

# 공항 포장 평가 방법 비교 연구

## A Comparison of Evaluation Methodologies in Airfield Pavement

엄병식\*, 서영찬\*

### 1. 서론

1990년대 이후 항공교통량의 증가는 공항포장의 효율적 유지관리 필요성을 대두시켰다. 포장 유지관리측면에서 항공기 증가가 포장에 미치는 영향을 판단하기 위해서 국내에서는 5년주기로 포장평가를 실시해 오고 있다. 포장평가 중 포장의 수명 예측은 보수 및 확장 시기 결정에 중요한 자료로 사용되고 있다.

공항 포장은 도로포장과는 포장체에 가해지는 하중의 통과횟수 및 크기, 타이어의 압력, 그리고 하중이 가해지는 위치 등 여러 가지 면이 다르다. 따라서 평가시 도로포장과 달리 분석되어야 한다. 본 연구에서는 지금까지 사용되어 오고 있던 공항평가방법과 외국의 해석적인 포장평가방법을 비교하였다. 또한, 공항공항 활주로 평가를 실례로 각 방법에 의해서 허용하중을 구한 후 결과 비교를 통해 공항포장 평가시 각 방법별 고려해야할 사항을 제시하였다.

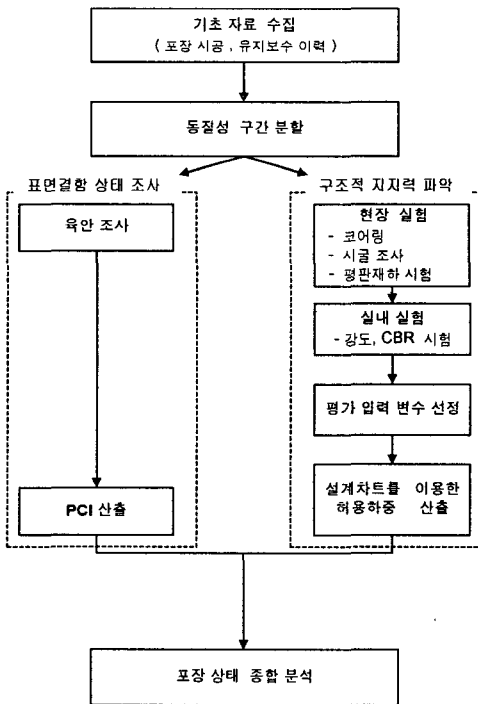


그림 1. 기존 포장평가 방법 순서도

### 2. 기존 공항 포장 평가 방법

국내에서 이용하고 있는 공항 포장의 평가 방법중 포장결함상태는 인력에 의한 육안조사로 포장결함상태를 조사후 PCI 산출을 사용해 왔으며, 구조적 지지력은 설계차트에 입력변수(포장 두께, 강도, 노상지지력 등)를 현장 조사 및 실내실험으로 얻어 설계방법의 역순으로 산출하고 있다. 기존 방법의 개략적인 평가 방법은 그림 1과 같다.

\* 한양대학교 교통공학과 석사과정(0345-400-5150)

\*\* 한양대학교 교통공학과 부교수(0345-400-5155)



### 2.1 기초 자료의 수집

기초 자료의 수집에서는 설계 및 시공이력, 기후 자료, 교통량 등의 자료를 수집한다.

### 2.2 동질성 구간 분할

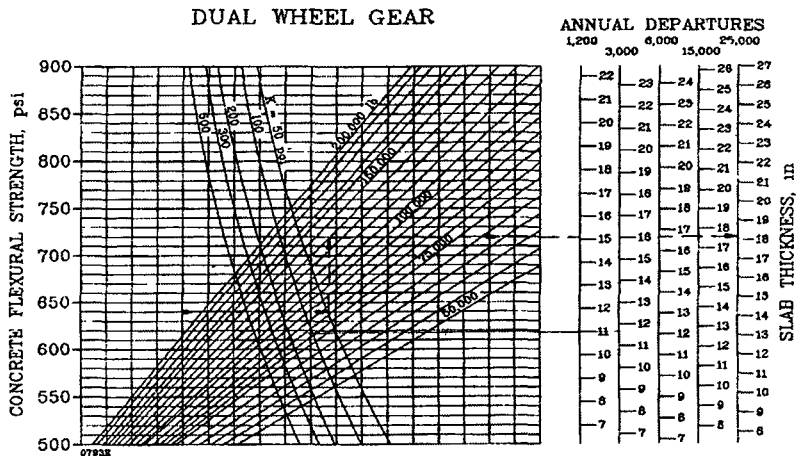
기초 자료의 수집을 이용하여 전체 포장을 몇 개의 포장의 동질성 구간을 나눈다. 동질성 구간으로 분할하는 이유는 활주로 및 유도로 전체를 하나의 대상으로 분석할 경우 포장두께 및 항공기 주행 패턴에 따른 구역의 특성을 반영하지 못한다는 단점을 가지고 있기 때문에 비교적 같은 성질을 갖는 구간으로 분할하여 각각을 별도로 분석하는 것이다.

### 2.3 표면결함 상태조사

육안조사는 포장체 표면의 파손정도를 파악하여 포장상태지수(PCI)를 결정하기 위한 것이다. 현재 포장체 표면의 파손정도를 파악하는 방법은 육안에 의한 방법과 자동 포장파손 측정 장비를 이용하는 방법이 있는데 육안에 의한 포장 결함 측정은 많은 인력과 시간이 소요되고 전체구간에 대한 조사가 어렵다는 단점을 가지고 있다.

### 2.4 구조적 지지력 파악

현장실험에서는 코어 채취, 현장 CBR 실험, 시굴 조사(평판재하 시험 및 지하 수위 측정), 실내 CBR 실험 등을 실시하여 콘크리트의 실제 두께, 노상지지력 상태 등을 파악한다. 실내 실험에서는 채취된 코어로 압축강도나 간접인장 강도실험을 실시하여 콘크리트의 경우 휨강도를 얻어낸다. 또한 실내 CBR 실험을 실시하여 노상지지력 상태도 파악한다.



NOTE.

1 inch = 25.4 mm      1 psi = 0.0069 MN/m<sup>2</sup>  
 1 lb = 0.454 kg      1 pci = 0.272 MN/m<sup>2</sup>

그림 2. FAA의 콘크리트 포장 설계차트(Dual 기어의 예)



이 과정을 거쳐 선정된 설계 입력변수(콘크리트 두께, 휨강도, 노상지지력)를 이용하여 시공당시 사용되었던 설계 차트를 이용하여 역으로 구조적 지지력 상태를 평가한다.

현재 대부분의 국내 공항은 공군에서 보유하고 있으므로 시공당시 포장 설계법은 대부분 미공군규정(AFM, Air Force Manual)에서 의해서 설계되었다. 그러나 기존 평가 방법에서 사용되고 있는 포장 평가 방법은 미연방 항공국(FAA, Federal Aviation Administration)의 설계 차트를 이용하는 등 일관되지 않는 평가를 하고 있다.

### 3. 새로운 평가 방법

새로운 평가 방법에서는 PCI 산출 면에 있어 자동 포장상태 측정장비(ARIA)를 이용하여 포장 상태를 측정하고 구조적 지지력 측면에서는 포장 처짐량 측정장비를 이용한 구조해석 방법으로 허용하중을 산출하는 내용을 포함한다. 그 외의 새로운 평가 방법의 진행 절차는 기존 방법의 평가 절차와 기본적으로 같다.

#### 3.1 기초 자료 수집

기존 평가 방법에서와 같이 설계 및 시공이력, 기후 자료, 교통량 등의 자료를 수집한다. 이 자료 중 포장의 파손정도를 고려하기 위해 과거 연도별 교통량을 수집한다.

#### 3.2 동질성 구간 분할

동질성 구간 분할 방법은 기존 방법과 기본적으로 동일하다.

#### 3.3 표면결함 상태조사

표면결함 상태를 측정하기 위하여 자동 포장상태 측정장비(ARIA)를 이용하여 주행하면서 노면을 촬영하고 촬영된 노면화상을 이미지 프로세싱이나 실내 육안 분석을 통하여 결함의 종류 및 양을 결정한다. 이에 따른 장점으로 결함 조사시 인력과 시간을 절약할 수 있고, 또한 조사자의 주관적 판단을 감소시킬수 있고 차후 포장 평가시 비디오 테이프에 과거 포장 상태를 저장함으로써 과거 포장 결함의 상태 정보를 제공할 수 있다.

또한 자동 포장 상태 측정장비에 장착된 레이저를 이용하여 노면 평탄성(IRI)을 측정함으로써 공항 포장에 있어서 평탄성에 대한 정보를 제공할 수 있다.

#### 3.4 구조적 지지력 파악

구조적 지지력을 파악하는 방법은 그림 3에서 보듯이 두가지 과정을 거쳐 파악한다. 첫째로 평가 포장의 손상도를 파악하기 위한 잔존수명 산출과정과 그 포장이 미래에 어느정도 하중제한이 필요한가를 파악하기위한 허용하중 산출과정이다.

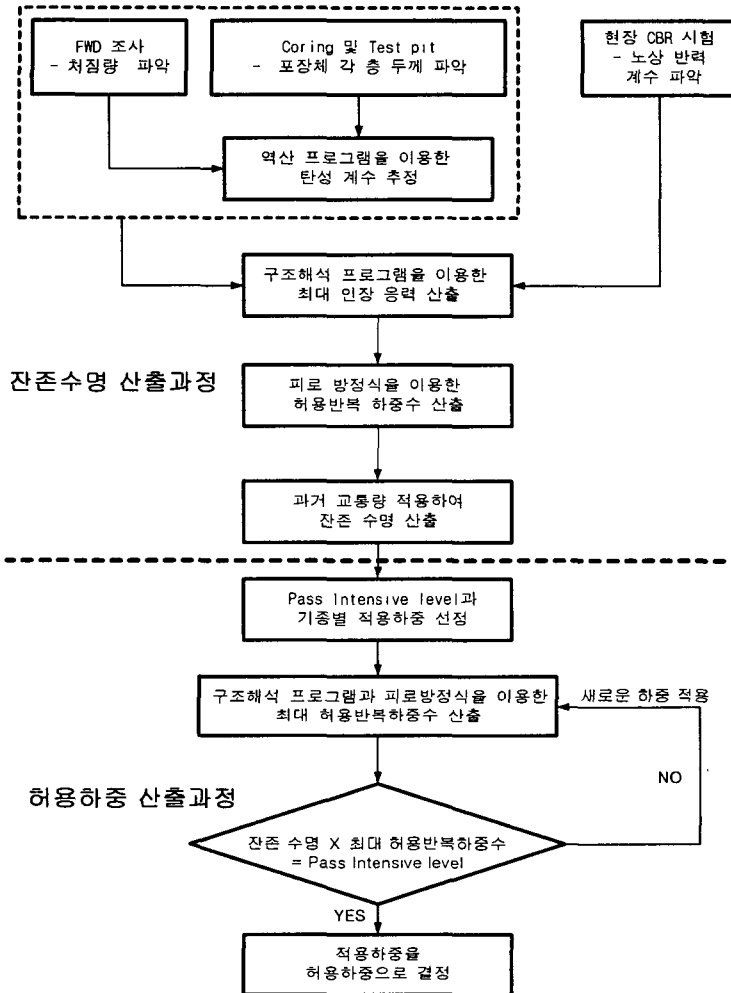


그림 3 새로운 평가 방법에 의한 허용하중 산출

잔존수명 산출과정에서는 포장체의 특성을 파악하기 위해서 현장 조사 및 실내시험을 실시한다.

현장 조사에서는 기존 평가 방법에서 사용된 파괴 조사(코어 채취, 시굴조사)의 자료를 줄이고 대신 비파괴 조사 장비를 이용하여 포장체의 특성을 파악한다. 비파괴 조사 장비로 FWD(Falling Weight Deflectometer)를 사용하여 포장체의 처짐을 측정한다. 포장체의 처짐으로 특성을 파악한다는 것은 슬래브 중앙부의 처짐량을 역산하여 각 층의 탄성계수를 추정하고 또한 조인트 부분에서 처짐량을 측정하므로 하중전달을 파악하는 것이다. 또한 실내 실험은 기존방법과 같이 코아시료로 간접 인장강도를 얻어 휨강도를 산출한다. 이러한 포장체의 특성을 구조해석 프로그램을 통하여 설계항공기 하중재하시 포장에 발생되는 최대인장응력을 산출한다.



피로 방정식에 최대인장응력 및 콘크리트의 휨강도를 입력하고 설계항공기가 다닐수 있는 허용반복 하중수를 산출한다. 이 허용반복하중수에 과거 교통량을 빼줌으로서 포장의 잔존수명을 산출한다.

허용하중 산출과정에서는 앞에서 언급한 잔존수명은 평가 포장의 사용할 수 있는 양을 의미한다. 미래에 평가 포장을 얼마만큼 사용할 것인지 결정에 따라서 허용하중 산출시 설계항공기의 교통량 운행 횟수를 정하게 되고 이에 따라 허용하중을 산출한다. 허용하중 산출과정은 설계항공기의 하중을 변화주어 잔존수명 산출과정에서 구조해석/피로방정식을 이용한 허용반복하중수를 산출한다. 이 때 잔존수명과 허용반복하중수를 곱하여 설계항공기를 미래에 운행시킬 횟수와 비교하여 같은 횟수가 나타날 때 항공기 적용 하중을 허용하중으로 결정한다.

#### 4. 사례 연구(포항 활주로에 대한 구조적 지지력 비교)

##### 4.1 포항공항 활주로 포장의 특성

포항공항 활주로는 콘크리트 포장으로서 총길이는 2,100 m이고 폭은 45m로 되어 있고 분석시 동질성 구간은 총 5개로 나누었으며 실험 결과 구간별 포장체 특성은 표1과 같이 나타났다.

표 1 포항공항 활주로 포장체 구간별 특성

구 분	R1	R2	R3	R4	R5	비고
Conc. 두께(in)	15.5	13.9	11.7	14.6	15.6	두가지 평가방법 모두 이용
휨강도(psi)	637	637	637	637	637	
지지력계수(pci)	426	426	426	426	426	
Conc. 탄성계수 (psi)	5,480,154	5,703,598	4,476,534	7,425,402	4,752,826	새로운 평가방법만 이용
하중전달율(%)	80	80	80	80	70	

표 1에서의 자료는 99년 6월 실시한 현장조사 및 실내시험을 근거로 산출되었다. 구간별 콘크리트 포장의 두께는 과거 평가자료와 현장조사시 Coring한 시료의 평균을 사용하였다. 휨강도는 간접인장강도 시험을 통해 얻어진 값을 환산하여 평균을 적용하였고 지지력 계수는 현장 CBR 시험의 값을 K값으로 환산하여 적용하였다. 또한 콘크리트의 탄성계수와 하중전달율은 FWD로 슬래브 중앙부 및 Joint부의 처짐량을 조사한 후 역산과정과 처짐량 비교를 통해 각 구간별 값을 적용하였다.

표 1에서 보듯이 새로운 평가방법은 포장체의 탄성계수와 하중전달을 고려할 수 있다.

##### 4.2 기존 평가 방법과 새로운 평가 방법 허용하중 산출값 비교

각 방법에 의한 허용 하중 산출 결과는 표 2와 같이 나타났다.



표 2 각 방법별 허용하중 산출결과

(단위 : 1000 lbs)

구 간	평가 방법	PASS LEVEL	C130	B737	B727	MD82	A300	
			Single Tandem	Dual				Dual Tandem
			135,000 lbs	138,500 lbs	184,800 lbs	140,000 lbs	363,765 lbs	
R1	기존평가	60,000회	+	+ <sup>1)</sup>				+ <sup>2)</sup>
	신평가	60,000회	+	+	+	+	309	
R2	기존평가	60,000회	+	170				+
	신평가	60,000회	+	+	166	+	276	
R3	기존평가	60,000회	+	125				325
	신평가	60,000회	116	118	120	111	-	
R4	기존평가	60,000회	+	180				+
	신평가	60,000회	+	132	133	118	226	
R5	기존평가	60,000회	+	+				+
	신평가	60,000회	+	+	172	+	287	

- 주1) 기존평가방법에서 C130, A300은 각 기종의 설계차트이용,  
 B737, B727, MD82는 Dual 설계 차트에 의한 허용하중 산출  
 주2) 숫자 : 허용하중, + : 하중제한 없음, - : 최대이륙중량의 60%이하

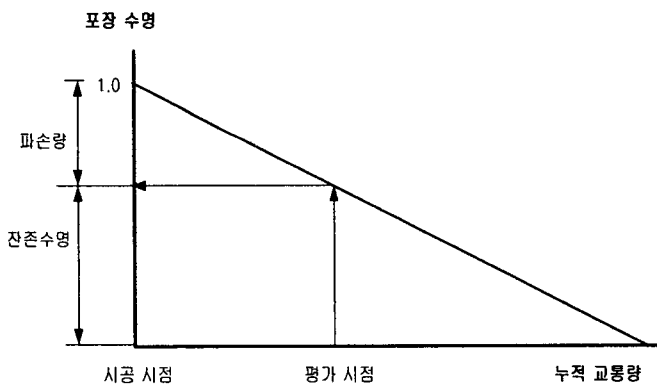


그림4 평가시 파손량과 잔존수명 개념

표 2의 결과로 기존 평가방법의 허용하중은 새로운 평가의 허용하중보다 높게 나타났다. 이 결과는 그림 4와 같은 이유가 있기 때문이다.

그림 4에서 시공시점의 포장수명을 1이라고 가정할 때 실제로 평가시점에서의 포장수명은 파손량을 뺀 수명만이 남는다.

과거의 통과교통량을 고려하지 않는 기존 평가방법의 허용하중 산출은 시공시점에서의 포장수명에 대한 허용하중 산출이고 새로운 포장평가방법의 허용하중 산



출은 파손량을 고려한 허용하중 산출이 된다. 같은 이유로 포장두께 자체가 변하지 않는 한 허용하중은 원칙적으로 불변한 요소가 되며 잔존수명의 개념도 있을 수 없다.

항공기별 허용하중 산출에서 B737, MD82, B727 경우 기존 평가방법의 허용하중 산출은 Dual 기어 설계차트를 이용함으로 각 기종에 대한 특성이 반영된 허용하중 값을 얻을 수 없다. 즉, 허용하중은 설계항공기의 하중만 변화를 주어 포장이 영향을 줄이는 방법인데 FAA 설계차트중 Dual 기어의 설계차트는 표 3과 같이 하중만 변화하는 것이 아니라 타이어압과 바퀴간격도 따라서 변화시켜 개발된 차트이므로 설계 항공기의 허용하중 산출에서는 비논리적이다.

표 3 FAA Dual 기어 설계 차트 개발시 적용된 항공기 기어 특성(1)

총중량(lbs)	타이어압(psi)	바퀴간 x축 간격(in)	비고
50,000	80	20	
75,000	110	21	
100,000	140	23	
150,000	160	30	
200,000	200	34	

표 3에서 보듯이 FAA 설계차트에 의하면 하중이 적어졌을 때 타이어압이 작아지고 또한 바퀴간 간격도 작은 값을 적용하게 된다. 이러한 영향은 실제 하중 제한했을 때 보다 포장에 미치는 영향이 실제보다 덜하게 분석될 수 있다.

새로운 평가 방법의 허용하중 산출은 기종별로 기어의 특성과 타이어압을 고정하여 놓고 하중에 대한 영향만을 줄이기 때문에 좀 더 논리적인 예측을 할 수 있다.

표 4 새로운 평가 방법에서 기종별 적용된 항공기 기어 특성(2)

비행기종	기어종류	총중량(lbs)	타이어압(psi)	바퀴간 x축 간격(in)
B737	Dual	138,500	148	30.5
MD82	Dual	149,500	170	28.1
B727	Dual	184,800	168	34

## 5. 요약

기존 방법과 새로운 방법의 장단점을 비교하면 표 5와 같다.



표 5 기존 포장 평가 방법과 새로운 포장 평가 방법의 장단점

구 분		장 점	단 점
기존평가 방법	표면결합 상태조사 (육안조사)	- 별도의 장비 없이 평가 가능	- 인력/시간 과다 소요 - 파손유형/양 주관적 - 자료보관 어려움
	구조적 지지력	- 평가시 입력변수 고려 적음 - 설계차트 이용, 분석이 쉬움	- 기어별 설계 차트 사용으로 허용 하중 산출시 문제 발생 - 잔존수명 개념없음 - 파괴시험을 통한 조사로 인한 포장 물성 자료 제한적 수집 - 새로운 기종에 대한 평가 불가
새로운 평가방법	표면결합 상태조사 (자동포장상태 측정장비 이용)	- 인력/시간 최소화 - 파손량 객관화 - 비디오테이프 /컴퓨터 저장 매체 이용 자료 보관용이 - 차후 평가시 효율적이용가능 - 종단 평탄성 평가 가능	- 고가의 자동포장 상태 측정장비 필요 - 단차, 침하 등 이미지 프로세싱으 로 측정 불가능한 포장결합
	구조적 지지력	- 비파괴시험 장비 이용하므로 포 장체의 특성 자료 충분히 수집 - 하중 전달에 대한 고려 가능 - 과거 교통량 사용을 고려 잔존수 명 산출 가능 - 비행기종별 분석으로 새로운 기 종에 대한 평가 가능	- 정확한 과거 교통량 추정이 요구 - 분석 방법이 복잡 - 구조해석, 역산 프로그램 필요 - 처짐량 측정기 필요

## 6. 참고 문헌

- (1) Federal Aviation Administration, Airport Pavement Design and Evaluation, AC No 150/5320-6D, 1995
- (2) Rebert Horonjeff, Francis X. Mckevey, "Planing & Design of Airport," MCGraw-Hill.Inc, 1993