

공항 포장의 유지보수 현황

권 수 안* · 김 한 용**

1. 머리말

국내 공항 포장은 국방부와 한국공항공단이 관리하는 것으로 구분할 수 있으며, 일부 공항에 대해서는 공동으로 관리하고 있다. 최근에 개항한 인천 신공항은 별도로 인천신공항 공사가 운영 및 관리하고 있다.

최근 들어 공항을 이용하는 승객이 계속해서 증가하면서, 전주 및 양양 공항과 같은 신설 공항이 생기고, 광주, 김해 등과 같이 기존 공항을 확장 또는 재포장하는 공항이 증가하고 있는 추세이다. 이로 인해 한국공항공단은 체계적인 유지관리를 위해 포장유지관리시스템을 개발 중에 있으며, 공군도 유지관리 전담반의 구성 및 이를 위한 장비 구축 등을 추진 중에 있다.

공항 포장은 도로 포장과 달리 여러 가지 측면에서 유지보수 및 관리가 상이하다. 도로 포장에서는 도로의 한 쪽 차로를 차단하고 다른 차로로 차량을 통행시키거나 교행시키면서 유지보수를 실시할 수 있는 반면, 공항 포장에서는 활주로를 폐쇄시킬 수밖에 없으므로 대부분 야간에 조속히 유지보수를 수행해야 하는 어려움이 따르고 있다. 또한 공항 포장은 공항 운영 특성상 중단평탄성 및 FOD(Foreign Object Damage)를 매우 중요시

하므로 이들을 고려한 유지관리 기준 및 유지보수 공법이 우선되어야 한다.

본 고에서는 최근에 수행된 포장평가 보고서 및 공항 포장관련 연구보고서를 바탕으로 공항 포장에서 수행되고 있는 유지보수 현황 및 문제점 그리고 현재 개발중인 유지관리시스템의 개요 및 유지보수 개선 방향에 대하여 제시하였다.

2. 유지보수관련 기준

일반적으로 포장이 갖추어야 할 기능은 다음과 같이 기능적 측면, 안전적 측면 그리고 구조적 측면 등이며 이들과 관련한 규정은 미연방항공청 및 미공병단 등에 제시되어 있다.

- 기능적 측면 : 표면결합, 승기감 등
- 안전적 측면 : 미끄럼 저항성 등
- 구조적 측면 : HWD(Heavy Weight Deflectometer)를 이용한 구조적 지지력

이들 기능에 대한 국내 활용 현황 및 문제점 등은 다음과 같다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원

** 정회원 · (주) 한솔엔지니어링 대표이사

2.1 표면 결함 현황

공항 포장의 유지관리 기준 중에서 대표적인 것이 PCI(Pavement Condition Index)이다.

PCI는 그림 1에서 보는 바와 같이 0~100까지의 범위를 갖는 지수로서 포장의 구조적 상태 및 기능적 상태를 나타내는 지수로 알려져 있으며, 미연방항공청, 미공병단 및 세계민간항공협회 등에서 공식적으로 사용하고 있는 지수이어서 국내에서도 현재까지 사용되고 있는 지수이다. PCI 값이 "100"이면 아주 이상적으로 좋은 포장상태를 갖으며, "0"은 가장 나쁜 상태를 의미한다.

PCI	등급
100	Excellent(극히 양호)
85	Very good(매우 양호)
70	Good(양호)
55	Fair(보통)
40	Poor(불량)
25	Very poor(매우 불량)
10	Failed(극히 불량)
0	

그림 1. PCI 범위 및 포장 상태 정도

PCI는 포장 형식별로 포장체에 발생한 표면 결함별로 그림 2와 같은 감소치 곡선을 이용하여 "100"에서부터 감소해 가는 것으로 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^{m_i} a(T_i, S_j, D_{ij}) \right] F(t, p) \quad (1)$$

여기서,

PCI : Pavement Condition Index

a() : 파손형태 T_i , 파손정도 S_j ,

파손면적 D_{ij} 에 의한 감소치

i : 파손형태의 번호

j : 파손정도의 번호

p : 파손형태의 총수

m_{ij} : i 파손형태의 총수

$F(t, p)$: 총 감소치 t와 감소치의 수 p에 의해 조정되는 수정함수

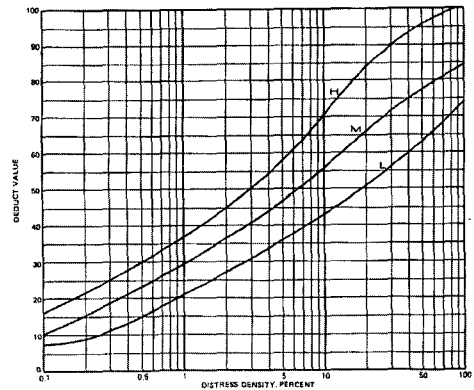


그림 2. 아스팔트 포장-거북등 균열 감소치 곡선

포장 형식별로 파손의 분류는 그림 3, 4와 같이 콘크리트 포장은 15개, 아스팔트 포장은 16개의 파손으로 분류하고 각 파손은 그림 2와 같이 High, Medium, Low 등과 같이 파손 정도에 따라 감소치를 정한다.

국내에서 기존에 수년 동안 수행한 포장 결과에 따르면 국내에 존재하는 파손의 종류는 몇 가지 안됨을 알 수 있다. 즉, 아스팔트 포장의 경우 Jet blast, Oil spillage, Polished aggregate, Swell 등은 거의 찾아 볼 수 없었으며, Slippage

파손코드	파손종류	원인
아스팔트 포장(공항)		
41	Alligator cracking	Load
42	Bleeding	Other
43	Block cracking	Climate
44	Corrugation	Other
45	Depression	Other
46	Jet blast	Other
47	Joint reflection/cracking	Climate
48	Longitudinal/transverse cracking	Climate
49	Oil spillage	Other
50	Patching	Other
51	Polished aggregate	Other
52	Weathering/ravelling	Climate
53	Rutting	Load
54	Shoving	Other
55	Slippage cracking	Other
56	Swelling	Other

그림 3. 아스팔트 포장의 파손 분류

파손코드	파손종류	원인
콘크리트 포장(공항)		
61	Blowup	Climate
62	Corner break	Load
63	Linear cracking	Load
64	Durability cracking	Climate
65	Joint seal damage	Climate
66	Small patch	Other
67	Large patch/utility cut	Other
68	Popouts	Other
69	Pumping	Other
70	Scaling/crazing	Other
71	Faulting	Other
72	Shattered slab	Load
73	Shrinkage cracking	Other
74	Joint spalling	Other
75	Corner spalling	Other

그림 4. 콘크리트 포장의 파손 분류

cracking, Ravelling, Reflection cracking 등은 발생 빈도가 적으며, 대부분 Blocking, Alligator cracking, Rutting 등이 발생함을 알 수 있었다. 콘크리트 포장의 경우 Blowup, Shattered slab 등은 거의 찾아볼 수 없었으며, Linear cracking, Joint seal damage, Patching, Spalling 등이 대부분 발생함을 알 수 있었다.



사진 1. 거북등 균열-아스팔트 포장

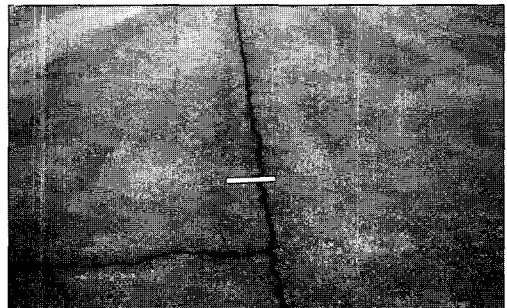


사진 2. 블록균열-아스팔트 포장

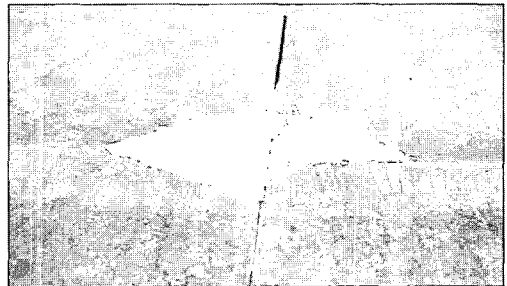


사진 3. 패칭-콘크리트 포장



사진 4. 균열-콘크리트 포장

기존 포장 평가 결과 및 보고서를 분석하면 두 가지 큰 문제점을 발견할 수 있다. 첫 번째는 파손의 분류에서 대부분 Low 또는 Medium 등에 해당하는 파손만이 존재하였다는 것과 PCI 값이 적어도 60 이상임을 알 수 있다.

예를 들어 콘크리트 포장에서 균열의 경우 PCI에서의 Low, Medium, High 등에 대한 규정을 보면 표 1과 같다. 이들 분류에 따르면 균열 폭이 25.4mm 이상이 되어야 High에 해당된다. 그렇지만 국내의 파손 중에 지반이 연약하여 하부 구조의 파손이 심화됨으로 인해 발생된 균열을 제외하고는 찾아볼 수 없는 균열이며, 전투기 안전 관리 차원상 FOD의 발생을 없애야 하므로 파손의 진전되기도 전에 유지보수를 실시한다. 따라서 포장 파손별로 감소치가 작을 수밖에 없으며 이로 인해 포장의 상태가 양호할 수밖에 없다.

표 1. PCI에서의 균열 분류 기준

분류등급	파손 내용
Low	스폴링이 작거나 없어서 FOD의 염려가 없음. 균열틈이 비어 있는 경우 평균 균열 폭이 3.2mm 이하
Medium	스폴링의 발생정도가 약간의 FOD의 우려가 있음. 균열 틈이 비어 있는 경우 평균 균열 폭이 3.2 mm ~ 25.4 mm인 경우
High	균열 틈이 25.4 mm 이상인 경우

두 번째로 파손의 정도가 약하므로 국내 공항의 PCI 분포가 좋을 수밖에 없다. 그 이유중의 하나가 PCI는 미국의 모든 공항 즉, 민간 항공, 군공항, General Aviation 등을 대상을 만든 지수이다, 국내의 경우 General Aviation등과 같은 공항이 없으며, 관리 기준이 좋아야 하는 군 공항과 민간공항이 대부분이다. 따라서 국내 실정에 적합한 관리 기준이 필요하다.

현재 한국공항공단이 개발중인 포장유지관리시스템 연구 중에서 전문가를 대상으로 설문조사를 수행한 결과 포장 상태의 정도를 기존의 그림 1

에서 다음의 그림 5로 변환하는 것을 제안하였다.

등 급	PCI 범위			비 고
매우양호	91	-	100	
양 호	81	-	90	
보 통	71	-	80	
불 량	61	-	70	
매우불량	51	-	60	
포장파괴	50이하			

그림 5. 새로 제안한 PCI 분류 기준

2.2 종단평탄성 현황

종단평탄성에 대한 국내·외 규정은 현재 제시되고 있지 않으며, 일부 연구자들에 의해서 제기되고 있는 실정이나, 기존 국내의 유지보수 경험에 따르면 매우 중요한 인자임에 틀림없다.

일반적으로 도로에서 많이 쓰이고 있는 IRI (International Roughness Index)지수가 공항에서도 쓰일 수도 있지만, 공항에서는 미국의 APR이라는 컨설팅 회사에서 개발한 TAKEOFF와 LANDING 프로그램을 이용하여 산정할 수 있는 수직 중력가속도 "g"로 표현하는 승기감으로 나타낼 수 있다. 승기감이 0.4g인 경우 매우 위험한 것으로 분류하지만, 이에 대한 관리 규정은 제시되어 있지 않다.

승기감에 대한 기준 대신에 현재 사용 가능한 IRI를 이용한 종단평탄성 기준의 개발이 필요하다. 즉, 종단평탄성에 대한 예측 모델 그리고 이에 대한 파괴 기준 등이 개발되어 유지관리 기준에 포함시켜야 한다.

2.3 구조적 지지력 현황

공항포장에서 구조적 지지력은 항공기의 허용 하중을 산출하기 위해 매우 중요한 인자이다. 과거에는 구조적 지지력을 산출하기 위해 파괴 실험을 많이 이용하였으나, 평가 시간의 절약 및 일

관성을 위해 최근에는 비파괴 실험 장비인 HWD의 도입을 권장하고 있다. HWD 장비를 이용하여 지지력을 산출하기 위한 기준은 미연방항공청 및 미공병단 등에서 일부 제시하고 있지만 국내의 경우에는 아직 제시되고 있지 않으며, HWD 장비 역시 갖추고 있지 못하고 있다. 대신 FWD(Falling Weight Deflectometer)를 활용하여 실험을 실시하고 있으며, 한국공항공단에서 이들 장비를 이용하여 포장의 평가하기 위한 기준을 개발 중에 있다.

HWD 장비를 이용하여 얻을 수 있는 물성은 포장체의 층별 탄성계수, 하중전달 계수 등이다. 이들 물성치를 이용하여 포장체의 구조적 지지력을 파악함으로써 얻는 것은 항공기 하중의 최대 허용하중이다. 현재에는 기존 설계 차트를 이용하여 설계의 역순으로 허용하중을 산출하고 있다. 그렇지만 이 방법은 잔존수명의 추정 불가 및 새로운 항공기에 대한 적용 불가 등의 문제가 있다. 따라서 합리적인 구조적 지지력의 추정 및 허용하중의 산출을 위해서는 국내 공항 포장체에 적합한 콘크리트 및 아스팔트 포장의 해석 프로그램의 개발, 파괴기준, 실험 기준, 잔존수명 기준 등이 개발되어야 한다.

2.4 미끄럼 저항 측정 현황

미끄럼 저항 측정은 활주로 운영 및 안전에 있어 매우 중요한 인자이다. 항공기의 착륙 및 이륙시 발생하는 비행기 바퀴자국의 누적은 항공기 착륙시 미끄럼 저항에 저해 요소가 되므로 주기적으로 미끄럼 저항 정도를 측정하여 관리해야 한다. 이를 위한 미연방항공청 및 세계민간항공기구의 관리 기준은 표 2, 표 3과 같다.

국내에서는 미끄럼 마찰력 측정을 위해 Mu-meter이라는 장비를 이용하고 있다. 미끄럼 관리 기준은 표 2 및 표 3에서 제시한 바와 같이 외국의 기준을 인용하고 있지만 이들 기준에 대한 검

표 2. 마찰력 측정 최소 주기

활주로 끝단에서 1일 비행기 착륙회수	마찰력 측정 최소주기
15 이하	1 년
16 - 30	6 개월
31 - 90	3 개월
91 - 150	1 개월
151 - 210	2 주
210 이상	1 주

표 3. 고무제거 주기

활주로 끝단에서 1일 비행기 착륙회수	고무바퀴자국 제거 주기
LESS THAN 15	2 YEARS
16 TO 30	1 YEAR
31 TO 90	6 MONTHS
91 TO 150	4 MONTHS
151 TO 210	3 MONTHS
GREATER THAN 210	2 MONTHS

중 작업이 이루어지지 않은 실정이다.

3. 유지보수 현황

현재까지 국내에서 사용중인 공항 포장의 유지보수 공법은 일률적이며, 유지보수 적용 기준이 명확하지 않다. 즉, 콘크리트 포장에서 균열 및 스폴링 파손에 대한 보수는 부분단면 보수로서 거의 일률적으로 에폭시 몰탈을 이용하여 왔으며, 최근에 와서 초속경 시멘트 또는 새로운 재료를 이용한 보수를 일부 도입하고 있다. 또한 유지보수 공법을 결정하기 위한 기준 및 유지보수 방법에 대한 기준이 구체적으로 제시되어 있지 않다. 아스팔트 포장의 경우 대부분 밀입도 아스팔트를 이용한 5cm 또는 10cm 덧씌우기를 적용하거나, 일부분에 대한 소파보수가 대부분이다. 최근들어 소성변형의 방지를 위해 SMA(Stone Mastic Asphalt), PMA(Polymer Modified Asphalt)를 일

부 적용하고 있으나 성공적이지 못하고 있다.

다른 한편의 유지보수 공법 적용에 있어서의 문제점은 공항의 폐쇄가 어렵기 때문에 비행이 없는 시간인 저녁부터 새벽까지 시공 및 양생하는 작업으로 인해 아무리 좋은 공법이라고 알려진 공법이라 하더라도 양호한 품질을 얻기가 매우 어렵다는 것이다. 따라서 양생 시간을 줄이고 양호한 품질을 얻을 수 있는 보수 공법의 적용 방안 또는 충분한 양생시간을 얻기 위한 활주로 관제와 협의를 통한 시공 방안을 검토해야 한다.

유지보수 재료 측면에서는 새로운 재료의 적용 기준이 없으므로 이들 재료에 대한 평가를 수행하지 못하고 이를 적용하는데 많은 어려움 및 시간이 뒤따른다. 따라서 새로운 보수 재료 및 공법의 적용 기준 개발이 필요하다.

4. 유지관리 현황

공항을 관리하고 있는 한국공항공단 및 공군은 약 5년 주기로 포장평가 용역을 수행하여 이를 바탕으로 유지보수 공법을 결정하였다. 그렇지만 이들 포장평가의 수행기관이 상이하며, 평가 기준이 명확하지 않음으로 인해 체계적인 관리가 미흡한 것이 사실이었다. 이를 보완하기 위해 포장 유지관리시스템의 도입이 필요하였으며, 한국공항공단에서 연구 개발을 추진 중에 있다. 개발중인 시스템은 세계적으로 공항 PMS에 가장 많이 이용되고 있는 Micro PAVER라는 프로그램을 활용하여 개발하고 있으며 공항 PMS의 운영 시스템의 구조는 그림 6과 같다.

MicroPAVER에는 공항 포장 평가에서 반드시 필요로 하는 허용하중 산출 및 잔존 수명 등에 대한 기능이 포함되어 있지 않으므로 그림 7과 같이 통합시스템에서는 운영 모듈을 MicroPAVER 운영 모듈, 허용하중 산출 모듈 두 가지로 구분하였다. 또한 추가적으로 현재 공항 실무자가 가장 많이

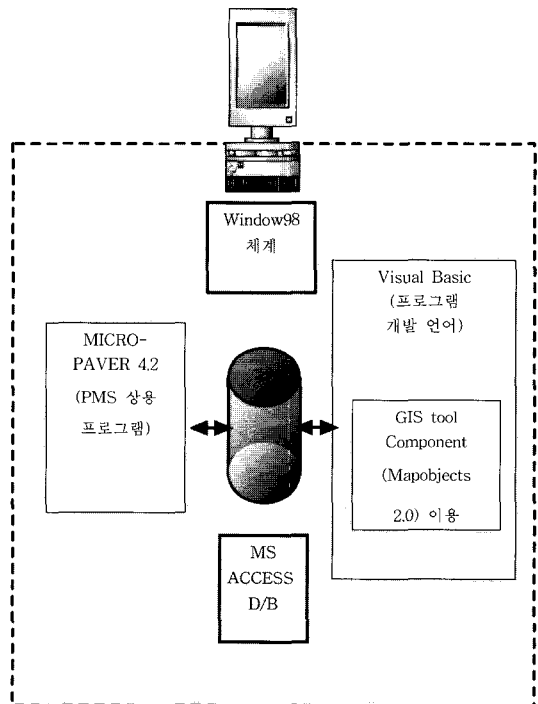


그림 6. 공항 PMS 시스템 구성도

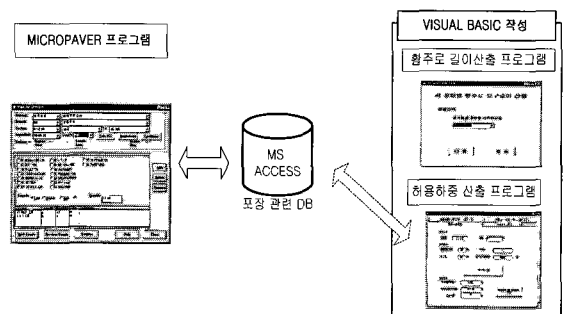


그림 7. 공항 PMS 통합시스템 구성도

사용하는 업무들을 포함시킴으로써 쉽게 접근할 수 있도록 구성하였다.

공군에서도 공항 포장의 유지관리를 인식하여 별도의 팀을 구성하고 유지관리와 관련된 장비의 구매 및 교육 훈련 등을 계획하고 있다.

5. 향후 개선 방안

본 고에서는 유지보수와 관련하여 기준 분야, 보수 작업 분야, 체계 분야 등으로 구분하여 현재 공항 포장에서 적용하고 있는 현황과 문제점 등을 언급하였다. 아직까지 포장 분야가 초보적인 단계를 거치고 있으며, 외국의 기준 등을 인용하고 있는 단계임을 알 수 있었다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- 체계적인 포장유지관리 시스템의 구축 및 지속적인 운영
- 유지보수 공법 및 보수 기준 작성
- 공항 특성에 적합한 유지보수 공법 개발
- 새로운 유지보수 재료 및 공법의 적용 기준

- 기존 유지관리 기준의 검증 및 개발
- 유지보수와 설계와의 연계를 위한 포장 설계 방법의 분석 및 검증

참고문헌

1. 한국공항공단, "공항 PMS 개발 2단계 최종보고서", 한국건설기술연구원, 2000.12.
2. M.Y. Shahin, Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots, Chapman & Hall, 1994.
3. ICAO, Aerodrome Design Manual-Part 3 Pavments, ICAO, 1983.
4. US Army COE, Airfield Pavement Evaluation-Technical Instructions, TI 82601, Headquarters US Army COE, 1999.
5. FAA, Airport Pavement Design and Evaluation, AC 150/5320-6D, 1995.

학회홈페이지 이전 안내

1. 기존의 한국건설기술연구원 서버상의 홈페이지를 폐쇄하고, 경성대학교내 웹호스팅 전용 서버를 이용하여 서비스를 시행합니다. 현재 사용중인 임시서버주소는 다음과 같습니다.

<http://pave.ks.ac.kr/homepage/index.htm>

2. 학회 고유주소

우리학회의 고유 도메인을 신청하여 다음과 같은 주소를 획득하였습니다. 이미 기존의 다른 학회에서 우리가 쓰고자 하는 도메인을 선점한 관계로 부득이하게 www.kospe.re.kr를 이용하게 되었습니다. (현재 네임서버서비스 신청중이라 학회고유주소로의 접속은 6월 말경 또는 7월중에 가능한 예정입니다.)

3. 개정되는 홈페이지의 특징

- (1) 회원전용 사이트 개설 및 아이디/패스워드 부여 : 학회지의 모든 내용을 pdf파일 처리하여 원문서비스를 시행할 예정입니다. 회원전용 사이트 접속에 필요한 아이디 및 패스워드는 아이디(개인별 학회등록번호), 패스워드(주민등록증 뒷자리 7자리)를 이용하고자 하오니 회원님의 학회등록번호를 확인하여 주시면 고맙겠습니다.
- (2) 현재 임시서버로 윈도우즈 PWS를 이용한 서비스를 시행하고 있고, 별 무리없이 서비스가 가능할 것으로 판단합니다. 다만, 동시접속자수가 많은 경우 처리속도가 늦어지는 단점을 가지고 있습니다. 이 부분은 향후 학회고유의 서버(윈도우즈 NT 서버 또는 리눅스서버)를 구입하여 처리하면 해결될 수 있을 것으로 판단합니다.

4. 학회홈페이지를 둘러보시고, 필요한 개선점을 알려주시면 8월중에 있을 2차 개정작업에 반영하도록 하겠습니다. (khlee@ks.ac.kr or kospe@hanmail.net) 홈페이지 개정작업이 다소 지연되고 있는 점 양해바랍니다.