

공항 PMS를 위한 소고

김 한 용* · 권 수 안**

1. 서 론

우리 나라 공항은 1998년 현재 16개소로서 국제 공항인 김포, 김해, 제주, 광주, 대구, 청주 공항과 국내 공항인 울산, 여수, 포항, 사천, 강릉, 속초, 목포, 군산, 예천, 원주 공항이 있다. 이들 공항중 민간 공항은 김포, 제주, 여수, 울산 공항이며, 나머지는 민간기와 군용기가 함께 사용하는 군용비행장이다.

우리 나라의 각 공항에 개설되어 있는 항공 노선수는 1980년도 이후 산업화의 진척에 따라 꾸준히 증가하고 있는 추세여서 99년 8월 현재 27개 노선으로 되었다. 또한 항공기를 이용하는 공항의 수요도 그림 1과 같이 계속해서 증가하

고 있는 추세이며, 공항 포장의 재량이 증가함에 따라 공항 포장의 전면재포장을 포함한 유지보수가 지속적으로 실시되고 있다. 따라서 제한된 예산범위내에서 효율적으로 포장을 유지관리하기 위해서는 포장유지관리시스템(PMS, Pavement Management System)의 도입이 필수적이다.

포장유지관리시스템이란 그림 2와 같이 포장 상태 조사, 평가, 분석, 유지보수 공법 결정, 유지보수 실시, 자료 축적 등의 반복적인 과정을 객관적이고 합리적으로 수행함으로써 적기에 포장을 보수하고 포장의 수명을 증가시킴으로써 유지보수의 예산을 절감할 수 있다. 또한 PMS를 통하여 공항 포장의 설계에 필요한 자료들을

표 1. 국내 공항 현황

구 분	기 존 공 항		건 설 중		계
민간공항	김포, 제주, 여수, 울산	4	인천, 양양	2	6
민·군 공용 공항	사천, 포항, 예천, 원주, 군산, 강릉, 속초, 목포, 김해, 대구, 광주, 청주	12	-	-	12
계		16	-	2	18

* 한솔엔지니어링 사장

** 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원

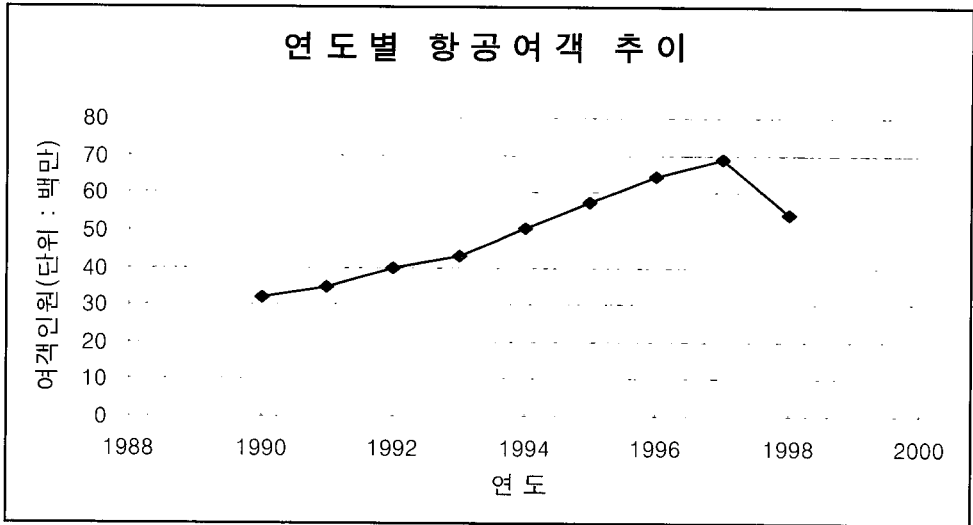


그림 1. 연도별 항공 수요 추이

체계적으로 관리하고 축적함으로써 공항 포장 연구의 초석을 다지고 공항 포장의 유지관리 수준을 증가시킬 수 있는 계기가 된다.

2. 공항 포장의 특성

공항포장은 일반 도로 포장과 비교할 때 교통

하중의 크기 및 하중 횟수 등의 차이로 인해 포장을 설계하는 측면에 있어서 상이한 점이 많이 있다. 따라서 포장의 유지관리하는 차원에서도 도로 및 공항 포장은 달리해야 한다. 도로 및 공항 포장의 차이점을 표 2에서 설계, 운영, 유지관리 측면으로 구분하였다.

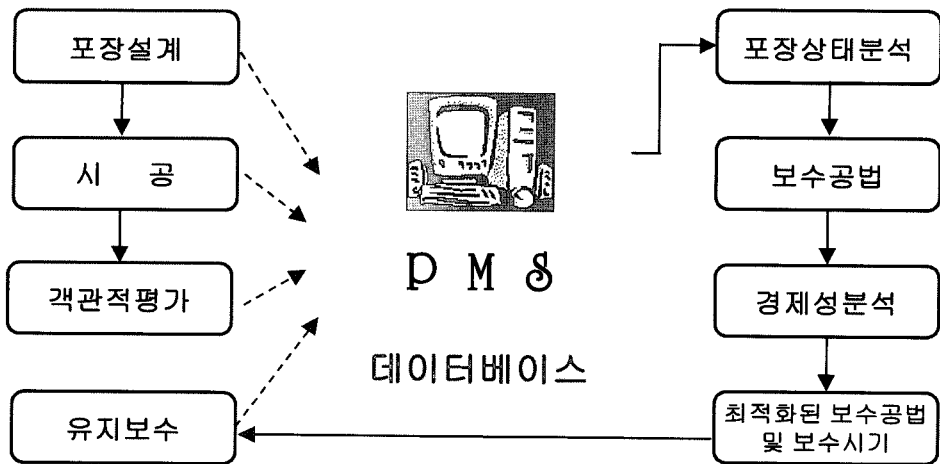


그림 2. 포장유지관리시스템(PMS)의 개념도

설계 측면에서 보면 공항 포장의 하중의 크기는 크고 하중 횟수는 적지만, 반면 도로 포장은 하중 크기가 적은 대신 하중이 가해지는 횟수는 매우 크다. 운영측면에서는 공항 포장은 포장체 중심을 기준으로 하여 하중이 집중적으로 가해지는 반면 도로 포장은 포장체 끝단에서 약 3~4ft 정도 떨어져 하중이 가해진다. 따라서 공항 포장은 포장층의 두께를 설계하기 위해 동질성 구간을 나누어 설계한다. 즉, 하중이 많이 통과하는 주기장, 유도로 및 활주로 끝단은 포장층의 두께가 두꺼우며, 그렇지 못한 지역은 포장층의 두께가 얇다. 유지관리 측면을 보면 공항 포장은 고속으로 비행기가 운영되므로 종단평탄성이 도로보다 좋아야 하며, 포장의 표면에 파손이 발생되어 이물질이 존재하게 되면 비행기 흡입구에 이물질이 빨려들어 비행기가 파손되므로 이러한 FOD(Foreign Object Damage)현상을 줄이기 위해 유지관리 수준이 매우 높다. 반면 도로 포장은 종단평탄성이 중시되긴 하지만 공항 포장에 비해 유지관리 수준은 높은 편이 아니다.

3. 국내외 공항 PMS의 현황

3.1 국내 공항 PMS의 현황

국내에서는 80년대 초 미 공군 및 미 육군의 기술진에 의해 군용활주로의 포장평가가 이루어지다가 80년대 중반부터 공항관리공단 및 공군에서 공항 포장에 대한 평가 용역업무를 시작하였으며, 현재는 매년 3~4개 공항에 대해서 포장 평가 업무를 수행하고 있어 대체적으로 약 5년 주기로 포장평가를 실시하고 있다. 또한 미군이 관리하거나 미군 군용기가 운영되고 있는 공항에 대해서는 미군들이 자체적으로 수행하고 있으나 육군항공대 및 해군이 관리하고 있는 공항에 대해서는 포장평가 업무가 실행되고 있지 않다.

이들 포장평가 업무는 주로 미공군교범규정 (AFM : Air Force Manual, AFR : Air Force Regulation) 및 FAA 지침서(Advisory Circular)에 의해 실시되고 있으나 세부적인 지침의 부족으로 인해 수행하는 업체별로 약간씩 상이한 과정으로 수행되고 있으며, 불필요한 실험 항목들

표 2. 도로 및 공항 포장의 차이

구분	항 목	공 항	도 로
설 계	하중 크기	100,000lbs	9,000lbs, 윤하중(Dual tire)
	하중 횟수	20,000 ~ 40,000 Coverage/수명기간	1,000 ~2,000 Truck/일
	타이어 압력	약 300 ~ 400psi	약 60 ~ 90psi
운영	하중 분포	포장체 중심	포장체 끝단에서 3 ~ 4ft
유 지 관 리	파손이 심한 구간	- 주기장 및 유도로의 비행기가 주로 통과하는 지역 - 활주로 양쪽 끝단	- 차륜이 통과하는 부분
	유지관리 기준	- 종단평탄성 및 미끄럼 저항성이 중요하며, FOD가 있으면 안됨	- 종단평탄성 및 거북등 균열 등 전반적인 파손 고려

이 업무 내용에 포함되어 있다. 또한 용역업무를 수행한 내용들이 정기적으로 일관된 형식에 맞추어 누적되어 있지 않아 자료의 연계성이 이루어지고 있지 않다. 이러한 이유로 인해 공항 포장에 대한 공용성 관측 또는 연구가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

포장평가 업무는 공항 PMS에서 중요한 부분을 차지하고 있는 업무이므로 기존에 수행하고 있는 포장평가 업무를 체계화시키고, 보완하면 PMS를 구축하는데 매우 효과적으로 될 것이다. 그러기 위해서는 기존에 수행하고 있는 포장평가 용역 업무를 수행하면서 평가 기준의 작성, 데이터베이스 구축, 의사결정 모듈 작성 등의 내용을 병행하여 실시해야 할 것이다.

3.2 국외 공항 PMS의 현황

외국에서의 공항 포장에 대한 유지관리시스템은 미국, 유럽, 일본 등 많은 국가 및 기관에서 수행 중에 있다. 미국의 경우 PMS의 운영을 확장하기 위하여 FAA AC 150/5380-7 및 Public

Law 103-305에 PMS 항목을 규정하였다. 이에 따라 케네디(Kennedy), 시카고(Chicago) 공항 등 많은 공항에서 PMS를 운영하고 있다. 이들 대부분 포장 전문 컨설팅 기관 또는 연구 기관에 의뢰하여 시스템을 구축하였으며, 최근 가장 많이 쓰이고 있는 프로그램은 MicroPaver, IAPMS 등이다. Micropaver은 미 공군, 육군, 연방도로청, 항공청 등의 기관이 합동으로 개발한 프로그램으로 지속적인 연구를 수행하여 현재에는 Version 4.1이 배포되어 있다. Micropaver의 기능은 다음과 같으며, Micropaver에서 사용하는 포장상태 평가 기준은 PCI(Pavement Condition Index)이다.

- 일반 현황 자료 분석 기능
- 현장 조사 자료 분석 기능
- 포장 상태 예측 기능
- 포장 상태 분석 기능
- 유지보수 전략 기능
- PMS-GIS 연계 기능

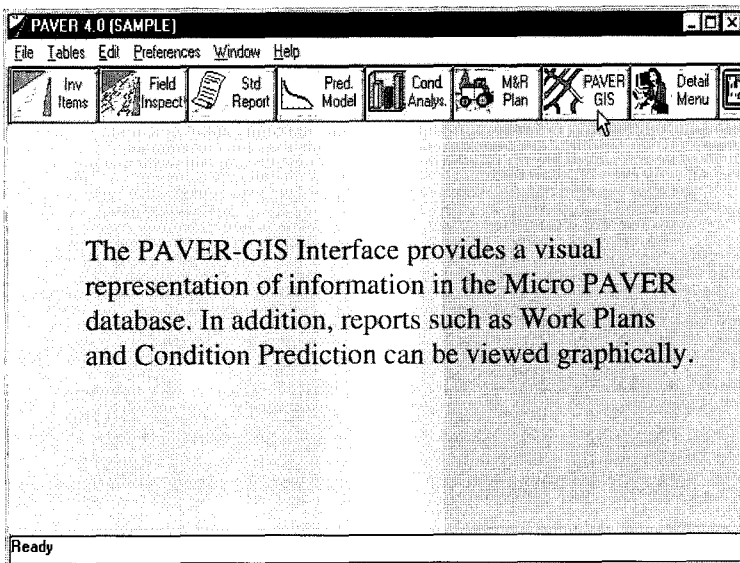


그림 3. Micropaver의 Inventory 내용의 예

4. PMS 구축 과정

공항 PMS를 개발하기 위해서는 세 가지의 시스템이 구축되어야 한다. 첫번째 시스템은 관리대상 공항의 시공 현황, 유지보수 현황 등이 갖추어져야 한다. 두번째 시스템은 포장 상태 조사 자료들이 저장되어야 하며, 세번째 시스템은 공항 포장 관리자의 향후 유지보수 전략 등이 저장되어야 한다. 이러한 시스템이 구축되어 성공적으로 PMS가 완성되고 운영되기 위한 과정을 살펴보면 다음과 같은 과정을 거쳐야 한다.

- 자료 검토
- 포장망의 구분
- 포장상태 자료 수집
- 데이터베이스 개발
- 자료 분석
- PMS 가동 및 교육
- PMS의 계속적 보완

(1) 자료 검토

공항 PMS의 데이터베이스 작업을 시작하기 이전에 설계 자료, 실제 포장 두께 자료, 유지보수 이력, 토질 정보, 기후관련 자료, 과거 평가 자료, 과거와 미래의 예측 교통량 등에 대한 자료를 정확하게 파악해야 한다.

(2) 포장망의 구분

자료 검토가 완료되면 포장망은 브렌치(시설 구분), 섹션, 단위 샘플 등으로 구분하여 수집된 자료들과 연계시킨다. 브렌치란 포장망을 기능상으로 구분하는 것이다. 즉, 활주로, 유도로, 주차장 등으로 구분되는 것을 의미한다. 섹션이란 포장의 동질성 구간을 구분하는 것으로 동일한 시공이력, 포장 구조, 교통 특성 그리고 포장 상태 등에 따라 나눈다. 일반적으로 섹션이 유지

보수의 구분으로 사용되어 진다. 브렌치를 섹션으로 구분하는 것이 공항 PMS에서는 가장 중요한 작업 중에 하나이다. 섹션은 포장상태의 조사를 위해 단위 샘플로 구분되어 질 수 있는데 단위 샘플 전체를 조사할 필요는 없으며 일반적으로 종합적 랜덤 샘플링(Systematic Random Sampling)으로 조사 구간을 선정하여 포장상태를 조사한다.

(3) 포장상태 자료 수집

포장체의 구조적 공용성, 기능적 공용성, 안정적 공용성 등과 관련된 자료들을 기본적으로 수집하고, 포장의 공용성에 영향을 미친다고 판단되는 기후 및 교통량 관련 자료 그리고 포장체의 물성을 나타내는 자료들을 수집한다.

구조적 공용성을 파악하기 위해서는 표면 결합 측정과 층별 탄성 계수 측정 등의 내용이 있는데 최근에는 표면 결합의 측정을 위해 자동포장상태 조사 장비를 사용하고 있으며, 층별 탄성계수 측정에는 비파괴 측정 장비인 FWD(Falling Weight Deflectometer) 등이 사용되고 있다.

기능적 공용성 및 안정적 공용성을 측정하기 위해서는 승기감 및 미끄럼 저항성을 측정한다. 또한 이들 장비 조사와 동시에 포장층의 두께를 측정하기 위해서는 GPR(Ground Penetration Radar) 그리고 코어 채취 등의 방법이 있다.

포장체의 물성을 나타내는 자료들로서는 콘크리트 및 아스팔트의 탄성계수, 아스팔트 종류 및 함량, 입도 분포 기준 등의 자료들이 실내 실험 과정을 통하여 수집되어야 한다.

(4) 데이터베이스 개발

현황 자료, 포장상태 자료, 실내 실험 자료, 기후 및 교통량 자료 등은 PMS의 기본이 되는 자료들이다. 이러한 자료들이 PMS에 입력이 되

고 향후에는 PMS를 분석하는데 이용될 수 있도록 한다.

(5) PMS 구축 및 개발

PMS가 유용한 도구가 되기 위해서는 현재 수행하고 있는 포장관리 실무자의 요구사항 및 정책 등을 반영하여 최종보고서에 이들 내용이 수록되어야 한다. 이와 동시에 PMS에서는 공용성 예측 모델, 우선순위 절차 지침, 유지보수 정책 등이 포함되어야 하며, 데이터 베이스 구축을 위해 공항 CAD 도면과 연계가 되어야 한다.

(6) 자료 분석

PMS의 구축시 고려되어야 할 분석 항목들은 현재의 PCI, 파손의 원인 및 진전 정도, 구간별 잔존수명 파악, 연차적인 포장망의 유지보수 계획, 최대 허용 하중의 산출 등이 포함되어야 한다. 분석시에는 그래프와 도면을 연계하여 보여주는 것이 효과적이다.

(7) 기술이전 및 교육

PMS의 구축에서 가장 중요한 것이 PMS를 사용할 실무자들에 대한 교육 및 훈련이다. 그러므로 실무자가 PMS의 개발과정부터 참여하여 PMS의 운영 내용을 정확히 이해하고 응용하여 PMS를 운영할 수 있도록 해야 한다.

(8) PMS의 사후 평가 및 보완

PMS에서 얻어진 자료가 정확하게 되기 위해서는 정기적으로 PMS의 운영 과정을 확인해야 하며, 이와 동시에 PMS 보완 및 개발 연구를 지속적으로 수행함으로써 점차로 완성된 PMS가 되도록 해야 한다.

5. 공항 PMS의 발전 방향

현재 국내에서는 공항 PMS에서 포장 평가

부분만 수행하고 있으므로 향후 PMS의 발전을 위해서는 포장평가와 연계된 PMS를 구축하여 운영해야 한다. 제4장에서는 국내에서 운영 중인 기존 공항 및 2001년에 개항 예정인 인천 국제 신공항에서 활용할 수 있는 PMS 구축 과정을 언급하였다. 이들 과정을 수행하면서 공항 특성에 알맞은 PMS를 구축하기 위해서는 아래의 사항들이 검토 및 수행되어야 한다.

5.1 조사 및 평가기준의 작성

공항 PMS를 구축하기 위해 가장 기본적으로 필요한 것은 포장체의 공용성과 관련한 포장상태 자료들이다. 이들 공용성 자료들이 객관적이고 정확하게 수집되어야만 포장체의 상태를 정확히 판단할 수 있으며, 이들 결과를 이용하여 보수 공법 및 보수 시기 등을 결정한다. 또한 이들 자료들이 수년간 축적되면 공항 포장의 설계를 검증할 수도 있으며 이에 따라 새로운 설계법 개발 및 보정이 가능할 수 있다. 그러므로 이들 포장체의 공용성과 관련된 포장 상태 자료를 얻기 위한 상세한 조사 및 평가 기준이 작성되어야 할 것이다.

공항 PMS를 위하여 수집되어야 할 공용성 자료들은 구조적 공용성, 기능적 공용성, 안정적 공용성 자료들이다. 구조적 공용성으로는 포장체의 구조적 지지력을 나타내는 포장층별 탄성계수, 표면 결함 등의 자료이며, 기능적 공용성으로는 포장체의 평탄성 그리고 안정적 공용성을 나타내는 자료는 미끄럼 저항치 등이다. 이들 공용성 관련 자료들을 수집하기 위한 방법 즉, 측정 간격, 측정 위치 등과 관련된 상세한 기준이 있어야 한다.

5.2 자동포장상태 조사 장비의 도입

포장 상태를 객관적이고 정확히 파악하고 신속하게 파악하기 위해서는 자동포장상태 조사

장비의 도입이 필요하다. 자동포장상태조사 장비의 장점으로는 신속성, 객관성, 안전성, 반복성, 편리성 등이 있다. 반면에 이들 장비를 도입할 경우의 단점으로는, 이들 장비들이 첨단 기기로 구성되어 있으며 매우 복잡하다는 것이다. 따라서 장비관리를 위한 별도의 전문가들이 필요하며, 현재 국내에서 개발되어 운영되고 있는 장비가 없고 외국의 장비이므로 장비의 유지보수에 있어 부품에 소요되는 비용 및 애프터서비스에 많은 시간이 소요된다.

자동포장상태조사 장비를 도입할 경우에는 장비의 운영 및 유지관리 문제 그리고 자동포장상태조사 장비를 대체하여 PMS를 운영할 수 있는 방안들을 별도로 고려해야 한다.

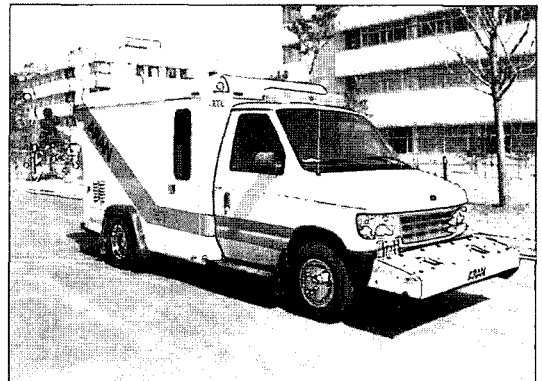
5.3 포장상태 관측 구간의 선정

공항 포장의 PMS를 구축하는데 있어서 핵심적인 역할을 수행하는 것이 포장의 공용성 예측 모델이다. 그렇지만 이들 모델들은 단 기간 내에 개발될 수 있는 사항이 아니다. 그러므로 PMS를 구축하는 기간에는 외국의 모델들 중 국내 현황에 적합한 모델을 선정하고 이들 모델을 보정하여 활용할 수 있는 방안을 모색해야 한다.

공용성 예측모델은 PMS가 원활히 운영되어 장기간 포장상태 자료가 누적되면 이들 자료를 이용하여 공용성 예측 모델을 개발해야 한다. 이를 위해서는 장기 공용성을 관측할 수 있는 구간을 선정해야 한다. 이들 구간에는 포장체의 동결심도, 온도, 습도 등을 관측할 수 있는 계측 장비들도 매설되어야 하며, 각 공항별로 운영중인 기상대 자료와 항상 연계될 수 있도록 하여 환경변화 및 하중에 따른 포장체의 변화를 관측하도록 한다.

5.4 PMS운영을 위한 장기 계획 수립

공항 포장의 유지관리를 위해 PMS를 구축하는 것은 매우 중요한 일이다. 그렇지만 PMS는 개발보다는 시스템의 유지관리 및 운영이 더욱 중요하다. 시스템의 유지관리 측면에서는 하드웨어 및 소프트웨어를 지속적인 연구 및 보정을 통하여 보다 정확하고 신뢰도가 높은 PMS가 되도록 해야 한다. 공항 포장관리자 측면에서 적은 인원으로 업무를 수행하기 위해서는 포장관리를 PMS 전문기관에 의뢰하여야 하며, 장비의 구입 여부도 세심한 주의 및 검토를 통하여 결정해야 한다. 그러므로 이러한 사항들을 사전에 검토하기 위한 장기 계획 수립이 필요하다.



<사진 1> 자동포장상태 조사 장비(ARAN, 종단평탄성, 소성변형 등 측정)

6. 맺음말

본 고에서는 공항 포장의 유지관리를 위해 도입될 PMS에 관하여 국내외 현황 및 구축 방안 그리고 향후 수행되어야 할 업무들에 대하여 언급하였다. 현 국내 공항 포장의 상황에서 PMS를 구축하기 위해서는 현재 수행되고 있는 공항 포장 평가 업무와 연계되고, 공항의 특성이 고려되어야 하며, PMS가 개발되어도 지속적인 시스템의 보정을 위한 연구 개발이 병행하여야 한다.