

# 공항포장 공용성 예측모형 연구

## Development of Performance Prediction Models for Airfield Pavements

곽평진\* · 조윤호\*\*

Kwak, Pyung Jin · Cho, Yoon Ho

### 1. 서 론

공항 PMS 운영시 보수우선순위 판단을 위해서는 매년 모든 공항에 대한 포장상태지수(PCI) 조사가 필요하다. 그러나 매년 모든공항의 포장상태 조사에는 많은 예산과 기간이 요구되므로 예측모형을 이용하여 PCI를 판단하고 공항별 보수우선순위를 결정한다. 이러한 포장상태 예측모형을 이용한 분석결과는 유지보수 예산을 결정하는 자료가 되므로 신뢰성이 매우 중요하다. 그러나 국내의 공항포장 공용성 예측모형 연구는 한국공항공사의 PMS 구축 연구용역(2002.12) 이후 거의 이루어지지 않고 있다. 그리고 국내 공항포장은 도로포장과 교통특성 및 포장두께 등이 다르고 외국 공항포장과도 기후조건, 포장골재 및 시공여건의 차이가 있어 예측모형의 직접 적용보다는 별도의 연구가 필요하다. 기존 예측모형은 활주로 내의 항공기 하중이 직접 재하되는 중앙부와 하중이 재하되지 않는 외측부 그리고 중앙부 중에서도 저속이동구간과 고속이동구간의 동질성 구간이 분리되지 않고 활주로 전체가 하나의 동질성 구간으로 예측하도록 되어 있어 실제 유지보수시 적용에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 최근 8년간 8개 공항에 대한 PCI 값을 동질성 구간별로 나누어 자료를 수집하고 개선된 PCI 예측모형 연구를 실시하였다.

### 2. 기존모형 검토

국내의 기존모형은 국내 공항포장의 PCI 자료를 이용하여 개발된 “공항포장 파손예측모형 개발 연구(안덕순, 2001)”, “Development of Deterioration Prediction Models for Airfield Rigid Pavements(서영찬 외 2명, TRB 2002)”, “한국공항공사의 포장파손 예측모형(2002, 한국건설기술연구원)”이 있으며, 외국(홍콩국제공항)의 경험을 바탕으로 개발된 “인천국제공항공사의 포장파손 예측모형(2000)”이 있다. 국외사례는 “요르단 공항의 포장파손 예측모형(AI-Suleiman, A.M. Shiyab and H.R. Al-Masaed, Vol 5 No 3 Road & Transport Research, 1996)”이 있다. 국내,외 연구는 주로 재령과 PCI, 교통량과 PCI를 변수로 모형을 개발하였으나 활주로 전체를 하나의 동질성 구간으로 예측하고 있다. 한국공항공사와 인천국제공항공사의 예측모형을 비교한 결과 차이를 보이고 있으며, 특히 외국의 모형과는 더 많은 차이를 보이고 있다.

\* 정회원 · 중앙대학교 건설대학원 도시공학과 · 석사(E-mail : kpyungjin@naver.com) -발표자

\*\* 정회원 · 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과 정교수 · 공학박사(E-mail : yhcho@cau.ac.kr)

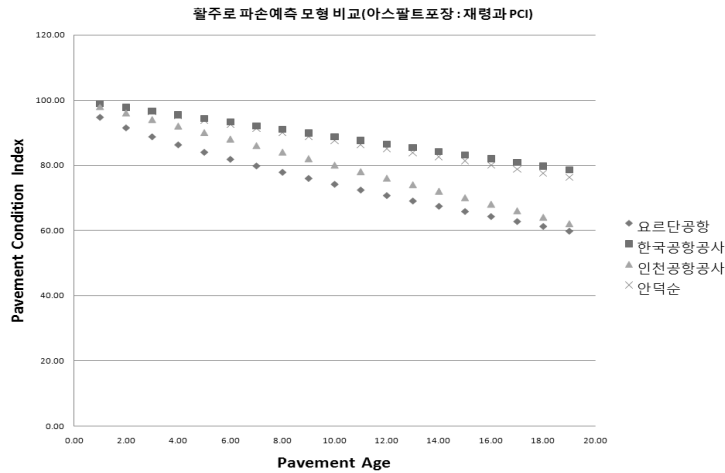


그림 1. 국내모형과 외국모형의 재령에 따른 포장상태 변화 비교(아스팔트포장)

### 3. 자료수집

현재 국내공항은 한국공항공사에서 운영중인 김포국제공항 등의 14개 공항과 인천국제공항공사에서 운영 중인 인천국제공항으로 15개공항이 운영중에 있다. 따라서 본 연구에서는 포장의 건설 및 유지보수 자료와 최근 포장평가 보고서를 수집하였다. 그리고 수집된 자료는 분석을 통해 최종적으로 최근 8년간(2000~2007년) PCI 및 재령, 교통량, 포장두께를 동질성 구간별로 조사하였다.

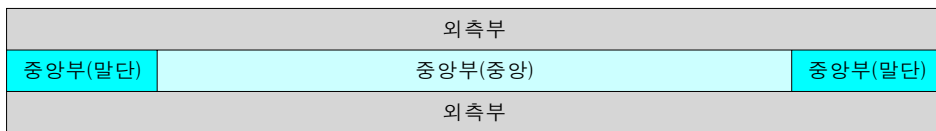


그림 2. 활주로 동질성구간 분리

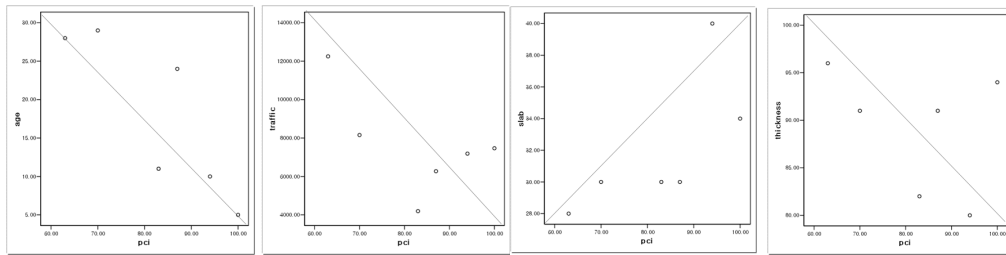
### 4. 예측모형 개발

#### 4.1 상관관계 분석

본 연구에서는 콘크리트포장과 아스팔트포장에 대하여 포장결함 발생에 영향을 미치는 요소로 활주로 중앙부는 교통량과 재령, 포장두께를 외측부는 교통량을 제외한 나머지 요소로 PCI와의 상관관계를 분석하였다.

##### 4.1.1 콘크리트포장

콘크리트포장의 상관관계분석 결과 교통량과 Slab두께는 PCI와 상관관계가 낮은 것으로 나타났으며, 재령과 상대적으로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 포장 전체두께(Thickness)는 PCI와 양의 선형관계이어야 하나 음의 선형관계를 나타내고 있다.

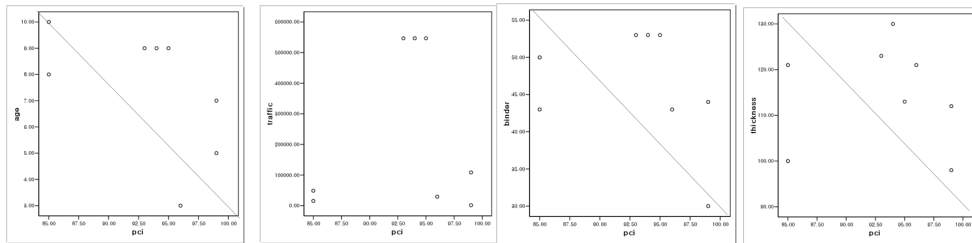


재령-PCI                      교통량-PCI                      Slab두께-PCI                      전체두께-PCI

그림 3. 상관분석 산점도(콘크리트포장 중앙부(중앙))

#### 4.1.2 아스팔트포장

아스팔트포장의 상관관계분석 결과, 콘크리트포장과 같이 교통량과 아스팔트층 두께는 PCI와 상관관계가 낮은 것으로 나타났으며, 재령과 상관관계가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 그리고 아스팔트층 두께와 포장 전체두께(Thickness)는 PCI와 양의 선형관계이어야 하나 음의 선형관계를 나타내고 있다.



재령-PCI                      교통량-PCI                      아스팔트 층 두께-PCI                      전체두께-PCI

그림 4. 상관분석 산점도(아스팔트포장 중앙부(중앙))

#### 4.2 Micropaver의 필터링 논리를 이용한 회귀분석

콘크리트포장과 아스팔트포장의 상관관계분석 결과, 교통량과 포장두께는 PCI와 상관관계가 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 PMS 운영 프로그램인 Micropaver의 필터링을 통해 재령만을 입력변수로 하여 회귀분석을 통해 PCI 예측모형을 개발하였다. 필터링이란 조사된 자료중 전체적인 경향에서 너무 크게 벗어나는 자료들을 제거함으로써 예측모형의 적합성을 높여려는 방법이다. 예측모형의 결정은 원시자료와 1차 회귀식을 이용하여 필터링을 수행하고 가장 유효하다고 판단되는 회귀식으로 결정하였다.

#### 4.2.1 콘크리트포장

활주로 중앙부 중앙의 경우 원시자료를 이용하여 회귀식을 추정한 결과 그림 5와 같이 10% 필터링의 경우 2개의 PCI 자료가 제거 되었으며 20%의 필터링에서는 원시자료가 모두 포함되었다. 표1은 다양한 회귀식중에서 타당하다고 판단된 식을 제시하고 있다.

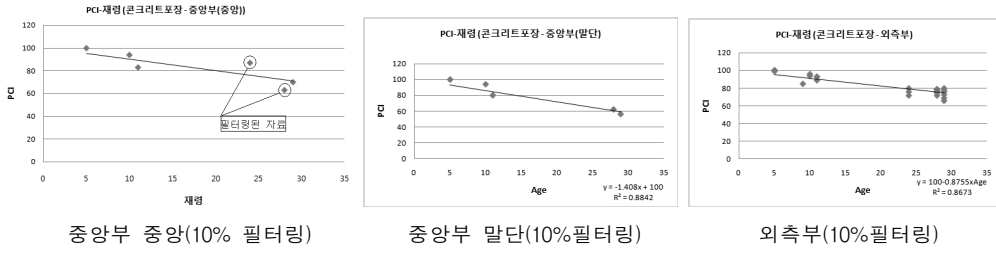


그림 5. 콘크리트포장 회귀식 추정 그래프

표 1. 콘크리트포장 회귀식

동질성 구간	필터링	회귀식	R <sup>2</sup>	비고
중양부 중앙	10%	PCI = 100-1.0368×Age	0.86	
중양부 말단	10%	PCI = 100-1.408×Age	0.88	
외측부	10%	PCI = 100-0.8755×Age	0.86	

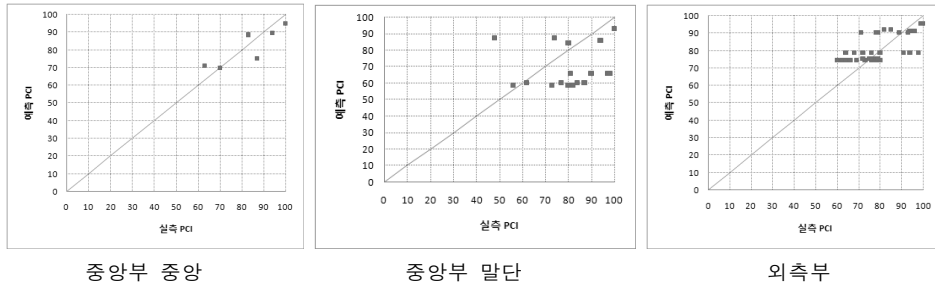


그림 6. 개선모형과 원시자료 비교평가

#### 4.2.2 아스팔트포장

아스팔트포장 활주로 중양부 중앙의 경우 원시자료를 이용하여 회귀식을 추정한 결과 그림 7과 같이 10% 필터링의 경우 원시자료가 모두 포함되었으며 R<sup>2</sup> 값이 낮게 분석되었다. 그리고 일부자료를 강제제거하여 회귀분석을 하여도 R<sup>2</sup> 값이 낮아 유효한 회귀식이 없는 것으로 분석되었다.

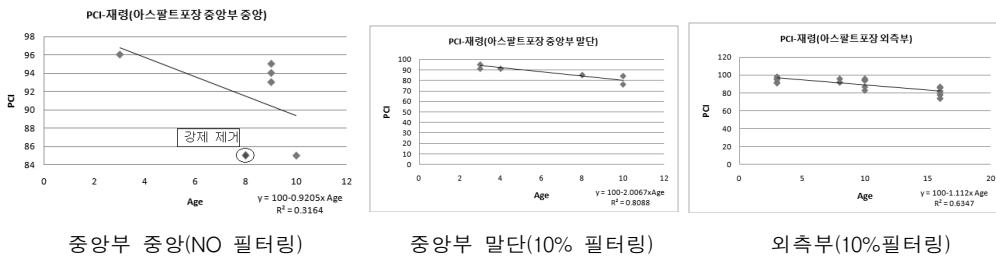


그림 7. 아스팔트포장 회귀식 추정 그래프

표 2. 아스팔트포장 회귀식

동질성 구간	필터링	회귀식	R <sup>2</sup>	비고
중양부 중앙	No 필터링	PCI = 100-0.9205×Age	0.31	10% 필터링에서 모든 원시자료 포함
중양부 말단	10%	PCI = 100-2.0067×Age	0.80	
외측부	10%	PCI = 100-1.112×Age	0.634	

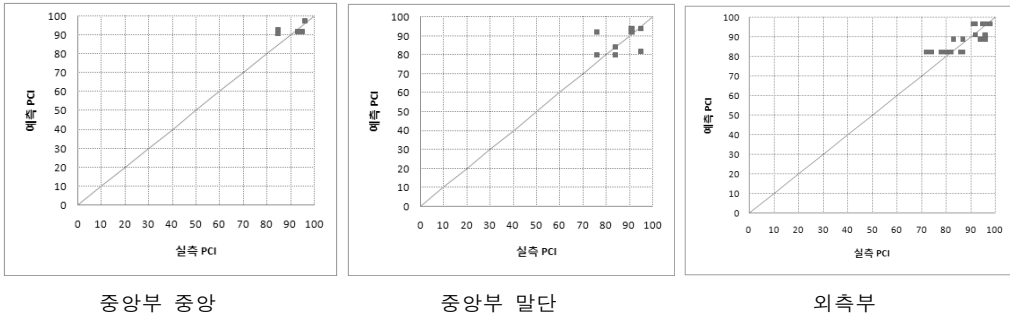


그림 8. 개선모형과 원시자료 비교평가

### 4.3 회귀분석 결과 종합

회귀분석 결과 아스팔트포장의 중양부 중앙을 제외한 동질성 구간별 유효한 회귀식을 얻을수 있었다. 콘크리트포장의 분석결과 재령에 따라 항공기가 서행하는 활주로 중양부 말단이 고속으로 이동하는 중양부 중앙보다 PCI 감소가 다소 큰 것으로 나타났고, 항공기 하중을 받지 않는 외측부가 PCI 감소가 가장 적은 것으로 나타났다. 아스팔트포장의 경우 재령에 따라 항공기가 서행하는 중양부 말단이 항공기 하중을 받지 않는 외측부 보다 PCI 감소가 약 2배 큰 것으로 나타났다.

## 5. 기존모형과 개선모형의 비교평가

### 5.1 콘크리트포장

콘크리트포장의 재령에 따른 PCI 예측모형 비교결과 표 3과 같이 모든 동질성 구간에서 인천국제공항공사 예측모형이 PCI 감소가 가장 큰 것으로 나타났고 한국공항공사의 모형은 외측부는 개선모형과 유사하고 중앙부는 PCI 감소가 개선모형에 비해 작은 것으로 나타났다.

표 3. 기존모형과의 개선모형의 PCI 예측 비교결과(콘크리트)

구분	중양부 중앙						중양부 말단						외측부					
	5년	10년	15년	20년	25년	30년	5년	10년	15년	20년	25년	30년	5년	10년	15년	20년	25년	30년
한국공항공사	96	91	87	82	77	73	96	91	87	82	77	73	96	91	87	82	77	73
인천공항공사	93	85	78	70	63	55	93	85	78	70	63	55	93	85	78	70	63	55
개선모형	95	90	85	79	74	69	93	86	79	72	65	58	96	91	87	83	78	74

### 5.2 아스팔트포장

아스팔트포장의 재령에 따른 PCI 예측모형 비교결과 표 4와 같이 모든 동질성 구간에서 외국 예측모형이 PCI 감소가 가장 큰 것으로 나타났다. 활주로 중양부 말단은 인천국제공항공사 모형과 개선모형이 동일한 예측결과를 나타내고 있고, 외측부는 개선모형과 한국공항공사 예측모형이 동일한 예측결과를 나타내고 있다.



표 4. 기존모형과의 개선모형의 PCI 예측 비교결과(아스팔트)

구분	중앙부 말단				외측부			
	5년	10년	15년	20년	5년	10년	15년	20년
요르단공항(1996)	84	74	66	58	84	74	66	59
한국공항공사(2002)	95	89	83	78	95	89	83	78
인천공항공사(2000)	90	80	70	60	90	80	70	60
개선모형	90	80	70	60	95	89	83	78

## 6. 결론 및 향후 연구방향

### 6.1 결 론

연구결과, 기존 예측모형과 달리 활주로 포장의 동질성 구간별, 즉 활주로 중앙부와 외측부 그리고 중앙부내에서도 항공기가 고속주행하는 중앙부 중앙과 말단이 재령에 따라 PCI 감소가 다른 것으로 나타났다. 따라서 활주로 포장의 공용성(PCI) 예측시에는 항공기 운항특성을 고려하여 동질성 구간별로 예측을 하여야 하는 것으로 분석되었다. 특히 활주로 외측부는 기존모형과 달리 중앙부와 분리하여 공용성을 예측하여야 PMS 운영시 포장보수 예산을 효과적으로 집행하여 절감할 수 있을 것으로 나타났다. 또한 콘크리트포장은 항공기가 지속적으로 이용하는 중앙부 말단이 고속으로 이용하는 중앙부 중앙 보다 재령의 경과에 따라 PCI 감소가 다소 큰 것으로 분석되었다.

### 6.2 향후 연구방향

공항포장의 공용성 예측모형은 경제적인 포장관리를 위해 신뢰성이 중요하다. 따라서 항공기의 안전운항을 확보하고 국가적 예산이 낭비되지 않도록 우리나라의 공항 특성에 맞는 지속적인 예측모형 연구가 필요하다. 또한 더 많은 포장상태 조사 자료를 축적하여 본 연구에서 유효하지 못한 것으로 분석된 아스팔트포장 중앙부 중앙의 PCI 예측 모형의 개선 연구가 필요하다. 더 나아가 이상적인 예측모형인 공항별 PCI 예측모형 연구를 실시하여 적용함이 가장 바람직 할 것으로 판단된다, 유도도 및 계류장 포장상태 예측모형 그리고 활주로 평탄성에 대한 예측모형 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 참고 문헌

1. 한국공항공사, 2000~2008 포장평가 보고서(김포,김해,제주,광주,청주,원주,울산,양양)
2. 안덕순, 2001, 공항포장 파손예측모형 개발연구
3. 서영찬 외 2명, 2002, Development of Deterioration Prediction Models for Airfield Rigid Pavements(TRB)
4. 인천국제공항공사, 2000, Development of Performance Models for PMS(Applied Pavement Technology, Inc)
5. AI-Suleiman, A.M. Shiyab and H.R. AI-Masaeid, 1996, Development of Models for Prediction of Airfield Pavement Deterioration(Vol 5 No 3 Road & Transport Research)