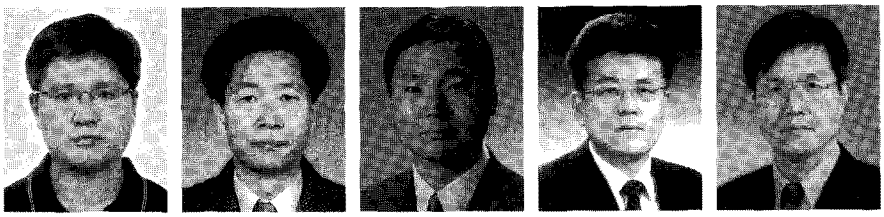
사후 평가를 통한 국도포장유지관리 시스템의 개선 방향



권수안 | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 · 책임연구원 · 공학박사
홍재청 | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 · 선임연구원
서영찬 | 정회원 · 한양대학교 교육시스템공학과 교수 · 공학박사
임광수 | 정회원 · 국토해양부 간선도로과 · 시설사무관
이성준 | 정회원 · 국토해양부 간선도로과 · 도로운영과장

1. 서 론

국토해양부에서 매년 관리하고 있는 도로 포장의 연장은 2007년말 기준으로 약 14,000여km에 이르며, 여기에 투자되는 예산 역시 약 500억 원에 이른다. 국가 예산을 효율적으로 사용하고, 객관적으로 양호한 포장상태를 유지관리하기 위해 1987년 프랑스로부터 포장유지관리시스템(Pavement Management System)을 도입하였으며, 기술전이 과정을 거쳐 현재는 한국건설기술연구원이 매년 PMS 시스템을 운영하고, 이에 대한 보수, 보강 시행은 국토해양부 본부 및 각 국도유지관리사무소에서 실시하고 있다.

매년 PMS를 운영하면서 도로의 연장 및 공용 연수가 증가함에도 불구하고, 그림 1에서 보는 바와 같이 국가에서는 많은 예산을 절감하였으며, 예산 절감에도 불구하고 포장상태는 양호하게 유지되고 있는 것을 알 수 있다.

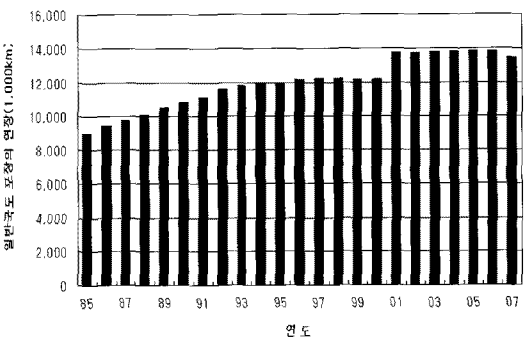


그림 1. 도로 연장의 증가 추세

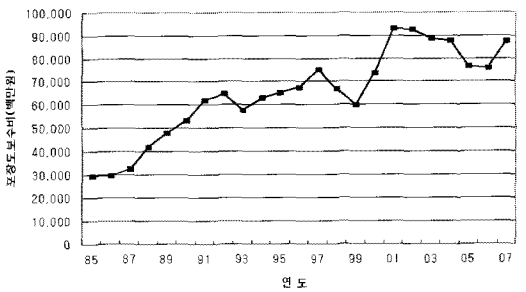


그림 2. 유지보수 예산 집행 변화

표 1. 포장상태의 변화(최근 5년간)

구 분	균열률(%)	소성변형(mm)	평탄성(m/km)	보수비용(억원)
2003년	3.2	6.62	1.94	887
2004년	2.4	6.66	2.16	878
2005년	3.7	6.56	2.26	765
2006년	5.0	5.95	2.27	436
2007년	3.8	7.38	2.33	334

1987년 프랑스로부터 PMS가 도입된 뒤에 매년 조금씩 시스템의 개선이 이루어져 왔었지만, 현재까지 수행되어온 PMS를 통한 보수공법이 올바른 방향으로 이루어졌는지, 현재의 교통조건 및 환경조건에도 타당한지 등에 대한 사후평가를 실시할 필요성이 제기되었으며, 이를 근거로 향후 PMS의 개선방향을 찾아보고자 하였다.

2. 사후평가 개요

사후평가는 현재까지 이용되어온 일반국도 PMS의 전반적인 운영과 보수예정구간에 대한 보수공법의 타당성을 평가하고, 현실에 적합한 보수공법 절차를 제시하며, 최근들어 수행되어 온 특수공법들에 대한 효용성을 분석하고, 일반 국도 PMS 전반에 걸쳐 보완해야 할 문제점들을 파악해 보완방안을 마련하고자 한다. 이에 대한 구분은 다음과 같다.

- 기 제시된 보수공법의 적절성 평가
- 특수 포장공법에 대한 효과 검증
- 현재 수행되고 있는 일반 국도 PMS의 보강공법 결정체계의 평가
- 일반 국도 PMS의 전반적 운영체계 평가

3. 사후평가 방법

3.1 기 제시된 보수공법의 적절성 평가

기 제시된 보수공법이란 2006 PMS 결과를 통해 제시된 보수구간 및 보수공법을 의미하며, 이 결과에 따라 2007년도에 실시될 구간을 대상으로 적절성 여부를 판단하는 것이다. 보수가 제시된 구간은 215개 구간으로 파악되었으며, 이중 기 보수가 완료된 구간을 제외한 88개 구간에 대하여 현장 실사를 통해 보수보강공법의 적절성 여부를 판단하였으며, 보수보강공법이 적절치 않다고 판단되는 경우는 상세조사를 실시하여 최종 보수보강공법을 결정하였다. 보수공법의 적절성 평가를 위한 절차는 그림 3과 같다.

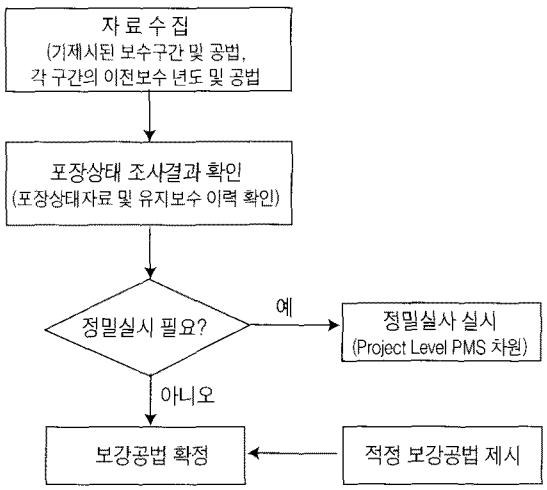


그림 3. 기 제시된 보수공법의 적절성 평가 절차

3.2 특수포장공법에 대한 효과 검증

일반 국도에서는 소성변형의 방지를 위하여 1998년 수원국도 관내 일반 국도 39호선을 처음으로 특수포장을 적용하기 시작하여 왔다. 특수포장의 종류로는 내유동성 포장, 배수성, 현장재생, 플랜트 재생, 반강성, 화이트 타핑 등이며, 표 2에서와 같이 약 2000여km에 적용되어 왔다.

특수포장의 적용에 따른 효과 분석을 위하여 그림 4와 같은 절차로 분석을 실시하였다. 즉, 특수포장구간에서의 표본구간과 일반 아스팔트 포장구간에서의 표본구간을 선정하여, 해당 구간의 공용성을 비교 분석을 함으로써, 특수포장의 타당성을 검증하

였다. 특수포장구간 및 비교구간 선정에 있어서는 가능한 3년 이상 경과된 구간을 선정하였으며, 시공조건, 교통조건, 지역적 조건 등이 유사한 구간을 선정하였다.

표 2. 특수 아스팔트 포장 적용 현황

(단위 : km)

구 분		내유동성	배수성	현장재생	플랜트재생	반강성	화이트타핑	기타
계	2,097.7	1,485.9	305.8	221.1	69.1	1.2	1	13.6
1998	70.7	67.7		3.0				
1999	135.1	129.1	1.0	5.0				
2000	269.1	257.2	7.4		4.5			
2001	244.5	204.4	34.3		5.6	0.2		
2002	191.2	153.1	22.5	8.6	7.0			
2003	326.5	204.8	55.4	55.4	10.9			
2004	337.6	180.7	82.4	51.8	14.3	0.4	0.4	7.6
2005	223.5	101.7	68.5	34.8	12.5			6.0
2006	177.7	101.4	34.3	30.8	10.4	0.4	0.4	
2007	121.8	85.8		31.7	3.9	0.2	0.2	

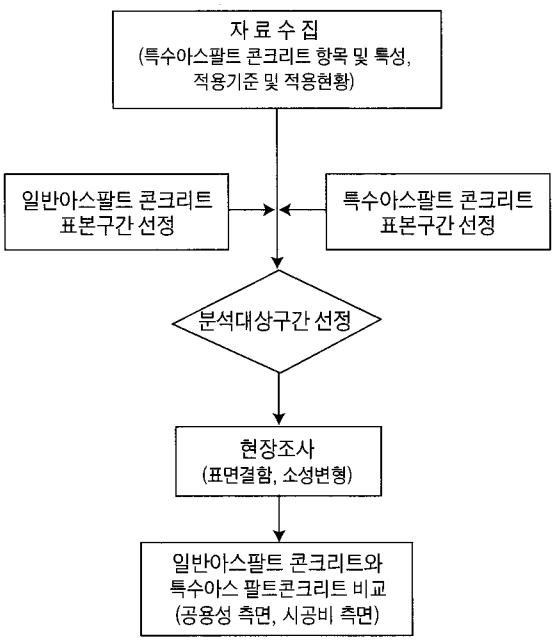


그림 4. 특수포장 적용의 효과 검증절차

3.3 보수공법 결정체계의 개선

현재 국도 PMS에서 적용하고 있는 보수공법 결정체계는 모든 구간에 대하여 경제성 분석을 실시하여 보수 우선순위 및 공법을 결정하는 것이 아니라, 그림 5와 같이 파손이 심한 구간은 안전문제 때문에 무조건 우선보수를 실시하고, 파손이 심하지 않은 구간은 경제성 분석결과를 이용하였다. 또한, 보수공법의 결정기준은 현장조사 결과와 외국의 사례를 통해 설정하였으며, 전문가 자문회의를 통해 확정하였다. 그렇지만 이 과정에서 선정된 소성변형 및 균열율에 대한 기준치의 명확한 근거가 제시되고 있지 않으며, 이에 대한 검증 역시 이루어지지 않은 상황이다.

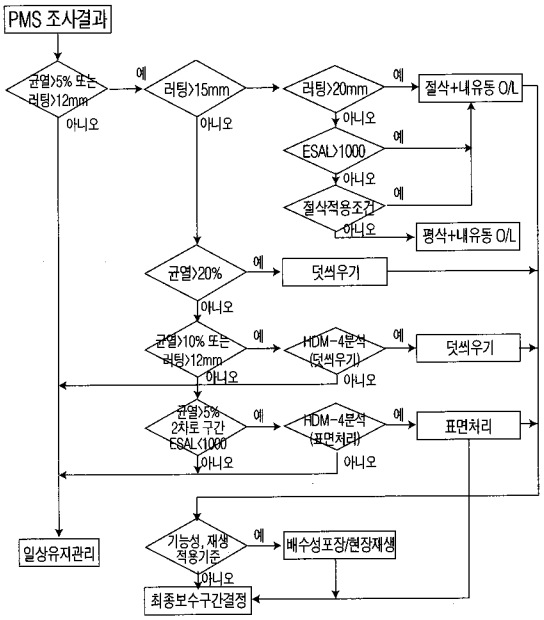


그림 5. 기존 보수공법 결정 적용절차

따라서, 보수공법 결정절차에 대한 검증을 위해 전문가 자문단을 구성하고 전국 도로포장을 대표하는 구간을 선정하여, 전문가의 의견수렴 및 포장상태에 대한 정량적 조사를 실시하였다. 즉, 전문가의 의견과 포장상태에 대한 정량적 자료와의 상관성을 통해 보수공법의 적절성을 평가하였다.

3.4 포장상태 조사체계를 비롯한 전반적인 PMS 운영체계 개선

일반 국도 PMS에서 조사, 분석, 평가, D/B 구축 등의 단계별로 수행하는 업무에 대하여 업무의 효율화 및 정확성을 갖기 위한 방법론을 모색하였으며, 가능하면 IT 기법을 활용하거나, 전산화를 통한 방법론을 제시하였다. 또한, 일반 국도 PMS에서는 Network Level 조사를 매년 실시한다. 즉, 전 국도를 대상으로 매 5km마다 1km에 대하여 포장상태 조사를 실시함으로써 전 국도포장의 상태변화 및 관리를 수행하고 있으므로, 이들 자료와의 상호 호환성 등에 대한 방안을 모색하였다.

4. 사후평가 결과

4.1 기 제시된 보수공법의 적절성 평가

현장실사를 통해 판단한 보수공법의 적절성 평가는 전반적으로 양호한 것으로 판단되었으나, 부분적으로 기 제시된 공법에 대한 개선 및 대안이 필요하다고 판단되었다. 이 과정에서 제시된 문제점 및 개선사항에 대하여 요약하면 표 3과 같다.

표 3. 보수공법의 적절성 평가를 통한 개선 내용

현행 방식(문제점)	개선 사항(대안)
도로포장상태 조사시 대표차로만 샘플로 조사하여 그 자료를 기준으로 보수구간을 선정	도로포장상태를 조사할 때 대표차로만 샘플로 조사하는 것이 아닌 전차로 조사를 통한 자료를 토대로 보수구간 선정
보수구간 위치표기에 있어서 정확한 시종점을 파악하기 어려움	위치표기 방식에 대한 개선이 필요하며 시점 및 종점에 대한 사진자료 및 특정 고유시설에 대한 자료표기
보수구간 선정시 균열의 경우, 균열율 기준에 의해서만 보수여부가 결정	균열의 경우, 균열의 종류, 원인, 심각도에 따라 보수공법을 달리 적용
교차로 진출입구간과 일반구간이 함께 보수구간으로 선정	교차로 진출입부와 일반구간을 별도의 섹션으로 구분하여 보수공법을 제시, 세부적으로 보수구간 구분 필요
보수공법 결정 로직에 국부적 보수항목이 없음	보수공법 결정 로직에 국부적 보수항목을 포함 또는 이에 대한 로직 방안 마련

〈표 계속〉

4.2 특수포장 공법에 대한 효과 검증

효과 검증을 위한 선택된 특수포장공법은 SMA, PMA, CRM, PBSC, 배수성 포장, 현장 재생포장 등이었다. 반강성 포장 및 화이트 타핑 등은 국도에 적용연장이 작아 배제하였다. 이들 공법에 대해서는 약 3개 구간을 선정하였으며, 해당 구간과 교통조건, 재령 등이 유사한 비교구간을 3개씩 선정하였다.

각 비교구간에 대한 현장 실사결과 전반적으로 특수포장공법이 일반 아스팔트 포장구간에 비해 양호한 것으로 판단되었으며, 이 결과는 기존 연구결과*와 매우 유사한 결과를 도출하였다. SMA, PMA의 경우 매우 우수하게 나타났으며, CRM의 경우 일반구간에 비해 양호한 것으로 제시되었다. 이외에도 PBSC 구간의 경우 소성변형은 일반구간에 비해 우수하나, 균열저항성은 일반 아스팔트 포장과 유사한 것으로 나타났다. 배수성 포장의 경우 일반에 비해 소성변형이 크게 발생한 구간이 있었으며, 현장 재생은 평탄성이 약간 불량하지만, 기타 결함은 없는 것으로 나타났다. 따라서 이들 구간에 대해서는 지속적 관찰이 필요한 것으로 판단된다.

PBSC, CRM, 배수성 포장공법에 대해서는 경제성 분석을 위해 현장 상세조사를 실시하였다. 현장 상세조사 항목은 균열, 종단평탄성, 소성변형 등이다. 경제성 분석을 위한 할인율은 7%로 하였으며,

* SBS 개질아스팔트 콘크리트 포장의 현장 공용성 및 경제성 분석, 유인균, 2001

분석방법은 순현가법(NPV, Net Present Value)에 따른 손익분기기법을 이용하였다.

분석결과 세 공법 모두 경제성이 있다고 분석되었으나, 일부 공법 적용에 있어 품질관리에 어려움 등을 고려해야 할 것으로 판단되며, 추후 지속적 관찰 및 분석이 필요한 것으로 판단된다.

4.3 보수공법 결정체계의 개선

기존 보수공법 결정체계는 그림 5에서 제시된 바와 같이 균열율 5% 또는 소성변형 12mm 이상일 경우 보수를 검토하며, 이들 구간 중 균열율이 20% 이상이거나, 소성변형이 15mm 이상일 경우에는 우선 보수를 실시하고, 잔여 구간에 대해서는 경제성 분석을 실시하여 보수공법을 결정한다. 그렇지만, 이들 보수공법을 결정하기 위한 경계치에 대한 근거가 부족하므로 검증을 위한 전문가 그룹 구성, 36개 구간

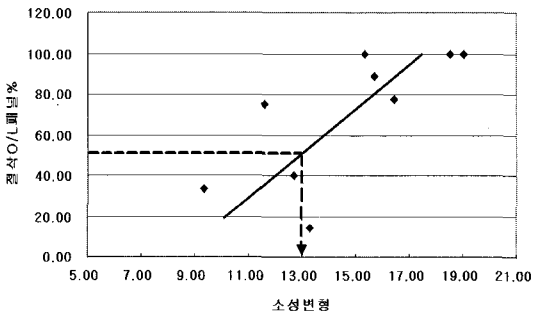


그림 6. 절삭 덧씌우기 결정을 위한 소성변형 기준치

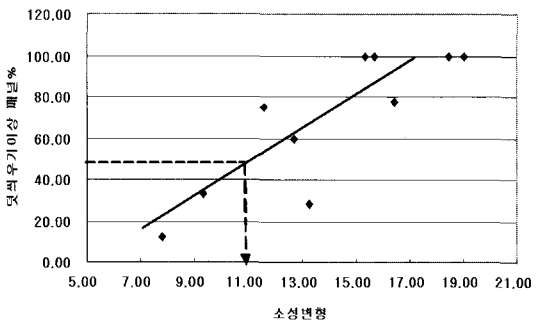


그림 7. 덧씌우기 보수공법 결정을 위한 소성변형 기준치

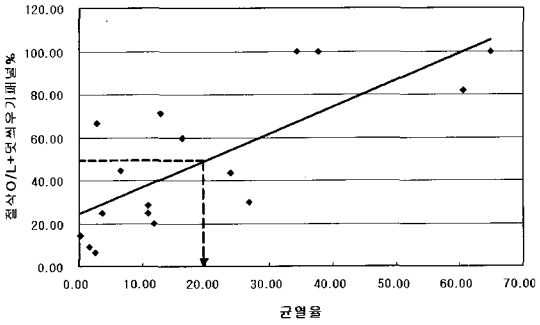


그림 8. 덧씌우기 보수공법 결정을 위한 균열율(%) 기준치

선정 및 정량적 포장상태 조사를 실시하였다. 즉, 36개 구간에 대한 포장상태에 대하여 전문가 그룹에서의 결정(50%)을 토대로 우선 보수에 해당되는 절삭 덧씌우기, 덧씌우기 기준치 등을 결정하였다. 그 결과는 그림 6, 그림 7, 그림 8 등과 같이 나타났다.

분석결과 절삭 덧씌우기를 위한 소성변형 기준치는 13mm로 나타났으며, 일반 덧씌우기를 위한 소성변형 기준치는 11mm로 나타났다. 또한 덧씌우기를 위한 균열율 경계값은 19mm로 나타났으나, 20mm로 적용하였다. 향후 본 연구결과에 대해서는 전문가 자문회의 및 현장 적용결과를 근거로 수정보완하여 최종결정할 예정이다.

5. PMS의 개선방향

사후평가를 통해서 제시된 문제점을 근거로 개선해야 할 PMS의 내용은 크게 기술적 측면과 운영적 측면으로 나눌 수 있다. 각 부분별로 요약하여 정리하면 다음과 같다.

5.1 운영적 측면 개선 내용

(1) 조사방법

현재 운영중인 조사방법은 대표 차로제 개념인데, 이를 전 차로 개념으로 전환하여 조사 및 DB를 구축해야 한다. 즉, 과거에 비해 4차로 이상의 도로가 많아 졌으며, 유지보수공법 결정시에도 주변구조물 또

는 주행차로 및 추월차로의 파손현황이 현저히 차이가 있어 차로별로 절삭 덧씌우기를 실시하는 경우가 종종 있으므로, 차로별로 유지보수 이력이 별도로 관리되어야 한다.

또한, 조사구간의 선정 및 위치확인 과정에서도 현재의 인력으로 송부하는 방법보다는 GPS 및 PDA를 활용하는 방법을 권장한다. 즉, 정확한 위치 체계를 PMS DB와 연계시켜야 하며, 실무자가 조사대상 구간의 위치입력 또는 보수구간의 입력을 편리하고 정확하게 수행하기 위해서 PDA 또는 네비게이션 활용을 검토해야 한다.

(2) 분석 및 보수공법 결정

기존 국도 PMS에서는 500m 단위로 분석 및 유지보수공법을 제시하였지만, 500m 이내에서 포장상태의 변화가 있는 경우가 종종 있으므로, 유지보수 예산의 효율적 관리 및 정확한 보수공법의 산정을 위해서는 최소분석 및 보수공법 결정단위를 100m 단위로 실시하는 것을 검토해야 한다.

(3) 조사 및 분석시기의 조절

매년 PMS 조사가 7, 8월경에 마무리 됨으로써, 차년도 유지보수 예산 산정에 있어 작년도 예산에 근거하여 수행하였다. 이로 인해 유지보수 예산의 객관성이 결여되어 있었다. 그렇지만, 1차 조사 및 분석을 6월 이전에 완료하여, 이를 근거로 차년도 유지보수 예산을 산정한다면 좀더 객관적이고 정확한 예산산정이 될 수 있을 것이다.

(4) 유지보수 이력의 전산화

현재는 보수가 완료되면 각 국도관리사무소 직원들이 본부에 모여서 수작업으로 보수구간을 표시하며, 이를 바탕으로 한국건설기술연구원에서 DB를 구축하고 있는 상황이다. 그렇지만, 이렇게 업무를 수행하는데 있어서 정확성 측면 및 시간적 측면에서 어려움이 있으므로, 이를 개선하기 위해서 Web상에서 자료를 수정·보완하는 기능을 갖추기위한 전산화 작업이 필요하다.

5.2 기술적 측면 개선 내용

(1) 경제성 분석 모듈의 개선

현재 사용하고 있는 경제성 분석 모듈은 세계은행에서 개발한 HDM-4 프로그램을 활용하고 있으나, 본 프로그램은 도로의 계획, 설계, 운영 등 광범위하게 사용되는 프로그램이어서 입력변수가 다양할 뿐 아니라, HDM-4에서 제일 중요한 모듈인 공용성 모형 및 차량운행비 예측 모듈 등이 국내의 실정과 상이한 부분이 있어 이에 대한 개선이 필요하다.

(2) 보수공법 결정기준 개선

사후평가 연구를 통해 제시된 균열율 및 소성변형의 기준치 등은 현장검증 및 전문가 의견수렴을 통해 보완되어야 하며, 국도 PMS에서 활용되고 있는 보수공법들이 일부 제한적으로 사용되고 있는 부분이 있어, 예방적 유지보수공법과 같은 다양한 유지보수공법에 대한 검토가 필요하다. 또한, 최근들어 자원재활용 측면에서 재활용 아스팔트 포장의 성능향상 및 활성화도 필요하다.

(3) 교면 포장 보수공법 결정기준

현재 수행되고 있는 국도 PMS는 일반 토공부를 중심으로 운영되고 있으나, 일반 토공부를 조사할 때 교면 포장도 연속적으로 조사할 수도 있다. 그렇지만, 교면 포장에 대한 파손의 정의 및 유지보수기준이 마련되어 있지 않아, 조사결과에 대한 구체적 대안 방안 마련이 어려운 실정이다. 또한 일반 토공부 이외에 놓여져 있는 교면 포장을 조사하기 위해서는 별도의 조사방법이 마련되어야 하므로, 교면 포장과 일반 포장과의 이정 통합 및 조사방안이 마련되어야 한다.

(4) 산지부 도로포장 유지보수 방안 마련

국토의 70%가 산지로 되어있으므로, 국도 포장도 산악지에 놓여져 있는 구간이 많다. 또한, 산악지에 놓여진 도로들 대부분 20~30여년 전에 건설되어,

건설할 당시의 집수정 및 배수로들의 역할이 제대로 수행되고 있는지의 의문이 있다. 배수문제로 인해 산악지 도로에서의 파손이 종종 발생하므로, 발생한 파손에 대한 원인분석을 비롯한 평가방안 및 보수공법 결정기준이 추가로 필요하다.

6. 결 론

본 고에서는 지난 20여년 가까이 운영되어온 국도 PMS에 대하여 자체적으로 다음과 같이 네 가지 부분에 대하여 사후평가를 수행함으로서, PMS 효과 및 개선방안들을 제시하였다.

- 기 제시된 보수공법의 적절성 평가
- 특수포장공법에 대한 효과 검증
- 현재 수행되고 있는 보수공법 결정체계의 평가
- 전반적 PMS 운영체계 평가

전반적으로 PMS를 운영하면서 부분적으로 보완한 부분이 많이 있어, 양호하게 운영되고 있는 것으로 나타났으나, PMS의 개발당시와는 현재의 포장상태, 교통조건 등 주변여건이 많이 변화되어, 이에 대한 개선방향을 두 가지로 구분하여 제시하였다. 즉, 기술적 측면에서의 개선방향, 그리고 운영적 측면에서의 개선방향 등에 대하여 제시하였다.

향후, 이러한 사후평가 결과들을 면밀히 분석하고, 전문가 자문회의 등을 거쳐 단계적으로 국도 PMS 시스템을 개선해 나아가고, 이를 통해 좀더 정확한 PMS의 시스템 구축 및 예산절감효과를 기해야 할 것이다.

공 고

(사)한국도로학회 선거관리위원회는 지난 11월 11일(화)에 회의를 갖고,
제6대 회장선거에 대하여 다음과 같이 결정사항을 공고합니다.

- 다 음 -

1. **투표일자** : 2009년 1월 12일(월) 오후 5시
2. **투표장소** : 신정(역삼동 ☎ 554-1033)
3. **후보자격요건** : 본학회의 이사 이상을 역임하고, 5년 이상 정회원자격을 유지하고 있는 회원
4. **후보등록** : 정회원 30인 이상의 추천을 받아 학회 소정의 양식을 작성하여 **2009년 12월 26일 오후 6시까지** 학회사무국에 직접 등록

※ 정회원 : 2008년도분 연회비까지 완납한 회원

(사)한국도로학회 선거관리위원회 위원장 김광우