

# 서울시 도로포장 실태 및 개선방안

2012. 10. 29 제127호

배윤신 / 서울연구원 부연구위원

## 〈 목 차 〉

### 요약

- I. 도로파손 및 포장실태
- II. 해외의 선진도로관리 사례
- III. 효율적인 도로관리를 위한 개선방안

## 요 약

최근 이상기후로 인하여 도로파손이 가속화되고 있으며 특히 버스전용차로에 버스 하중이 집중되면서 포장수명에 큰 영향을 주고 있다. 서울시 도로의 대부분은 20년 이상 지나서 포장의 노후화가 상당히 빠르게 진행될 것으로 예상되어 도로포장의 효율적인 관리에 적극적인 관심이 필요한 시점이다.

### 도로 상태는 비교적 양호하나 버스전용차로의 보수 및 이상기후에 대한 대비가 필요

서울시 도로의 평균 균열률, 소성변형 발생량, 종단평탄성, 포장평가지수 등 관련지표를 조사한 결과, 현재 도로상태는 대체적으로 양호하게 나타났다. 그러나 최근 들어 잦은 여름철 집중호우 및 겨울철 폭설 등 이상기후로 인하여 도로 파손이 증가하고 있으며 이에 따라 보수비용도 늘어날 전망이다. 도로 파손과 보수 건수는 강수량이 많을수록 증가하였으며 특히, 온도의 변화가 큰 해빙기(1월~3월)에 도로 파손이 집중적으로 발생하였고 강수량이 많은 7, 8월 하절기에 보수 건수가 증가하였다. 또한 2004년에 중앙버스차선 제도가 도입된 후 버스전용차로에 버스 하중이 집중되면서 도로파손과 보수 건수가 상당히 증가하고 있다. 게다가 서울시 도로의 대부분이 최초 건설 후 20년 이상의 노후화가 진행 중이어서 이에 대한 지속적인 유지관리 대책이 필요하다.

### 도로는 인프라 중 가장 큰 비중을 차지하나 관리시스템은 다소 미흡

현재 서울시 도로는 총 연장 8,142.1km이며, 이중 도시고속도로가 183.9km로서 인프라 구조물 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 서울시는 도로포장의 유지관리를 위하여 2002년부터 포장관리시스템(PMS)을 도입한 바 있다. 그러나 전체적인 구조 상태조사 없이 표면 상태조사가 이루어져 정확한 유지보수 공법 및 시기 결정을 위한 원인분석이 미흡한 실정이다. 또한, 운영과 보수담당의 분리에 따른 업무연계성 부족, 매년 조사업체와 장비가 변경됨에 따른 분석자료의 신뢰성 문제 등 품질관리에 관한 노력이 요구된다.

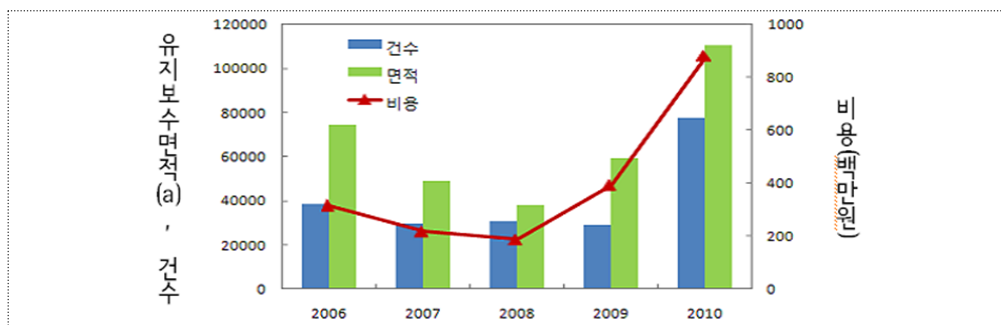
### 효율적 도로관리를 위해 도로설계 및 관리시스템의 개선이 필요

효율적 도로관리를 위하여 버스하중을 고려한 도로설계, 계약제도의 개선 및 포장관리시스템의 선진화가 필요하다. 첫째, 도로설계의 개선을 위하여 버스전용차로에 대한 적절한 포장두께를 설계하고 이에 대한 유지보수가 요구된다. 둘째, 도로포장 품질확보를 위한 계약제도의 개선을 위해 하자보수 기간을 연장하는 방안(약 5년)과 공사를 잘 수행한 업체에게 가점을 주는 인센티브 제도에 대한 검토가 필요하다. 마지막으로 포장관리시스템의 선진화를 위하여 프로젝트 레벨의 포장관리시스템의 구축, 자동포장조사장비의 도입을 통한 예산절감, 품질 전문감리제도 도입과 시험인력의 확충, 새로운 도로포장 공법을 적용하기 위한 품질관리 데이터베이스의 구축, 포장관리 교육훈련 프로그램의 개발 등이 필요하다.

## I. 도로파손 및 포장실태

### 이상기후와 버스 하중으로 서울시 도로파손이 가속화

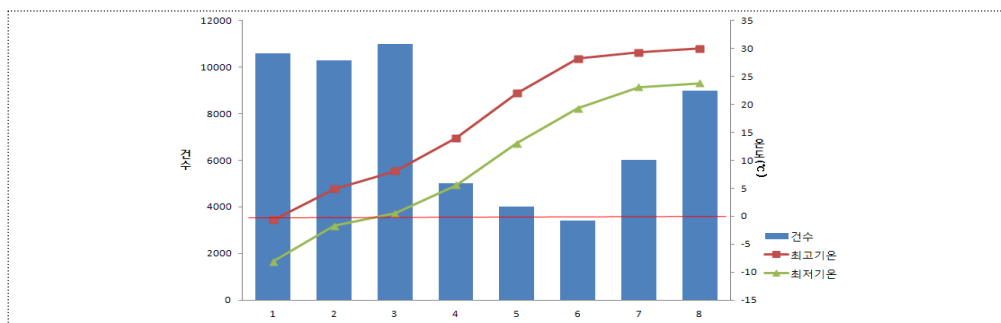
- 최근 여름철 집중호우 및 겨울철 폭설 등 이상기후로 인하여 서울시 도로 파손이 가속화
  - 2010년 1월 4일 25.4cm의 폭설(1937년 이래 최대), 9월 21일 259.5mm의 폭우(1908년 이후 역대 2위), 폭염 지속 등 기상이변으로 도로파손의 건수, 면적, 비용이 상당히 증가



자료 : 서울시, 2011, 내부자료

[그림 1] 연도별 서울시 도로파손 보수 면적/건수 및 비용

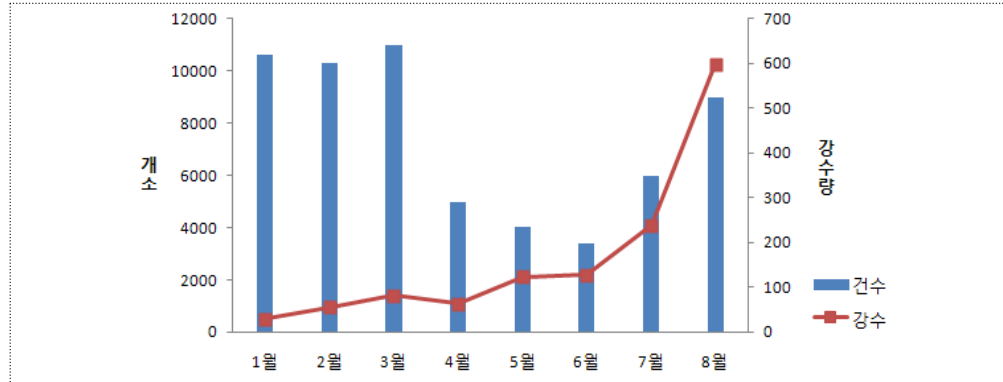
- 온도의 변화가 큰 해빙기(1월~3월)에 도로파손이 집중적으로 발생



자료 : 서울시, 2010, 내부자료 ; 기상청 홈페이지 2010

[그림 2] 월별 온도 및 도로파손 발생량

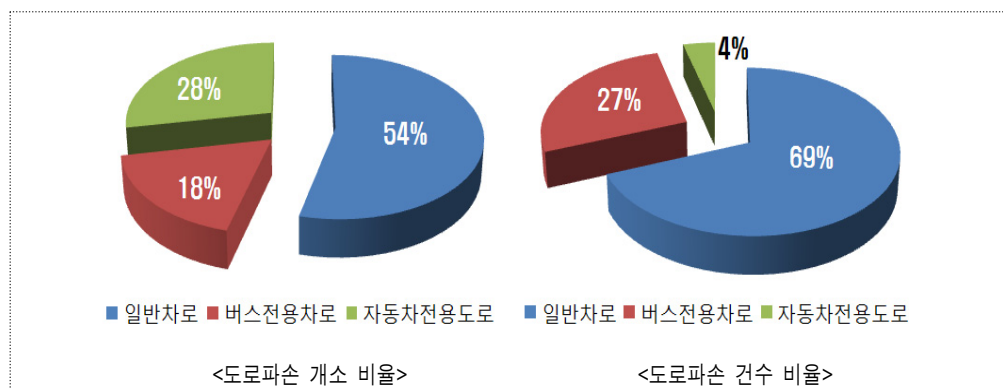
- 강수량이 증가하는 7, 8월에 도로파손 보수 건수가 증가



자료 : 서울시 도시안전본부, 2010, 내부자료 ; 기상청 홈페이지 2010

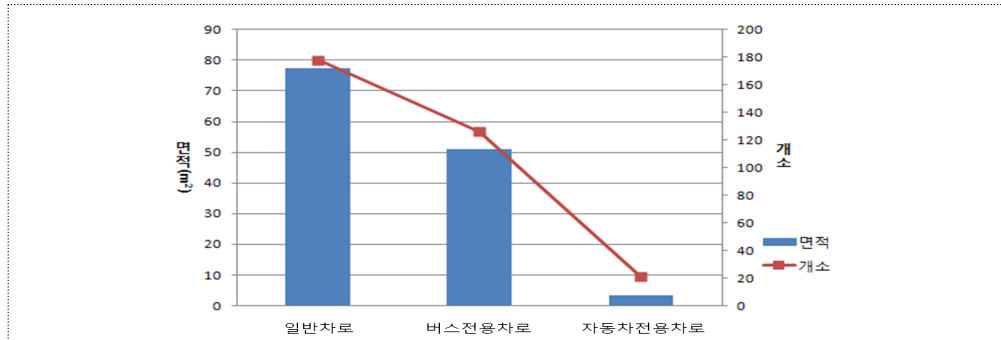
[그림 3] 월별 강수량 및 도로파손 보수 건수

- 차로 중에서는 버스전용차로의 도로파손 개소의 비율(18%) 및 도로파손 보수의 건수 비율(27%)이 상당히 높게 나타나고 있는 것으로 조사
- 2004년 서울시에 중앙버스차선 제도가 도입된 이래로 버스전용차로에 버스 하중이 집중되면서 도로파손이 빈번히 발생
- 이는 버스 하중의 반복적 재하(載荷)와 버스정류장에서의 정차 후 출발 시 발생하는 하중이 원인



자료 : 서울시, 2010, 내부자료

[그림 4] 2009년 도로파손 발생 및 보수실적



자료 : 서울시 도시교통본부, 2010, 내부자료

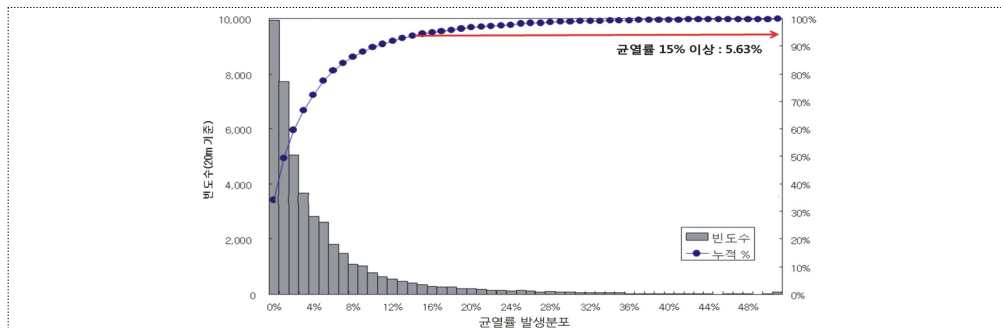
[그림 5] 차로별 도로파손 발생

## 도로포장의 현 상태는 비교적 양호하나 지속적 유지관리 필요

- 도로포장 상태의 관련지표는 비교적 양호하나 지속적인 보수가 필요
- 평균 균열률(도로 포장면적에 대한 균열면적)은 3.46%로 비교적 양호한 상태이며, 보수대상 구간(균열률 15% 이상)은 전체의 약 5.63%에 해당

<표 1> 보수대상 판단을 위한 균열률(국내기준)

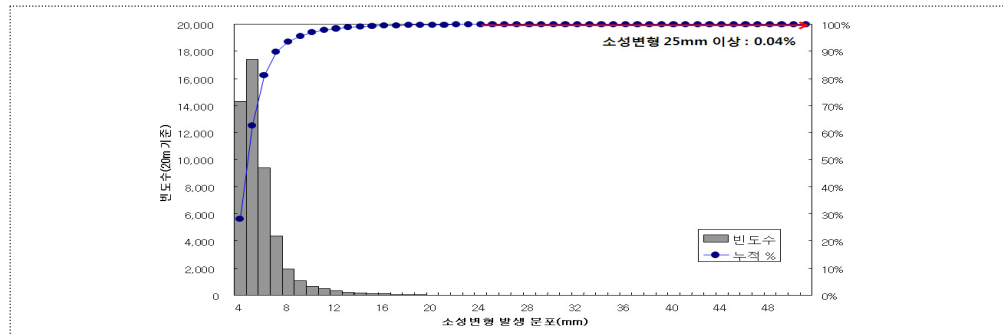
구분	균열률(%)
서울시	15 이상
국도	10 이상
지방도	20 이상



자료 : 서울시, 2009, 내부자료

[그림 6] 균열 발생분포 현황

- 전체 평균 소성변형 발생량은 5.15mm이고, 보수대상 구간(소성변형 발생량 25mm 이상)은 전체의 0.04%



자료 : 서울시, 2009, 내부자료

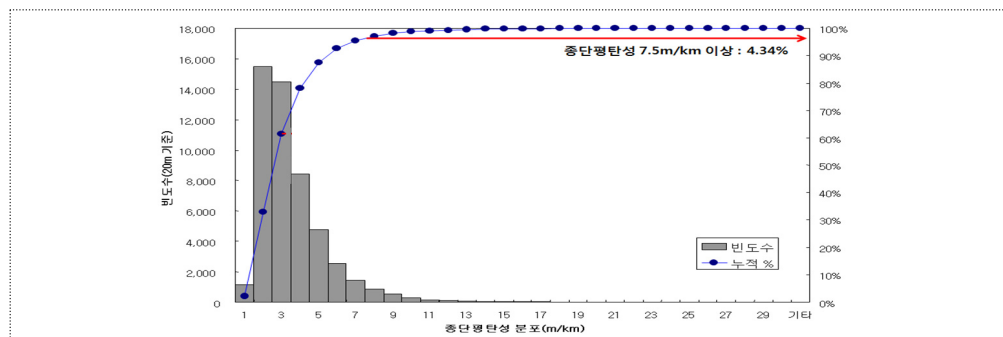
주 : 소성변형은 바퀴가 접촉하는 양쪽 측면이 밀려 올라와 종방향으로 포장이 손상되는 현상

[그림 7] 소성변형 발생분포 현황

<표 2> 보수대상 판단을 위한 소성변형(국내기준)

구분	소성변형(mm)
서울시	25 이상
국도	20 이상
지방도	20 이상

- 운전자에게 가장 민감한 요소인 종단평탄성(도로의 종방향 굴곡)의 전체 평균값은 3.08m/km이며, 보수대상 구간(종단평탄성 7.5m/km 이상)은 전체의 약 4.34%에 해당



자료 : 서울시, 2009, 내부자료

[그림 8] 종단평탄성 분포 현황

&lt;표 3&gt; 보수대상 판단을 위한 종단평탄성(국내기준)

구분	종단평탄성(m/km)
서울시	7.5 이상
국도	4.0 이상
지방도	5.0 이상

- 포장평가지수(SPI) 조사결과, 전체 평균 SPI는 10점 만점에 7.23이며 가장 낮은 북부사업소의 경우 6.95로 보통 상태이나, 1~2년 안에 보수가 필요

&lt;표 4&gt; 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

&lt;표 5&gt; 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, 내부자료

## 운영관리시스템 개선 노력이 필요

- ☐ 도로는 인프라구조물 중 가장 큰 비중을 차지하나 대부분 20년 이상으로 노후화

- 도로는 서울시 인프라구조물의 가장 큰 부분을 차지하며 매년 발생하는 유

지관리비용은 2020년 이후로 건설비용을 초과할 것으로 진단(서울시정개발연구원, 2008, 「교통관리 최적화를 고려한 서울시 도로시설물 상시유지관리방안」)

- 현재 서울시 총 도로연장 길이는 8142.1km이며, 이중 도시고속도로는 183.9km로서 도로 대부분은 최초건설 후 20년 이상 공용(公用) 중으로 도로의 노후화가 진행 중

□ 포장관리시스템(PMS: Pavement Management System)은 도입하였으나 문제점 개선을 위한 노력이 필요

- 2002년부터 포장관리시스템(PMS)을 도입하였으나 전체적인 구조 상태조사 없이 단순한 표면 상태조사를 실시하여 정확한 유지보수 공법 및 시기 결정을 위한 원인분석이 결여
  - 표면 상태조사에서 제외되는 구간은 고려되지 않아 정확성에 한계
  - 도로 내부의 구조적 결함조사 등 근본적 원인분석 없이 도로상의 파손 결과만을 평가
- 운영과 보수담당의 분리로 작업이 지연되고 추가예산이 소요되며 순환보직에 따른 운영 협조체제의 불안정
- 매년 조사용역업체와 그에 따른 장비가 변경되어서 분석 방법 및 결과의 연속성이 끊기는 등 자료에 신뢰성이 결여되는 문제가 발생
- 포장 품질관리를 위한 품질시험 인원은 사업소뿐 아니라 본부에서도 인력이 부족하여 계획 및 생산 시공 관리 측면에서 어려움 발생
- 새로운 도로포장 공법을 적용하기 위한 품질관리 데이터 베이스 구축 필요



□ 도로포장 품질 관리를 위한 계약제도 미흡

- 최저가 낙찰제 적용으로 보증기간이 짧아서 도로포장의 성능이 저하될 우려
- 도로포장의 품질부족으로 도로수명을 단축시키는 사례가 발생하지만 포장업체의 전반적 시공수준 향상을 위한 계약제도는 미흡

## II. 해외의 선진도로관리 사례

### 객관적 포장조사 자료의 확보와 효율적 계약제도의 운용

□ 객관적인 포장조사 자료를 바탕으로 합리적인 유지보수 의사결정을 지원

#### - 미국

- 워싱턴 주정부(WSDOT)는 1969년부터 포장상태에 대하여 지속적으로 조사하였고 1970년대에 포장관리시스템을 도입하여 도로포장을 개선
- 1969년부터 주정부는 2년마다 도로포장에 대한 전수조사를 실시하였으며, 1989년 이후에는 매년 실시
- 포장상태, 세부 시공내역, 교통량 등에 대한 자료를 구축하고 있으며, 구축된 포장상태 자료를 활용하여 최적 유지관리 시기 및 우선순위 결정
- 미연방도로국은 버스 하중 도로포장에 예방적 유지보수공법을 적용하기 위해 많은 프로젝트를 진행

#### - 영국

- 1980년대 중반 Local Authority Association(LLA)과 DOT는 새로운 포장 관리시스템을 도입하고자 하였고, 이를 통해 눈으로 포장상태를 평가하는 방식에서 장비를 사용하여 평가하는 방식으로 대체
- UKPMS(United Kingdom Pavement Management System)는 도로, 커브, 보도, 자전거 도로 등과 같은 포장관련 자산을 효율적으로 관리하는 시스템
- 도로포장 관련 자산들의 상태 조사 및 유지보수의 우선순위 선정을 통하여 적절한 성능을 유지

□ 도로상태 개선을 위하여 다양한 계약제도를 도입

- 미국

- 포장의 성능을 개선시키고, 잦은 시공을 줄이기 위해 보증제도를 도입
- 보증제도는 아스팔트 및 콘크리트 도로포장의 신설 시공부터 유지보수의 모든 과정을 포함
- 보증제도는 조기파손으로부터 포장을 보호하기 위하여 고속도로사업에 많이 사용

- 유럽

- 재료 및 기술적 보증을 계약에 적용하여 계약자는 불량한 재료의 사용 및 부적절한 시공으로 인해 발생한 파손에 대해서 보증
- 일반적으로 고속도로의 경우 보증 기간은 1~4년이며, 도로파손에 대한 내구성 시험을 통하여 재료 및 기술적 보증을 확인
- 아스팔트 도로포장의 설계수명이 5년보다 클 경우 도로파손에 대한 내구성 시험을 통하여 보증수명을 책정
- 유럽의 모든 국가는 최저가 입찰 대신에 최고가치 낙찰제도를 사용
- 계약자의 입찰가뿐 아니라 기술 및 성능에 가산점을 주며, 최고가치 기준은 안정성, 새로운 공법, 환경적 요소 등을 고려

### Ⅲ. 효율적인 도로관리를 위한 개선방안

#### 도로설계 및 관리시스템의 개선이 필요

- ☐ 버스전용차로의 버스하중을 고려한 도로설계
  - 현재 버스하중에 대한 시방서가 없는 상황이므로 시방 기준이 필요
- ☐ 도로품질 확보를 위한 계약제도의 개선
  - 서울시는 최저가 낙찰제를 적용하여 보증기간이 2년이므로 하자보수 기간의 조정이 필요(약 5년)
- ☐ 포장관리시스템의 선진화 유도
  - 프로젝트 레벨의 포장관리시스템, 조사장비 및 전문인력 확충, 전문 감리제도 도입 및 데이터 베이스 구축, 교육프로그램의 개발 등
- ☐ 주요 추진전략

정책방향	추진 전략
버스하중을 고려한 도로설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 버스전용차로에 대한 적절한 포장 설계</li> <li>• 버스하중 도로포장 개선을 위한 유지보수</li> </ul>
도로품질 확보를 위한 계약제도의 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로포장 하자보수 기간의 연장(약 5년)</li> <li>• 도로포장 공사 인센티브 제도</li> </ul>
포장관리시스템의 선진화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로젝트 레벨의 포장관리시스템 구축</li> <li>• 자동포장조사장비의 도입</li> <li>• 품질관리 전문 감리제도 도입</li> <li>• 품질시험 인력 확충</li> <li>• 품질관리 데이터 베이스 구축</li> <li>• 포장관리 교육훈련 프로그램 개발</li> </ul>

## 버스하중을 고려한 도로설계로 버스전용차로의 도로파손 방지

- 버스전용차로에 대한 구조적 지지력을 조사평가하고, 적정 포장두께 설계 후 지지력을 보강하는 사업이 필요
  - 기존 포장두께 조사에서 지지력 평가, 역학적-경험적 설계에 의한 잔존수명 예측, 포장두께 설계 등이 필요
  - 이를 토대로 개발한 설계방식을 버스전용차로에 적용하여 보강여부를 결정
  - 버스하중에 대한 시방서 개발 및 시방기준이 필요
  - 버스하중 도로포장을 위한 아스팔트 포장 개선 및 유지보수

## 도로포장 품질확보를 위한 계약제도의 개선

- 품질확보를 위한 보증(Warranty)제도와 인센티브제도의 도입
  - 도로포장의 품질확보를 위해 하자보수기간을 장기화(약 5년)하는 방안 검토
    - 포장도로 발생가능 하자 분류와 정도 평가기준을 제시
    - 기존 포장도로 상태에 근거한 성능평가 기준안을 제시
    - 교육 프로그램을 통한 공사 감독관의 포장하자 판단기준의 표준화
  - 도로포장 공사 인센티브제도의 도입
    - 시공을 잘 수행한 업체에게는 다음 공사 입찰 때 가점을 주어 전반적인 시공 수준 향상을 유도

## 포장관리시스템(PMS)의 개선을 통한 효율적 도로포장 유지관리

### □ 도로 내부의 근본적 결함조사와 업무 효율을 고려한 운영체계 개편

- 포장의 표면 상태조사와 함께 정확한 구조적 상태 파악이 필요하며 포장의 수명을 예측할 수 있는 모델 개발로 정확한 유지보수 공법 및 시기 결정
- 네트워크 레벨뿐만 아니라 프로젝트 레벨의 PMS도 반드시 구축하여 도로 포장의 유지관리를 선진화

#### 네트워크 레벨

- 포장상태 조사 시 일반정보(교통량, 포장구조, 균열 등), DATA 분석, 보수 구간 결정, 보수 공법 결정, 경제성 분석, 유지보수 및 건설계획 수립 등을 고려하여 조사하는 단계

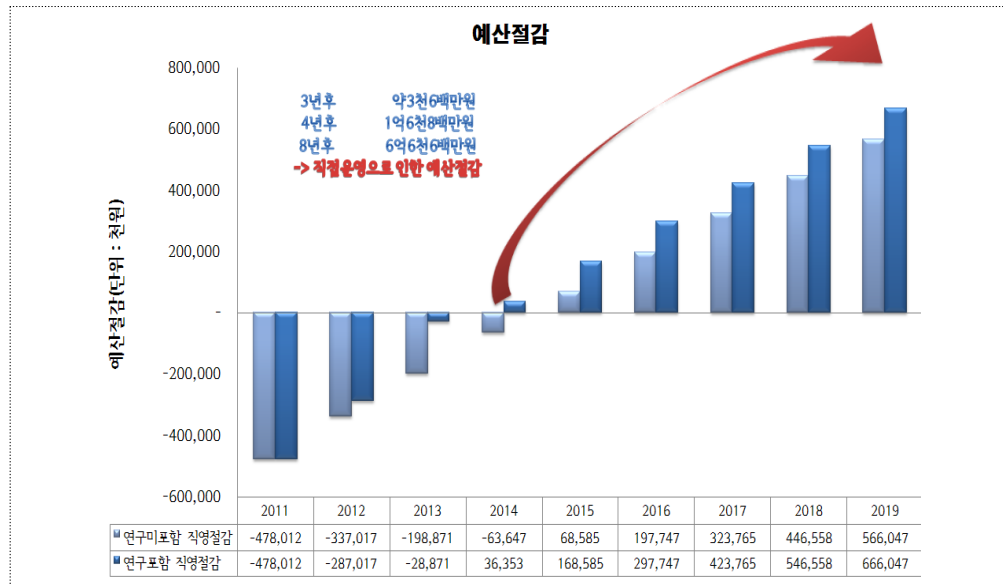
#### 프로젝트 레벨

- 포장상태 조사 시 현장 상세조사 자료, 실험실 분석 자료, 특이구간 자료, DATA 분석, 대안 설정, 상세 보수 공법 결정, 경제성 분석, 건설 및 유지보수 실시 등을 고려하여 조사하는 단계

- 신뢰성 있는 도로포장 관련 자료의 확보를 위하여 최소 3년간은 일정기관에서 운영할 수 있도록 장기계약을 통해 조사·분석 수행

### □ 자동 포장관리시스템 도입으로 예산을 절감

- 자동 포장조사장비를 직접 운영할 경우에 대한 예산절감효과의 분석결과, 3년 후부터 서울시 도로포장 유지관리 전문팀의 운영으로 약 3,600백만원의 예산절감 효과가 있을 것으로 예상
- 또한 전문 운전원은 필요 시 분석요원으로의 대체업무가 가능하며, 도로포장 성능향상 프로젝트의 관리와 재료 및 시공품질관리요원으로도 근무가 가능



자료 : 서울시 도시안전본부, 2010, 내부자료

[그림 9] 자동 포장조사장비 직접운영 시 연도별 예산절감효과

## 철저한 품질관리로 선진도로 포장관리 상태 유지

### □ 품질관리 전문 감리제도를 도입하여 품질관리 강화

- 생산 및 시공 품질관리 외부자문 또는 전문 감리시스템을 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

### □ 철저한 품질관리를 위한 인력확충 필요

- 포장사업에 대한 계획의 수립을 위한 인력과, 지역별 관리사업소에서 포장사업의 품질관리를 수행하기 위한 전문인력이 필요

□ 품질관리를 위한 양질의 데이터 베이스를 구축

- 플랜트 및 현장에서 구간별 품질관리 자료를 데이터베이스화 하여, 어떤 재료가 사용되었고, 어떻게 시공되었으며, 향후 포장 상태가 왜 변화하는지를 체계적으로 판단할 수 있는 근거자료 마련

□ 선진교육체계 구축을 위한 품질관리 교육 실시

- 시공·감리·기능원별 품질관리 교육프로그램의 적극적 홍보와 도입
- 서울시 포장도로공사의 특수상황을 고려한 교육시스템 개발로 현장의 애로사항을 해결할 수 있도록 노력
- 해외 선진국의 산/학/연/관계 전문가들의 자문의견과 단기 교육방문으로 선진교육체계의 구축을 위한 토대 마련

□ 국내에서는 포장관련 교육이 전무하여 교육훈련 프로그램의 개발이 필요

- 아스콘 플랜트의 경우 KS의 인증을 받기 위해 받는 교육이나 공무원 교육원 등에서 단편적으로 2~3시간씩 받는 교육이 거의 전부인 실정
- 도로 포장에는 전문성이 요구된다는 점을 인식하고, 이에 대한 주기적 교육 및 인증을 실시
- 교육인증시스템 활용, 도로포장 산업기사제도 또는 기사제도화가 필요

배운신 | 서울연구원 부연구위원

02-2149-1087

ysbae@si.re.kr