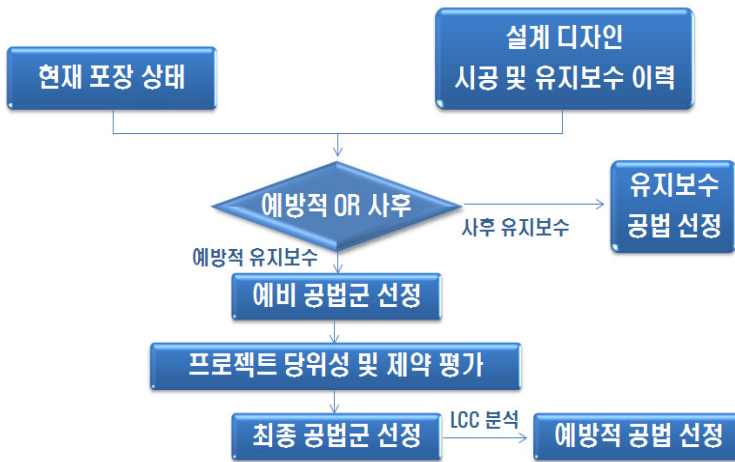
특히 교통량은 도로포장에 작용하는 하중을 직접적으로 측정할 수 있기 때문에 매우 중요한 요소 중 하나이다. 도로포장은 일반적으로 다양한 요소에 의해 파손이 발생하기 때문에 다양한 인자에 대한 고려가 필요하다. <그림 3-4>는 포장파손에 영향을 주는 인자와 처리방법을 나타낸다.



자료 : SHRP, 2011

<그림 3-4> 포장결함 및 처리방법

주어진 시간 안에 적절한 예방적 유지보수 공법을 선택하는 것은 간단하지가 않다. 현재 포장상태에 대한 상당히 많은 양의 데이터가 필요할 뿐만 아니라 예방적 유지보수 공법을 수행하기 위해서는 많은 제약이 따르고 다양한 대안도 고려되어야 한다. 또한 비용 문제가 포함될 때 더욱 복잡하게 된다. <그림 3-5>는 공법 선택 절차를 나타낸 것이다.



자료 : SHRP, 2011

<그림 3-5> 공법 선택 절차

경하중 도로포장에 적용된 유지보수 공법에 대한 공용성 평가는 상당히 많이 이루어졌지만 중하중 도로포장의 예방적 유지보수 공법 적용에 대한 공용성 평가는 아직 미비한 실정이다.

미연방도로국은 중하중 도로포장에 예방적 유지보수 공법을 적용하기 위해 많은 프로젝트를 진행하였고, 일부 만족할 만한 결과를 얻었으며, 그 결과를 <표 3-3>에 나타내었다.



〈표 3-3〉 중하중 도로포장 유지보수 공법

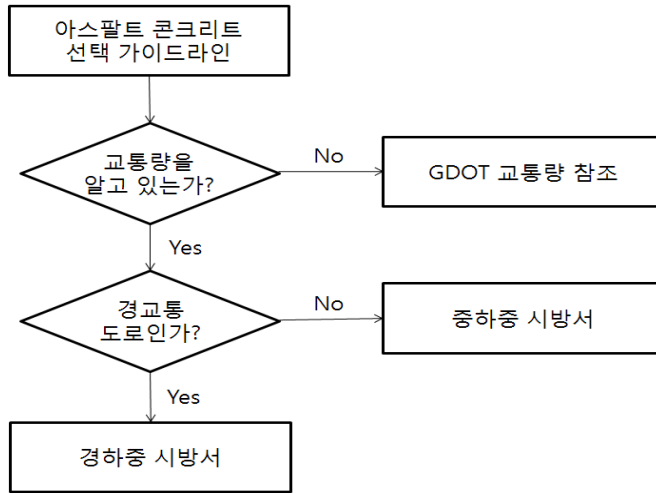
Preservation Treatment	Treatment Durability								Work Zone Duration Restrictions			Expected Performance on High-Volume Facility (yr)	Relative Cost
	Rural Roads				Urban Roads				Overnight or Single Shift	Weekend	Longer		
	High Traffic ADT >5,000 vpd	Climatic Zone			High Traffic ADT >10,000 vpd	Climatic Zone							
	Deep Freeze	Moderate Freeze	Nontreeze		Deep Freeze	Moderate Freeze	Nontreeze						
Crack fill	●	●	●	●	●	●	●	●	●			2-3	\$
Crack seal	●	●	●	●	●	●	●	●	●			2-6	\$
Slurry seal (Type III)	○	x	○	○	○	x	○	○	●			3-5	\$\$
Microsurfacing: Single	○	○	●	○	○	○	●	○	●			3-5	\$\$
Microsurfacing: Double	○	○	●	○	○	○	●	○	●			4-6	\$\$/\$\$\$
Chip Seal: Single Conventional Polymer modified	○	●	○	○	○	○	○	○	●			4-6	\$ \$\$\$
Chip Seal: Double Conventional Polymer modified	○	●	○	○	○	○	○	○	●			6-8	\$\$/\$\$\$ \$\$\$
Ultra-thin bonded wearing course	○	○	●	○	○	○	●	○	●			5-8	\$\$\$
Ultra-thin HMAOL	○	○	○	x	○	○	●	○	●			4-7	\$
Thin HMAOL	●	●	●	○	●	●	●	○	●			5-10	\$\$\$
Cold milling and thin HMAOL	●	●	●	○	●	●	●	●	●			6-11	\$\$\$
Hot in-place recycling Surf recycle and HMAOL												5-8	\$\$\$
Remixing and HMAOL	○	○	○	x	○	○	○	○	●			6-12	\$\$\$
Repaving												6-12	\$\$\$
Cold in-place recycling and HMAOL	○	○	○	○	○	○	○	○	●			5-11	\$\$\$
Profile milling	○	○	○	○	○	○	●	○	●			2-4	\$
Ultra-thin whitetopping	○	○	○	○	○	○	○	○	x	○	○	NA	\$\$\$\$

Note: ● - Highly Recommended; ○ - Generally Recommended; ◊ - Provisionally Recommended; x - Not Recommended.  
\$ (lowest relative cost) + \$\$\$\$ (highest relative cost).

자료 : SHRP, 2011

## 2. 중 · 경하중 아스팔트 포장 가이드라인

미국 Georgia DOT는 도로포장의 품질 향상을 위하여 중 · 경하중에 대한 아스팔트 도로포장 가이드라인을 제시하였으며, 교통량에 따라 아스팔트를 다르게 적용하고 있다. <그림 3-6>은 아스팔트 포장의 선택 가이드라인을 보여준다.



자료 : GDOT, 2006

〈그림 3-6〉 아스팔트 포장 선택 가이드라인

<표 3-4>와 <표 3-5>는 경하중, 중하중 시방서를 각각 나타내는데, GDOT의 경우 균열의 상태에 따라 다양한 보수 방법을 적용하고 있는 것을 확인할 수 있다.

〈표 3-4〉 경하중 시방서

경하중 시방서				
교통량/피손상태	기준	표면처리	4,75mm	9,5mm Type I
ADT	<200	Yes	Yes	Yes
	200~800	Yes	Yes	Yes
	800~1,000	<del>Yes</del>	Yes	Yes
	>1000	<del>Yes</del>	Yes(D)	Yes(H)
러팅	<1/4"	Yes	Yes	Yes
	1/4"~1/2"	(A)	(A)	(A)
	1/2"~3/4"	<del>Yes</del>	<del>Yes</del>	<del>Yes</del>
	>3/4"	<del>Yes</del>	<del>Yes</del>	<del>Yes</del>
횡방향 균열	하	Yes	Yes	Yes
	상	(G)	<del>Yes</del>	<del>Yes</del>

〈표 계속〉 경하중 시방서

경하중 시방서				
교통량/피손상태	기준	표면처리	4,75mm	9.5mm Type I
종방향 균열	하	Yes	(C)	(C)
	상	(G)		
균열	하			(C)
	상			
라벨링	하	Yes	Yes	Yes
	상			(B)

9.5mm Type I : 잔골재를 주로 사용

- A. Yes with 라벨링
- B. Yes with 절삭
- C. Yes with 클랙 실링
- D. Yes with TPD(Trucks per day) < 100
- E. Yes with 균열 방지층
- F. Yes with 깊은 패칭
- G. 표면처리 공법
- H. Yes with 100 < TPD < 200

자료 : GDOT, 2006

〈표 3-5〉 중하중 시방서

중하중 시방서				
교통량/피손상태	기준	9.5mm Type II	12.5mm	
			일반	개질(폴리머)
ADT	1,000~2,000	Yes(H)	Yes	Yes
	2,000~10,000	Yes	Yes	Yes
	10,000~25,000		Yes	Yes
	> 25,000			Yes
러팅	< 1/4"	Yes	Yes	Yes
	1/4" ~ 1/2"	(A)	(A)	(A)
	1/2" ~ 3/4"	(B)	(B)	(B)
	> 3/4"		(B)	(B)
횡방향 균열	하	Yes	Yes	Yes
	상	(E)	(E)	(E)
종방향 균열	하	(C or E)	(C or E)	(C or E)
	상	(E)	(E)	(E)

〈표 계속〉 중하중 시방서

중하중 시방서				
교통량/피손상태	기준	9,5mm Type II	12,5mm	
			일반	개질(폴리머)
균열	하	(C or E)	(C or E)	(C or E)
	상	(F)	(F)	(F)
라벨링	하	Yes	Yes	Yes
	상	(B)	(B)	(B)

9,5mm Type II : 굵은 골재를 주로 사용

- A. Yes with 레벨링
- B. Yes with 절삭
- C. Yes with 클랙 실링
- D. Yes with 트럭 교통량이 적은 곳에만 적용
- E. Yes with 균열 방지층
- F. Yes with 깊은 패칭
- G. 표면처리 공법
- H. Yes with 100 <TPD <200

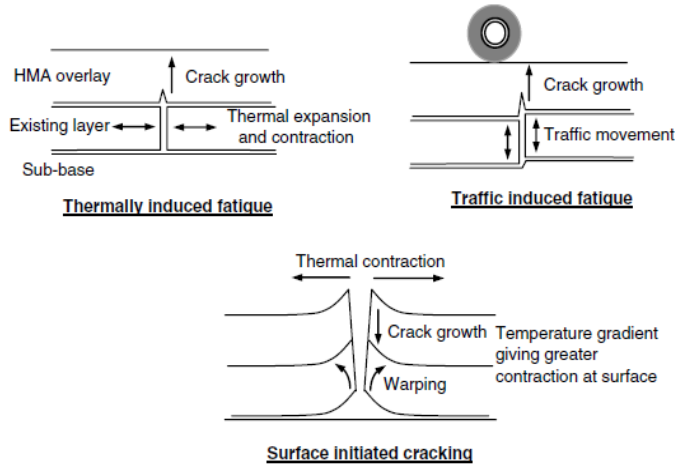
자료 : GDOT, 2006

### 제3절 반사균열

많은 도시 및 도로국은 도로포장 유지관리를 중요한 쟁점 중 하나로 생각하고 있으며, 도로포장의 공용성 확보를 위해 아스팔트 덧씌우기 공법이 가장 흔하게 사용되고 있다. 그러나 기존 포장의 패칭, 균열 등의 포장파손을 확실히 제거하지 않고 덧씌우기하는 경우가 많아 공용성 확보에 많은 어려움을 겪고 있다.

덧씌우기 도로포장의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 파괴 요소 중 하나는 반사균열이다. 콘크리트 도로포장의 조인트, 기존 콘크리트 및 아스팔트 도로포장의 균열부에 아스팔트 덧씌우기 도로포장이 시공될 경우 상대적으로 짧은 시간에 반사균열이 발생하여 도로포장의 표면부까지 균열이 발생하게 된다. 반사균열은 균열 및 조인트 부분에 중하중 차량이 지나가면서 발생하거나, 온

도의 변화에 의해 균열 및 조인트 부분에 응력이 생겨 발생하게 된다. <그림 3-7>은 반사균열 메커니즘을 나타낸 것이다.



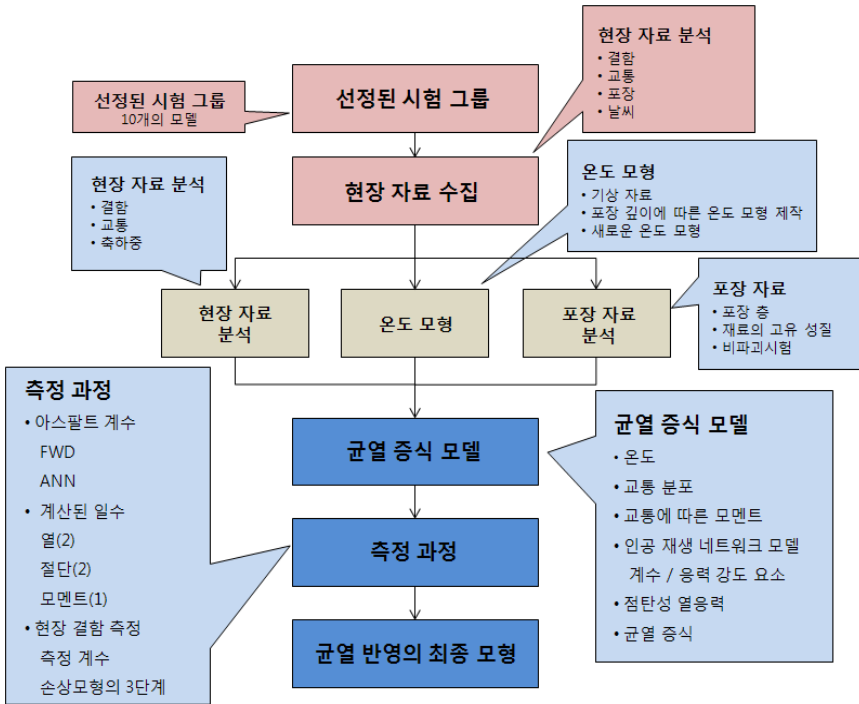
자료 : Lytton et al., 2010

<그림 3-7> 반사균열 메커니즘

덧씌우기 포장에 발생한 반사균열을 통하여 하부구조에 물이 침투하게 될 경우 하부구조에 침투된 물은 아스팔트 포장 및 하부층의 지지력을 약화시켜 다양한 파손형태로 나타나게 된다. 그러므로 아스팔트 덧씌우기 공법의 장기 공용성 확보를 위해서는 반사균열에 대한 저항 능력이 중요하다.

SHRP에서는 반사균열에 대한 설계 모델을 개발하였고, <그림 3-8>은 반사균열에 대한 설계 모델을 나타낸 것이다. 반사균열을 예측하기 위해서는 현장 정보, 온도, 포장상태 등에 대한 분석이 필요하다. 다음은 분석모델별 고려 인자를 나타낸 것이다.

- 현장 자료 모델 : 포장파손 자료, 교통량, 교통하중 분포
- 온도 모델 : 기후(날씨), 깊이에 따른 온도분포
- 포장상태 모델 : 포장층, 재료의 물성, 비파괴 시험



자료 : Lytton et al., 2010

〈그림 3-8〉반사균열 모델에 대한 설계도

아스팔트 덧씌우기 포장의 반사균열을 방지하거나 줄이기 위하여 아스팔트 덧씌우기 포장의 두께를 증가시키는 방법, Stress-Absorbing Membrane Interlayer (SAMI)를 사용하는 방법(섬유 및 지오텍스타일 멤브레인층을 사용), 기존 포장을 재포장하는 방법 등이 많이 사용되고 있다(Lytton et al., 2010).

## 1. 미국 네바다(Nevada)

지난 15년 동안 Nevada DOT(Department of Transportation)는 아스팔트 덧씌우기 포장의 반사균열에 대한 파손을 줄이기 위해 다양한 방법들을 사용해

왔다. Nevada DOT는 반사균열에 대한 파손을 최소한으로 줄이기 위한 시험시공 프로젝트 등을 수행하여 공용성에 대한 검토를 하였다. 또한 시험시공을 통하여 설계, 시공, 교통량 등의 자료 및 장기 공용성에 영향을 주는 요인에 대한 자료를 수집하였다. 더불어 수집된 정보를 통해 반사균열을 줄이기 위한 다양한 공법들에 대한 공용성 평가를 실시하였다.

Nevada DOT의 포장상태 조사 결과 포장의 공용성에 가장 큰 영향을 주는 요인은 평탄성, 러팅, 균열로 나타났다. Nevada DOT는 PMS(Pavement Management System)를 사용하여 주 전 지역에서 시공된 다양한 포장들의 공용성을 측정하기 위하여 PSI(Present Serviceability Index)를 사용한다. PSI는 포장의 평탄성에 큰 영향을 받지만 균열에 대한 영향을 충분히 나타내지는 못한다. 그러므로 PSI는 아스팔트 덧씌우기 포장의 공용성을 효과적으로 평가하기에는 부족하다. 반사균열 연구를 위하여 일부지역의 도로포장을 지정한 후 공용기간 동안 도로포장에서 발생하는 피로균열, 횡방향 균열, 블록 균열 등의 자료를 수집하였고, 반사균열을 방지하기 위한 다양한 기술들의 공용성을 평가하기 위한 자료로 활용하였다.

여러 가지 환경인자들을 고려하기 위하여 환경 및 교통상황이 다른 장소 33 곳을 선정하였으며, 반사균열을 방지하기 위한 다양한 공법들이 2005년까지 적용되었다.

### 1) Cold In-place Recycling Project(CIR)

CIR은 보통 아스팔트 기층 시공에 많이 사용되며 기존 아스팔트 포장의 내구성을 강화할 수 있는 공법이다. 보통 CIR은 30~300 AADT 정도의 경하중 도로에서 사용되지만, Nevada DOT는 1,000~10,000 AADT 정도의 도로에서 현재 적용 중이다. <그림 3-9>는 CIR 시공을 나타내며, <그림 3-10>은 CIR공법의 포장 단면을 보여준다.



〈그림 3-9〉 CIR 시공

- CIR A : 기존 포장 2in(5.08cm)를 CIR 공법을 적용하여 시공하고, 2.5in (6.35cm)의 밀입도 아스팔트 콘크리트를 시공한 후 0.75in (1.91cm)의 OGFC(Open Graded Friction Course)를 시공하였다.
- CIR B : 기존 포장 3in(7.62cm)를 CIR 공법을 적용하여 시공하고, 3in (7.62cm)의 밀입도 아스팔트 콘크리트를 시공한 후 0.75in (1.91cm)의 OGFC를 시공하였다.
- CIR C : 기존 포장 2in(5.08cm)를 CIR 공법을 적용하여 시공하고, 2in (5.08cm)의 밀입도 아스팔트 콘크리트를 시공한 후 0.75in (1.91cm)의 OGFC를 시공하였다.

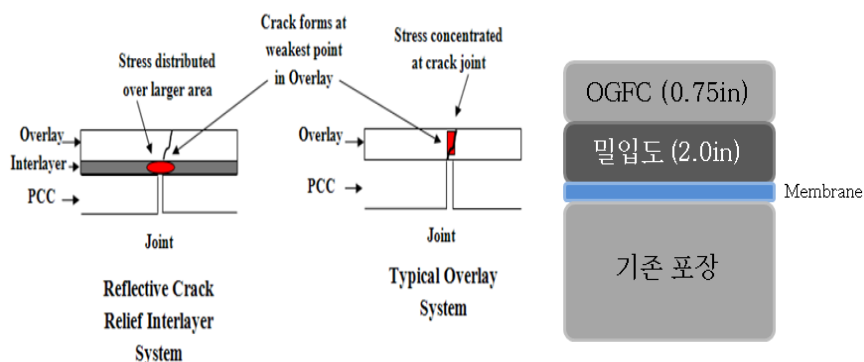


〈그림 3-10〉 CIR공법의 포장 단면



## 2) Reinforced Fabrics Project

Reinforced Fabrics는 응력흡수 및 방수 기능이 있는 멤브레인층을 두는 공법이다. 총 6개의 구간에서 1999년부터 2001년까지 시공되었으며 2in(5.08cm) 절삭 후 Fiberglass Yarns를 깔고 그 위에 2in(5.08cm) 아스팔트 덧씌우기를 시공한 후 0.75in(1.91cm)의 OGFC를 시공하였다. <그림 3-11>은 Reinforced Fabrics 공법의 원리 및 포장 단면을 나타낸다.



<그림 3-11> Reinforced Fabrics 공법의 원리 및 포장 단면

## 3) Stress Relief Course Projects

SRC는 최대입경 0.5in(1.27cm)의 밀입도 아스팔트 콘크리트를 사용하는 방법으로 기존 포장과 아스팔트 덧씌우기 포장 사이에 시공을 한다. 이것은 기존 포장의 균열 면과 아스팔트 덧씌우기 포장의 중간에 위치함으로써 반사균열이 직접적으로 덧씌우기 포장에 영향을 미치지 않도록 하기 위한 포장이다. 기존 포장 2in(5.08cm) 절삭 후 1in(2.54cm)의 SRC 포장을 시공하고 2in(5.08cm) 아스팔트 덧씌우기를 시공한 후 0.75in(1.91cm)의 OGFC를 시공하였다. <그림 3-12>는 Stress Relief Course 공법의 포장 단면을 보여준다.



〈그림 3-12〉 Stress Relief Course 공법의 포장 단면

#### 4) Mill and Overlay Projects

Mill and Overlay는 기존 아스팔트 포장을 2in(5.08cm) 절삭 후 아스팔트 덧씌우기를 하는 공법으로 1990년부터 2003년까지 총 10곳에서 시공되었다. <그림 3-13>은 Mill and Overlay 공법의 포장 단면을 나타낸다.

- MOL A : 기존포장 1.0in(2.54cm) 적삭 후 1.0in(2.54cm) 아스팔트 덧씌우기를 시공한 후 0.75in(1.91cm)의 OGFC를 시공하였다.
- MOL B : 기존포장 1.5in(3.81cm) 적삭 후 1.5in(3.81cm) 아스팔트 덧씌우기를 시공한 후 0.75in(1.91cm)의 OGFC를 시공하였다.
- MOL C : 기존포장 2.0in(5.08cm) 적삭 후 2.0in(5.08cm) 아스팔트 덧씌우기를 시공한 후 0.75in(1.91cm)의 OGFC를 시공하였다.



〈그림 3-13〉 Mill and Overlay 공법의 포장 단면

<표 3-6>은 Nevada DOT에서 실시한 시험시공 포장파손 현황을 나타내고 있다. 이러한 연구 결과를 통하여 Nevada DOT는 Flexible Pavement Distress Identification Manual를 작성하였고, 심각한 거북등 균열이 발생할 경우 하부 구조까지 재포장을 실시하도록 권하고 있다(Loria et al., 2008).

〈표 3-6〉 Nevada DOT 포장파손 현황

유지보수 수공법	AADT	Age at 2005 (years)	유지보수 전 포장파손						유지보수 후 포장파손		
			피로균열		횡방향 균열	블록 균열			피로 균열 A	횡방향 균열	블록 균열 A
			A	B		A	B	C			
Cold In-Place Recycling											
A-1	2,950	7	상	-	중	하	-	-	-	하/7	-
A-2	2,950	8	하	상	중	-	-	하	-	하/2	-
A-3	1,100	6	-	-	상	상	상	상	-	하/1	-
A-4	800	6	상	중	하	하	중	중	-	-	-
B-1	5,550	7	-	상	중	-	하	하	하/3	하/2	-
B-2	5,550	7	하	-	하	하	상	하	하/7	하/7	-
B-3	2,000	6	하	-	하	상	상	상	-	-	-
B-4	14,500	6	하	-	하	중	-	-	-	하/6	-
C-1	5,000	2	하	하	하	-	-	-	-	하/1	-
C-2	1,000	4	하	중	하	중	중	하	-	하/1	-
C-3	1,000	4	하	하	하	중	중	하	-	하/1	-
C-4	1,500	4	하	-	상	중	-	하	-	하/1	-
Reinforced Fabric											
RF-1	9,600	6	하	상	중	상	중	-	하/5	하/1	-
RF-2	2,850	6	하	하	상	-	-	-	-	-	-
RF-3	1,000	5	하	하	상	-	하	하	-	-	-
RF-4	4,400	5	하	하	하	-	-	-	-	하/3	-
RF-5	7,200	4	하	하	하	-	-	-	-	-	-
RF-6	10,000	4	하	하	하	-	-	-	-	하/2	-
Stress Relief Course											
SRC-1	40,000	8	중	상	중	중	하	-	-	-	-
SRC-2	15,600	5	하	하	중	상	-	-	-	하/5	-
SRC-3	2,700	5	중	-	중	-	-	-	-	하/5	-
SRC-4	1,900	4	하	중	중	-	-	-	-	-	-
SRC-5	29,100	2	-	-	하	-	-	-	-	-	-
Mill and Overlay											
A-1	40,000	15	-	상	하	중	-	-	중/1	-	-
A-2	5,500	12	중	상	중	하	-	-	하/4	하/2	-
A-3	2,700	12	중	-	중	-	-	-	-	하/5	-
A-4	3,350	12	-	상	-	중	-	상	-	중/5	-
B-1	2,000	10	-	중	-	중	-	하	-	-	하/5
B-2	1,700	9	-	-	-	-	상	상	-	하/5	-
B-3	1,700	9	중	-	중	중	상	상	-	하/5	-
B-4	6,750	8	중	-	하	중	하	-	하/5	중/1	하/6
C-1	7,250	5	-	-	중	-	-	-	-	하/3	-
C-2	7,500	2	하	하	하	중	중	-	-	-	-

자료 : Loria et al., 2008

## 2. 미국 일리노이(Illinois)

아스팔트 덧씌우기 공법은 일반적으로 기존 포장의 파손을 복구하거나 구조적 능력을 향상시키기 위하여 사용된다. 그러나 아스팔트 덧씌우기 공법은 기존 포장의 조인트, 패칭, 균열 등의 불연속면에서 구조적인 문제를 보이고 있다. 이러한 문제를 줄이기 위하여 몇 가지 공법이 개발되었고, 덧씌우기 포장의 두께를 증가시키거나 기존 포장 위에 균열 방지층을 두는 등의 방법이 많이 사용되고 있다(Cleveland et al., 2002).

균열 방지층(Interlayer System)은 기존 포장과 아스팔트 덧씌우기 포장 사이에 두는 층으로 기능에 따라 매우 다양한 종류가 있으며 상대적으로 매우 얇다.

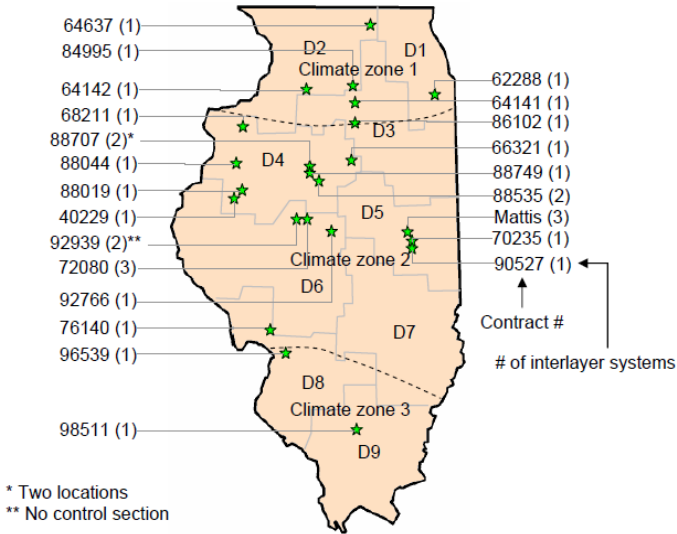
Illinois에서는 균열방지 시스템(Reflective Crack Control System)으로 세 가지 타입의 섬유 균열방지층이 사용되고 있고, 반사균열을 방지하기 위하여 아스팔트 덧씌우기 포장의 아래층에 설치하며, 주로 System A, System B, System C가 많이 사용되고 있다.

System A는 부직포 폴리프로필렌 지오텍스타일(Non-Woven Polypropylene Geotextile Fabric)을 사용하고, System B는 자착식 멤브레인(Self-Adhesive Membrane Interlayer)를 사용하며, System C는 응력 흡수 멤브레인(Stress Absorbing Membrane Interlayer)를 사용한다.

- ※ 부직포 폴리프로필렌 지오텍스타일(Non-Woven Polypropylene Geotextile Fabric)  
토목섬유의 한 종류로 아스팔트 콘크리트의 균열을 방지하고 역학적 특성을 향상시킬 목적으로 개발된 섬유제품
- ※ 자착식 멤브레인(Self-Adhesive Membrane Interlayer)  
아스팔트 바인더와 부직포, 폴리프로필렌 섬유 등을 섞어 만든 제품으로 아스팔트 콘크리트의 균열을 방지
- ※ 응력 흡수 멤브레인(Stress Absorbing Membrane Interlayer)  
고무 아스팔트 바인더(80% 아스팔트 바인더 + 20% 타이어 고무)를 골재와 섞어 만든 얇은 층으로 아스팔트 콘크리트의 균열을 방지

덧씌우기층의 균열을 확인하기 위해 Digital Video Imaging과 GPR(Ground

Penetrating Rader)을 사용하고 있으며, 현장 코어 채취 및 코어로 채취된 포장의 외관검사를 수행하고, 채취된 코어로 실내시험을 실시하고 있다. 또한 생애주기비용 분석 프로그램을 사용해 경제성 분석을 수행하고 있다. <그림 3-14>는 Illinois주의 Interlayer 적용 사례를 나타낸 것이다.



자료 : Al-Qadi et al., 2009

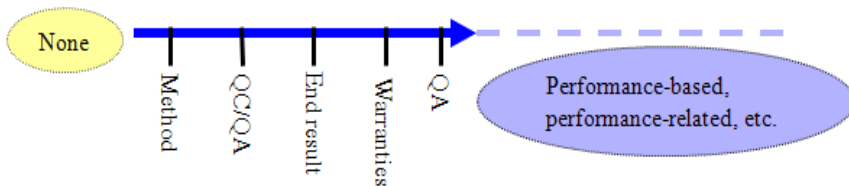
<그림 3-14> Interlayer 적용 사례

## 제4절 계약제도

### 1. 미국

도로포장의 품질의 개선을 위해 유럽에서 도입한 보증(Warranty)제도가 미국에서 성공적이었기 때문에 지난 15년 동안 많은 관심을 받았다. 보증제도는 미국에서 조기파손으로부터 포장을 보호하기 위하여 고속도로 사업에 많이 사

용되었다. 즉, 포장의 공용성을 개선시키고, 잦은 시공을 줄이기 위해 보증제도를 도입하였다. 1920년대 주정부는 처음으로 Method 시방서를 이용하여 도로의 품질을 유지하려 하였고, 1980년대 도로포장 시공에 대한 책임을 강화하기 위해 QC/QA(Quality Control/Quality Assurance) 시방서를 개발하였다. 후에 관리자들이 원하는 생산물을 명확하게 해주기 위한 End Result 시방서가 나왔으며, 1990년대 초에 시공의 질을 높이고, 포장의 공용성을 개선시키기 위해 보증제도를 도입하였다. <그림 3-15>는 미국의 시방서 개발 흐름도를 나타낸다.



<그림 3-15> 시방서 개발 흐름도

보증제도는 아스팔트 도로포장 및 콘크리트 도로포장의 신설시공부터 유지보수, 예방적 유지보수에 이르기까지 모든 과정을 포함하며, 특히 예방적 유지보수를 할 때 기존 노상의 상태 평가를 포함한다.

### 1) 보증제도

NCHRP는 보증제도를 우수한 제품을 생산해야 하는 품질 보증과 파손이 발생하였을 때 보수에 대한 생산자의 책임이라고 정의하고 있다. 보증제도는 특정 기간 동안 특정 제품의 공용성을 명확히 하는데 사용되고, 생산품의 책임이 누구에게 있는지를 정의해준다. 일반적으로 보증제도는 재료 및 기술 보증과 공용성 보증의 두 가지로 나뉘고 있다.

## 2) 보증 기간

보증 기간은 보증의 지속시간을 미리 정해 놓은 것으로, 보증제도에 따라 다양하다. 보증제도는 유럽의 기술에 기반을 두고 있으며, 계약자의 리스크가 증가할 때 발생하는 계약 금액의 불필요한 증가 없이, 관리자에게 우수한 공용성을 제공하고 있다. 관리자의 리스크와 계약자의 리스크 사이의 균형이 조절되어야 하며, 대부분의 주에서는 PMS 데이터를 적절한 보증 기간 결정에 활용하고 있다. < 표 3-7>은 보증 형태별 보증 기간을 보여준다.

<표 3-7> 보증 형태별 보증 기간

보증 형태		보증 기간(년)
재료 및 기술		2~4
공용성	단기간	5~10
	장기간	10~20

자료 : FHWA, 2011

## 3) 재료 및 기술 보증

재료 및 기술 보증은 통제 가능한 요소에 의해 포장파손이 생겼을 경우 포장에 대한 복구를 해주는 것이며, 일반적으로 예방적 유지보수 공법에 많이 적용되고 있다. 예를 들면 크랙실링, 칩실, 실코트 등이 있으면 2~4년 정도의 보증 기간을 주고 있다. 재료 및 기술 보증은 해당 도로국의 표준 시방서를 따르고 있다.

재료 및 기술 보증 때문에 공사비가 증가하였다는 사례는 없었으며, 공용성 보증과 아무런 연관이 없다. 최근 콜로라도와 미시간주에서 약간의 성공 사례가 보고된 바 있다(FHWA, 2011).

## 4) 공용성 보증

공용성 보증은 계약자가 특정기간 동안 실제 포장의 공용성에 대한 추가적인 책임을 맡는 것으로, 일반적으로 단기적 공용성과 장기적 공용성으로 나뉜다.

### (1) 단기 공용성 보증

단기 공용성 보증은 일반적으로 5~10년의 보증 기간을 갖고 있고, 프로젝트의 설계 디자인 및 포장의 형태에 따라 다르며, 기간의 PMS 공용성 데이터에 기반을 두고 있다. 단기 공용성 시방서에는 재료 및 시공에 대한 최소한의 조건 등이 포함되어 있다.

단기 공용성 보증제도에서 관리자들은 포장의 구조적 디자인에 대한 책임이 있고, 계약자들은 배합설계에 대한 책임이 있다. 또한 관리자는 보증 기간 동안 포장의 상태를 평가할 책임이 있으며, 마지막 승인은 보증 기간이 완료될 때까지이다.

### (2) 장기 공용성 보증

장기 공용성 보증 기간은 일반적으로 10~20년의 수명을 갖으며, 계약자들은 포장에 대한 재료, 구조, 배합설계 등을 만족시킬 책임이 있고, 품질관리 및 시공 절차에 대해 철저한 관리가 있어야 한다. 관리자는 보증 기간 동안 포장 상태를 평가할 권리가 있으며, 마지막 승인은 보증 기간이 완료될 때까지이다. 뉴멕시코주나 버지니아주의 장기 공용성 보증은 공용성 평가의 초기 단계에 있다(FHWA, 2011). <표 3-8>은 포장 보증제도를 정리한 것이다.

<표 3-8> 포장 보증제도

구분	재료 및 기술	보증제도 형태	
		공용성	
		단기	장기
시방서	특정한 공법에 대한 일반적인 시방서	재료 및 시공에 대한 최소 조건을 명확히 해야 함	재료, 구조적 디자인, 배합 설계, 시공 조건에 대한 최소 조건을 명확히 해야 함
관리자 책임	디자인, 평가	구조적 디자인, 평가	평가
계약자 책임	통제 가능한 원인으로 인한 파손 수정	배합설계, 품질관리, 보증 기간 동안의 공용성 확보	구조적 디자인, 배합설계, 품질관리, 보증 기간 동안의 공용성 확보
프로젝트 승인	관리자의 일반적인 공용성 자료에 따름	초기 : 시공 말기 : 보증 기간 완료 후	초기 : 시공 말기 : 보증 기간 완료 후



## 2. 유럽

2003년 유럽 평가단에 의해 보증제도에 대한 목적, 연구물 등에 대한 많은 자료가 “Asphalt Pavement Warranties Technology and Practice in Europe”에 보고되었다. 유럽의 많은 국가들은 포장의 공용성을 확보하고자 많은 노력을 하였고, 포장 보증제도에 대한 많은 역사를 갖고 있다. 비록 보증제도가 정부의 시방서와 산업의 촉진 중 양자택일을 통해 독립적으로 개발되었지만, 모든 국가에서는 보증제도가 도로포장의 질을 향상시킬 것이라고 믿었다.

### 1) 재료 및 기술적 보증

유럽 대부분의 나라는 일반적인 계약에 대해 재료 및 기술적 보증을 적용하며, 계약자는 불량한 재료의 사용 및 부적절한 시공으로 인해 발생한 파손에 대해서 보증을 해야 한다. 만약 원인이 아스팔트 계약자가 아닌데 포장파손이 발생했을 경우, 관리자는 파손의 원인이 원청에 있는지, 계약자에 있는지를 확인해야 한다.

일반적으로 고속도로의 경우 보증 기간은 1~4년이며, 러팅, 균열, 내구성 등의 공용성을 이용하여 재료 및 기술적 보증을 확인해야 한다.

### 2) 공용성 보증

공용성 보증은 일반적인 계약뿐만 아니라 설계디자인에도 적용되며, 재료 및 기술적 보증을 포함한다. 그러나 계약자가 포장 설계의 많은 부분을 수행할 경우 완성된 아스팔트 도로포장의 공용성을 포함해야 한다.

대부분의 유럽 국가는 5년의 공용성 보증 기간을 갖고 있다. 아스팔트 도로 포장의 설계수명이 5년보다 클 경우 러팅, 균열, 내구성, 평탄성, 미끄럼 저항성 등의 공용성 평가를 통해 계약자에게 과도한 짐이 되지 않는 선에서의 보증 수명을 책정해야 한다.

### 3) 최고가치 낙찰제도

유럽의 모든 나라는 최저가 입찰 대신에 최고가치 낙찰제도를 사용한다. 최고가치 낙찰제도는 계약자의 입찰가뿐 아니라 기술 및 공용성에 가산점을 주며, 최고가치 기준은 안정성, 새로운 공법, 환경적 요소 등을 포함한다. 또한 보증 기간을 연장할 경우 최고가치 기준에 맞춰 수행해야 한다. 경우에 따라서 입찰참가자격은 최고가치 낙찰제도에서 필터로 작용하기도 한다. 비록 최고가치 낙찰제도의 기준 및 중요도가 다르지만 모든 관리자들은 이 제도가 그들의 보증제도에서 가장 중요한 요소라고 말한다. 효과적인 보증제도를 위해서는 고속도로관리국 및 업체는 신뢰감과 함께, 업무 수행에 대한 자신감이 있어야 한다. 유럽 국가들은 최고가치 낙찰제도를 신뢰와 자신감을 촉진시키는 하나의 기술이라고 보고 있다.

# 제4장 서울시 도로포장 개선방안

제1절 도로포장 내구성 증진을 위한 정책방안

제2절 서울시 도로포장 관리시스템 구성(안)

# 제 4 장

## 서울시 도로포장 개선방안

### 제1절 도로포장 내구성 증진을 위한 정책방안

#### 1. 포장의 구조적 개선방안

##### 1) 중하중

도시화 및 경제발전에 따른 서울시 교통량의 증가로 인하여 포장의 조기파손이 발생하고 있으며, 중앙버스전용차로 도입 이후 중차량(버스)에 의한 포장 조기파손이 발생하고 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

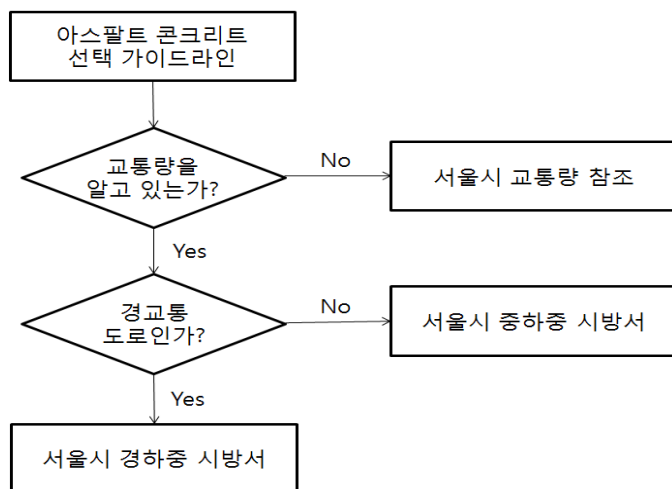
중교통도로는 버스전용차로가 주로 대상이 된다. 버스전용차로의 경우 당초 그러한 용도로 설계 및 시공되지 않은 도로를 버스전용차로로 활용함으로써 구조적 지지력(아스콘 단면두께 부족)이 부족한 구간이 대부분이다. 따라서 버스전용차로에 대한 구조적 지지력을 조사 평가하고 적정 포장두께를 설계한 다음 지지력 보강을 위한 포장두께를 확보하는 사업이 필요하다.



〈그림 4-1〉 포장두께 확보 방안

이를 위해서는 대표적인 버스전용차로에 대한 기존 포장두께 조사 및 FWD를 사용한 지지력 평가, 역학적-경험적 설계에 의한 잔존수명 예측, 포장두께 설계 등이 필요하고 이를 토대로 개발한 간편 설계방식을 나머지 버스전용차로에 적용해 단면 설계 지지력 보강여부를 결정한다.

또한 현재 서울시에서는 경하중에 대한 시방서는 있으나 중하중에 대한 시방서는 없는 상황이므로 중하중에 대한 시방기준이 필요하다. <그림 4-2>는 서울시 아스팔트 포장 선택 가이드라인(안)을 보여준다.



<그림 4-2> 서울시 아스팔트 포장 선택 가이드라인(안)

중하중 도로포장의 개선을 위해서는 개질 아스팔트포장의 개선 및 예방적 유지보수공법 도입이 필요하다. 개질 아스팔트포장의 개선을 위해서는 바인더 규격 및 실내 배합설계에 대한 개발이 요구되며, 품질증진 및 활성화를 위한 제도적 방안도 필요하다. 또한 예방적 유지보수공법의 도입을 위해서는 예방적 유지보수의 유형 및 해외 적용현황을 조사하고 서울시 PMS의 포장상태 조사와 연계한 공용성 분석을 통해 최적의 예방적 유지보수공법 적용기준을 마련해야 한다. 자세한 내용은 <표 4-1>에 기술되어 있다.

〈표 4-1〉 중하중 도로포장 개선방안

구분	개선방안
개질 아스팔트포장 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 바인더 규격, 실내 배합설계 개발</li> <li>· 시험시공으로 생산/시공 품질관리 지침, 공사시방서 개정</li> <li>· 품질증진 및 활성화를 위한 제도적 개선방안</li> </ul>
예방적 유지보수공법 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 예방적 유지보수의 유형 및 해외 적용현황 조사</li> <li>· 도로조건별 대표구간을 선정하여 예방적 유지보수공법의 시험적용 및 추적조사 시행</li> <li>· 서울시 PMS의 포장상태 조사와 연계한 공용성 분석을 통해 최적의 예방적 유지보수공법 적용기준 근거 마련</li> <li>· 예방적 유지보수공법 적용기준 및 지침 개발</li> </ul>

개질 아스팔트포장을 도입함으로써 품질 및 내구성 증진에 따라 공용기간이 향상되고 품질기준이 개선되며, 합리적 예산집행으로 유지보수 예산이 절감된다. 또한 예방적 유지보수공법 도입함으로써 선행적 유지보수로 기대수명이 향상되고 유지보수 예산이 절감되는 효과가 있으며, 조기 교통개방으로 주간공사가 가능하고 지·정체 해소에 따라 차량 연료비가 절약되는 효과가 있다. 자세한 내용은 <표 4-2>에 기술되어 있다.

〈표 4-2〉 중하중 도로포장 기대효과

구분	기대효과
개질 아스팔트포장 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 품질 및 내구성 증진에 따른 공용기간 향상 및 품질기준 개선</li> <li>· 합리적 예산집행에 의한 유지보수 예산 절감</li> </ul>
예방적 유지보수공법 도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선행적 유지보수로 기대수명 향상 및 유지보수 예산 절감</li> <li>· 건설폐기물 발생량 감소</li> <li>· 조기 교통개방으로 주간공사가 가능하고 지·정체 해소에 따른 차량 연료비, 탄소배출 등의 사회비용 절감과 민원 감소</li> </ul>

## 2) 수분저항성

여름철 집중 호우 및 장마로 인해 조기 포장파손이 발생하고 있으며, 국내 기후를 고려하지 않은 시방서로 인하여 아스팔트 도로포장의 수분저항성이 많이 떨어져 이에 대한 개선이 필요하다.

국지성 폭우 등 이상 기온에 의한 포트홀의 발생 건수가 증가하고 있어 이에 대한 다양한 대책 마련이 시급하다. 특히 포트홀 보수에서 일반적으로 응급 보수제(포대 아스콘)를 활용하고 있으나 보수제 대부분이 KS F 2369 도로 보수용 상온 아스팔트 혼합물의 일부 기준(수침잔류 안정도; 75% 이상)을 만족하지 못하고 있다. 따라서 전문기관(한국도로공사, 한국건설기술연구원 등)을 통한 명확한 품질검증이 필요하다. 또한, 여름철 강우에 의한 포트홀 발생 시 봄철 해빙기와는 달리 대부분의 원인은 물에 의한 아스팔트 혼합물 간의 점착력 약화 때문이므로, 수경화성 응급보수제의 사용이 불가피하다.

또한 아스팔트 혼합물의 수분저항성을 높이기 위하여 아스팔트 혼합물 생산 시 박리방지제를 첨가할 필요가 있다. 자세한 내용은 <표 4-3>에 기술되어 있다.

박리방지제를 사용할 경우 아스팔트 혼합물의 수분저항성이 증진되어 공용기간이 향상되며, 포트홀 발생 감소로 인한 유지보수 비용 절감 등의 효과가 있다. <표 4-4>는 수분저항성 개선 기대효과를 나타낸 것이다.

<표 4-3> 수분저항성 개선방안

구분	개선방안
박리방지제 도입	· 박리방지제 적용에 대한 공용성 평가 연구 수행 필요 · 다양한 구간 선정 후 시험적용 및 추적조사 · 타당성 조사 후 도로포장 적용 의무화 여부 결정

<표 4-4> 수분저항성 개선 기대효과

구분	개선방안
박리방지제 도입	· 수분저항성 증진에 따른 공용기간 향상 · 포트홀 발생 감소로 인한 유지보수 비용 절감 및 민원 감소

### 3) 하부구조

서울시에서는 도로의 유지보수를 위하여 획일적인 덧씌우기 공법을 주로 사용하고 있어 하부층(기층 등)이 많이 노후화된 상태(20년 이상)이다. 노후화된

포장의 균열에 의해 반사균열이 발생하여 덧씌우기 포장의 공용수명을 감소시키고 있는 상황이다. 또한 잦은 덧씌우기 유지보수로 인해 예산낭비가 발생하고 있으므로 이에 대한 개선이 필요하다.

하부구조와 관련해서 기층이 손상된 경우 표층만 재시공하면 포장의 수명이 급격히 저하되는 현상이 반복되고 있어 손상된 기층을 재시공하는 것이 시급한 문제이다.

현재 서울시 도로포장의 재포장공사에 재포장 설계비가 반영되어 있지 않고 있으며, 재포장을 단순히 표층 5cm 절삭 후 재시공하는 방식으로만 진행되었기 때문에 기층이 손상된 경우 덧씌우기의 내구연한이 너무 짧은 문제가 있다. 따라서 반드시 재포장 시공 구간은 포장파손 원인분석, 단면두께 실측, 균열 깊이 측정 및 기층의 파손 유무, 재포장두께 설계 등을 해야 하므로 이와 같은 작업이 반드시 시공 전에 선행될 수 있도록 시공비의 일정비율을 설계비로 사용할 수 있는 제도적인 장치가 필요하다. 이는 결국 프로젝트 단계의 PMS에 해당하기 때문에 네트워크 단계와 연계한 검토가 중요하다. 이 점을 감안해 일정규모 이상의 공사에 한해 이를 먼저 시행하고 전 공사에 대한 시행방안은 효과분석 후 결정해야 한다.

도로 파손 구간의 경우 다양한 원인(교통량, 기후 환경, 아스팔트 노후화, 아스팔트 혼합물 불량, 시공불량 등)이 있으나, 유지보수 방법(절삭 덧씌우기, 균열 실링 등)은 다양하지 않다. 선행되어야 할 부분은 정확한 원인 파악으로, 이를 근거로 유지보수방법을 결정해야만 비로소 공용기간 내에는 다시 파손되지 않을 것이다. 즉 그 원인에 맞는 적정 유지보수가 이뤄져야 할 것이다. 일례로 영구변형(기존 소성변형이라는 용어를 국토부 관련 지침 및 보고서에서는 용어 통일하기로 함)이 발생하였다면 현장코어 채취를 통해 어느 포장층에서 발생하였는지를 파악하고 그 원인에 맞게 유지보수가 시행되어야 한다. 또한 하부지반 구조의 공용화 및 포화정도에 따른 물성저하 평가도 필요하다.

하부층 기층개량을 할 경우 하부층 개선으로 인해 도로포장의 공용수명이



늘어나며, 잦은 유지보수를 할 필요가 없으므로 교통지체에 대한 민원 감소 효과가 있다. <표 4-5>와 <표 4-6>은 하부구조의 개선방안 및 기대효과를 정리한 것이다.

<표 4-5> 하부구조 개선방안

구분	내용
하부층 상태조사를 통한 기층개량	· 포장관리시스템(PMS)을 통한 도로파손 현황 파악 및 상세 원인조사 · 현장 공용성 평가 및 파손 실측을 위한 코어채취로 상세 원인조사 · 실 교통량 측정에 의한 소요 교통량 파악 및 현실적인 포장두께 설계

<표 4-6> 하부구조 개선 기대효과

구분	기대효과
하부층 상태조사를 통한 기층개량	· 하부층 개선으로 인한 도로포장의 공용수명 증가 · 잦은 유지보수를 수행하지 않으므로 교통지체에 대한 민원 감소 · 효율적인 예산관리 가능

## 2. 특수 포장의 도입

### 1) 저소음 포장의 활성화

#### (1) 구간 선정, 시공 방법, 생산 방법 등에 대한 구체적 기준 마련

서울시는 다양한 종류의 저소음 포장을 시공한 바가 있다. 위치별로 어떠한 문제가 발생하였는지, 저소음 기능이 제대로 유지되고 있는지 등을 평가하여, 향후 저소음 포장 지침을 작성할 때 구간 선정, 시공 방법, 생산 방법 등에 대한 구체적 기준을 마련할 수 있도록 준비해야 한다.

#### (2) 체계적인 시험 포장을 통해 향후 시행 전략을 추진

저소음 배수성 포장의 경우 서울시 자체의 실험 분석보다는 시범적으로 수행하는 정도이나, 가능하면 저소음 포장에 대한 기준 결정, 생산 및 시공에서

의 품질관리 방법 등을 결정한 후 체계적인 시험 포장을 통해 향후 시행 전략을 추진하는 것을 권장한다.

### (3) 실효성에 대한 철저한 연구가 필요

저소음 포장개발은 몇 년간 활발한 연구가 진행되다가 현재 미국 일부 주에서 실효성에 의문이 제기된 바 있다. 그 이유는 크게 두 가지이다. 첫째, 포장에서 나오는 소음이 차량의 소음에 비해 현저히 작을 뿐 아니라, 아스팔트 포장의 경우는 콘크리트 포장에 비해 소음의 정도가 더 낮다는 점이다. 둘째, 그간 연구 수행과정에서 소음 연구는 포장의 공용성 및 수명 증대와 분리되어 진행된 결과, 포장의 수명연장과 상충하는 결과를 도출하는 사례가 있었기 때문에 저소음 포장을 적용하기 위해서는 실효성에 대한 철저한 연구가 필요하다는 점이다.

## 2) 재활용 포장의 품질개선

서울시는 국내 지자체 중에서 재활용 포장을 가장 많이 사용하고 있는 곳 중의 하나이다. 그렇지만 각 사업소에서는 재활용 포장에 대한 회의감 및 회피하려는 움직임이 있다. 그 이유는 재활용 포장의 수명과 내구성 등에 대한 의구심이 있는데다, 실무자 입장에서 기술적 판단 기준이 정확치 않기 때문이다.

따라서, 과연 서울시 주변에 있는 재활용 플랜트들이 제대로 배합설계를 실시하고 재활용 아스팔트 혼합물을 생산하고 있는지 등의 현황 파악과 동시에 기존 재활용 아스팔트 혼합물의 문제점 등을 정리하여 이를 개선하기 위한 방안 및 기준 개선 등을 추진해야 한다.

## 3) 저탄소/녹색성장 포장공법 도입

일반 시민의 생활수준이 향상되고, 지속가능한 녹색 성장을 위해서 다양한 분야에서 많은 노력이 시행되고 있다. 도로 포장 분야의 저소음 배수성 포장과 중온(Warm-mix) 아스팔트 포장이 그 대표적인 예라 할 수 있다

중온 아스팔트 포장은 포장체의 생산 온도를 30℃가량 낮춘 것이므로, 생산 온도 저감에 따른 CO<sub>2</sub>의 절감 및 병커C유의 절감 등의 효과가 있으므로 고유가, 녹색성장 시대에 포장 분야에서 가장 적합한 기법으로 판단된다. 이로 인해 유럽은 이미 10여년 전부터 중온 아스팔트 포장을 시작하였으며, 미국도 유럽의 활성화에 따라 주별로 중온 아스팔트 혼합물의 검증 및 활성화를 추진하고 있는 실정이다.

### (1) 체계적인 시험 포장 및 검증 계획의 수립

중온 아스팔트 및 배수성 포장 혼합물의 종류는 다양하며, 이미 시중에 많은 재료들이 보급되고 있는 실정이나, 어느 제품이 우수하고, 실무자 입장에서 어떻게 품질관리를 해야 하는지 등의 세부적인 기준이 마련되어 있지 않은 상황이므로, 이를 위한 체계적인 시험 포장 및 검증 계획의 수립이 필요하다.

### (2) 중온아스팔트에 대한 검증 및 활성화

현재 국내에는 3가지 종류의 중온 아스팔트 혼합물이 있는 것으로 알려져 있다. 그렇지만, 한국건설기술연구원에서 개발된 제품 이외에는 실내 공용성 검증 실험 및 시험 포장에 대한 결과 등이 알려져 있지 않은 상황이다. 이외에도 외국의 제품들이 국내에 들어온 것으로 알려져 있으나, 아직 활성화가 되지 않은 상황이므로, 이들 다양한 종류의 중온 아스팔트 혼합물에 대하여 공용성 검증을 수행하기 위한 검증 연구를 수행해야 한다.

※ 새로운 공법을 도입할 때에는 체계적으로 검증하는 것을 권장한다. 기존에는 시험 포장을 한두 번 정도 시행하고, 결과가 좋지 않으면 나쁜 공법으로 치부되어 활성화가 불가능하였다. 따라서, 새로운 공법에 대한 도입 절차는 국내외 현황에 대한 파악, 다양한 실내 공용성 검증, 현장 시험 포장, 그리고 모니터링 등을 통해 의사 결정하는 것이 타당하다.

### (3) 실효성에 대한 합리적인 연구 필요

중온 아스팔트는 아스팔트 재료의 유동성을 증가시켜, 생산 온도를 낮추어

아스콘 플랜트 생산비용 절감과 탄소가스 배출감소라는 두 가지 이익을 가져다주는 이상적인 재료로 알려져 있다. 이에 따라 그간 다수의 회사가 중온 아스콘 생산에 많은 노력을 해왔고 저마다 장점을 가지고 있다. 하지만, 최근 경제위기와 맞물려 많은 국가가 탄소 배출 억제에 소극적인 상황이며, 이러한 제도적인 뒷받침 부재 움직임으로 중온 아스팔트 생산이 경쟁력을 가지기 힘든 상황이 된다. 다시 말해, 중온 아스팔트 생산은 액체나 분말 형태의 첨가제로 온도를 낮추는 형태이므로 첨가제 비용과 액체 첨가를 위한 장치 투자의 비용은 그간 무시되어 왔다. 또한 중온 아스팔트를 이용하여 현장 타설할 경우, 기존의 재료와 비교하여 같은 정도의 공용성 확보가 가능한지도 검증이 필요하다. 실제 미국의 National Center for Asphalt Technology에서는 중온 아스팔트와 관련한 많은 연구가 진행되고 있으나, 위에 제시한 문제점에 대하여 명확한 결과도출을 하지 못하고 있다. 따라서, 중온 아스팔트의 경제성, 공용성, 그리고 실효성에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 제2절 서울시 도로포장 관리시스템 구성(안)

### 1. 제도적 측면

#### 1) 계약제도

##### (1) 배경 및 문제점

현재의 대부분 발주 공사는 최저가 낙찰제로 되어 있으며, 수의 계약이 아닌 일반 경쟁 입찰로 되어 있다. 따라서 어느 업체가 신기술, 특허를 갖고 있다고 하더라도 수의 계약을 할 수 없도록 되어 있다. 그렇지만, 건설신기술을 인증해주는 국토해양부는 수의 계약을 할 수 있도록 규정하고 있어, 건설신기술 제도에 모순이 있다.

따라서, 신기술을 개발해도 직접 수주를 할 수 없는 포장 전문업체 대신 아무런 기술이 없는 업체가 공사를 수주하고, 관리비를 제외한 금액(10~30% 정도)을 삭감한 나머지 금액으로 공사를 수행해야 하는 어려움이 있다.

- 공사 수행 전문건설업체의 영세성으로 인한 공사품질 및 하자보수 문제 발생
- 현재 하자보수 보증 기간이 짧고 최저가 낙찰제가 적용되는 여건하에서 도로포장 공사의 성능저하 우려

## (2) 추진방향

- 계약발주제도 개선방안 검토
  - 시행부서에서 공종별 권역별로 통합발주 시행
  - 공사실적제 도입안 검토
- 보증(Warranty)제도 도입 검토
  - 보증계약 체결 시 포장재료 및 공법선정에 자율권 부여
  - 계약기간 동안 시공자가 도로관리 책임화
- 시공회사 및 플랜트에 대한 인센티브제도
- 지불 규정 제도의 도입

## (3) 개선방안

○계약발주제도  
계약발주제도의 목적은 공사시행부서에서 공종별 권역별 통합발주 시행안 검토를 통해 관리업무 경감 및 현장감독 현실화로 공사의 품질 향상을 도모하고 소규모 전문건설업체의 통합 및 대형화로 기술력 향상을 추구하고, 실적 평가를 통해 우수업체의 참가를 장려하는 데 있다.

- 발주방법에 대한 업무개선 측면의 경영진단을 실시
- 통합발주로 전문건설업체의 대형화 및 기술축적 유도방안을 검토

-포장도로 공사실적제의 도입안 검토(아스콘 생산업체와 시공업체의 다  
년간 실적과 하자사항 등에 대한 검증결과를 발주에 반영)

※ 적용사례

- ① 미국(지역별 관리소)은 연간 단가계약 형태로 전문건설업체에게 통합 발주 시행
- ② 국토해양부 산하 국토유지건설사무소에서는 '06년부터 권역별, 공종별 통합발주 시행

### ○보증(Warranty)제도

현재 서울시에서는 최저가 낙찰제를 적용하고 있으며, 보증 기간은 2년으로 매우 짧은 상황이다. 이에 따라 서울시 도로포장의 성능이 저하될 우려가 있어 성능중심의 평가기준을 제시하고, 도로포장의 품질 확보를 위해 하자보수 기간을 장기화(약 5년)하는 방안을 제시하고자 한다.

- 포장도로 발생가능 하자 분류와 정도 평가 기준을 제시
- 기존 포장도로 상태에 근거한 성능평가 기준안을 제시
- 교육 프로그램을 통한 공사 감독관의 포장하자 판단기준의 표준화

※ 적용사례

- ① 공용성 기반 시방기준 : 기준준수 정도에 따른 Pay factor 산정으로 공사비 감액 및 10% 이내의 보너스 지급형태로 운영
- ② 도로포장의 하자보수를 일정기간 포함하여 계약 발주 증가

### ○인센티브(Incentive)제도

지금 국내에는 2,200여개의 포장 전문 시공회사 있고, 플랜트 업체가 500여 개 있다. 이는 일본 및 미국보다 몇 배 이상 많은 숫자이다. 그러나 플랜트 및 시공 업체의 포장 전문인력은 매우 부족한 상황이어서 아스팔트 포장이 체 수명인 10년을 다하지 못한 채, 국가 예산이 낭비되고 있는 실정이다

따라서 공사 준공 시 시공을 잘 수행한 업체 또는 플랜트에게는 다음 공사 입찰 때 가점을 주어 포장 업체의 전반적인 시공 수준 향상을 유도해야 한다.

#### ○지불 규정 제도의 도입

미국에서는 거의 모든 주가 계약제도 중의 하나로 지불규정(Pay Factor)제도를 도입하여 운영 중이다. 즉, 공사를 준공할 때 포장의 성능 인자인(두께, 밀도 등)을 실험하여, 시방 기준에 못 미치게 되면 그만큼 포장체의 수명이 줄어들므로, 이에 대한 공사 금액을 감액하는 것이다. 실제 해당 구간만 일부 삭감하는 것이므로 공사 금액이 크게 삭감되는 것은 아니나, 회사의 이미지, 현장 기술엔지니어의 이미지에 큰 영향을 미치게 되므로 그만큼 품질에 신경을 쓰게 된다는 것이다.

또한, 현재의 시방 기준에 따르면, 공사 준공 시 시방 기준에 조금이라도 위반되면 재포장을 해야 하는데, 실제적으로 재포장을 쉽게 수용하는 것이 어려우므로, 이러한 지불 규정 계약 제도를 도입하는 것이 타당하다.

### (4) 기대효과

#### ○계약발주제도

계약발주제도는 발주금액의 대형화를 통해 중견 전문건설업체들의 참여를 확대하여 공사 관리용이 및 품질 향상을 도모하기 위한 제도이다.

- 통합 발주함으로써 계약 및 관리업무 경감
- 금액의 대형화를 통하여 중견 전문건설업체의 참여가 확대되고 공사관리가 용이해지며 품질이 향상됨
- 업체의 실적 및 포장상태의 평가를 통해 실력 있는 우수업체 참가를 유도해 포장도로 품질 및 기술력 향상

#### ○보증(Warranty)제도

- 도로관리 조직의 업무 경감 및 책임시공 장려
- 페널티 및 인센티브로 포장도로 품질향상 도모
- 시공사에 재료 및 공법선정 자율권 부여 및 계약기간 도로관리
- 책임시공 장려 및 도로관리조직의 업무 경감
- 하자 판단 범위와 성능 평가방법 등 표준안 제시

## 2) 품질관리

### (1) 품질관리 전문 감리제도

- 생산 및 시공 품질관리 외부자문 또는 전문 감리 시스템 구성
- 아스팔트 플랜트 생산 및 시공현장 위탁 전문 감리를 통한 품질관리 강화
- 포장 담당직원과 합동 감리수행으로 직원의 품질관리 능력 함양
- 현장 혼합물에 대한 품질검사는 품질시험소에서 수행

※ 품질시험을 위해 정례화된 교육 및 검증 필요  
기표원의 길이, 각도 등 기술교육과 같이 2년마다 자격인증 교육 및 시험 필요

### (2) 품질시험 인력 확충

포장 담당 실무 인원(현장 및 실험실)이 매우 적다. 예를 들어 지역별 관리 사업소뿐 아니라 본부에서도 포장 전문 인력이 부족하여 계획 및 현장의 생산 및 시공 관리 측면에서 어려움이 있다. 따라서 본부에서는 전체 서울시 포장 사업에 대한 계획을 수행하기 위한 인력이 필요하며, 지역별 관리사업소에서는 포장 사업을 시행하는 데 있어 품질관리를 철저히 수행하기 위한 전문 인력도 필요하다. 또한 인력충원과 더불어 현장에서 발생하는 품질시험을 지원하기 위한 실험 장비 시스템의 구축이 병행되어야 한다.

### (3) 품질관리 D/B 구축

새로운 공법이라 하더라도, 도로 포장 관련 품질관리 D/B가 구축되어 있지 않아, 품질관리를 제대로 시행하지 못한다면 해당 포장은 제 수명을 다하지 못하게 된다. 따라서, 플랜트 및 현장에서 구간별 품질관리 자료를 D/B화함으로써, 어떤 재료가 사용되었고, 어떻게 시공되었으며, 향후 포장 상태가 왜 변화하는지를 체계적으로 판단할 수 있는 근간이 마련되어야 한다.



#### (4) 품질관리 전문인력의 보완

서울시 본부에는 2인 정도의 포장 전문인력이 있지만, 사업소에는 전문 인력이 거의 없는 수준이다. 품질관리시스템, 공법이 아무리 좋다 하더라도 인력이 뒷받침되어 제대로 활용하지 못한다면 아무런 의미가 없는 결과를 초래하게 된다. 또한, 포장 공학은 일반인들이 단기간에 얻어지는 학문이라기보다 경험과 기술이 함께 융합되어야 하는 학문이므로, 포장 전문 인력의 보강이 시급한 실정이다. 따라서, 본부에 포장 분야에 대한 기획 및 관리를 위한 전문팀이 구성되어야 하고, 사업소별로 최소 2인 이상의 전문인력이 배치되어야 한다.

#### (5) 품질관리 교육의 실시

- 서울시 포장도로공사의 특수상황을 고려한 교육시스템 개발로 현장 애로 사항 해결 노력
  - 도심지 공사의 특수성과 민원대처 교육
- 시공·감리·기능원별 품질관리 교육프로그램의 적극적 홍보와 도입
- 해외 포장도로 선진국의 산/학/연/관계 전문가들의 자문의견과 단기교육 방문으로 선진교육체계 구축의 토대 마련

#### (6) 재료 및 시공 품질관리

- 공정별 철저한 시공 품질관리
  - 혼합물 생산 및 다짐 온도관리를 통한 시공줄눈 발생 억제
  - 소요 다짐횟수 준수를 통한 다짐밀도 확보

#### (7) 시험시공

서울시가 시행하는 아스팔트 포장시공(유지보수 포함)에서 시험포장 없이 단순한 포장업체의 경험으로만 포장되는 사례를 흔히 볼 수 있다. 실내 아스팔트 혼합물의 배합설계에서 교통량에 따라 다짐횟수는 정해진다. 또한 실내 다짐장비(현 마살다짐장비)의 규격은 KS에 의해 정해져 있다. 그러나 현장 포장

시공 시 현장 다짐장비(머캐덤롤러, 타이어롤러 등)의 최소중량 기준만 있을 뿐 다짐횟수는 시험포장을 통해 결정하게 되어 있다. 시험 포장은 최적 아스팔트 함량, 시공 전 표면처리 방법, 다짐 전 포설두께, 다짐도, 다짐방법, 다짐 후 밀도 및 포장두께, 플랜트 배합 및 현장 포설 온도 등을 검토할 목적으로 시행된다(국토해양부, 2009). 언급된 바와 같이 시험포장은 가장 기본적인 조치사항임에도 불구하고 이행되지 않는다면 아스팔트 포장의 공용성은 담보받을 수 없다.

### 3) 포장 기준

○ 국토해양부의 국가 기준 연구를 활용

국토해양부는 한국건설기술연구원(한국도로공사, 한국도로학회 공동연구)에 의뢰하여 “한국형 포장 설계법 개발 및 포장 성능 개선 방안 연구”를 2011년 2월까지 10개년에 걸쳐 수행하고 있다. 포장 생산, 시공, 유지관리, 그리고 국내 현황에 적합한 포장두께 설계 지침 등을 개발하는 것으로 이미 “아스팔트 포장 배합설계 지침” 등을 비롯한 많은 종류의 지침 및 요령 매뉴얼 등이 제정되어 있다(www.kprp.org 참조).

서울시는 해당 지침 및 기준 등을 검토하여, 시 특성을 반영할 수 있는 부분을 개정한 후 사용하는 것을 권장한다.

○ 유지보수 공사 시 문제

서울시는 국토해양부에서 마련한 국가 기준을 인용하고 사용하고 있지만, 부분적으로 시 특성을 반영한 기준을 마련할 필요성이 있다. 일반 국도 및 고속국도 등과 달리 서울시의 공사는 대부분 덧씌우기 유지보수 공사이다. 공사 시간이 주로 야간이므로 온도관리가 중요하며 교통개방시간이 매우 촉박하여 초기 변형에 주의가 요구된다. 서울시는 이러한 상황을 반영한 기준을 보완해야 한다.

## 2. 시스템 측면

### 1) 포장보수 시스템 강화

- 포장보수 시스템 구축
  - 별도의 순찰조 편성운영으로 소파발견 즉시 작업조에 통보하여 보수 조치
- 소규모 정비에 유지관리 업체 활용
  - 단기간 소파발생 급증으로 자체정비 능력 초과 시 유지관리 도급업체 활용
- 신속한 신고체계 확립
  - 서울지방경찰청, 다산콜센터(120) 활용

### 2) 대외 기술 협력 시스템

서울시에는 포장 공학 분야에 대한 전문인력이 없는 것 이외에도 시험소에서 실험 장비도 미흡한 수준이다. 이에 따라 연구 경력도 많지 않으므로, 서울시는 한국건설기술연구원, 한국도로공사, 한국도로학회 등과 유대관계를 맺어 해당 기관의 경험 등을 서울시에 도입함으로써 단기간에 포장 기술 수준을 향상시킬 수 있는 방안을 마련해야 한다.

### 3) 포장관리시스템(PMS)

서울시는 PMS를 운영하고 있지만, 매년 조사 용역 업체가 바뀌고 장비가 변경됨으로 인해 D/B 자료의 신뢰성이 결여되는 문제가 있다. D/B에 문제점이 발생하게 되면 PMS의 원래 목적인 예산 절감 및 기술 발전 효과가 저감될 수 있다.

### (1) PMS의 합리적 운영

서울시는 국내 지자체로서는 처음으로 포장관리시스템(PMS, Pavement Management System)을 운영하고 있으나, 단년도 최저가 입찰 계약에 따라 매년 업체가 바뀌고 장비도 변경되고 있는 상황이다.

장비가 바뀌게 되면 조사 결과의 신뢰도가 떨어지고, 장비별 정확도에 차이가 있어, D/B의 일관성이 없어지게 되므로 PMS 운영의 의미가 없어지는 문제점이 있다.

따라서 장비 인증시스템 및 보정 시스템을 구축하여 어느 업체이든 일정 수준 이상의 장비를 구축하고 운영할 수 있도록 만들거나, 최소 3년간은 일정 기관에서 운영할 수 있도록 장기 계약을 수행하고 조사 분석을 해야 PMS D/B의 효용성을 얻을 수 있다. 또한 전술한 바와 같이 네트워크 레벨뿐만 아니라 프로젝트 레벨의 PMS도 반드시 구축해야 도로포장 유지관리가 선진화될 것이다.

### (2) 예산절감 대비

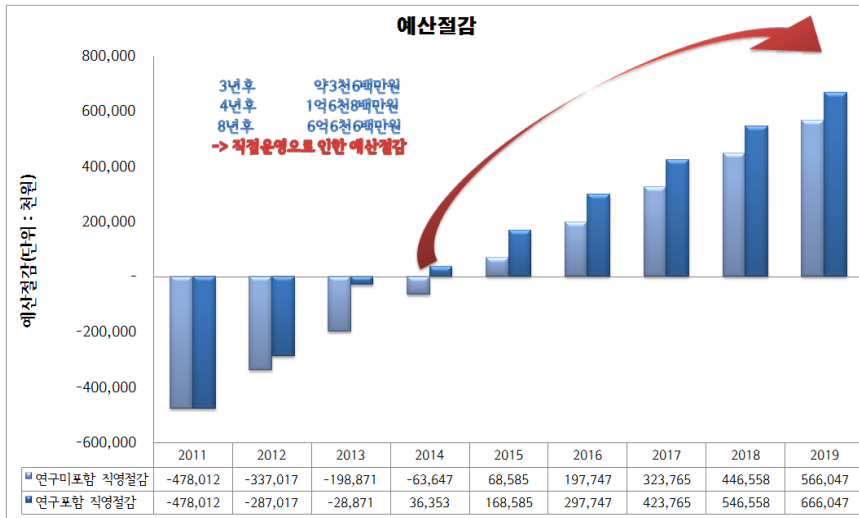
포장조사 용역 예산집행은 총 연장 4,500km에 대한 2차로 조사를 기준으로 하고 있으며, 현 용역인 1,500km에 대한 2차로 포장조사 시 2~3개월(주간)이 소요된다. 따라서, 4,500km에 대한 2차로 전 노선 포장조사를 실시할 경우 총 3년의 기간 중 실조사기간은 6~9개월(주간)에 그친다. <표 4-7>은 연도별 용역비를 보여준다.

<표 4-7> 연도별 용역비

연도	용역 비용(천원)
2007	320,750
2008	273,500
2009	281,930

자동조사 장비를 구입하여 직접운영 시 총연장 4,500km에 대한 2차로 조사

를 실시할 경우 소요기간은 3년에서 1년으로 단축이 가능하며, 주·야간 병행 조사 시 야간 대비 20~30%의 시간 단축이 가능하다. 주간조사 시 교통량으로 인해 제한이 많고, 야간조사 시 교통량이 적어 조사시간을 상당히 단축할 수 있으며, 위치확인을 위한 입력변수로 전방현황 촬영 자료가 필요하므로 주·야간 1차로씩 번갈아 시행하면 조사기간은 약 5~7.5개월이 될 것으로 예상된다. <그림 4-3>은 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과를 나타낸 것이다.



(그림 4-3) 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과

3년 후부터 연구 포함 직영 시 우수인력과 장비를 갖춘 서울시 도로포장 유지관리 전문팀 운영으로 약 3,600백만원의 예산절감 효과가 있을 것으로 보인다. 또한 전문 운전원은 필요 시 분석요원으로의 대체업무가 가능하므로 작업의 효율성이 우수하며, 도로포장을 전공한 석사급 이상 2명이 도로포장 성능향상 프로젝트의 관리 및 서울시 도로포장 재료 및 시공 품질관리 전문요원으로 근무가 가능하므로 업무의 효율성이 뛰어나다.

### (3) 기대 효과

초기에는 시스템의 정착을 위해 납품업체와의 1년 공동운영을 통해 미숙한 운영에 대한 숙련 및 보완이 필요하며, 기대효과는 경제적인 측면과 업무 효율성 측면으로 나뉘 볼 수 있다.

경제적인 측면으로는 서울시가 직접 유지관리를 하므로 예산이 절감되고, 동시에 적합한 도로포장 유지에 의한 유지관리비용의 절감, 교통 혼잡 및 시민 불편에 따른 사회간접비용 절감, 포장상태 평가 관련 각종 용역의 직접 수행으로 인한 예산 절감 등의 효과가 있다.

업무 효율성 측면으로는 유지관리 운영과 보수담당이 일원화되어 실무와의 직접 연계를 통해 추가예산 소요 및 작업의 지연가능성이 없고, 긴급 상황 시 도로 상태에 대한 신속한 평가 및 대처가 가능하다.

## 3. 인력양성 측면

포장관련 인력 양성의 현황을 보면 국내에서는 포장관련 교육 프로그램이 전무한 편이다. 아스콘 플랜트의 경우 KS의 인증을 받기 위해 받는 교육이나 공무원 교육원 등에서 단편적으로 2~3시간씩 받는 교육이 거의 전부인 실정이다.

일본의 경우 아스팔트 포장 1, 2급 기사가 있을 정도로 포장에 대한 전문성을 중요시하고 있으며, 미국의 많은 주에서는 지방서에 도로 포장 관련 교육 인증체계를 구축하여, 교육을 받지 못하면 도로 포장 현장에 투입될 수 없도록 되어 있다. 즉, 도로 포장이 전문성을 요구한다는 점을 인식하고, 이에 대한 주기적 교육 및 인증을 실시할 필요가 있다.

#### ○ 교육인증시스템 활용

국토해양부는 도로현장의 인력에 대한 포장 교육 활성화 및 기술 전파를 위해 한국건설기술연구원 및 인천기술교육원에 “포장 기술 교육 프로그램”을 만들어, 현장 기술자들이 교육을 받도록 유도하고 있다. 서울시도 공사 현장 및

플랜트 기술자로 하여금 본 교육 프로그램에 참여하도록 유도함으로써, 현장 기술자의 기술 수준을 향상시키고, 이로 말미암아, 현장의 품질관리가 향상될 수 있도록 유도한다.

○도로포장 산업기사제도 또는 기사제도화

제시된 여러 정책방안 중에서 서울시에 적용하기 위한 관리정책의 빈도(평상시 관리, 유사시 관리)와 시급성의 정도(매우 시급, 시급, 보통, 추후 고려) 등이 <표 4-8>에 기술되어 있다.

<표 4-8> 제시된 정책방안의 시급성 정도

정책방안	내용	관리빈도	시급성
포장의 구조적 개선방안	간편 설계방식의 개발	유사시 관리	보통
	중하중에 대한 시방기준 필요	유사시 관리	보통
	개질 아스팔트포장의 개선 및 예방적 유지보수공법 도입 필요	평상시 관리	시급
	아스콘의 수분저항성을 높이기 위해 박리방지제에 대한 연구 필요	유사시 관리	시급
	수경화성 응급보수제 활용	유사시 관리	추후 고려
	시공 전 시공비의 일정비율을 설계비로 사용할 수 있는 제도적인 장치가 필요	유사시 관리	보통
	PMS를 통한 도로파손 현황 파악 및 상세원인 조사 필요	평상시 관리	매우 시급
계약제도의 개선	계약발주제도	유사시 관리	보통
	보증제도	유사시 관리	보통
	인센티브제도	유사시 관리	보통
	지불 규정 제도	유사시 관리	보통
품질관리의 개선	품질관리 전문 감리제도	평상시 관리	보통
	품질시험 인력 확충	평상시 관리	시급
	품질관리 D/B 구축	평상시 관리	보통
	품질관리 전문인력의 보완	평상시 관리	매우 시급
	품질관리 교육 실시	평상시 관리	보통
	재료 및 시공품질관리	평상시 관리	시급
PMS 개선	PMS의 합리적 운영	평상시 관리	매우 시급
인력양성	교육인증시스템 활용	평상시 관리	시급
	도로포장 산업기사제도 또는 기사제도화	유사시 관리	추후 고려

## 제5장 결론 및 정책제언

제1절 결론

제2절 정책제언



# 제 5 장

## 결론 및 정책제언

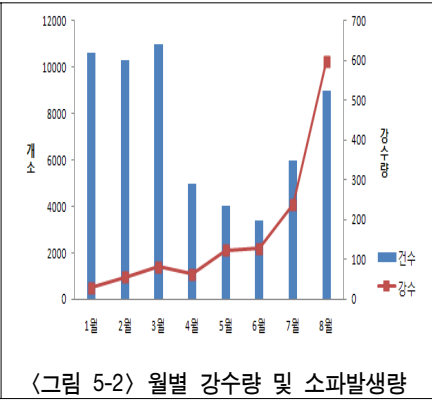
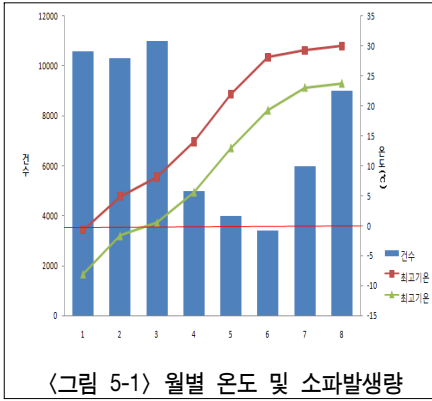
### 제1절 결론

#### 1. 서울시 도로파손 발생 현황

○ 서울시 기상현상과 도로파손 발생현황

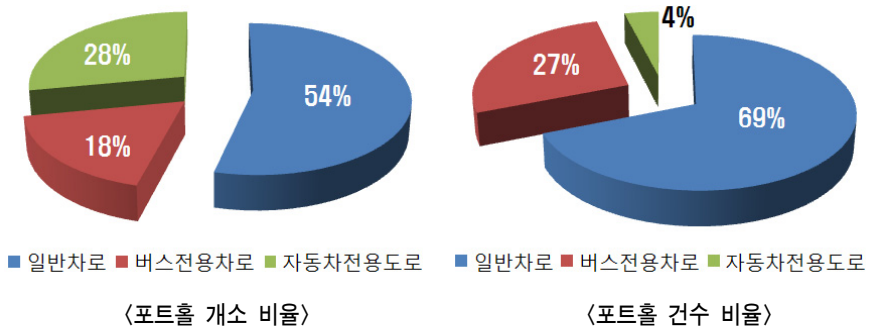
<그림 5-1>은 월별 온도 및 소파발생량을 보여준다. 1월부터 3월까지의 온도 변화를 보면 각각의 평균 최저기온과 평균 최고기온이 0℃ 부근에 분포하고 있으며, 소파가 집중적으로 발생하는 것을 확인할 수 있다. 해빙기의 온도 변화가 도로포장의 파손을 가속화시킬 가능성이 크다는 것을 알 수 있다.

<그림 5-2>는 월별 강수량 및 소파발생량을 나타낸다. 강수량이 증가하는 7월, 8월에 소파보수 발생 건수가 증가하고, 1월부터 3월까지 해빙기의 온도변화 영향으로 인해 포장파손이 증가한 것을 확인할 수 있다.

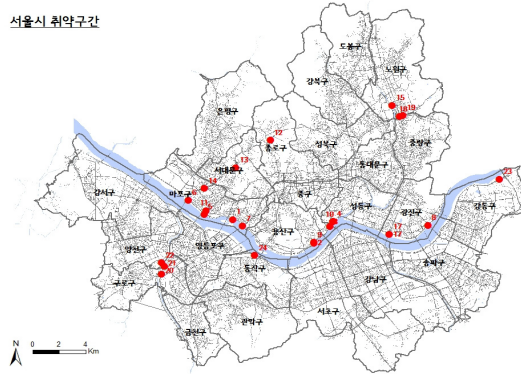


○서울시 중하중의 포장파손 영향분석

2004년 서울시 대중교통체계 개편 작업과 함께 중앙버스차선 제도가 도입된 이래로 버스전용차로에 중하중(버스 하중)이 집중되면서 포장파손(소성변형)이 발생하여 포장 수명에 큰 영향을 미치고 있다. <그림 5-3>은 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적을 보여준다. 버스전용차로의 포트홀 개소 비율(18%) 및 포트홀 건수 비율(27%)을 보면 버스전용차로의 비율이 상당히 높은 것을 확인 할 수 있으며, 중하중(버스 하중)이 포장파손에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. <그림 5-4>는 서울시 도로포장 취약구간을 나타내고 있다.



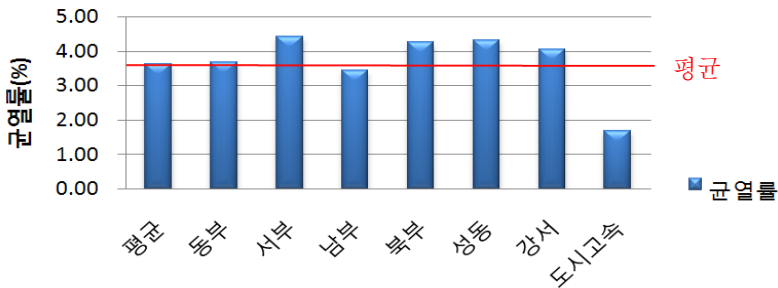
<그림 5-3> 2009년 1월 포트홀 발생 및 보수실적



〈그림 5-4〉 서울시 도로포장 취약구간

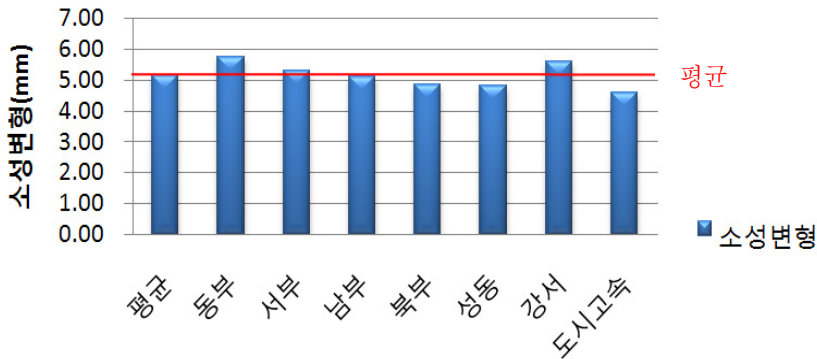
## 2. 서울시 도로포장 상태 분석

도로교통사업소별 균열 발생현황은 <그림 5-5>와 같으며, 전체의 평균 균열률이 3.64%임을 감안하면, 서부도로교통사업소(4.43%), 북부도로교통사업소(4.27%), 성동도로교통사업소(4.33%), 강서도로교통사업소(4.06%)의 균열률은 전체 평균에 비해 다소 높으며, 도시고속도로의 균열률은 1.70%로 양호한 것으로 확인되었다. 동부도로교통사업소와 남부도로교통사업소의 균열률은 평균값과 유사하였다.



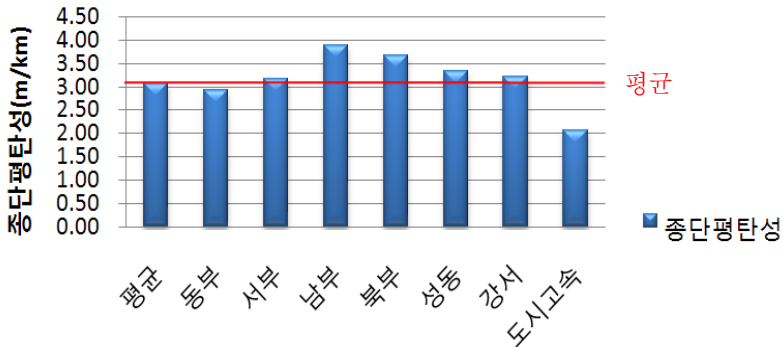
〈그림 5-5〉 도로교통사업소별 균열률 현황

도로교통사업소별 소성변형 발생현황은 <그림 5-6>과 같으며 평균 소성변형 발생량은 5.15mm로 측정되었고, 전 노선이 서울시 소성변형 기준 25mm 보다 낮게 측정되어 양호한 상태로 확인되었다. 이는 소성변형이 주로 교차로나 경사진 도로와 같이 단속류나 저속류의 교통하중이 반복적으로 가해지는 지점에서 국부적으로 발생하는데 전체적인 구간에 대한 평균값만을 나타내고 있기 때문이다. 보다 정확한 자료를 얻기 위해서는 교차로 및 경사진 도로에 대한 소성변형 자료 구축이 필요하다.



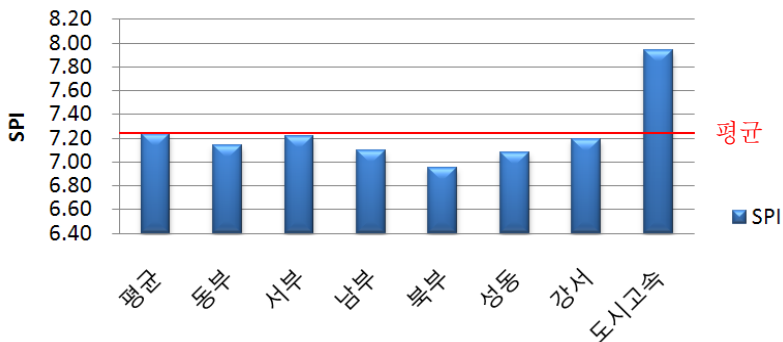
<그림 5-6> 도로교통사업소별 소성변형 현황

도로교통사업소별 종단평탄성 현황은 <그림 5-7>과 같으며, 조사대상노선 전체의 종단평탄성 평균값은 3.08m/km이다. 도시고속도로의 종단평탄성 평균값은 2.08m/km로 비교적 양호하며, 남부도로교통사업소(3.88m/km), 북부도로교통사업소(3.67m/km)를 제외한 사업소의 평균값은 전체 평균값과 유사하다. 종단평탄성에 따른 포장 상태로 비교하면, 남부 및 북부 사업소의 경우 노후화된 포장 또는 유지보수가 필요한 포장으로 분류된다.



〈그림 5-7〉 도로교통사업소별 종단평탄성 현황

PMS 조사대상 노선의 서울시 및 사업소별 포장평가지수(SPI)는 <그림 5-8>과 같다. 서울시 평균 SPI는 7.23으로 분석되었으며, 사업소별 SPI는 도시고속도로 7.94, 서부도로교통사업소 7.22, 강서도로교통사업소 7.19, 동부도로교통사업소 7.14, 남부도로교통사업소 7.10, 성동도로교통사업소 7.08, 북부도로교통사업소 6.95의 순으로 나타났다. 북부사업소의 경우 포장평가지수가 6.95로 보통 상태이고, 1~2년 내에 보수가 필요하며, 다른 도로사업소의 경우 포장평가지수가 7.08 이상의 양호한 상태로 보수 불필요 또는 일상(예방적) 유지보수가 필요한 것으로 조사되었다.

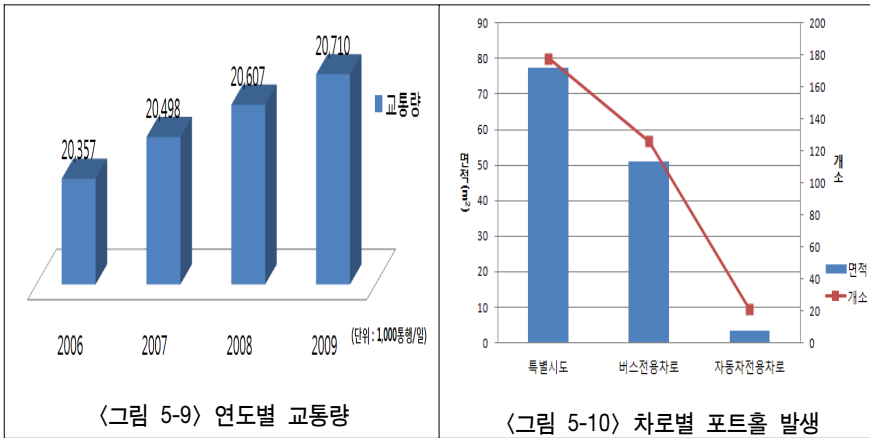


〈그림 5-8〉 사업소별 포장평가지수(SPI) 현황

### 3. 서울시 도로포장 구조적/재료적 문제

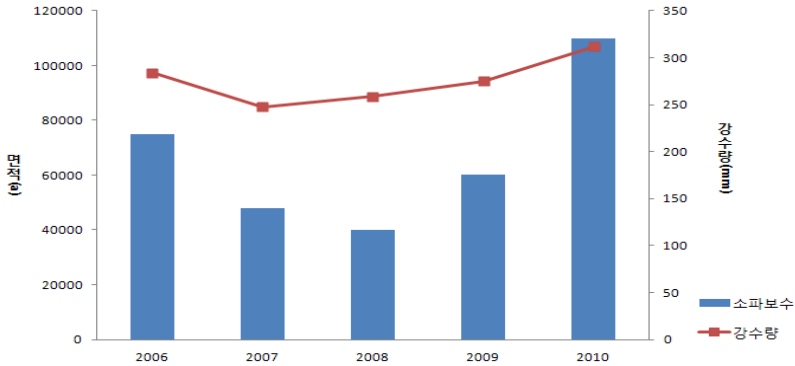
○ 중하중(교통량)에 의한 도로파손

<그림 5-9>는 연도별 교통량을 보여주고 <그림 5-10>은 차로별 포트홀 발생 현황을 나타낸다. 버스전용차로의 포트홀 발생 수 및 면적이 매우 많아 버스에 의한 중하중의 반복적 재하와 버스정류장에서의 단속류로 인한 포장파손이 발생하였다.



○ 강수량과 도로파손

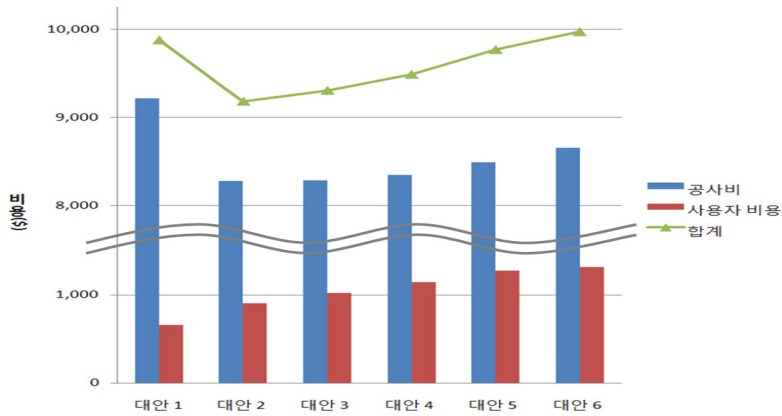
<그림 5-11>은 연도별 서울시 소파보수 면적 및 강수량 자료를 나타낸 것으로 강수량이 증가할수록 소파보수 면적이 증가하였다. 최근 국내 기후가 아열대기후로 변하고 있어 수분에 의한 포장파손을 줄이기 위한 노력이 필요하다.



〈그림 5-11〉 연도별 소파보수 면적 및 강수량

○ 획일적 덧씌우기로 인한 문제점

- 서울시 도로포장 대상의 대부분은 20~30년 이상 된 도로가 대부분이며, 유지보수 시 파손 규모에 따라 소파보수, 평삭 및 덧씌우기 등의 유지공법을 실시하고 있다. 하부층이 노후화될 경우 기존 포장의 균열에 의해서 상부층에 반사균열이 작용하게 되어 덧씌우기된 포장의 조기 파손을 야기시킨다.
- 도로보수의 약 50.9%가 하부구조의 구조적 성능의 증가 없이 기능성만을 향상시키는 공법을 사용하고 있어 기존 도로포장을 조기 파손시키며 노후화를 촉진시키는 요인으로 작용할 수 있다.
- 획일적인 덧씌우기 공법의 문제점을 분석하기 위하여 <그림 5-12>와 같이 생애주기비용 분석 프로그램을 사용하여 비용 분석을 실시하였다. 최적의 대안(대안 2)에 비해 덧씌우기 공법을 계속 적용할 경우(대안 1) 일정 비용의 경제적 손실이 발생하였다. 보다 세밀한 비용 분석을 위해서는 포장관리시스템 구축을 통해 서울시에 시공된 도로포장 자료를 통한 생애주기비용 분석이 필요하다.



〈그림 5-12〉 대안별 비용분석 결과

## 제2절 정책제언

### 1. 포장의 구조적 개선방안

중교통 도로에 대한 대책방안에서 중교통도로는 버스전용차로가 주로 대상이 된다고 볼 수 있다. 버스전용차로의 경우 당초 그러한 용도로 설계 및 시공되지 않은 도로를 버스전용차로로 활용함으로써 구조적 지지력(아스콘 단면두께 부족)이 부족한 구간이 대부분이다. 따라서 버스전용차로에 대한 구조적 지지력을 조사 평가하고 적정 포장두께를 설계한 다음 지지력 보강을 위한 포장두께를 확보하는 사업이 필요하다.

이를 위해서는 대표적인 버스전용차로에 대한 기존 포장두께 조사 및 FWD를 사용한 지지력 평가, 역학적-경험적 설계에 의한 잔존수명 예측, 포장두께 설계 등이 필요하고 이를 토대로 개발한 간편 설계방식을 나머지 버스전용차로에 적용해 단면 설계 지지력 보강여부를 결정한다.

또한 현재 서울시에서는 경하중에 대한 시방서는 있으나 중하중에 대한 시



방서는 없는 상황이므로 중하중에 대한 시방기준이 필요하다.

중하중 도로포장의 개선을 위해서는 개질 아스팔트포장의 개선 및 예방적 유지보수공법 도입이 필요하다. 개질 아스팔트포장의 개선을 위해서는 바인더 규격 및 실내 배합설계에 대한 개발이 요구되며, 품질증진 및 활성화를 위한 제도적 방안도 필요하다. 또한 예방적 유지보수공법의 도입을 위해서는 예방적 유지보수의 유형 및 해외 적용현황을 조사하고 서울시 PMS의 포장상태 조사와 연계한 공용성 분석을 통해 최적의 예방적 유지보수공법 적용기준을 마련해야 한다.

여름철 집중 호우 및 장마로 인해 조기 포장파손이 발생하고 있으며, 국내 기후를 고려하지 않은 시방서로 인하여 아스팔트 도로포장의 수분저항성이 많이 떨어져 이에 대한 개선이 필요하다. 아스팔트 혼합물의 수분저항성을 높이기 위하여 아스팔트 혼합물 생산 시 박리방지제를 첨가할 필요가 있으며, 이에 따른 연구가 필요하다.

서울시에서는 도로의 유지보수를 위하여 획일적인 덧씌우기 공법을 주로 사용하고 있어 하부층(기층 등)이 많이 노후화된 상태(20년 이상)이다. 노후화된 포장의 균열에 의해 반사균열이 발생하여 덧씌우기 포장의 공용수명을 감소시키고 있는 상황이다. 또한 잦은 덧씌우기 유지보수로 인해 예산낭비가 발생하고 있으므로 포장관리시스템을 이용한 생애주기비용 분석이 필요하다.

하부구조와 관련해서 기층이 손상된 경우 표층만 재시공하면 포장의 수명이 급격히 저하되는 현상이 반복되고 있어 손상된 기층을 재시공하는 것이 시급한 문제이다. 현재 서울시 도로포장의 재포장공사에 재포장 설계비가 반영되어 있지 않고 있으며, 재포장을 단순히 표층 5cm 절삭 후 재시공하는 방식으로만 진행되었기 때문에 기층이 손상된 경우 덧씌우기의 내구연한이 너무 짧은 문제가 있다. 따라서 반드시 재포장 시공 구간은 포장파손 원인분석, 단면 두께 실측, 균열 깊이 측정 및 기층의 파손 유무, 재포장두께 설계 등을 해야 하며 이와 같은 작업이 반드시 시공 전에 선행될 수 있도록 시공비의 일정비율을 설계비로 사용할 수 있는 제도적인 장치가 필요하다.

하부층 기층개량을 할 경우 하부층 개선으로 도로포장 공용수명이 늘어나며,

찾은 유지보수를 할 필요가 없으므로 교통지체에 대한 민원 감소효과가 있다. 이를 위해서는 PMS를 통한 도로파손 현황 파악 및 상세 원인조사가 필요하며, 현장 공용성 평가 및 파손 실측을 위한 코어채취로 상세 원인 파악이 시급하다. 그리고 하부지반 구조의 공용화 및 포화정도에 따른 물성저하 평가도 필요하다.

## 2. 계약제도의 개선

### ○ 계약발주제도

계약발주제도의 목적은 공사시행부서에서 공종별 권역별 통합발주 시행안 검토를 통해 관리업무 경감 및 현장감독 현실화로 공사의 품질 향상을 도모하고 소규모 전문건설업체의 통합 및 대형화로 기술력 향상을 추구하며, 실적 평가를 통해 우수업체의 참가를 장려하는 데 있다.

- 발주방법에 대한 업무개선 측면의 경영진단을 실시
- 통합발주로 전문건설업체의 대형화 및 기술축적 유도방안을 검토
- 포장도로 공사실적제의 도입안 검토(아스콘 생산업체와 시공업체의 다년간 실적과 하자사항 등에 대한 검증결과를 발주에 반영)

### ○ 보증(Warranty)제도

현재 서울시에서는 최저가 낙찰제를 적용하고 있으며, 보증 기간은 2년으로 매우 짧은 상황이다. 이에 따라 서울시 도로포장의 성능이 저하될 우려가 있어 성능중심의 평가기준을 제시하고, 도로포장의 품질 확보를 위해 하자보수 기간을 장기화(약 5년)하는 방안을 제시하고자 한다.

- 포장도로 발생가능 하자 분류와 정도 평가 기준을 제시
- 기존 포장도로 상태에 근거한 성능평가 기준안을 제시
- 교육 프로그램을 통한 공사 감독관의 포장하자 판단기준의 표준화

### ○ 인센티브(Incentive)제도

지금 국내에는 2,200여개의 포장 전문 시공회사 있고, 플랜트 업체가 500여

개 있다. 이는 일본 및 미국보다 몇 배 이상이 많은 숫자이다. 그러나 플랜트 및 시공 업체의 포장 전문인력은 매우 부족한 상황이어서 아스팔트 포장이 제 수명인 10년을 다하지 못한 채, 국가 예산이 낭비되고 있는 실정이다.

따라서 공사 준공 시 시공을 잘 수행한 업체 또는 플랜트에게는 다음 공사 입찰 때 가점을 주어 포장 업체의 전반적인 시공 수준 향상을 유도해야 한다.

#### ○지불 규정 제도의 도입

미국에서는 거의 모든 주가 계약제도 중의 하나로 지불규정(Pay Factor)제도를 도입하여 운영 중이다. 즉, 공사를 준공할 때 포장의 성능 인자(두께, 밀도 등)를 실험하여, 시방 기준에 못 미치게 되면 그만큼 포장체의 수명이 줄어들므로, 이에 대한 공사 금액을 감액하는 것이다. 실제 해당 구간만 일부 삭감하는 것이므로 공사 금액이 크게 삭감되는 것은 아니나, 회사의 이미지, 현장 기술엔지니어의 이미지에 큰 영향을 미치게 되므로 그만큼 품질에 신경을 쓰게 된다.

### 3. 품질관리의 개선

#### ○품질관리 전문 감리제도

- 생산 및 시공 품질관리 외부자문 또는 전문 감리 시스템 구성
- 아스팔트 플랜트 생산 및 시공현장 위탁 전문 감리를 통한 품질관리 강화
- 포장 담당직원과 합동 감리수행으로 직원의 품질관리 능력 함양
- 현장 혼합물에 대한 품질검사는 품질시험소에서 수행

#### ○품질시험 인력확충

전체 서울시 포장 사업에 대한 계획을 수행하기 위한 인력이 필요하며, 지역별 관리사업소에서는 포장 사업을 시행하는 데 있어 품질관리를 철저히 수행하기 위한 전문인력이 필요하다.

#### ○품질관리 D/B 구축

플랜트 및 현장에서 구간별 품질관리 자료를 D/B화함으로써, 어떤 재료가

사용되었고, 어떻게 시공되었으며, 향후 포장 상태가 왜 변화하는지를 체계적으로 판단할 수 있는 근간이 마련되어야 한다.

○ 품질관리 전문인력의 보완

서울시 본부에는 2인 정도의 포장 전문인력이 있지만 사업소에는 전문인력이 거의 없는 수준이다. 따라서, 본부에 포장 분야에 대한 기획 및 관리를 위한 전문팀이 구성되어야 하고, 사업소별로 최소 2인 이상의 전문인력이 배치되어야 한다.

○ 품질관리 교육의 실시

- 시공·감리·기능원별 품질관리 교육프로그램의 적극적 홍보와 도입
- 서울시 포장도로공사 특수상황 고려한 교육시스템 개발로 현장 애로사항 해결 노력
- 해외 포장도로 선진국의 산/학/연/관계 전문가들의 자문의견과 단기교육 방문으로 선진교육체계 구축의 토대 마련

○ 재료 및 시공품질관리

- 공정별 철저한 시공 품질관리

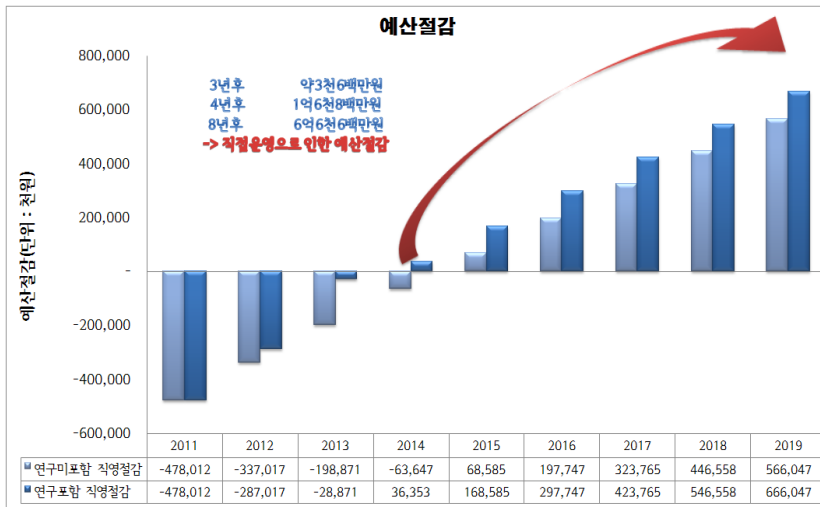
#### 4. 포장관리시스템(PMS) 개선

○ PMS의 합리적 운영

서울시는 국내 지자체로서는 처음으로 포장관리시스템(PMS, Pavement Management System)을 운영하고 있으나, 단년도 최저가 입찰 계약에 따라 매년 업체가 바뀌고, 장비도 변경되고 있는 상황이다. 따라서 장비 인증시스템 및 보정 시스템을 구축하여 어느 업체이든 일정 수준 이상의 장비를 구축하고 운영할 수 있도록 만들거나, 최소 3년간은 일정 기관에서 운영할 수 있도록 장기 계약을 수행하고 조사 분석을 해야 PMS D/B의 효용성을 얻을 수 있다. 또한 네트워크 레벨뿐만 아니라 프로젝트 레벨의 PMS도 반드시 구축해야 도로 포장 유지관리가 선진화될 것이다.

○ 예산절감

<그림 5-13>은 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과를 나타낸다. 3년 후부터 연구 포함 직영 시 우수인력과 장비를 갖춘 서울시 도로포장 유지관리 전문팀 운영으로 약 3,600백만원의 예산절감 효과가 있을 것으로 보인다. 또한 전문 운전원은 필요 시 분석요원으로의 대체업무가 가능하므로 작업의 효율성이 우수하며, 도로포장을 전공한 석사급 이상 2명이 도로포장 성능향상 프로젝트의 관리 및 서울시 도로포장 재료 및 시공 품질관리 전문요원으로 근무가 가능하므로 업무의 효율성이 뛰어나다.



<그림 5-13> 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과

## 5. 인력양성

포장관련 인력 양성의 현황을 보면 국내에서는 포장관련 교육 프로그램이 전무한 편이다. 아스콘 플랜트의 경우 KS의 인증을 받기 위해 받는 교육이나 공무원 교육원 등에서 단편적으로 2~3시간씩 받는 교육이 거의 전부인 실정

이다. 도로 포장에는 전문성이 요구된다는 점을 인식하고, 이에 대한 주기적 교육 및 인증을 실시할 필요가 있다.

- 교육인증시스템 활용
- 도로포장 산업기사제도 또는 기사제도화

<표 5-1>은 제시된 정책방안의 관리빈도와 시급성 정도를 보여준다. 즉, 관리빈도는 평상시와 유사시로 구분하였고 시급성은 4단계로 매우 시급, 시급, 보통, 추후 고려 등으로 구분하였다.

<표 5-1> 제시된 정책방안의 시급성 정도

정책방안	내용	관리빈도	시급성
포장의 구조적 개선방안	간편 설계방식의 개발	유사시 관리	보통
	중하중에 대한 시방기준 필요	유사시 관리	보통
	개질 아스팔트포장의 개선 및 예방적 유지보수공법 도입 필요	평상시 관리	시급
	아스콘의 수분저항성을 높이기 위해 박리방지제에 대한 연구 필요	유사시 관리	시급
	수경화성 응급보수제 활용	유사시 관리	추후 고려
	시공 전 시공비의 일정비율을 설계비로 사용할 수 있는 제도적인 장치가 필요	유사시 관리	보통
	PMS를 통한 도로파손 현황 파악 및 상세원인 조사 필요	평상시 관리	매우 시급
계약제도의 개선	계약발주제도	유사시 관리	보통
	보증제도	유사시 관리	보통
	인센티브제도	유사시 관리	보통
	지불 규정 제도	유사시 관리	보통
품질관리의 개선	품질관리 전문 감리제도	평상시 관리	보통
	품질시험 인력 확충	평상시 관리	시급
	품질관리 D/B 구축	평상시 관리	보통
	품질관리 전문인력의 보완	평상시 관리	매우 시급
	품질관리 교육 실시	평상시 관리	보통
	재료 및 시공품질관리	평상시 관리	시급
PMS 개선	PMS의 합리적 운영	평상시 관리	매우 시급
인력양성	교육인증시스템 활용	평상시 관리	시급
	도로포장 산업기사제도 또는 기사제도화	유사시 관리	추후 고려

# 참 고 문 헌



## 참고문헌

---

- 국토해양부, 2010, 2010 도로포장관리시스템 최종보고서
- 기상청, 2010, 2010 이상기후 특별보고서
- 김광우·도영수·임성빈·이석근·엄조용, 1999, “개질재·보강재를 이용한 덧씌우기 아스팔트 포장의 반사균열 지연 효과”, 한국도로포장공학회지 제1권 1호, 1999년 10월, pp 85~96
- 김지원, 2005, “Pavement Preservation & Asset Management”, 한국도로학회지 제7권 4호, 2005년 12월, pp 74~78
- 김지원, 2006, “포장보호 개념에 입각한 예방적 유지관리공법의 적용사례 및 국내 도입 방안”, 『한국도로학회지』 제8권 1호, 2006년 3월, pp 28~37
- 문형철, 2009, “콘크리트 포장의 예방적 유지관리를 위한 줄눈관리 시스템의 개발 연구”, 한양대학교 대학원 박사학위논문
- 서울시정개발연구원, 2007, 『서울시 도로관리체계 개선방안』, 이광훈·강영옥  
\_\_\_\_\_, 2008, 『자산관리시스템을 통한 서울시 도로시설물 관리 전략』,  
신성일·이광훈
- 서울특별시, 2009, 서울시 포장도로 조사 및 분석 용역 최종보고서  
\_\_\_\_\_, 2010, 동절기 포장도로 포트홀 발생원인 및 대책방안  
\_\_\_\_\_, 2010, 아스팔트 포장도로 포트홀 발생현황 및 일상 유지관리 대책 검토  
\_\_\_\_\_, 2010, 중앙 버스전용차로 포트홀 발생원인 분석결과  
\_\_\_\_\_, 2010, 포장도로 유지관리 시스템(PMS) 운영효율 극대화 방안
- 시설안전공단, 2011, 2011년 자동차전용도로 수방업무 매뉴얼
- 위성동, 2002, “포장유지관리공학”, 엔지니어즈



- 이석홍, 2005, “아스팔트 플랜트의 품질관리 제도의 개선 방안 제언”, 『한국도로학회지』 제7권 2호, 2005년 6월, pp 13~17
- 임영환, 2003, “일반국도 PMS의 Project Level 개선과 Network Level 개발 연구”, 중앙대학교 대학원 박사학위논문
- 정규동·황성도, 2005, “아스팔트 혼합물의 품질 개선을 위한 방안 고찰”, 『한국도로학회 학술발표논문집』, 제7권, pp 349~352
- 조병완·태기호·김도근, 2006, “대도시 혼잡구간의 아스팔트 포장에 대한 경제성 분석 모델 연구”, 『대한토목학회논문집』 제26권 제5D호
- 한국도로학회, 2005, 서울시 포장도로 수주향상 방안 연구 용역
- 한대석·도명식·김성현·김정환, 2007, “이용자 및 사회환경비용을 고려한 포장 유지대안의 생애주기비용분석”, 『대한토목학회』 제27권 제6D호
- 황성도, 2005, “아스팔트 플랜트의 품질시험실 운영 실태 및 개선 방안”, 『한국도로학회지』 제7권 2호, 2005년 6월, pp 18~22
- \_\_\_\_\_, 2006, “아스팔트 혼합물의 수분손상이 재료 물성과 피로균열 저항성에 미치는 영향”, 경희대학교 대학원 박사학위논문

American Association of State Highway and Transportation officials (AASHTO),  
Pavement Preservation in the United States, Survey by the Lead States  
Team on Pavement Preservation, Washington, D.C., 1999.

Cleveland, G. S., J. W. button, and R. L. Lytton, Geosynthetics in Flexible and Rigid  
Pavement Overlay Systems to Reduce Reflective Cracking, Publication  
FHWA/TX-02/1777-1, FHWA, U.S. Department of Pavement, 2002

- Federal Highway Administration (FHWA), Background for Pavement Warranties, July 2011, [http : //www.fhwa.dot.gov/pavement/warranty/guidance.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/pavement/warranty/guidance.cfm)
- Federal Highway Administration (FHWA), Guidelines for the Preservation of High-Traffic Volume Roadways, April 2011.
- Federal Highway Administration (FHWA), Pavement Management System-The Washington State Experience, April 2008.
- Federal Highway Administration (FHWA). Life-Cycle Cost Analysis-RealCost User Manual, Office of Asset Management, October 2010.
- Georgia Department of Transportation (GDOT), Asphalt Pavement Selection Guidelines, Office of Material and Research, November 2006.
- Illinois Department of Transportation (IDOT), Cost Effective Prevention of Reflective Cracking in Composite Pavements, The Department of Civil and Environmental Engineering, December 2010.
- Imad L. Al-Qadi, William G. Buttlar, Jongeun Baek, and MinKyum Kim, Cost-Effectiveness and Performance of Overlay Systems in Illinois Volume 1 : Effectiveness Assessment of HMA Overlay Interlayer Systems Used to Retard Reflective Cracking, FHWA-ICT-09-044, May 2009.
- John D'Angelo, Gary Whited, Keith Molenaar, Steven Bower, Jeffrey Russell, Gerald Huber, Richard Smutzer, David Jones, James Steele, Reaburn King, Monter Symons, Timothy Ramirez, James Wood, Jon Rice, Asphalt Pavement Warranties-Technology and Practice in Europe, FHWA-PL-04-002, Office of International Program, November 2003.

- Luis Loria, Peter E, Sebaaly, and Elie Y.hajj, Long-Term Performance of Reflective Cracking Mitigation Techniques in Nevada, Transportation Research Record 2044, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008, pp.86~95
- Nebraska Department of Road (NDOT), State of Nebraska Pavement Management System, April 2009.
- Robert L. Lytton, Fang Ling Tsai, Sang-Ick Lee, Rong Luo, Sheng Hu, Fujie Zhou, Models for Predicting Reflection Cracking of Hot-Mix Asphalt Overlays, NCHRP Report 669, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2010.
- Stephen J. Phillips, Development of United Kingdom Pavement Management System, Department of Transport, England, 1994.
- Strategic Highway Research Program (SHRP), Renewal Project R26 : Preservation Approaches for High-Traffic-Volume Roadways, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
- Strategic Highway Research Program(SHRP), Guidelines for the Preservation of High-Traffic-Volume Roadway, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
- Transport Research Laboratory (TRL), Review of UKPMS core functionality, Transport Research Laboratory, June 2009.
- United Kingdom Pavement Management System (UKPMS), The Ukpms User Manual, March 2005.

<http://www.fhwa.dot.gov/>

<http://www.kma.go.kr/>

<http://www.kprp.org>

<http://www.seoul.go.kr>

<http://www.trb.org/Main/Home.aspx>

# 부 록

<부록 1> 실무자 심층면접조사지

<부록 2> IRI

<부록 3> LCC 비용분석

## 1. 심층면접조사 목적(플랜트)

- 서울시 포장도로의 수준향상에 필요한 방안 마련을 위하여 포장과 관련된 실무자 중심의 심층면접조사를 시행함
- 서울시의 포장도로와 관련된 실무자에게 연구와 관련한 관심도를 증가시키고 참여를 유도하여 차후 마련될 방안의 실용성을 확보함

## 2. 심층면접조사 항목

1. 귀하의 직책은? ( )

2. 산업표준협회에서 주관하는 교육과정을 이수하였습니까?

- ① 이수하였다.
- ② 이수하지 못 하였다.

3-1. 골재 구매처가 일정하십니까?

- ① 일정하다.
- ② 일정하지 않다.
- ③ 기타( )

3-2. 일정하지 않다면 몇 개의 구매처를 갖고 있습니까?( )

3-3. 골재가 변경되는 것에 대한 골재유출량 시험 및 배합설계를 매번 수행하십니까?

- ① 수행한다.
- ② 수행하지 않는다.

3-4. 수행하지 않는다면 그 이유에 대하여 간단히 작성하여 주십시오.

4. 귀하가 아스팔트 플랜트 업체 관련자라면, 관련 업무를 수행하는 과정에서 공무원의 실사를 받은 경험이 있습니까? 있다면 주로 실사를 받은 부분은 무엇입니까?

- ① 있다 ( 회)
- ② 없다
- ③ 중점 실사 부분 ( )

5. 귀하가 종사하고 계시는 아스팔트 플랜트의 시설 규모를 적어주십시오?

- ① 야외 골재빈 수 ( ), 지붕 시설 유무 ( )
- ② 콜드빈 개수 ( ), 지붕 시설 유무 ( )
- ③ 생산 플랜트 개수 ( )
- ④ 배치당 생산량 ( t)
- ⑤ 시간당 생산량 ( t)
- ⑥ 아스팔트 저장 탱크 개수 ( )

6. 귀하가 종사하고 계시는 아스팔트 플랜트의 품질시험실 규모에 대하여 적어주십시오? 아래의 사항별로 각 장비의 제원을 적어주시면 차후 연구에 많은 도움이 될 것입니다. (반드시 일반적인 제원이 아니라 실측하여 주시기를 부탁드립니다.)

- 마샬다짐기

- 혼합물의 다짐방법은?
- 기계식다짐(전기모터), 손다짐
- 마샬다짐기의 제조회사는? ( )
- 다짐 받침대의 재질은 어떻게 되는지요?(겉과 속의 재질이 틀릴 경우 구분하여 써주시기 바랍니다.)  
( )
- 다짐용 해머 바닥판의 지름은? ( ) mm
- 다짐용 해머의 최대 자유낙하높이는? ( ) mm
- 다짐용 해머의 무게는? ( ) g
- 몰드
- 몰드 내부 지름은? ( )mm
- 몰드 바닥판 지름은? ( )mm
- 공시체 제작 후 탈형 및 마샬특성치시험(안정도 등)까지의 평균적인 시간?  
- 제작 -> 탈형 ( )min
- 탈형 -> 마샬특성치시험 ( )min
- 기타
- 마샬특성치시험기의 제조회사는? ( )
- 아스팔트 혼합물을 혼합하는 방법은?
- 손비빔, 혼합믹서
- 아스팔트를 혼합물을 한번에 혼합하는 양은?
- 공시체 1개분, 공시체 3개분(1배치), 기타( )
- 이론최대밀도 시험기의 제조회사는? ( )
- 배합설계 시 반영 여부 (반영, 반영하지 않음) ( )
- 골재 비중 시험기 유무 ( )
- 체가름 시험기의 제조회사는? ( )
- 아스팔트 침입도 시험기의 제조회사는? ( )



7. 귀하는 콜드빈 골재 외에 핫빈 골재를 사용하여 배합설계를 실시합니까?

- ① 콜드빈 골재만 사용한다
- ② 핫빈 골재만 사용한다
- ③ 콜드빈과 핫빈 골재를 사용한다
- ④ 기타 ( )

8. 귀하는 아스팔트 콘크리트의 수송 시 시공 후 다짐 관리를 위하여 일부 아스팔트 콘크리트 시료(공시체, 혼합물)를 보관합니까?

- ① 필히 보관한다
- ② 필요시 보관한다
- ③ 보관하지 않는다

9. 국내 도로포장의 하자가 발생하는 원인이라고 생각되는 것 중 가장 중요한 것부터 순서대로 적어 주세요. ( , , , , )

- ① 감리·감독이 철저하지 못함에 따른 포설 및 다짐 등의 부실시공
- ② 적합하지 않은 아스팔트 혼합물 등의 재료
- ③ 공사설계가 잘못됨
- ④ 적은 공사금액에 따른 부실화
- ⑤ 안이한 사고방식
- ⑥ 기타( )

10. 하자보수기간이 2년으로 되어 있는데 귀하가 생각하는 하자 보수기간은 몇 년입니까?

- ① 1년
- ② 2년

③ 3년

④ 4년

⑤ 기타( )

11. 하자보수기간에 대한 선택 이유는 무엇입니까?

12. 포장성능개선과 관련한 의견이 있으면 제시하여 주시기 바랍니다.

## 1. 심층면접조사 목적(시공)

- 서울시 포장도로의 수준향상에 필요한 방안 마련을 위하여 포장과 관련된 실무자 중심의 심층면접조사를 시행함
- 서울시의 포장도로와 관련된 실무자에게 연구와 관련한 관심도를 증가시키고 참여를 유도하여 차후 마련될 방안의 실용성을 확보함

## 2. 심층면접조사 항목

1. 귀하는 아스팔트 포장에 대해 체계적인 교육을 받으셨습니까?

- ① 받았다.
- ② 받지 않았다.
- ③ 기타( )

2. 생산된 아스팔트 콘크리트를 시공 현장까지 운반하는데 소요되는 거리와 시간은 시공 과정 중에 고려합니까?

- ① 최장 거리 또는 소요 시간을 고려한다.
- ② 대부분 인근 지역의 아스팔트 플랜트에서 공급받아 고려하지 않는다.
- ③ 교통 여건을 감안하여 소요 시간만을 고려한다.
- ④ 기타 ( )

3. 시공 현장에 도착한 아스팔트 콘크리트는 포설 전에 온도를 측정하여 사용 여부를 판단하십니까?

- ① 한다.
- ② 안한다.
- ③ 기타 ( )

4. 만일 온도를 측정한다면, 기준 온도에 미달하는 경우 현장에 도착한 아스팔트 콘크리트는 어떻게 처리하십니까?

- ① 내부 온도 등을 감안하여 그대로 사용한다.
- ② 반입하지 않는다.
- ③ 기타 ( )

5. 귀하께서 시공 관련 업무를 담당한다면, 기층부의 텍코팅 시공과 관련하여 수행하는 품질관리 방법은 무엇입니까? 또는 텍코팅의 시공 품질을 향상시키기 위해 가장 중요한 요소는 무엇이라 생각하십니까?

- ① 텍코팅의 살포량 설정
- ② 텍코팅의 온도 측정
- ③ 텍코팅 살포 상태 검사
- ④ 적당한 방법이 없다.
- ⑤ 기타( )

6. 귀하는 페이지의 작동 원리와 구조를 알고 계십니까?

- ① 작동 원리만을 안다.
- ② 장비 구조만을 안다.
- ③ 작동 원리와 장비 구조에 대한 충분한 지식을 가지고 있다.
- ④ 모른다.

7. 귀하는 포설 후 포장에 나타나는 재료분리 현상의 원인을 무엇이라 생각하십니까?

- ① 생산 과정에서 골재 분리
- ② 운송 과정에서 골재 분리
- ③ 페이지의 작동 미숙(호퍼 또는 스크루우 조정 미숙 등)

- ④ 다짐온도 관리 문제
- ⑤ 기타 ( )

8. 귀하는 포설 후 다짐 공정 중에 각 다짐롤러의 통행 횟수를 체크하십니까?

- ① 초기 다짐 구간에서 실시한다.
- ② 전체 시공 구간에서 실시한다.
- ③ 다짐롤러 기사에게 맡겨둔다.
- ④ 하지 않는다.
- ⑤ 기타 ( )

9. 귀하는 아스팔트 포장 시공 완료 후 다짐도를 측정하십니까?

- ① 한다.
- ② 하지 않는다.
- ③ 기타 ( )

10. 만일 8번의 설문에 1번의 한다라고 답변하셨다면, 다짐도는 어떤 기준을 사용하여 측정하십니까?

- ① 현장 및 시험실 다짐 공시체의 겉보기 밀도
- ② 혼합물의 이론최대밀도와 현장 공시체의 겉보기
- ③ 공급원 승인서 및 현장 공시체의 겉보기 밀도
- ④ 기타 ( )

11. 아스콘 포설 후 7일 이내에 코어를 랜덤하게 채취하여 공사감독자에게 제출하십니까?

- ① 제출한다.
- ② 제출하지 않는다. (이유 : )

12. 아스팔트 포장의 시공 과정에서 가장 우선적으로 생각하시는 품질관리 방법은 무엇인지 개인적인 의견을 적어주십시오.

13. 국내 도로포장의 하자가 발생하는 원인이라고 생각되는 것 중 가장 중요한 것부터 순서대로 적어 주세요. ( , , , , , )

- ① 감리·감독이 철저하지 못함에 따른 포설 및 다짐 등의 부실시공
- ② 적합하지 않은 아스팔트 혼합물 등의 재료
- ③ 공사설계가 잘못됨
- ④ 적은 공사금액에 따른 부실화
- ⑤ 안이한 사고방식
- ⑥ 기타( )

14. 하자보수기간이 2년으로 되어 있는데 귀하가 생각하는 하자보수기간은 몇 년입니까?

- ① 1년
- ② 2년
- ③ 3년
- ④ 4년
- ⑤ 기타( )

15. 하자보수기간에 대한 선택 이유는 무엇입니까?

16. 포장성능개선과 관련한 의견이 있으면 제시하여 주시기 바랍니다.

## 1. 심층면접조사 목적(감리)

- 서울시 포장도로의 수준향상에 필요한 방안 마련을 위하여 포장과 관련된 실무자 중심의 심층면접조사를 시행함
- 서울시의 포장도로와 관련된 실무자에게 연구와 관련한 관심도를 증가시키고 참여를 유도하여 차후 마련될 방안의 실용성을 확보함

## 2. 심층면접조사 항목

1. 아스팔트 포장에 대한 체계적인 교육을 받으셨습니까?

- ① 받았다.
- ② 받지 않았다.
- ③ 기타( )

2. 공급원 승인과 관련하여 아스팔트 플랜트의 시설 등에 대한 현장 실사를 합니까?  
한다면 아스팔트 콘크리트의 생산 과정 중에 실사 횟수는?

- ① 현장실사 안함
- ② 1회/건당
- ③ 생산 과정 중 수시로 ( )
- ④ 필요하다고 판단되면 불시에 ( )

3. 관련 업무와 관련하여 아스팔트 플랜트의 시설 상태에 대한 실사를 하십니까? 만일  
하신다면 중점으로 보시는 부분은 무엇입니까?

- ① 했다 ( 회)
- ② 하지 않았다.
- ③ 중점 실사 부분( )

4. 현장시공 시 시공 공정별 아스콘의 온도를 점검하십니까?

- ① 점검한다.
- ② 점검 안한다.
- ③ 기타 ( )

5. 온도 점검을 수행하신다면, 수행 항목에 대해 체크를 해주십시오.

- ① 트럭 도착 시 온도 점검
- ② 포설시 온도 점검
- ③ 1차 다짐 시 온도 점검
- ④ 2차 다짐 시 온도 점검
- ⑤ 3차 다짐 시 온도 점검

6. 현장시공 시 다짐별 다짐횟수를 점검하십니까?

- ① 점검한다.
- ② 점검하지 않는다.

7. 현장시공 시 아스콘 포설 높이를 점검하십니까?

- ① 점검한다.
- ② 점검하지 않는다.

8. 시공 시 아스콘 시료를 채취하십니까?

- ① 채취한다.
- ① 채취하지 않는다.(이유 : )

8-1. 채취한다면, 어디서 채취를 하십니까?



- ① 플랜트에서 시료 채취
- ② 차량에서 시료 채취
- ③ 도로에서 시료 채취
- ④ 기타( )

**8-2. 채취한 시료에 대한 시험은 어디서 실시하십니까?**

- ① 자체시험
- ② 시험소에 시험의뢰 (시험소명 : )
- ③ 기타( )

**9. 아스콘 포설 후 7일 이내에 코어를 시공자로부터 받으니까?**

- ① 받는다.
- ② 받지 않는다.
- ③ 기타( )

**10. 아스팔트 포장의 시공 과정에서 가장 우선적으로 생각하시는 품질관리 방법은 무엇인지 개인적인 의견을 적어주십시오.**

**11. 국내 도로포장의 하자가 발생하는 원인이라고 생각되는 것 중 가장 중요한 것부터 순서대로 적어 주세요. ( , , , , , )**

- ① 감리·감독이 철저하지 못함에 따른 포설 및 다짐 등의 부실시공
- ② 적합하지 않은 아스팔트 혼합물 등의 재료
- ③ 공사설계가 잘못됨
- ④ 적은 공사금액에 따른 부실화

⑤ 안이한 사고방식

⑥ 기타( )

12. 하자보수기간이 2년으로 되어 있는데 귀하가 생각하는 하자 보수기간은 몇 년입니까?

① 1년

② 2년

③ 3년

④ 4년

⑤ 기타( )

13. 하자보수기간에 대한 선택 이유는 무엇입니까?

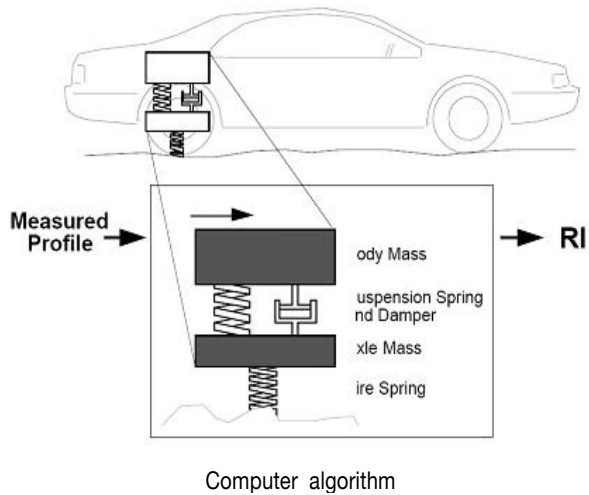
14. 포장성능개선과 관련한 의견이 있으면 제시하여 주시기 바랍니다.

### IRI(International Roughness Index)

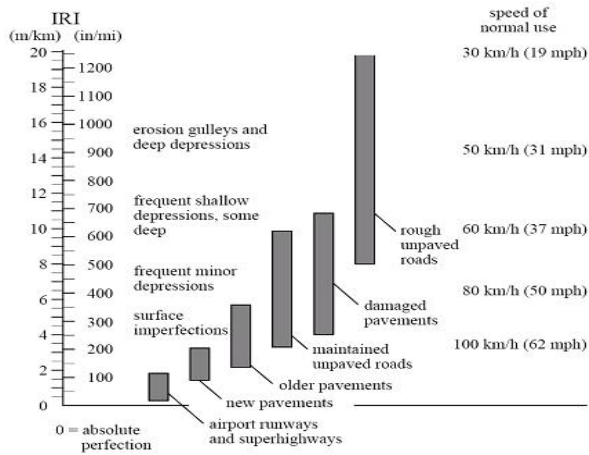
포장의 평탄성을 측정하는 방법은 ICC(Ultrasonic), ICC(Laser), AREN(Laser), PRORUT(Laser), K.J. Law(Optical), Dipstick, 레벨측량기, 직선자 등의 측정 기기와 Half-car Roughness Index(HRI), Mays Response Meter(MRM), RMSA, RMSVA, Texas MO, Brazil QI, Present Serviceability Index(PSI), International Roughness Index(IRI), Ride Number, Mean Panel Rating 등으로 매우 다양하다.

세계은행(World Bank)이 1970년대에 개발도상국의 도로 상태를 조사하였는데, 세계 각국으로부터 조사된 자료가 서로 비교하기에 어려움이 있었으며 같은 나라에서 조사된 자료조차도 자료에 대한 신뢰성이 떨어졌다.

그래서 세계은행은 1982년에 평탄성 측정 기준을 만들기 위해 브라질에서 평탄성 측정을 위한 실험을 실시하였고, 그후 수년간의 추가적인 개발을 수행하였으며, 자동식 측정기들 간에 상관관계가 잘 성립되는 International Roughness Index(IRI, 국제평탄성지수)를 개발하여, 컴퓨터 알고리즘과 사용법을 담은 지침서를 공표함으로써 국제적으로 통용 가능한 평탄성지수기준이 수립되었다. 현재 대부분의 자동화된 포장 Profiling 장비는 IRI(International Roughness Index)계산을 할 수 있는 소프트웨어를 포함하고 있다.



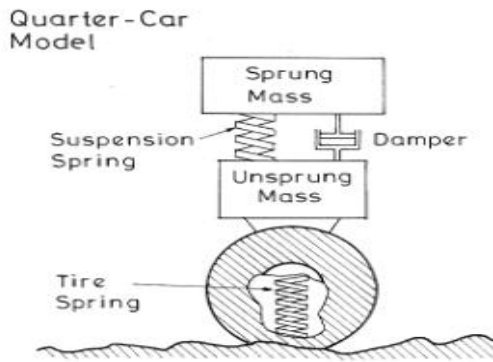
International roughness index(IRI, 국제평탄성지수)의 장점은 다음과 같다. IRI는 실제포장상태를 나타내는 재현성이 좋고 여러 종류의 측정기기에 사용할 수 있으며 안정적이다. IRI는 종합적인 포장상태를 나타내는 지수이다.



IRI와 포장상태와의 관계

## 1. IRI분석의 특성

IRI알고리즘은 Quarater-car Model을 사용하고 있으며, 자동차의 한쪽 귀퉁이(1/4) 모델이라는 의미를 갖고 있고, 도로평탄성측정 시스템의 Response-type 과 최대한 상호관련성이 있도록 조율된다.



Quarter Car Model

Quarater-car Simulation은 IRI개발 시 Response-type을 최고의 상관관계를 나타내는 “Golden Car”의 차량특성에 맞게 이론적으로 표현하기 위해서 사용된 표현방식이고, Golden-car Parameter는 Quarater-car가 대부분의 차량보다 Damping이 높은 차량을 제외한 대부분의 고속도로 차량처럼 운행하도록 하였다.

또한, 조율을 통하여 IRI가 다른 차량과 상호관련성이 있게 특정 파장과 진폭을 갖도록 하였다. IRI는 자동차의 진동을 발생시키는 평탄성을 나타내며, Sinusoids(사인곡선)인 IRI Response는 고속도로 주행차량의 물리적 반응을 측정한 것과 매우 유사하다.

특히 IRI는 다음의 3가지 자동차 반응변수와 매우 상호연관성이 뛰어나다.

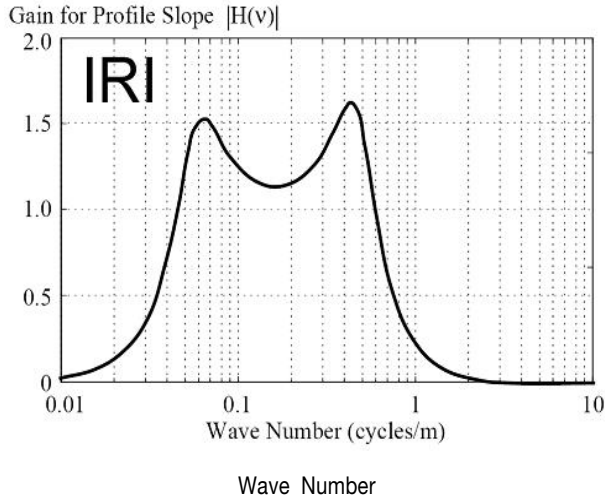
첫째, Road Meter Response(for Historical Continuity)

둘째, Vertical Passenger Acceleration(for Ride Quality)

셋째, Tire Load(for Vehicle Controllability and Safety)

그러나 IRI가 모든 자동차반응변수와 관련이 있는 것은 아니다. 예를 들어 수직환 승객위치(Vertical Passenger Position) 또는 축가속력(Axle Acceleration) 과 상호관련성이 적으며, IRI는 1.2에서 30m 범위의 파장에 영향을 받는다.

IRI 필터는 Wave Number가 0.065 cycle/m(파장 15m)와 0.042 cycle/m(파장 2.4m)에서 사인파곡선의 기울기가 최대로 민감하고, Wave Number가 0.033 cycle/m(파장 30m)와 0.8 cycle/m(파장 1.25m)에서 바깥쪽 사인파곡선의 기울기가 0.5로 떨어진다. 물론 이 범위를 벗어나서도 여전히 조금의 반응은 있다.



IRI Scale은 평탄성에 선형적으로 비례한다. 만약에 측정된 Profile의 Elevation 이 몇 퍼센트 증가하였다면, IRI도 정확히 똑같이 몇 퍼센트 증가한다. IRI가 “0” 이라면 Profile은 완전히 편평한 것이다. 포장의 IRI가 8m/km 이상이면 속도의 감속 없이 통과할 수 없으나, 이론적으로 평탄성의 상한값은 없다.

IRI는 최초로 여러 장비에 사용 가능한 높은 수준의 평탄성지수이다. 세계은행에 의해 보급된 Software는 통제된 연구시험조건에서 새로운 사용자들에 의

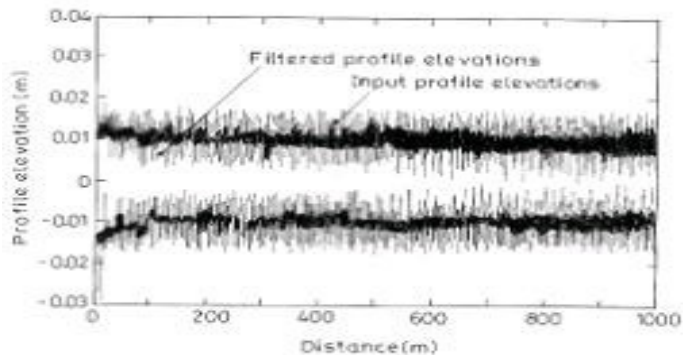
해서 테스트되었고, 이들은 각기 다른 Profiler를 사용하여 거의 동일한 IRI값을 얻을 수 있었다.

## 2. IRI(International Roughness Index)의 정의

이제까지는 IRI컴퓨터 소프트웨어가 어떻게 시뮬레이션을 하는지와 어떻게 IRI Scale을 해석하는지에 대한 배경지식과 특성에 대하여 알아보았다.

하지만 IRI는 True Profile을 정밀하게 수학적으로 변환하는 과정으로 정의된다. 이제부터는 컴퓨터에서 IRI계산을 위해서 컴퓨터 프로그램 안에서 일어나는 과정에 대해서 알아보도록 한다.

IRI는 하나의 Profile만 계산한다. 만약에 여러 개의 Profile을 동시에 측정하였어도 IRI계산은 각각 별도로 수행하여야 한다. Profile은 250mm (기본 길이)를 가진 이동평균(Moving Average)으로 필터링된다. 이동평균은 Profile을 완만하게 하는 저통과 필터이다. Profile 간격이 167mm보다 작지 않다면 컴퓨터 프로그램은 필터를 적용하지 않는다.



Road profile and quarter car response profile

일부 시스템에서 구한 Profile은 250mm 이동평균 필터 적용을 생략하며, Profile이 이동평균에 의해 이미 필터링 되었거나, 또는 파장이 0.5m보다 작게 하는 Anti-aliasing Filter를 가진 경우와 간격이 167mm 이하인 경우에는 이동 평균 필터 적용은 생략된다.

Profile은 Quarter-car Simulation을 가지고 상세하게 필터링되며, Quarter-car Parameter는 IRI 통계학의 일부분으로 지정되고, Simulated Travel Speed는 80km/hr로 지정된다.

Golden Car Parameter는

$$\frac{K_s}{m_s} = 63.3 \quad \frac{K_t}{m_s} = 653 \quad \frac{C}{m_s} = 6 \quad \frac{M_u}{m_s} = 0.15 \quad (\text{식})$$

여기서,  $K_s$  = Spring Rate,  $m_s$  = Sprung Mass,  $K_t$  = Tire spring rate,  
 $C$  = Damper Rate,  $m_u$  = Unsprung Mass

필터된 결과물은 Simulated Quarter Car의 Suspension Motion을 나타내며, 필터된 Profile 경사값의 절대값 합을 Profile길이로 나누어서 계산되고, IRI를 m/km로 표현하기 위해서는 경사값에 1,000을 곱한다.



### 1. 초기 교통량이 생애주기비용에 미치는 영향

도로에 따라 그 위를 지나가는 교통량이 다르며, 각각의 교통량에 따라 도로포장의 보수의 주기 및 방법 등도 다르다. 따라서 초기 교통량의 변화가 생애주기비용에 미치는 영향을 알기 위해 Real Cost 프로그램을 사용하였다.

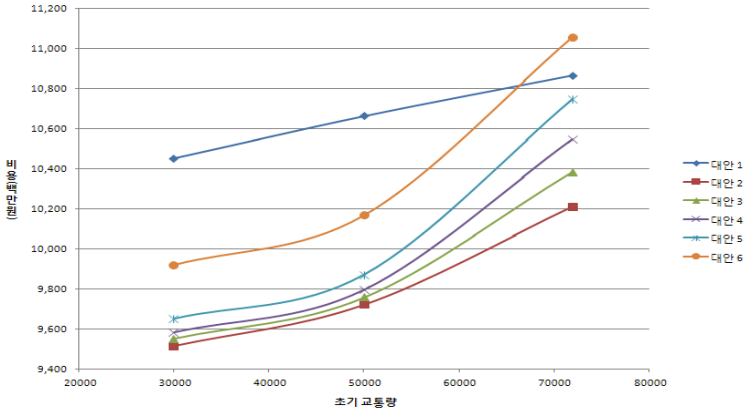
모든 조건은 앞의 실험과 동일하게 적용하였고, 초기 교통량은 각각 30,000, 50,000, 72,000으로 설정하였다. <표 1>과 <그림 1>은 시험결과이다.

분석결과 초기 교통량이 증가함에 따라 모든 유지보수 비용이 증가하였고, 초기 교통량이 30,000, 50,000일 경우 대안 1이 가장 비경제적인 방법으로 나왔으며, 대안 2(가장 경제적인 보수방법)와 비교하였을 경우 초기 교통량이 50,000일 때 941백만원으로 가장 큰 금액 차이가 발생하였다. 또한, 교통량이 72,000일 경우 앞서 말한 바와 같이 대안 6이 가장 비경제적인 유지보수 방법으로 나왔다.

<표 1> 초기 교통량 변화에 따른 대안별 유지보수 비용 비교

(단위 : 백만원)

구분	30,000vpd	50,000vpd	72,000vpd
대안 1	10,454	10,664	10,867
대안 2	9,516	9,723	10,212
대안 3	9,553	9,758	10,385
대안 4	9,585	9,797	10,547
대안 5	9,650	9,871	10,747
대안 6	9,920	10,169	11,059



〈그림 1〉 초기 교통량 변화에 따른 대안별 유지보수비용

## 2. 교통량 성장률이 생애주기비용에 미치는 영향

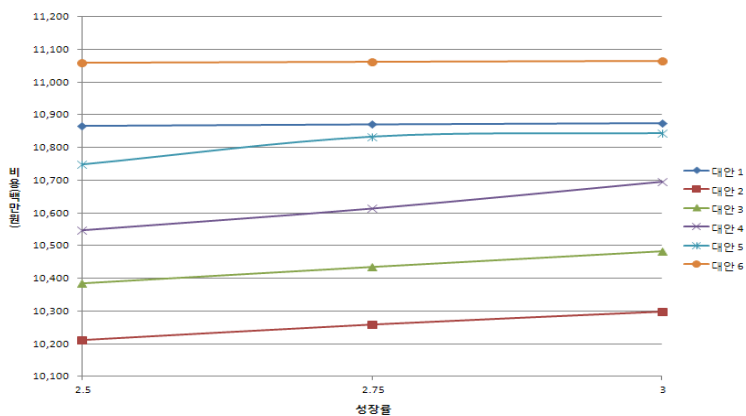
교통량 성장률이 도로 유지보수의 생애주기비용에 미치는 영향을 분석하였다. 모든 조건을 동일하게 하였고, 성장률을 각각 2.5, 2.75, 3.0으로 설정하여 Real Cost 프로그램을 실행하였다. <표 2>와 <그림 2>는 실험결과를 보여준다.

실험결과 성장률이 증가할수록 대안별 유지보수 비용이 모두 증가하였으며, 대안 1과 대안 6은 그 증가량이 매우 미미하였다. 서울시에서 적용 중인 대안 1과 가장 경제적인 대안 2를 보면 성장률 2.5일 때 가장 큰 금액차이를 보이고 있으며, 성장률이 작아짐에 따라 비용차가 증가하는 모습을 보이고 있다. 현재 서울시 교통량의 성장률이 크지 않기 때문에 이러한 경제적 손실을 줄이기 위해서는 유지보수 방법에 대한 변화가 필요하다.

〈표 2〉 성장률 변경에 따른 대안별 유지보수 비용 비교

(단위 : 백만원)

구분	2.5	2.75	3.0
대안 1	10,867	10,871	10,874
대안 2	10,212	10,259	10,297
대안 3	10,385	10,435	10,484
대안 4	10,547	10,614	10,696
대안 5	10,747	10,833	10,844
대안 6	11,059	11,063	11,066



〈그림 2〉 성장률 변경에 따른 대안별 유지보수 비용 비교

# 영문 요약 (Abstract)



# Development of Integrated Pavement Management Policies in Seoul

Yoon-Shin Bae · Seongil Shin

The purpose of this study is to investigate the pavement conditions using Pavement Management System(PMS) in order to suggest development of integrated pavement management, to analyze the problems of pavement in Seoul, to search for case studies of advanced pavement system in foreign country, to conduct survey of staff and to suggest policy directions in view of structural, material and management for the improvement of pavement conditions in Seoul.

The main contents of this study are described in Ch. 2 through Ch. 4. The status and problems of pavement conditions in Seoul were investigated. Firstly, the status of pavement damages in Seoul was reviewed. Secondly, the problems of pavement in Seoul were analyzed. Thirdly, the survey of staff was done and analyzed. Four items of advanced pavement system in foreign country were illustrated, which are Pavement Management System(PMS), heavy load traffic, reflection crack, and contract system. Two categories of improvement measures for pavement in Seoul were described. The policies to improve the endurance of pavement and configuration of pavement management system in Seoul were presented.

The conclusions for the suggested policies are shown in Ch. 5. The structural improvement, contract system improvement, quality control improvement, and pavement management system improvement are necessary and plans of each

policy were suggested. Finally, the necessity of periodic training and certification system was described.

# **Table of Contents**

## *Chapter 1 Introduction*

## *Chapter 2 Status and Problems of Pavement Condition in Seoul*

1. The Status of Pavement Damages in Seoul
2. Analyzing the Problems of Pavement in Seoul
3. Survey of Staff and Analysis

## *Chapter 3 Case Studies of Advanced Pavement System in Foreign Country*

1. Pavement Management System(PMS)
2. Heavy Load Traffic
3. Reflection Crack
4. Contract System

## *Chapter 4 Improvement Measures for Pavement in Seoul*

1. Policies to Improve the Endurance of Pavement
2. Configuration of Pavement Management System in Seoul

## *Chapter 5 Conclusions and Policy Suggestions*

1. Conclusions
2. Suggestions

## *References*

## *Appendices*

시정연 2011-PR-50

## 서울시 통합 도로포장 관리정책 개발

---

발 행 인 서울시정개발연구원장

발 행 일 2011년 12월 27일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

---

값 6,000원 ISBN 978-89-8052-850-9 93320

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.