

도로포장의 예방적 유지보수 해외사례

2004. 02

건설교통부

1. 포장보수에 파이낸싱 적용(노스캐롤라이나)

최근 주의회에서 관련 조항이 통과되면서, 이제 노스캐롤라이나주 교통국은 막대한 추가 예산을 도로 보수 프로그램에 집행할 수 있게 되었다. 2001년 9월에 통과된 이 조항은 교통국이 '보통' 내지 '불량' 등급의 포장 도로를 양호한 상태로 회복시키는 데 SHTF (State Highway Trust Fund)의 현금잔고 4억 7천만 달러를 사용할 수 있도록 허가하였다.

노스캐롤라이나주는 인구는 미국 내 전체 주(州)에서 11번째로 많지만, 관할 도로망의 규모는 전국에서 두 번째로 크다. 노스캐롤라이나주가 관리하는 도로망의 총 연장은 78,000 마일이며, 그 가운데 14,616 마일은 주요 국도로써 관내 이동 차량의 60 퍼센트가 여기에 집중된다. 현재 전체도로망 중 41 퍼센트는 '보통' 내지 '불량' 상태로 평가되어 있다. 예산안 특수조항 (SB1005)은 STTF의 기금 중 일부를 이용량이 가장 많은 도로에 대한 시급한 보수 요구를 위한 포장 보존공사에 사용하도록 지시하였다. 여기에는 관내의 非주간 (non-Interstate) 고속도로의 강화와 길어깨 확장 및 재포장 공사 등이 포함된다. 일명 현금관리 기법으로도 불리는 이러한 현금 흐름 파이낸싱 방식 덕분에, 노스캐롤라이나주는 산하의 14개 도로관리기관에 공사 작업 필요성에 따라 매년 1억 5천에서 1억 7천 달러씩을 3년 동안 배분할 수 있게 되었다.

1.1 현금흐름 파이낸싱의 효과

1999-2000 회계연도 결산 시점에 SHTF의 준비금총액은 8억 5,800만 달러였고 도로 기금의 누적총액은 2억 7천만 달러였다. 노스캐롤라이나주의 공동입법감독위원회는 이 기금 중의 일부를 당장 관내의 도로 보수요구를 충족시킬 수 있는 사업에 전용하기 위해, 민간조사기관에 의뢰하여 이 같은 계획의 타당성을 검토하였다. 연구 용역을 담당했던 조사기관인 워싱턴주 벨레부 소재의 Dye Management Group은 주의회가 해당 기금에 대한 규제만 완화한다면 노스캐롤라이나주가 그 기금을 도로 보수공사에 사용할 수 있다는 조사 결과를 권고했다. Dye사의 David Rose는 "이와 같은 자원 조달 방식은 처음 있는 일이 아니며, 많은 주정부들이 이런 방식으로 사업을 진행하고 있다"고 말했다. 또, 그는 "현금관리 방식이 좋은 결과를 거둔 사례도 있지만, 주정부는 기금 집행에 신중을 기해야 한다. 건전한 재무관리 및 기획 절차를 시행하지 않을 경우 도로기금이 고갈될 위험도 있다"고 덧붙였다.

새로 통과된 특수 조항의 제 1항은 교통국으로 하여금 "현금흐름 파이낸싱을 통해 도로건설공사에 대한 자금 지원을 가능한 한도까지 극대화"하되, 다음과 같은 통제수단을 통해 위험을 관리하도록 정하고 있다.

- (1) 재무기획위원회 설립
- (2) 월간 재무보고서 작성
- (3) 도로기금에 대한 적절한 현금 수준목표 설정
- (4) 수익 전망 절차 재검토
- (5) 법안에 포함되지 않은 비용 축소
- (6) 시공전 역할을 담당할 조직을 재구성하여 공사 기간 단축 및 현금흐름 파이낸싱의 활용 효과 극대화
- (7) 공사 시행, 보고서 작성, 현금 흐름 파이낸싱을 통해 활성화할 수 있는 사업 평가 및 2년 동안 매 분기별로 공동입법감독위원회에 출석하여 보고할 책임자 선정

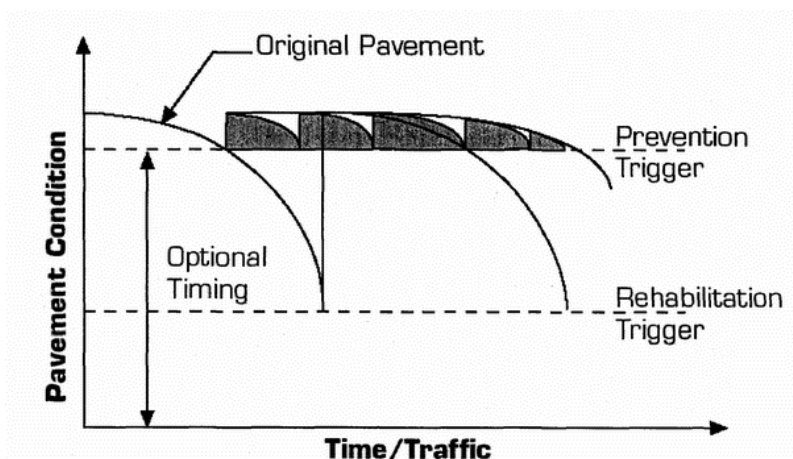
법안의 2항 및 3항은 노스캐롤라이나주 재무국에 SHTF 기금과 도로기금의 잔고를 합산하고 원활한 현금흐름 파이낸싱을 위해 두 기금간의 단기대부를 허용할 수 있는 권한을 부여하고 있다.

1.2 추가 자원 조성

그리고 마지막으로, 이 법안에는 주요 도로의 포장 보존에 사용될 4억 7천만 달러 외에도, 소규모 예산 집행에 관한 규정이 두 가지 더 있다. 공사 기획 및 설계가 조기에 완료될 경우 장기적 관점에서 보수 비용을 절감할 수 있다는 취지에서 3년 동안 매년 1,500만 달러씩

예비설계에 지출하도록 한 규정과, 교통 정체를 줄이고 차량 소통을 원활히 하여 도로망 운영 효율을 높일 전자신호교통관리시스템의 설치에도 3년 동안 매년 1,500만 달러씩을 투자하도록 한 규정이 그것이다.

또한, 새로운 법안은 노스캐롤라이나주 교통국으로 하여금 현금흐름 파이낸싱을 통해 실시되는 포장 개선 사업이 2002-2008 교통개선프로그램의 일정에 따른 SHTF 사업의 시행에 방해가 되지 않도록 보장할 것을 요구하고 있다. 이제 노스캐롤라이나주 교통국은 이와 같은 모든 규정들을 명심한 채로, 금고에서 뺏뺏한 현금 다발을 꺼내서 도로 보수 공사를 시행할 수 있게 되었고 이를 통해 도로 이용자들의 안전 및 기동성은 더욱 향상될 것이다. 교통국은 민첩한 기금 배정을 통해, 2001년 10월말까지는 8천만 달러 이상이 각 시공업체에 결제될 것이라고 보고했다.



포장 처리공법을 적절한 시기에 시공하면 포장 수명을 연장하고 비용효과를 극대화 할 수 있다. 예산안 특수조항 (SB1005)은 STTF의 기금 중 일부를 이용량이 가장 많은 도로에 대한 시급한 보수 요구를 위한 포장 보존 공사에 사용하도록 지시하였다.

2. 예방적 유지보수 활성화 노력(오하이오)

오하이오주 교통국은 주정부 차원의 포장 보존 노력을 반영하여 2001년 새로운 포장예방보수지침을 발행하고 각 카운티 정부와 교통국 지부들을 대상으로 새로운 지침에 대한 교육을 실시하였다. 이 지침의 개발 과정에는 연방도로국(FHWA ; Federal Highway Administration), 오하이오주 포장보존협회, 전미 콘크리트포장협회 및 오하이오주 아스팔트포장협회 등의 대표자들이 참여하였다.

2.1 예방 보수 처리

소개된 예방보수지침은 현행 규격에 따라 사용이 허가된 포장 예방 보수 처리공법에 관한 것으로, 균열실링, 침실, 박층포장, 콘크리트포장 보수, 초박층포장, 배수로 보수 등이 여기에 포함된다. 이와 같은 처리공법은 구조적인 능력의 보강이 없이도 기존의 도로를 보존하고 파손을 지연시키며 포장의 공용수명을 연장하고 도로 포장의 기능적 조건을 그대로 유지하거나 보다 향상시킬 수 있다.

각각의 처리공법에 대해, 이 지침은 다음과 같은 사항들을 다루고 있다.

- (1) 처리 공법의 정의 및 목적
- (2) 포장 상태에 대한 고려사항
- (3) 교통 통제
- (4) 설계 고려사항
- (5) 계절적 제약
- (6) 공사비용 견적에 필요한 단위원가

(7) 예상수명 및 공용성

시공 목적은 각 처리공법마다 각기 다르다. 가령, 균열실링은 포장 기층으로의 수분 침투를 최소화하기 위해 시공하며, 침실의 경우에는 라벨링 제거, 산화 지연, 표면 마찰 개선 및 수분 침투 감소 등이 목적이다.

예방 보수의 주된 편익은 고객 만족 증대, 포장 상태 및 승차감 개선, 도로 안전 강화, 수명주기비용 절감 등이다. 또, 교통정체 완화 및 투자의 비용효율성 제고도 예방 보수의 편익으로 꼽을 수 있다.

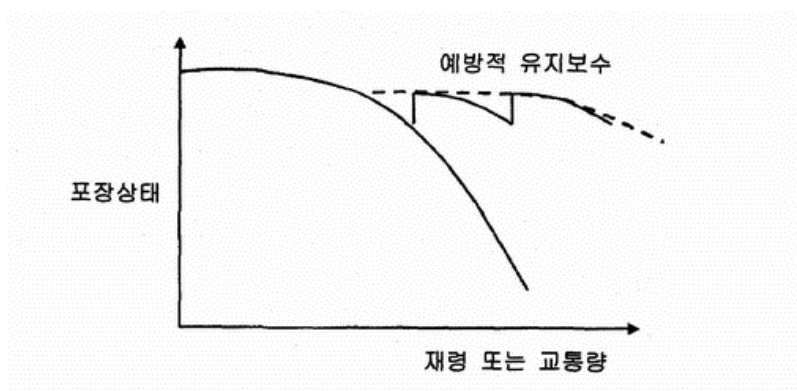
2.2 분석 질의

새로운 예방보수지침 외에, 오하이오주 교통국의 포장상태평가(PCR ; Pavement Condition Rating) 기법을 기반으로 하는 파손 상태 논리도 개발되었으며, 이 논리는 일련의 GQL (General Query Language) 분석 질의를 개발하는 데 이용되었다. 이와 같은 분석 질의는 각각의 카운티나 교통국 지부에서 보수 공사 대상을 선별하는 도구로 이용할 수 있다. 각각의 예방 보수 기법별로, 시공 대상으로 선정되기 위해서는 반드시 만족해야 할 "기준값"이 있다. 이 기준값을 만족하는 포장 구간을 모아 공사 후보지 목록을 만들 수도 있고, 이 같은 공사 후보지 목록은 각 지부별로 예방 보수 프로그램을 결정하는 데 도움이 된다. 일반적으로, PCR 평가 지수가 70 에서 90 점 정도 되는 포장 구간이 예방 보수 후보지로 간주된다.

2.3 예방 보수 지원 그룹

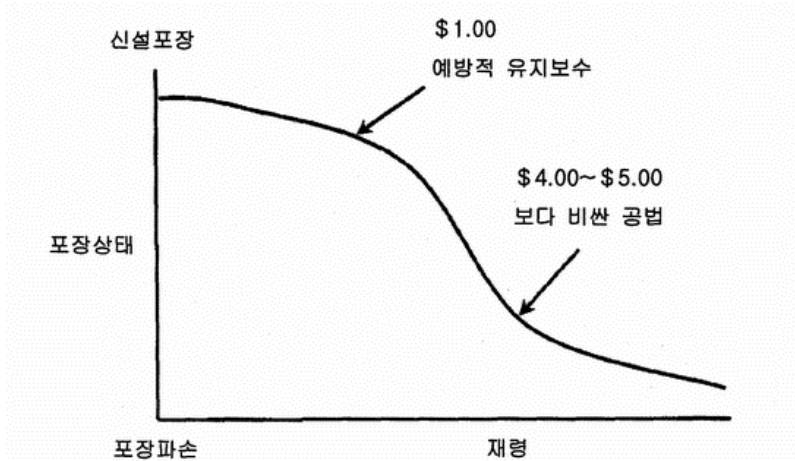
또, 오하이오주 교통국의 포장설계실은 예방 보수 지원 그룹을 창설하여, 지침 매뉴얼의 권고사항 및 GQL 질의 권고사항을 검증하고 각 지부에 대한 예방 보수 목표를 설정하는 과업을 맡겼다. 예방 보수 목표는 보수 대상 후보지의 수와 각 지부의 PCR 평가 현황을 기초로 수립하게 된다. 이와 같이 정해진 목표는 오하이오주 교통국의 기금관리위원회가 차기 포장 예산 배정 과정에서 예산 배정 기준으로 고려하게 된다. 오하이오주 교통국은 일단 예방 보수 목표를 확정하면 포장 예방보수에 대한 각 지부의 관심을 새롭게 고취할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 바로 그시점에 예방보수지침 매뉴얼에 대한 2 차 순회 교육이 이루어질 것으로 예상된다. 새로운 예방보수지침의 내용은 해당 웹사이트 에서 확인할 수 있다.

(www.dot.state.oh.us/pavement/publications.htm.)



〈예방적 유지보수의 개념〉





〈예방적 유지보수의 이점〉



3. 포장 보존 전략을 통한 공용성의 최적화

1997 년에 미국 의회에 제출된 보고서에 따르면, 미국 전역의 주간 고속도로 가운데 농촌지역의 경우 48 퍼센트 이상, 도시지역의 경우에는 약 60 퍼센트 가까이 '보통' 내지 '불량' 등급의 포장 상태를 가지고 있는 것으로 조사되었다. 게다가, 도로 교통수요는 나날이 증가하고 있다.

늘어가는 교통 수요 및 안전과 쾌적한 승차감, 원활한 차량 소통에 대한 시민들의 기대치를 충족시키기 위해, 도로관리기관들은 파손 상태가 가장 심각한 도로를 먼저 보수하던 전통적인 전략에서 기존의 도로망을 보존하고 유지하는 전략으로 방향을 수정하고 있다. 제한된 예산 범위 내에서 이와 같이 전략 변화를 수용하기 위해서는 사후 보수 중심에서 예방 보수로의 사고의 전환이 필요하다. 점점 더 많은 주정부의 교통 부처들이 예방 보수 또는 포장 보존이라는 선행적 접근방식을 통해 시간과 비용이 많이 소요되는 대규모 복구(rehabilitation) 공사와 재시공을 줄이고 대규모 공사로 인한 차량 정체까지 줄일 수 있게 되었다고 말하고 있다. 그 결과, 일반 시민들에게는 교통체증의 완화 및 통행속도 개선, 그리고 보다 안전하고 평활하며 내구성이 좋은 도로를 제공할 수 있게 된다. 이것이야말로 바로 포장 보존의 목표라 할 수 있다.

이와 같은 목표를 지원하기 위해 FHWA (Federal Highway Administration)는 각 주정부의 교통 부처 및 관련 업계, 기타 이해관계자 그룹과 협력하고 있다. 이들의 목적은 다양한 혁신적 기법 및 전략으로 도로 포장을 보존할 수 있을 뿐만 아니라 도로망에 대한 국가적 투자까지 보전할 수 있다는 사실을 널리 알리는 것이다.

3.1 포장 보존의 개념

전통적으로, 도로관리기관들은 도로 포장을 그대로 방치해 두었다가 구조적 상태나 승차감이 '보통' 내지 '불량' 등급으로 열화된 후에야 포장 복구 공사를 시공하는 전략을 취해 왔다. 복구 공사의 목적은 구조적 손상을 수리하여 포장의 상태를 회복시키는 것으로, 비용과 시간이 많이 소요된다. 파손 상태가 가장 심각한 도로를 먼저 보수하는 "사후 대처식" 전략이 등장하게 된 데에는 여러 가지 이유가 있었는데, 연방정부의 보조금 지원 요건과 자본 성장의 극대화도 그 이유에 포함된다. 그러나, 이제는 비용 효율적인 일련의 예방 보수 전략을 몇 년 간격으로 적용함으로써 포장의 공용수명을 연장할 수 있다. 이는 곧 투자 효과 증대 및 승차감 개선으로 이어진다. 이미 많은 주정부들이 그간의 경험을 통해 이 같은 예방 보수 전략이 성공적임을 입증하였다. 지금 1 달러를 포장 보존에 투자하면, 향후 최고 6 달러까지 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

포장 보존 전략은 대규모의 복구 공사나 재시공이 필요한 포장에는 적합하지 않다. 또한, 구체적인 시공 방법도 포장의 상태와 기후 조건, 환경적 요인 및 기타 지역적 요인들에 따라 달라지기 때문에, 각 기관별로 예방 보수 방법을 스스로의 조건에 맞게 변형해야 한다. 물론, 어떠한 처리방법으로도 포장의 열화를 영원히 막을 수는 없다. 그러나, 적절한 포장 보존 전략 및 기법을 이용하면 열화 속도를 크게 늦출 수 있다.

3.2 포장 보존의 활성화

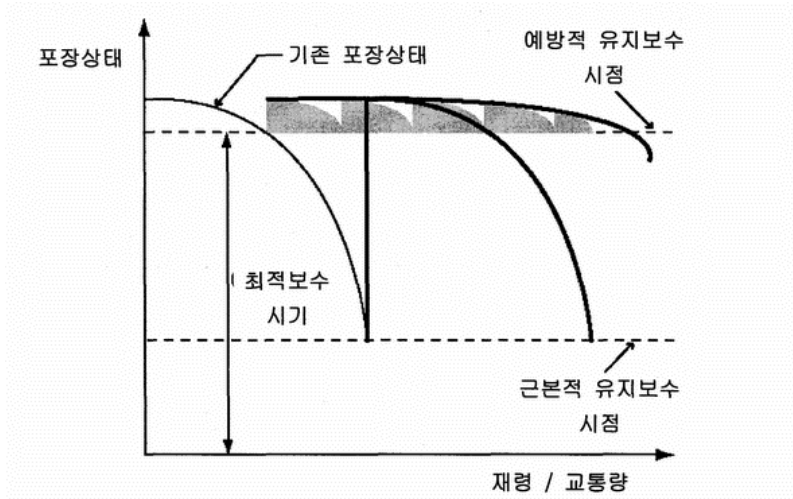
도로관리기관들은 대체로 여러 가지의 보수 활동을 뭉뚱그려서 일괄 처리하기 때문에 여타의 긴급한 예산 수요에 밀려 포장보수 예산이 삭감되는 경우가 종종 있다. 가령, 폭설이 내리거나 예기치 못한 한파가 닥치는 경우, 포장 보수 예산의 상당액을 제설 작업이나 결빙방지 작업에 전용하는 주정부들이 적지 않다. 이런 경우, 포장 보존 전략의 성공 비결은 고유 예산을 따로 확보하는 것이다. 일단 관련 기관의 고위 간부들과 주 의회 및 일반 시민들이 포장 보존 전략의 비용효율성을 깨닫기 시작하면, 캘리포니아와 조지아, 미시건, 뉴욕 및 텍사스 주에서 거둔 성공이 다른 주정부들로 널리 확산될 수 있을 것이다.

다행스럽게도, 포장 보존 전략의 활성화를 위해 관련 기관들이 발 벗고 나섰고, 현재 많은 연구와 지원 노력이 진행되고 있다. 다음은 이와 같은 노력의 구체적 사례들이다.

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 산하의 포장 보존 시범 주 팀은 다른 관련 기관들과 협력하여, 비디오, 설명회, 세미나 및 출판물 등을 통해 많은 도로관리기관을 상대로 포장 보존 전략에 대해 홍보하고 있다. 또, 포장 보존에 관한 조사 방법도 개발하였다 (구체적인 내용은 AASHTO의 혁신적 도로 기술 웹사이트 (leadstates.tamu.edu/pp/library)에서 확인할 수 있다). 이와 같은 방법을 통해 도출된 정보는 수명주기비용분석과 함께 매우 유용한 의사결정 지원 도구가 될 것이다.

1997년, AASHTO 산하의 ETG (Expert task group)와 관련 업계 및 FHWA는 포장 보존에 대한 기술 지원과 지침, 관련 교육 및 연구 조사를 제공하기로 합의하였다. 또, FHWA와 AASHTO 및 관련 업계 그룹은 포장 보존에 대한 단기 교육 과정을 개발하는 데 공동으로 자금을 지원하기로 공식적인 양해각서도 체결한 바 있다. NHI (National Highway Institute)는 계획된 여러 가지 교육 과정 가운데 이미 "포장 보존 : 예방 보수의 개념" (교육과정 #13154) 및 "포장 보존 : 예방 보수의 대상 선별" (교육과정 #13158)의 두 개 과정의 개발에 착수했다. 적절한 예방 보수 설계/시공 및 예방 보수와 포장관리시스템의 통합에 관한 교육 과정도 곧 개발될 예정이다.

1998년, AASHTO와 FHWA 및 FPP (Foundation for Pavement Preservation)는 "미래를 위한 포럼"을 개최하여 포장 보존 전략의 향상을 가로막는 장애물에 대해 논의를 진행하였다. 논의 결과, 향후의 조치 및 이니셔티브에 대한 로드맵이 발표되었다.



〈도로 포장의 공용수명 연장〉



이 그래프는 전통적인 포장 보수 전략과 예방적 포장 보존 전략을 비교한 것이다. 전통적인 접근방식은 원래의 포장 상태가 '보통' 내지 '불량' 등급으로 열화될 때까지 방치해 두었다가 구조적 손상이 발생하기 시작한 후에 비용이 많이 드는 복구 공사를 실시하는 것이다. 포장 보존 전략은 상대적으로 비용이 저렴한 예방 보수 처리공법을 보다 자주 시공하여 포장 복구 주기를 크게 연장할 수 있다.

4. 포장관리와 예방보수의 통합

4.1 전통적인 포장보수의 개념

역사적으로, 포장 보수 활동은 그 성격상 사후 대응적인 것으로서, 유지보수 그 자체 혹은 그 결과도 해당 기관의 전체적인 포장관리 프로그램에 적극적으로 통합되지 못했다. 전통적인 유지보수에는 그저 매년 일정한 정도의 균열 실링 작업과 박리 패칭 작업과 포트홀 채움 작업이 필요하리라는 점을 인정하는 것 말고는 별도의 "계획"이라는 것이 존재하지 않았다. 이런 보수 작업이 어느 도로의 어느 지점에서 실시될 것인지에 대해서는 미리 정해진 바가 없으며, 그 실시 시기 또한 그것이 언제 눈에 띄는지 혹은 언제 그럴만한 시간 여유가 생기는지에 따라 결정된다.

전통적인 포장 유지보수 활동을 책임지는 담당자들은 균열실링이나 포트홀 채움, 패칭 같은 통상적인 포장 보수 활동 외에도, 도로변 제초작업, 오물제거, 제설작업 등 사시사철 산적한 업무들을 처리해야 한다. 그러다 보니, 포장 유지보수는 대개 그들이 책임져야 할 많은 업무 가운데 그저 일부분일 뿐이다.

이처럼 대부분의 도로관리기관에서는 포장 유지보수 활동이 안팎으로 소홀히 취급되는 경우가 적지 않지만, 그럼에도 불구하고 포장 유지보수는 포장의 수명을 유지하는 데 없어서는 안될 필수적인 역할을 담당한다. 균열이나 포트홀 등을 제때 보수하지 않고 방치하는 경우, 적절한 보수가 이루어진 포장에 비해 대규모의 복구공사나 재시공 시기가 앞당겨지게 된다. 하지만, 그 중요성에도 불구하고 포장 유지보수에 대해 지속적인 관심이나 예산이 주어지는 경우는 매우 드물며, 긴축 재정 시기에 보수예산이 다른 용도로 전용되는 사례는 어렵지 않게 찾아볼 수 있다.

4.2 예방 보수에 대한 패러다임의 변화

포장 보수가 소홀히 취급되어온 주된 이유 중의 하나는 전통적으로 보수처리가 주로 파단이 심각한 포장에 적용되기 때문이다. 포장의 공용수명이 다했지만 재시공 예산이 확보되지 않는 경우, 재원이 마련될 때까지 일정한 수준으로 포장 상태를 유지하고 운전자들의 불만을 최소화할

목적으로 패치나 박층 표면처리 같은 눈가림용 임시 처리를 실시하게 된다. 이 같은 조건 하에서 적용되는 처리공법이 훌륭한 공용성을 제공할 것으로 예상하는 사람은 아무도 없으며, 이 같은 예상은 대체로 적중한다. 사정이 이렇다 보니, 균열 실런트는 한두 철을 넘기는 것이 고작이고, 포트홀 패치는 예상수명이 몇 시간이나 몇 일 단위가 되기도 하며, 표면처리는 시공 직후부터 파손이 발생하기 시작한다.

똑같은 포장 유지보수 공법이라도 포장 수명의 초기에 적용할 경우, 관행적인 땀질식 임시처방 이상의 막대한 편익을 제공할 수 있음을 보여주는 증거는 얼마든지 있다. 가령, 칩실(chip seal)이나 박층포장, 슬러리실 같은 박층 표면처리를 양호한 상태의 포장에 시공하는 경우, 풍화작용을 지연시키고 수분 침투를 예방하며 쾌적한 승차감도 회복할 수 있다. 평활도를 복구하기 위한 다이아몬드 절삭도 포장의 구조적 결함의 원인이 되는 동하중을 줄임으로써 전체적인 포장 공용성을 높일 수 있다. 예방보수 프로그램에서 설명하는 처리 공법들은 새로울 것이 없지만, 그 공법이 적용되는 시기나 포장 상태는 분명 전통적인 보수 프로그램과는 다르다.

'포장보존'이라는 개념과 그 하위 개념인 '예방적 유지보수'가 폭 넓은 관심을 받기 시작한 것은 1990년대 중반 이후의 일이다. 그 기본 원칙은 다음과 같이 요약할 수 있는데, 이는 보수에 관한 전통적인 사고방식에서 크게 벗어나는 것이다.

- 파단이 발생하기 전에 미리 시공하라.
- 포장의 (양호한) 상태를 그대로 유지할 수 있는 처리공법을 적용하라.
- 안전하고 평활한 도로 조건에 대한 이용자의 요구를 충족시킬 수 있는 처리공법을 선택하라.
- 비용 효율적인 전략을 적용하라.

포장보존의 개념을 도입하고 포장보존 전략 하에서의 예방적 유지보수의 역할을 인식하는 정부 기관들이 늘어감에 따라, 유지보수의 역할이 변화하고 있다. 이와 같은 변화를 주도하는 주체는 주로 예방적 유지보수 프로그램을 전체적인 포장보존 전략에 통합해나가고 있는 기관들이다. 한때, 포장관리와 포장 유지보수는 서로 다른 별개의 활동으로 취급되기도 했지만, 이제는 이 두 가지 활동을 최소한 일부 요소만이라도 통합하는 것이 매우 효과적이라는 인식이 확대되고 있다.

미국 도로교통안전협회 (AASHTO : Association of State Highway and Transportation Officials)는 예방적 유지보수를 "기존의 도로 및 그 부속 시설에 대해, 이를 보존하고 장래의 열화를 지연시키며 그 기능적 상태를 유지하거나 [구조적 수용력 확대 없이]개선할 수 있는 비용 효율적 처리공법을 미리 계획된 전략에 따라 시행하는 것"으로 정의하고 있다 (FHWA 1999). 예방 보수는 미리 계획된 선행적 보수 활동이며 그 결과가 비용 효율적이라는 점에서, 전통적인 포장 보수와 다르다. 예방 보수에 대한 이와 같은 개념 정의는 포장 관리 프로그램에서 유도된 포장 보존 전략과 예방 보수 활동사이에 일정한 유사점이 존재함을 시사한다. 유사점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

미리 계획된 활동이다.

비용 효율성을 평가할 수 있어야 한다.

데이터에 따라 수행되는 활동이며, 다음과 같은 경우에 그 효과를 극대화할 수 있다.

- 포장 구간별 위치를 찾고 공사 이력을 추적할 수 있는 참조 시스템이 존재하는 경우
 - 관련 공용성 척도에 대한 정기적인 감시를 통해 보수 처리 필요성을 파악하는 경우
- 포장 공용성 모델을 이용하여 다양한 처리공법 시나리오를 평가할 수 있다.

뿐만 아니라, 관련 기관들이 예방보수 프로그램을 도입하기 시작하면서, 예방보수가 실시되는 위치의 선정 및 예방적 조치와 관련된 비용에 대한 정확한 계산 없이는 예방 보수의 편익을 수량화할 수 없다는 사실이 분명해졌다. 포장관리시스템에는 전체적인 포장의 공용수명에 영향을 미치는 모든 포장 유지보수 공법에 관한 정보가 포함되어 있어야 한다. 여기에는 재시공과 복구 및 예방적 유지보수가 포함된다. 구간전체에 대한 정확한 이력 정보 없이는 효과적인 장기 투자 전략을 수립할 수 없다. 단, 성공적인 통합을 위해서는 각각의 예방적 유지보수 공법별로 시공이 요청되는 수준 및 예방 보수로 인한 편익을 정확하게 이해해야만 한다.

4.3 예방적 유지보수와 포장관리의 통합

예방적 유지보수의 전면적 도입을 가로막는 가장 커다란 장애물은 아마도 예방적 유지보수에 관한 핵심적인 정보 요소가 존재하지 않는다는 점일 것이다. 이 문제에 관해 최근 개최된 전국 순회세미나 및 교육 과정에서는 다음과 같은 종류의 정보에 대한 필요성이 반복적으로 제기되었다.

- 주어진 포장에 적합한 처리공법
- 예방 보수 처리공법에 대한 최적의 시공 시기
- 예방 보수의 실시 방법 및 그것이 포장 공용성에 미치는 영향

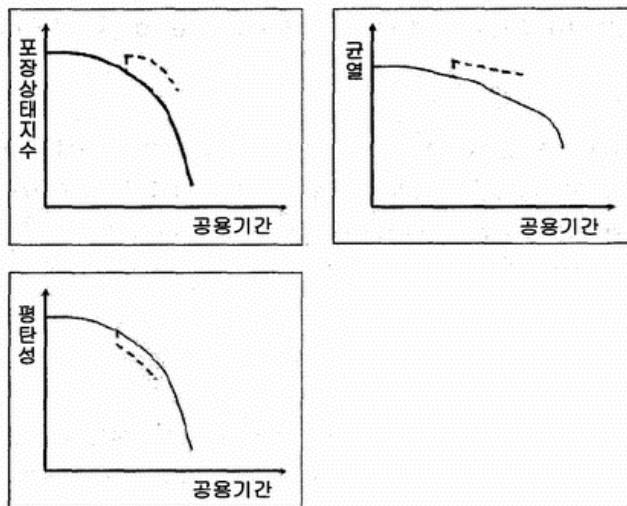
관련 업계는 적절한 처리공법의 선정에 필요한 정보를 제공하기 위해 주도적인 노력을 보이고 있다. 1) 포장 공용성에 관한 주요 특성을 개선하고, 2) 비용 효율적이며, 3) 최소한의 교통 통제만으로도 시공할 수 있는, 처리공법을 선택할 수 있도록 돕기 위해 업계는 처리공법의 공용성에 대한 연구를 후원하고 있다. 또, 적절한 예방 보수 시공 시기에 대한 연구 (NCHRP 프로젝트 14-14) 및 적절한 시공 대상 선정에 관한 지침을 개발하기 위한 연구도 진행되고 있다. 뿐만 아니라, 국가적 차원의 연구 (LTPP SPS-3 및 SPS-4 프로젝트와 FHWA가 지원하는 후속 모니터링) 및 주정부 단위의 연구 (텍사스주, 아이오와주, 미네소타주, 아리조나주 등의 공용성 비교 연구)도 어떤 처리공법을 선택해야 할 것인가에 관한 정보를 제공하는 데 도움이 된다.

남아있는 과제 가운데, 예방적 유지보수의 실시 방법 및 그것이 포장 공용성에 미치는 영향에 관한 정보는 광범위한 추가적 노력 없이도 얻을 수 있다. 즉, 이와 같은 정보는 예방적 유지보수 활동과 포장관리 프로그램을 보다 긴밀하게 연계함으로써 해결할 수 있다. 이하에서는 예방적 유지보수와 포장관리를 보다 효과적으로 통합하는 방법에 대해 살펴보기로 한다.

4.4 처리공법의 편익/효과의 수량화

예방적 유지보수 프로그램의 장기적 성공 여부는 각각의 처리공법을 통해 얻어지는 편익을 규정할 수 있느냐에 달려 있다. 어떤 처리공법의 편익을 규정하고 수량화 할 수 없다면, 그 처리공법은 적용해서는 안 된다. 편익을 모르고는 예방적 유지보수의 비용 효율성도 입증할 수 없기 때문이다.

공법의 공용성에 관한 중요한 질문 가운데 하나는 "효과가 얼마나 오래 지속되는가?" 이다. 이와 같은 문제에 관한 논문에는 다양한 기관에서 수집된 시공 결과에 대한 내용들이 가득하다 (그 예로, Geoffroy가 1996년에 쓴 글과 Hicks 등이 2000년에 발표한 글을 참조한다). 하지만, 이와 같은 시공 결과가 이러한 처리공법을 예방 보수적 차원에서 적용한 결과를 반영한다고 보기는 어렵다. 그럼에도 불구하고, 수명은 중요한 고려사항 중의 하나이며, 어느 정도의 기간이 흐른 후에 동일한 공법 또는 다른 공법을 다시 시공해야 하는가도 고려해야 한다. 하지만, 이것은 필요한 정보의 일부분일 뿐이다. 포장 처리는 그것이 일정한 편익을 제공한다고 판단될 때 비로소 시공된다. 그렇다면, 포장 유지관리는 도로에 어떤 편익을 제공하는가? 즉, 예방 보수처리공법의 기대 편익을 알아야 하며 수량화가 가능해야 한다. 기대 편익을 쉽게 파악할 수 있는 경우도 있다. 가령, 균열 실링의 목적은 수분이나 이물질의 침투를 최소화하고 추가적인 열화를 지연시키는 것이며, 균열 실링 결과, 심각도 등급이 중간 등급에서 최저 등급으로 낮아질 수도 있다. 또한, 시멘트콘크리트포장에 대한 다이아몬드 절삭은 평활도를 높여 승차감을 개선하기 위한 것이며, 그 결과로 종단평탄성(IRI) 또는 기타 승차감 관련 지수가 향상된다. 예방적 유지보수공법의 시공 성과는 〈그림 1〉과 같이 일련의 그래프로 확인할 수 있다.



〈그림 1〉 한 가지의 예방적 유지보수공법이 세 가지의 공용성 척도에 미치는 영향

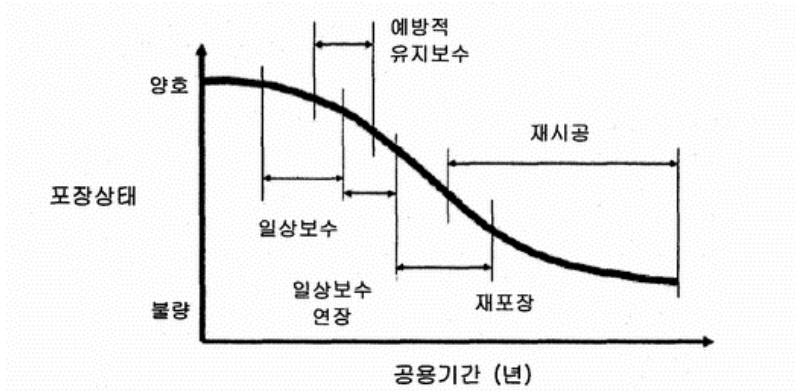


〈그림 1〉에서와 같이, 한 가지 공법의 적용으로 다양한 효과를 얻을 수 있고, 이와 같은 효과가 공용성 판정에 사용되는 공통적인 척도 전체에 대해 항상 긍정적으로 나타나는 것은 아니다. 균열 실링의 경우가 좋은 예로, 균열 실링은 균열 등급에 대해서는 긍정적인 영향을 미치지만 아마도 포장의 평탄성이나 미끄럼 저항은 낮아질 것이다. 또 다른 예로, 포그실(fog seal)을 시공하면 포장 파손과 관련된 척도에는 영향을 미치지 않겠지만, 미끄럼 저항은 조금 낮아질 것이다. 균열 실링과 포그실의 시공 의도는 둘 다 공용수명을 연장하는 것이지만, 그와 같은 편익은 일반적으로 사용되는 공용성 척도로는 측정되지 않을 지도 모른다.

설사 처리공법의 공용수명 및 다양한 공용성 척도에 미치는 영향을 안다고 하더라도, 여전히 모자라는 부분이 있다. 공법이 포장의 공용수명에는 어떤 영향을 미치는가가 바로 그것이다. 다시 말하면, 문제의 공법 또는 여러 공법의 조합은 대규모의 복구 공사나 재시공이 요구되는 시기를 지연시키는 데 긍정적인 효과를 미치는가? 또, 이처럼 대규모의 복구 공사 또는 재시공 시기가 지연되는 것이 해당 기관이나 이용자에게 편익을 제공하는가? 이와 같은 정보는 특정 처리공법의 적용 여부를 결정하는 데 있어 필수적인 기준이 된다.

4.5 적절한 처리공법의 선택

예방적 유지보수공법을 적용할 때 고려해야 할 또 다른 주요 요소는 최적의 시공시기를 찾아내는 것이다. 〈그림 2〉는 다양한 포장 유지보수공법의 범주와 포장공용기간 또는 상태 간의 관계를 흔히 이용되는 방식대로 표시한 것이다. 하지만, 〈그림 2〉는 매우 일반적인 수준의 개념이기 때문에, 기술적인 차원이나 예산 차원에서 의사결정을 내리는 데 필요한 구체적인 정보는 제공하지 못한다.



〈그림 2〉 포장 처리 범주와 포장 사용기간 간의 일반적 관계



예방 보수 처리가 적용되어야 할 포장 상태는 어떤 것인가? 기존 유지보수 공법의 경우, 의사결정 과정에서 시공을 결정하는 기준은 포장이 일정한 파손 수준에 도달했는가 여부이다. 가령, 이것은 소성변형이나 단층이나 균열이나 혹은 복합적 파손에 대한 일정한 척도가 될 수 있다. 기존 유지보수 공법 경우에는 포장의 상태에 맞는 적절한 처리 방법을 결정해온 경험이 충분히 축적되어 있지만, 불행하게도 예방적 유지보수의 경우는 그렇지 못하다. 예방적 유지보수의 목표가 양호한 도로를 양호한 상태로 유지하는 것이라는 점을 떠올린다면, 예방 보수에 대한 결정 기준은 이와는 사뭇 다른 것이 될 것이다. 파손 여부는 여전히 중요한 기준이지만, 파손의 존재나 빈도 및 심각도 보다는 파손의 부재가 중요한 기준이 될 것이다. 여타의 지표가 존재하지 않는 상황에서 평탄성이나 미끄럼 저항 같은 기능적 공용성에 대한 척도가 처리공법 선택 과정에서 중요한 역할을 하게 될 것이다.

적절한 처리공법의 선택에 관한 일반적인 지침은 개발되지 않았지만, 선택 과정에서 이용할 수 있는 도구는 분명히 존재한다. Hicks 등이 2000년에 발표한 글을 보면, 현재 도로교통 관련 기관들이 포장 유지보수공법을 선택할 때 사용하는 도구들의 사례가 여러 가지 제시되어 있다. 이러한 도구들은 주로 수형도나 의사결정 표등의 형태로 제시된다. 일례로, 아이오와주에서 작성된 보고서 (자료 출처 : Jahren et al. 1999)에서 인용한 의사결정 〈표 1〉을 보면 각각의 처리공법이 효과적인 시기와 그렇지 못한 시기를 모두 구별하고 있다.

〈표 1〉 HMA 포장에 관한 처리공법 결정 표 (자료출처 : Jahren et al. 1999)



	실코트	슬러리실	박층포장
교통량			
ADT < 2,000	R	R	R
2,000 < ADT < 5,000	M	M	R
ADT > 5,000	NR	NR	R
블리딩	R	R	R
소성변형	NR	R	R
Raveling	R	R	R
균열			
소수의 좁은 균열	R	R	R
광범한 균열	R	NR	NR
마찰 개선	예	예	예
제설차 손상	가장 민감함	민감함	가장 덜 민감함

R = recommended, NR = not recommended, M = marginal

특정 기관의 모든 요구를 충족시키기 위해서는 이와 같은 도구는 아래와 같은 몇 가지 특성을 갖추어야만 한다.

해당 기관이 유효하다고 믿는 모든 공법이 포함되어야 한다.

각 공법의 적용 여부에 대해 상대적인 지침을 제공해야 한다.

- 교통량 또는 차량하중
- 기존의 포장 타입
- 환경
- 포장의 상태
- 기타

각 공법의 적용이 부적절한 시기를 판별할 수 있어야 한다.

4.6 포장관리시스템의 활용

효과적인 예방보수 프로그램을 위해 필요한 정보에 대해서는 위에서 살펴보았다. 여기에는 예방적 유지보수공법의 효과나 편익을 측정하고 적절한 적용 시기를 파악하는 데 필요한 정보도 포함된다. 그러나, 이와 같은 정보를 구하는 것은 보기만큼 어렵지는 않다. 많은 기관에서 이미 사용중인 포장관리 프로그램이 이와 같은 질문에 대한 답을 구하는 데 필요한 데이터를 수집하고 분석할 수 있기 때문이다.

따라서 대부분의 도로관리기관의 경우, 포장관리 프로그램을 이용하는 것이 예방적 유지보수공법의 편익을 추적할 수 있는 최선의 방법이다. 포장관리 프로그램에는 공용성 조사, 데이터베이스, 모델링 기능 및 분석 루틴이 이미 존재하며, 이들을 활용하면 제한된 자원을 절약할 수 있고 같은 수고를 이중으로 반복하는 것도 피할 수 있다. 그러나, 이처럼 포장관리 프로그램을 활용하자면 포장관리에서 시공 여부를 결정하는 데 사용되는 척도가 예방보수에도 어느 정도 적용이 가능해야 한다. 이 점에 대해 다음에서 설명하기로 한다.

4.7 공용성 조사

포장관리시스템은 포장의 공용성을 1년 내지 3년 간격으로 정기적으로 측정한다. 현재 공용성 조사와 관련하여 결정되어야 할 문제로는 포장파손자료 수집방법론 (자동파손조사 대 수동조사), 조사의 빈도, 공용성 척도의 유형 및 기타 자료수집 기법 (평탄성, 마찰, 레이더 측정 등)이 있다. 공용성 조사는 다음과 같은 경우에 예방적 유지보수공법의 수명, 주요 공용성 척도에 미치는

효과 및 포장의 공용수명에 미치는 효과에 관한 필수 정보를 제공할 수 있는 도구로서 매우 유망하다.

- 예방적 유지보수가 이루어지는 포장이 이미 포장관리 대상구간인 경우
- 공법의 효과를 명확하게 측정할 수 있을 만큼 정교한 상태조사 기법이 사용되고 있는 경우
- 포장 공용성의 주요 변화를 포착할 수 있을 만큼 조사가 자주 실시되는 경우

공용성 조사에 관한 의사결정은 포장 복구 공사 시기뿐만 아니라 예방 보수에 대해서도 유용한 정보를 생성할 수 있는 방향으로 이루어져야 한다.

4.8 데이터베이스 기능

현재 이용되는 포장 관리 데이터베이스는 유연성이 매우 높기 때문에, 데이터베이스의 기능이 제한 요인으로 작용하는 경우는 거의 없다. 단, 원활한 통합을 위해 필요한 예방적 유지보수 정보에 대해 다음과 같은 사항을 유념해야 한다.

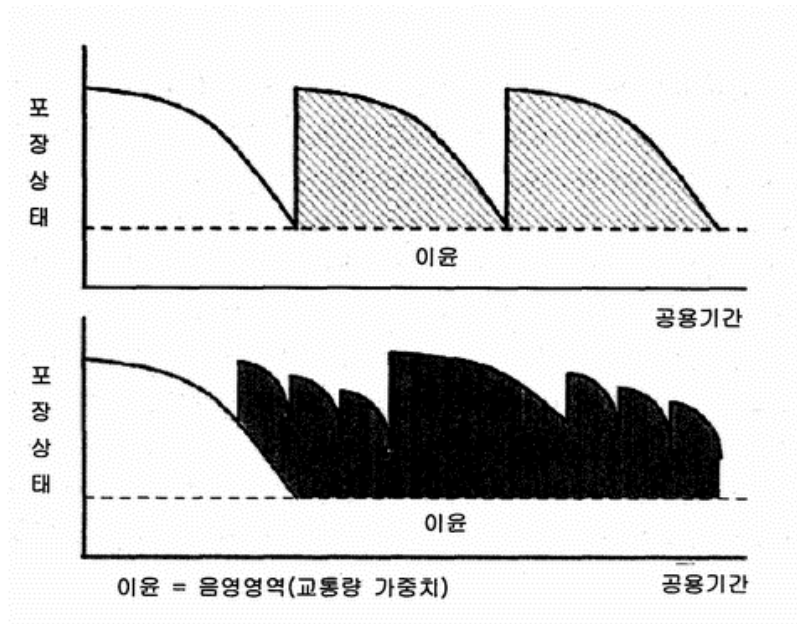
- 예방적 유지보수 공법이 실시된 위치를 명확하게 식별할 수 있어야 한다.
- 시공 시기를 알아야 한다.
- 공법이 예방보수의 차원에서 실시된 것이 아닌 경우, 예방적 유지보수 시공구간과 구분하여 분석할 수 있도록 이를 명확히 구별하여야 한다.

위의 세 번째 요구사항에 대해 예를 들어보자. 사우스다코타주는 HMA 포장의 공용수명을 연장하기 위해 예방 보수 차원에서 시공 초기에 두 차례 칩실(chip seal)을 실시하고 있다. 이후에 실시될 세 번째 칩실 시공은 예방보수 차원의 작업이 될 수도 있고 사후복구 차원의 작업이 될 수도 있다. 포장관리분석에서 이와 같은 두 가지 유형의 칩 실 작업의 공용성이 구분되지 않는 경우, 그 데이터베이스는 칩실 공용성에 관한 결론 도출에 이용되어서는 안 된다.

4.9 분석 기능

데이터베이스의 경우와 마찬가지로, 대부분의 포장관리시스템에서 사용되는 분석루틴은 별도의 특수한 기능을 추가하지 않고서도 예방보수 프로그램과 효과적인 연동이 가능하다. 단, 필수적인 기능이 두 가지 있는데, 다양한 처리공법의 편익을 계산할 수 있는 기능과 서로 다른 유지보수 전략 또는 시나리오를 상호 비교하거나 처리 포장과 미처리 포장을 서로 비교할 수 있는 기능이 그것이다.

특정 공법의 편익을 계산하는 기능이 중요한 것은 그것이 비용-편익 분석에 이용되기 때문이다. 앞서 지적한 바와 같이, 포장보존과 예방보수의 주요 전제조건 중의 하나는 처리공법이 비용 효율적인 것이어야 한다는 점이다. 다시 말해, "투자한 만큼의 효과"를 제공해야 한다. 처리공법의 비용은 쉽게 파악할 수 있지만, 그 편익은 시간 경과에 따른 시공 포장의 공용성 변화를 추적해야만 효과적으로 파악할 수 있다. <그림 3>은 이와 같은 개념을 설명한 것이다. 이 그림에서는 포장 보존에 대한 두 가지 접근방식의 편익을 비교하고 있다. 위의 그림은 전통적인 사후 보수 방식을 나타낸 것이며, 아래 그림은 예방 보수 처리가 자주 이루어진 포장의 상태를 나타낸 것이다.



〈그림 3〉 포장 보존에 대한 두 가지 접근방식이 “편익” 비교



어떤 공법의 효과나 편익을 측정하는 문제는 보기만큼 그리 간단하지는 않다. 예방적 유지보수 공법의 편익을 정량화하기 위해서는 해당 공법으로 인한 상태 변화를 수치화할 수 있어야 하며 향후의 포장상태도 예측할 수 있어야 한다. 예방적 보수와 사후 대응적 보수의 공용성 차이에 대한 축적된 정보 없이는, 예방보수의 편익을 포장관리시스템에 통합하기는 쉽지 않다. 문제를 더욱 복잡하게 만드는 것은 예방적 유지보수 공법과 관련된 편익 중 상당수가 포장관리시스템에서는 계산되지 않는 종류의 편익이라는 사실이다. 가령, 침실을 예방보수 차원에서 실시할 경우 포장의 산화를 지연시키는 데 크게 도움이 된다. 하지만, 산화가 포장상태 조사의 파손 항목에 구체적으로 명시되어 있지 않는 한, 이와 같은 편익은 포장관리시스템에서는 계산되지 않을 것이다.

책임 있는 예산 집행을 강조하는 기관들은 각각의 예방보수 프로그램을 어떻게 여타의 포장보존 전략과 비교할 것인가라는 점에도 관심을 갖고 있을 것이다. 다양한 포장 유지관리 전략을 분석하고 각각의 비용과 편익을 서로 비교할 수 있는 능력은 프로그램의 “도입”에 필수적이다. 예방보수 혹은, 보다 일반적인 개념인 포장보존의 상대적 이점을 입증해 보일 수 없다면, 예방보수 프로그램이나 포장보존 프로그램의 성공은 오래가지 못할 것이다.

4.10 결론

예방보수에 대한 오늘날의 폭 넓은 관심은 어느 정도는 적절한 예방적 유지보수 공법과 시공 시기의 선택 및 이를 통해 기대할 수 있는 편익에 관한 정보의 부족에 기인한다고 할 수 있다. 예방보수의 공용성과 편익에 대한 정보는 포장관리 프로그램과의 보다 긴밀한 통합을 통해 얻을 수 있다. 기존에 사용되고 있는 대부분의 포장관리시스템은 이와 같은 정보를 생성하는 데 필요한 분석 기능들을 갖추고 있다. 하지만, 포장상태 조사방법이나 빈도에 대해서는 조정이 필요할 수도 있다. 또한, 예방적 유지보수 공법 및 그 편익에 대한 정확한 모니터링을 보장하기 위해서는 데이터베이스를 구축하고 시스템의 분석 기능을 평가할 때 각별히 신중을 기해야 한다. 마지막으로, 예방적 유지보수 공법이 잘못 시공되었거나 예방적 차원이 아닌 사후 대처 또는 임시 처방용으로 시공되었을 가능성에 대해서도 고려해야 한다. 부적절한 시공 구간이나 예방적 보수가 아닌 구간에 대한 분석은 대부분의 예방적 유지보수 공법에 대한 분석과는 구분되어야 하기 때문이다.

뿐만 아니라, 예방보수를 포장관리와 성공적으로 통합하기 위해서는 사고의 전환이 필요하다. 이는 기술적인 문제라기보다는 제도적인 문제로 볼 수 있다. 포장관리 프로그램을 예방보수 요청에도 이용하는 기관들은 포장보수에 대한 사고방식을 바꾸지 않으면 안 된다. 보수 부서가 당장의 불량한 포장상태 때문에 질책을 받는 상황에서는 보수 담당자들이 예방적 차원에서 보수공법을 적용하기가 어렵기 때문이다.

5. 예방보수 - 포장보존의 관건

5.1 서언

도로 공사 수요 및 관련 비용이 지속적으로 상승함에 따라, 관할 기관이나 의사결정권자 및 관련 업계가 최적의 도로 관리 방법을 찾아내는 일도 그만큼 더 어려워지고 있다. 기존의 도로망을 보존하고자 할 때 가장 어려운 문제 중의 하나는 포장 보존에 대한 마인드를 확립하고 고위 관리자 개개인의 지원을 이끌어내는 것이다. 지난 몇 년 간의 변화는 캘리포니아주 교통국과 민간 업계가 "사후 대처식" 보수 전략에서 포장 보존 전략으로 전환해 나가고 있음을 분명하게 보여준다. "적절한 시기에 적절한 포장에 대해 적절한 조치를 취한다"는 새로운 포장 보수 원칙은 국가적 기반시설인 도로망을 성공적으로 보존하기 위한 중요한 출발점이다.

1995 년, 캘리포니아주 교통국은 포장 보존 프로그램의 도입을 위한 캠페인을 시작했다. 교통국 본부와 각 지부 및 캘리포니아주 교통위원회를 대상으로 한 2 년간의 설명회와 프리젠테이션 끝에, 포장 보수 사업부는 포장 보존 프로그램을 시행하는 데 필요한 지원을 얻어냈다. 포장 보존 프로그램에는 통합된 포장관리시스템과 지리정보시스템 및 10 개년 계획이 포함되어 있다.

1999 년, 캘리포니아주 교통국은 도로를 양호한 상태로 보존하여 포장의 열화를 지연시키는 예방 보수 처리 및 CAPM (Capital Preventive Maintenance) 공사에 각각 5 천만 달러씩 예산을 집행했다. 또, 예방 보수 전략의 공용성을 수량화하고 비용효율을 개선하여 관내의 도로망을 보다 높은 서비스 수준으로 보존, 유지하기 위해, 관련 업계와의 협력을 통해 새로운 예방 보수 처리공법 및 공용성 기준을 개발하는 데 착수했다.

5.2 포장관리시스템

캘리포니아주 교통국의 포장관리시스템은 지금으로부터 약 20 년 전 처음 도입됐을 당시에 비해 크게 향상되었다. 원래, 포장관리시스템은 복구 공사가 필요한 "최악의" 포장 구간을 파악하는 데 이용되었다. 파손이 발생되지 않은 양호한 상태의 미파손 포장에 대한 예방 보수 요구를 파악하기 위해 설계된 시스템이 아니었던 것이다. 또, 이 시스템에는 또 다른 핵심 요소가 빠져있었는데, PCS 를 통해 수집된 최신 데이터를 바탕으로 향후의 열화 속도 및 보수 비용을 예측하는 능력이 바로 그것이었다. 캘리포니아주 교통국은 이와 같은 핵심 요소들을 개선함으로써 포장관리 시스템과 예측 모델을 보다 긴밀하게 연동할 수 있게 되었고 예방 보수 프로그램과 포장관리시스템의 1 단계 통합도 완료하였다.

5.2.1 포장상태조사

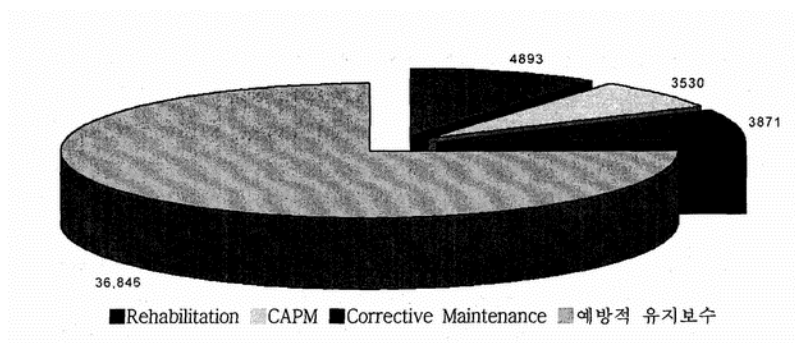
캘리포니아주 교통국에는 주 전역을 돌아다니며 관내 도로망 현황을 일일이 조사하고 데이터를 수집하는 일을 담당하는 상근직원이 여덟 명 있다. 또, 포장 상태 조사원들도 약 49,000 차선 마일 (lane mile) 정도 되는 포장 근간의 현황을 일일이 조사하고 있다. 조사원들은 매년 도로망 전체의 포장 상태를 조사하고 있다. 각 포장구간에서 나타나는 파손의 유형과 심각도 및 빈도를 바탕으로 포장의 파손 상태를 평가하여 수집한 현장 조사 데이터를 IBM 770 노트북 컴퓨터에 입력하며, 국지적 파손 데이터도 측정, 기록한다. 이 같은 데이터는 사후 보수의 필요성을 판단하는 주요 기준이 된다.

과거, 캘리포니아주 교통국의 포장 상태 조사 (PCS) 팀은 트럭의 통행량이 많은 바깥쪽 두 개 차선이 주로 공사 원인을 유발한다는 전제 하에 이들 바깥쪽 차선을 위주로 포장 상태 데이터를

수집했다. 실제로, 전체 파손 건수의 약 90 퍼센트 정도가 바깥쪽 차선에서 발생한다. 하지만, 최근 몇 년 사이에 교통국은 그들이 가장 파손이 심각한 차선에 대해 데이터를 수집하는 것일 뿐, 대다수의 도로 이용객들이 주로 사용하는 차선에 대한 데이터는 수집하지 않았다는 사실을 깨닫게 되었다. 즉, 도로망 전체에 대한 포장 공사 요구를 파악하지 못했던 것이었다. PCS 팀은 캘리포니아주 교통국의 포장 보존 프로그램의 일환으로 처음으로 도로망 전체에 대한 조사를 완료하게 되었다. 2001 년도 포장 상태는 도로망 전체에 대한 포장 상태 및 보수 요구를 파악하는 최초의 기준이 될 것이다. 이와 같은 새로운 데이터 수집 과정은 포장 보수 요구를 파악하고 공사 분석, 공사 대상 선별 및 전략 수립을 위한 강력한 체계를 구축하는 데에도 도움이 될 것이다.

PCS 팀은 거리측정장치가 장착된 차량을 이용하여, 조사 대상 포장의 위치를 식별한다. 이 같은 데이터는 포장 상태 분석을 위해 포장관리시스템에 입력한다. 포장관리시스템의 포장 공용성 곡선은 현장에서 수집된 포장상태 데이터 및 IRI 를 근거로, 상태가 양호한 포장 및 파손 포장의 열화 속도를 감시, 예측하는 데 이용된다.

또한, 향후의 공용성 예측에 필요한 새로운 데이터를 수집하기 위해, 세 개의 레이저 장치가 장착된 고속 평탄성측정장치(profiler)를 사용하여 각 차선의 차륜통과 부(wheel path)에 발생한 소성변형의 심각도와 빈도를 측정한다. 이 데이터는 승차감 데이터와 함께 캘리포니아주 교통국의 포장관리시스템 데이터베이스로 다운로드 되어 파손된 포장 구간에 대한 상태 분석 자료로 이용된다. 조사 결과, 전체 포장구간에서 파손된 구간은 12,294 차선 마일, 비파손 구간은 36,846 차선 마일이였다. <그림 1 참조>



<그림 1> 캘리포니아주 교통국의 포장관리시스템



5.2.2 파손된 포장 구간

포장 보존 프로그램에 없어서는 안될 핵심 요소 중의 하나는 포장의 상태를 평가할 수 있는 기능이다. 캘리포니아주 교통국의 포장관리시스템은 PCS 과정에서 수집된 데이터를 분석하여, 주 전역의 파손된 차선 마일을 각 지부별로 파악한다. 또, 공사 대상 선별 과정을 지원하기 위해 파손 유형, 파손 심각도 및 파손 빈도를 바탕으로 다음과 같은 포장 분류 기준을 개발하였다 : 승차감, 중대한 구조적 손상, 경미한 구조적 손상, 3 급 도로 (Class 3 Road).

5.2.3 보수 서비스 등급

캘리포니아주 교통국은 MSL (Maintenance Service Level)을 바탕으로 관할 도로망에 대한 우선순위 체계를 개발하였다. MSL 은 기능적 종별에 따라 세 가지 등급으로 구성되며, 이 세 가지 값은 포장관리시스템의 공사 선별 과정에 이용된다. 다음 분류는 각각의 서비스 등급을 간략히 설명한 것이다.

- **MSL 1** : 주간() 고속도로, **freeway** 및 도심 노선으로 연결되는 지선. 1 일 차량 통행량 5,000 대 이상
- **MSL 2** : 도심 노선 간의 연결 도로 역할을 수행하는 **expressway** 및 소규모 간선도로. 1 일 차량 통행량 1,000 ~ 5,000 대
- **MSL 3** : MSL 1 및 MSL 2 도로에 대한 집분산도로의 역할 수행. 1 일 차량 통행량 1,000 대 이하.

MSL 은 각 포장 구간의 기능적 분류를 기준으로 한 우선순위 배정에 이용된다. 가령, MSL 1 도로는 포장 상태가 동일한 MSL 2 도로에 비해 보수 우선순위가 더 높다. 따라서, MSL 3 도로는 복구 공사에 대한 우선순위에서 최하위 등급을 부여 받는다. MSL 3 도로의 경우에는 현재 각 건별로 필요에 따라 예외적으로 복구 공사가 승인 되고 있다. 캘리포니아주의 인구가 계속 증가하고 있기 때문에, MSL 등급은 가까운 장래에 갱신될 것으로 예상된다.

5.3 HA22 도로 복구 공사 (연방정부 보조금)

5.3.1 Long-Life 포장

Long-Life 포장은 일반적으로 ADT (Average Daily Traffic)가 150,000 대 이상이고 1 일 트럭 통행량이 15,000 대 이상인 도시지역 **freeway** 에 대한 포장 보존 전략으로 간주된다. Long-Life 포장은 복구 공사 주기가 35 년 이상 되어야 하며, 공사 비용은 차선 마일당 약 \$750,000 에서 \$2,000,000 선이다.

5.3.2 복구

복구(rehabilitation) 공사는 포장 파단 시에 요구된다. 파단이란, 전면적인 재시공이 필요한 수준까지 포장이 열화된 것을 말한다. 복구 전략은 포장의 구조적 상태를 실질적으로 개선시켜 포장의 공용성을 향상시키고 포장 수명을 7 년 내지 10 년 정도 연장시키는 보수 전략으로, 비용 수준은 중간 내지 높은 편이다. 구체적인 비용은 차선 마일당 \$250,000 에서 \$400,000 선이다.

5.3.3 사후 CAPM

사후 CAPM 처리는 복구 공사에 비해 비용이 저렴한 처리공법을 통해 구조적 손상이나 승차감 문제를 시정하는 보수 전략이다. 통상적으로, 사후 CAPM 는 대규모 복구 공사에 필요한 재원이 마련될 때까지 포장의 수명을 3 년 정도 연장하는 데 이용된다. 가장 많이 이용되는 사후 CAPM 전략은 45 mm (0.15 인치) ~ 75 mm (0.25 인치) 두께의 아스팔트 덧씌우기 공법으로, 비용은 차선 마일당 약 \$150,000 선이다.

5.3.4 CAPM

CAPM (Capital Preventive Maintenance)은 복구 공사가 필요한 포장에 적용되는 새로운 전략이다. CAPM 처리는 경미한 구조적 손상이 발생한 도로에 효과적이다. CAPM 전략은 차선 마일당 \$130,000 선의 비용으로 어느 정도의 구조적 단면 개선 효과나 상당한 승차감 개선 효과를 제공한다. CAPM 전략은 공사 개발 과정이 짧기 때문에 공사 기간이 덜 걸린다. 이 전략은 구조적 손상의 심각도가 '저' 등급 내지 '중' 등급인 포장에 적용할 수 있다. CAPM 를 파단이 발생한 포장에 적용할 경우, 전면적인 복구 공사를 시공할 수 있을 때까지 임시로 포장 상태를 유지하는 사후 처리가 된다.

5.4 HM1 예방 보수 (주정부 기금)

5.4.1 주요 보수

주요 보수 처리는 대부분의 경미한 표면 문제를 시정하는 데 이용된다. 상태가 양호한 포장에서 실시되는 주요 보수 처리는 예방적 보수로 간주된다. 예방적 보수 처리의 공용수명은

교통량 및 환경적 조건에 따라 다양하다. 파단이 발생한 포장에 대해 보수 처리를 실시하는 경우, 도시지역 freeway에서는 약 1년 정도 그 효과가 지속된다. 이와 같은 보수 공사는 사후 보수 공사로 간주된다. 비용은 대개 차선 마일당 \$36,000 선이다.

5.4.2 예방 보수

비파손 도로에 대한 예방 보수는 5년 주기의 예방적 CAPM 또는 예방 보수 처리로서, 매년 비파손 도로의 5분의 1이 예방 보수 처리 대상이 된다. 예방 보수 처리는 상태가 양호한 도로에 적용된다. 1/8 인치 미만의 균열이나 박리현상, 포장 노후 및 마모가 나타나는 도로에는 fog seal 또는 rejuvenator 같은 표면처리공법이 적합하며, 1/4 인치 이상의 균열이 보이는 도로에는 균열 실링, 균열 채움, 슬러리실 또는 chip seal 등이 적합하다. 예방 보수 처리를 적용할 때는 적절한 시기에 적절한 포장을 대상으로 적절한 처리공법을 시공하는 것이 중요하다. 예방 보수 처리의 비용은 차선 마일당 \$8,000에서 \$20,000 선이다

5.4.3 파손된 포장 구간에 대한 우선순위 그룹

포장 보존 프로그램에 꼭 필요한 또 다른 핵심 요소는 공사 요구를 평가할 수 있는 기능이다. 일단 포장의 상태가 확인되고 나면, 포장관리시스템은 앞에서 언급한 네 가지의 중별 분류를 기준으로, 도로망 전체에 대해 그리고 각 지부별로 공사 요구에 대해 우선순위를 배정한다. 포장관리시스템은 공사 요구를 아래와 같은 네 가지 우선순위 그룹으로 분류한다. 특히, 1~6 그룹 및 7~8 그룹은 "공사 시급" 등급이다.

첫 번째 우선순위 그룹인 1~6 그룹은 일반적으로 구조적 손상의 유무와 상관없이, 복구 필요성이 가장 크고 승차감이 불량한 포장이다. 두 번째 우선순위 그룹인 7~8 그룹은 일반적으로 중대한 구조적 손상이 발생한 포장에 해당한다. 7~8 그룹은 주로 승차감 개선을 위해 즉각적인 관심이 필요한 포장이거나 파손 상태가 심각해서 도로 이용자에게 바람직하지 않은 영향을 미칠 수 있는 포장이다. 세 번째 우선순위 그룹인 9~10 그룹은 일반적으로 경미한 구조적 파손이 발생한 포장이다 (MSL 1 및 2). 경미한 구조적 파손이 발생한 MSL 1 및 2 도로에는 통상적으로 보수 처리 또는 HA22 도로 복구 프로그램의 보조금이 지원되는 CAPM 처리가 필요하다. CAPM 프로그램은 기존의 포장 수명을 7년 내지 10년 정도 연장하며 비용효율은 중간 정도에 해당한다. 마지막 우선순위 그룹은 중대한 구조적 파손 및 승차감이 불량한 MSL 3 도로 (11), 경미한 구조적 파손 및 승차감이 불량한 MSL 3 도로 (12), 중대한 구조적 파손만 발생한 MSL 3 도로 (13), 경미한 구조적 파손만 발생한 MSL 3 도로 (14) 등이다. 3급 도로의 경우, 각 건별로 필요에 따라 예외적으로 복구 예산이 배정된다. <표 1 참조>

<표 1> 2000년도 HA-22 복구 프로그램 우선순위 체계



승차감	구조적파손	우선순위 구분에 의한 소요 (차로마일, 소요비율, 시스템비율)								
		도로 등급								
		1 AADT>5,000			2 AADT 1,000~5,000			3 AADT<1,000		
불량	대	1 824	6.7%	1.7%	2 472	3.8%	1.0%	11 66	0.5%	0.1%
	소	3 58	0.5%	0.1%	4 129	1.0%	0.3%	12 57	0.5%	0.1%
	없음	5 1255	10.2%	2.6%	6 412	3.3%	0.8%	없음 ----		
양호	대	7 3257	26.5%	6.7%	8 1635	13.3%	3.3%	13 709	5.8%	1.4%
	소	9 2385	19.4%	4.9%	10 729	5.9%	1.5%	14 307	2.5%	0.6%

5.4.4 비파손 포장 구간

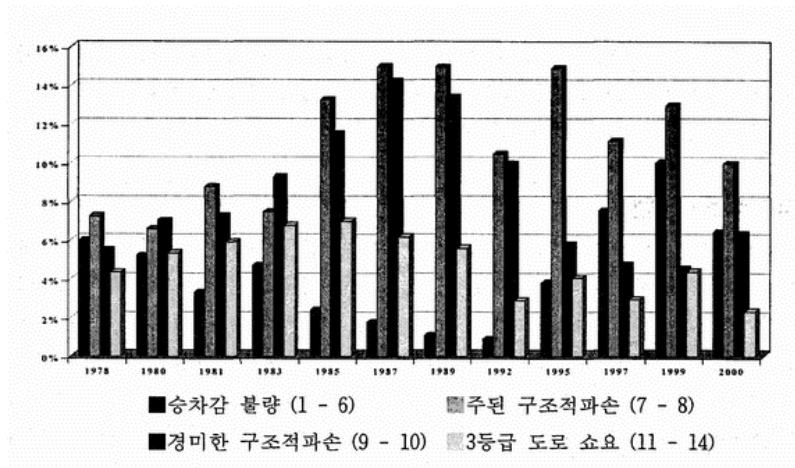
포장 보존 프로그램에서 가장 중요한 요소 중의 하나는 "공사 시급" 포장 구간에 대한 전략을 비파손 포장 구간에 대한 전략과 통합하는 것이다. 과거, 캘리포니아주 교통국 포장관리시스템에는 예방 보수 요구 및 재원을 추산하는 체계적인 접근방식이 존재하지 않았다. 최근, 이 포장관리시스템은 비파손 포장에 대한 예방 보수 요구를 통합하였다. 1999 년도 PCS 에서는 주 전역에서 예방 보수에 적합한 비파손 포장 구간이 33,311 차선 마일인 것으로 파악되었다. 2000 년도 PCS 에서는 주 전역에서 예방 보수에 적합한 비파손 포장 구간이 36,846 차선 마일인 것으로 파악되었다. 이는 1999 년도보다 주 전체의 포장 상태가 3,535 차선 마일만큼 개선된 것이다. 이 처럼 상태한 양호한 포장이 증가한 것은 캘리포니아주 교통국의 전략이 "사후 대처" 위주에서 예방 보수와 포장 보존이 통합된 프로그램으로 전환되었기 때문이다. 캘리포니아주 교통국은 비파손 도로에 대한 예방 보수 및 포장 보존 요구를 포장관리시스템의 프로그램 우선순위 체계에 통합하는 1 단계 통합 작업을 진행중이다. 이를 통해, 예방 보수 요구 및 가용 재원을 바탕으로 장단기 공사 선별 과정이 개선될 것이다. 뿐만 아니라, 예방 보수 자원 확충 요구에 대해 정당한 근거를 제시할 수 있다.

5.5 공사 요구의 확인

5.5.1 분류 종별

복구 요구가 가장 큰 포장은 '공사 시급' 종별로 분류된다. 구조적 손상의 유무 여부와 관계없이 승차감이 불량한 포장 전체 (우선순위 1~6 그룹) 및 중대한 구조적 손상이 발생한 포장의 약 3분의 1 (우선순위 7~8 그룹)만이 공사 시급 종별에 포함된다. 이들은 통상적으로 평활도 시정을 위해 즉각적인 관심이 요구되거나 파손 상태가 심각해서 도로 이용자에게 바람직하지 않은 영향을 미칠 수 있는 포장들이다.

2000 년도 PCS 에서는 복구가 필요한 포장 구간이 1999 년에 비해 감소하였다. 전체 도로망 포장 마일 중에서 약 14 퍼센트가 복구 대상으로 나타났다. 다시 말해, 약 7,000 차선 마일 정도가 공사 시급 종별로 분류된다. 이는 1997 년도 조사 결과인 5,485 차선 마일보다 27 퍼센트 증가한 것이다. 이처럼 공사 시급 종별의 비율이 증가한 것은 중대한 구조적 손상 구간이 1997 년에 비해 21 퍼센트 증가하여 약 6,300 차선 마일이 되었기 때문이다. 이 그룹은 전체 요구의 40 퍼센트를 차지한다. 중대한 구조적 손상 구간이 증가하면서 포장 공용성 목표를 달성하는 일도 점점 더 어려워지고 있다. 대부분의 중대한 구조적 손상 구간은 장기적인 시정을 위해 보다 비용이 많이 드는 복구 공사를 필요로 하며, 복구 공사는 설계 및 시공에 많은 시간이 소요되기 때문이다. 이와 같은 포장 종별은 시정 비용도 가장 많이 든다. 1998 년에는 관련 예산이 이전의 네 배로 늘어났지만, 전면적인 복구 공사의 경우에는 자원 확보에서부터 시공까지의 시차가 최대 4 년까지 소요되기도 했다. 따라서, 시공 단계까지 기다리는 사이에 포장의 승차감이 불량해질 수도 있다. 또한, 공사가 완공되기 전에 PCS 가 진행된다는 점도 이 같은 포장 종별의 비율이 상승하는 이유 중의 하나라 할 수 있다.



〈그림 2〉 2000 년도의 포장 상태



5.5.2 포장관리시스템의 예측 모델

포장관리시스템에는 포장 예측 모델과 포장 공용성 계산 모델 및 수명주기비용분석 기능이 포함되어 있다. 캘리포니아주 교통국의 포장 예측 모델은 개연적 접근방식을 사용하여, 다음과 같은 요소들을 근거로 포장의 상태를 평가, 예측한다 : 현재 및 미래의 파손 유형, 파손 심각도 및 빈도, 포장의 열화 속도, 등가단축하중 (트럭 통행량), 통행량의 규모 및 지리적 위치 또한, 예측 모델은 교통국이 주 전역 및 각 지부별 공용성 기준과 목표를 개발하고 PCS 데이터, 현재 및 미래의 보수 비용과 복구 비용을 기준으로 예방 보수, 복구 공사 및 대안 전략을 수립하는 데에도 사용된다. 예측 모델에 대한 또 다른 주요 개선사항은 다양한 대안 전략의 예상 공용성 및 수명주기비용분석을 바탕으로 장단기 작업 계획을 수립할 수 있게 되었다는 것이다. 현재의 공사 요구에 대한 가용 예산은 충분하다는 전제 하에 보고서가 산출 된다. 또, 공사 요구가 차기로 이연되는 경우, 향후의 예산 요구를 보여주는 보고서도 산출된다.

포장 예측 모델은 포장 보존 전용 예산의 필요성을 설명하고 정당한 근거를 제시 하는 데 꼭 필요한 핵심 요소로서, 포장을 유지, 개선하고 열화 속도를 지연시키는 동시에 포장의 공용성을 높이고 수명을 연장할 포장 보수 예산의 증액을 정당화할 수 있다. 과거에는 비파손 포장이나 상태가 양호한 포장에 대한 예측 기능이 존재 하지 않았기 때문에 예방 보수 요구가 적절히 처리되지 않았다. 향상된 새로운 예측 모델은 최신 PCS 를 바탕으로 예방 보수를 공사 선별 과정과 통합시키고 있다. 예측 모델은 복구 공사, 사후 CAPM, 사후 보수, 예방적 HM1 및 예방적 CAPM 요구를 기준으로 공사 요구 및 비용을 처리한다.

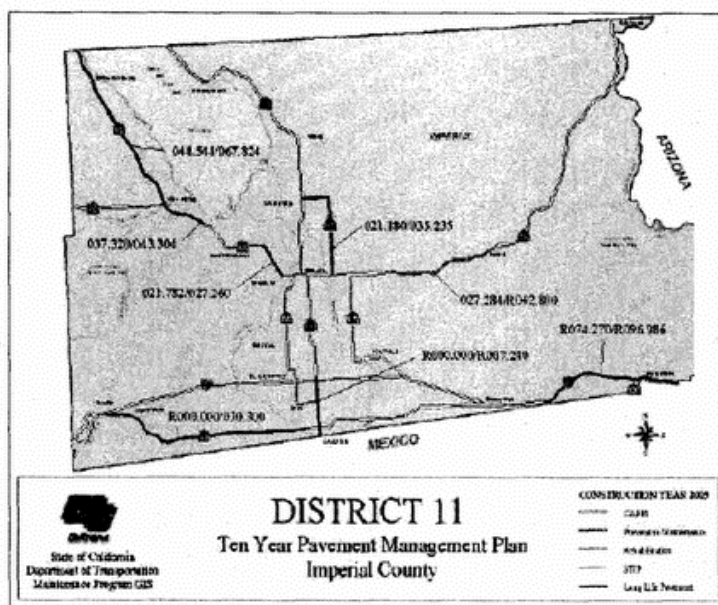
5.6 지리정보시스템

예방 보수 공사와 사후 보수 공사는 PCS 데이터를 기준으로 통합할 수 있다. 이같은 과정은 적절한 위치에서 적절한 공사가 실시되도록 보장한다. 1995 년, 캘리포니아주 교통국의 포장 보수 사업부는 자체적인 지리정보시스템 (GIS)을 개발, 구현할 직원들을 채용하였다. GIS 팀은 캘리포니아주 교통국의 고위 간부들과 각 지부 및 기타 정부기관을 대상으로 예방 보수 및 사후 보수 프로그램을 위한 전용 예산을 확보하는 것이 얼마나 중요한가를 교육하는 데 핵심적인 역할을 수행하고 있다. GIS 팀은 해마다 주 전역 및 각 지부별로 최신 포장 상태 정보와 10 개년 계획, 공사 승인 및 반려 (공사 요구 미처리) 현황을 반영한 "최첨단" 지도를 만든다. GIS 지도는 PCS 데이터 및 포장관리시스템의 보고서를 바탕으로 교량의 위치, 파손 및 비파손 차선 마일, HM1 및 HA22 공사에 대한 제안 및 완공 현황을 파악하는 데 이용된다. GIS 지도를 이용하면

현재와 미래의 공사 요구 및 공사 현황을 효과적으로 시각화할 수 있다. 가령, 주어진 연도에 대한 복구 공사, CAPM, 사후 보수 및 예방보수 활동을 한눈에 확인할 수 있다.

1997년에 GIS 팀이 작성한 지도에서는 캘리포니아주 도로망의 30 퍼센트 이상이 적색 (파손 상태)으로 표시되어 있었다. 또, 나머지 70 퍼센트의 비파손 포장에 대한 우선순위 등급도 지도에 표시되었다. GIS 지도는 포장관리시스템으로부터 수신한 최신 정보를 바탕으로 최신 포장 현황을 보여준다.

또, GIS 팀은 최근에 캘리포니아주 교통국의 인트라넷을 통해 GIS 웹사이트를 개발하였다. 이 GIS 웹사이트는 PCS 데이터를 제공하며, 매년 최신 PCS 데이터가 갱신된다. 정적 GIS 웹페이지는 포장 상태, 공사 위치, 주 전역 및 각 지부별 현황을 보여준다. 가령, 제 11 지부는 도로망 보존을 위해 HM1 포장 보수 및 HA22 복구 공사에 전용 예산을 집행하는 공사 지정 프로그램을 바탕으로 종합 10 개년 계획을 수립하였다. HM1 공사와 3 급 도로 보수 공사 및 일상적인 보수 공사는 캘리포니아주 교통국의 연간 예산으로 재원을 충당한다. HA22 공사에 대한 재원은 4 년 단위의 SHOPP (State Highway Operations and Protection Program)을 통해 배정된다. 제 11 지부는 각각의 포장 종류와 상태별 포장 보수 전략에 대한 과거의 공용성 기준 데이터를 바탕으로 일련의 의사결정 수형도를 개발하였다.



〈그림 2〉 포장관리 10 개년 계획 제 11 지부의 예



5.6.1 10 개년 계획

캘리포니아주 교통국은 상원의 제 45 법안이 정하는 포장관리 10 개년 계획을 수립하였다. 상원의 제 45 법안은 캘리포니아주 교통국으로 하여금 관할 도로 및 교량에 대한 복구계획을 수립하여 제출토록 요구하고 있다. 이 계획서는 2 년마다 갱신하여 주지사와 주의회에 제출하여야 한다. 이 2 년이라는 시간은 캘리포니아주 교통국과 각 지부가 포장 현황을 재방문하고 포장 현황을 재확인한 후 10 개년 계획 및 예산신청 금액을 수정할 수 있는 기회가 된다. 캘리포니아주 교통국은 적절한 포장에 적절한 전략을 적용하여 "공사 시급" 구간을 감소시킴으로써 도로망을 안정적으로 운영하기 위해, HM1 프로그램과 HA22 프로그램을 10 년 단위의 SHOPP 복구 계획에 통합하였다.

제 11 지부는 도로망 보존을 위해 HM1 포장 보수 및 HA22 복구 공사에 전용 예산을 집행하는 공사 지정 프로그램을 바탕으로 종합 10 개년 계획을 수립하였다. 〈그림 2 참조〉 HM1 공사와 3 급 도로 보수 공사 및 일상적인 보수 공사는 캘리포니아주 교통국의 연간 예산으로 재원을 충당한다. HA22 공사에 대한 재원은 4 년 단위의 SHOPP 을 통해 배정된다. 제 11 지부는 각각의 포장 종류와 상태별 포장 보수 전략에 대한 과거의 공용성 기준 데이터를 바탕으로 일련의 의사결정 수형도를 개발하였다.

5.6.2 예방 보수의 편익

1998 년에 수립된 10 개년 계획의 목표 중의 하나는 사후 대처 중심의 보수 전략을 예방 보수 전략으로 전환하는 것이었다. "사후 대처식" 보수 전략 하에서는 승차감이나 구조적 상태 면에서 가장 불량한 포장이 우선적으로 보수 대상이 되었다. 하지만, 이와 같은 전략은 주어진 예산으로 집행할 수 있는 보수 공사 건수를 제한한다. 예방적 처리는 포장을 양호한 상태로 유지시킨다. 예방적 처리공법은 이미 파단이 발생한 후 시공하는 사후 처리공법에 비해 비용이 1/6 내지 1/10 정도로 저렴하다. 예방 보수에는 CAPM, 주요 보수 및 일상적 보수가 포함된다. 포장의 열화 상태가 심각하고 이미 파단이 발생한 후에는 비용이 저렴한 표면처리공법보다는 전면적인 재시공을 시행해야 한다.

제시된 바와 같이, 복구 공사는 비용이 가장 많이 든다. 따라서, 상태가 양호한 포장에 대해 예방 보수 처리를 시공하는 것이 중요하다. 이와 같은 예방 보수 공사는 파단이 발생하고 재시공이 요구되는 보수 기준선보다 아래쪽에 있다. 관련 시설물 개선 비용을 포함한 복구 비용은 차선 마일당 약 \$250,000 에서 \$400,000 선이다. Long-life 포장 전략을 선택할 수도 있지만, 이 경우 차선 마일당 \$750,000 에서 \$1,000,000 정도로 비용이 매우 많이 든다. Long-life 포장은 포장의 수명기간 동안 도로 이용자에게 미치는 영향을 줄여준다는 점에서 상당한 이용자 비용 절감 효과를 제공한다.

5.7 캘리포니아주 교통국의 포장자산관리시스템

2001 년 1 월, 캘리포니아주 교통국은 현행 포장관리시스템에 포장자산관리시스템을 통합시킨다는 야심찬 계획에 착수했다. 이를 위해, 현재 Oracle 8i, Oracle Forms 와 Reports 61 및 웹 DB 를 이용한 자산관리시스템 개발이 진행되고 있다. 이 시스템은 포장 보수 중심의 데이터베이스로서, 담당 사업부가 각 단계별로 공사 진척상황을 추적할 수 있도록 지원하게 될 것이다. 또, 이 데이터베이스는 단계별 추적 과정에서 공사 데이터의 정확성을 검증하고 일치하지 않는 데이터를 찾아낼 수 있도록 돕게 될 것이다. 포장자산관리시스템에는 캘리포니아주 교통국의 전산망 곳곳에 분산되어 있는 다양한 데이터베이스로부터 데이터를 수집할 수 있는 자동화된 프로세스가 포함되어 있다. 이 시스템은 SHOPP 및 HM 계열의 공사를 보다 정확하고 정밀하게 추적할 수 있도록 지원한다. 이를 위해, PCR (Pavement Condition Reporting System), 프로그래밍, 엔지니어 및 시공 데이터베이스로부터 데이터를 수집하여, 고위 관리자 및 사용자가 언제든지 공사의 현황을 조회할 수 있도록 돕는다.

자산관리시스템은 현재 60 퍼센트 정도 개발이 완료된 상태로, 2002 년 3 월에 전면 도입될 예정이다. 현재까지 개발이 완료된 시스템 요소는 다음과 같다 : 데이터베이스 설계, 공사 및 작업 화면, 그리고 프로그래밍/엔지니어/시공 데이터베이스 및 PCS 데이터베이스로부터 데이터를 수집할 수 있는 프로세스 온라인 조회 및 보고 목적의 최신 도로 기록도 제공된다. 포장자산관리시스템에는 고위 관리자와 사용자가 공사 진행 현황을 정확하고 정밀하게 조회할 수 있도록 도와줄 다양한 보고 기능이 포함될 예정이다. 이 시스템의 주된 기능 가운데 하나는 최신 PCS 를 기반으로 공사 분석 및 추세 분석을 위한 지속적인 피드백 메커니즘을 제공하는 것이다.

5.8 향후의 목표

5.8.1 포장 상태 지수

현재 캘리포니아주 교통국은 파손이 발생한 포장의 열화 속도를 감시하는 공학적 조사에 기반을 둔 "전형적인" 포장 예측 모델을 사용하고 있다. 교통국은 주 전역의 포장 상태를 0 부터 100 까지의 값으로 평가하는 **PCI (Pavement Condition Index)**를 개발하고 있는데, 이 지수는 **PCS**를 기반으로 포장의 구조와 공용성에 대한 현재 상태와 장래의 예상 상태를 파악하는 데 사용된다. **PCI**는 포장 공사 및 예산 요구에 대한 평가 과정에서 중요한 역할을 수행하게 될 것이다. **PCI**는 캘리포니아주 교통국의 공사 선별 및 전략 수립 과정을 개선하여, 수명주기비용분석법을 이용한 가장 경제적인 예방 보수 및 복구 전략 수립에 기여하게 될 것이다.

5.8.2 Family Pavement 공용성 곡선

캘리포니아주 교통국은 기존의 포장 공용성 모델링 방식을 개선하기 위해 **family Curve**를 개발하고 있다. 유사한 특성을 가진 포장 구간을 같은 계열로 묶어 포장 "가족"에 대한 예측 기능을 제공하는 것이다. 가령, 시스템의 운용관리자는 포장 사용기간, 기능적 종별, 포장 표면의 종류, 지리적 위치 등과 같은 특성을 정의할 수 있다. 이와 같은 프로세스는 현재의 포장 상태 및 향후의 예상 상태, 공사 전략, 공용수명 대비 공사 비용을 분석하는 데 사용되는 변수의 범위를 줄임으로써, 포장 예측 모델의 기능을 향상시키는 데 기여할 것이다.

5.9 결론

이 글에서는 "사후 대처식" 포장 관리 전략에서 예방 보수 프로그램과 포장 보존프로그램을 통합하는 방향으로 전환하기 위한 캘리포니아주 교통국의 노력에 대해 살펴보았다. 캘리포니아주 교통국의 포장관리시스템은 지리정보시스템과 연동하여 고위 관리자 및 각 지부에 주 전역 및 각 지부별로 포장 요구를 파악하는 데 필요한 데이터를 제공한다. 또한, 이 글에서는 포장관리시스템이 어떻게 **PCS**에서 수집된 데이터를 사용하여 교통국 본부 및 각 지부가 전략적인 10 개년 계획을 수립할 수 있도록 돕는지에 대해서도 다루었다. 비파손 포장을 보존하기 위한 예방 보수 전략을 성공적으로 통합하기 위해서는 포장관리시스템의 기능 향상이 필수적이다. 캘리포니아주 교통국의 포장자산관리시스템은 최신 **PCS**를 기반으로 공사 분석 및 추세 분석을 위한 지속적인 피드백 메커니즘하고 수명주기비용분석을 바탕으로 가장 경제적인 보수 전략을 적용할 수 있도록 보장하는 최신 공사 현황 보고 기능을 제공하게 될 것이다. 뿐만 아니라, 포장 상태 지수 및 포장 **family curve**는 주 전역의 도로망에 대해 보수 우선순위를 확정하고 포장 공사 및 관련 예산 요구에 대해 정당한 근거를 제시할 수 있도록 지원하게 될 것이다.