

# 포장파손예측모형을 이용한 잔존수명 산출에 대한 연구

## A Study on Remaining Life Calculation Using Pavement Deterioration Prediction Models

안덕순\* · 권수안\*\* · 서영찬\*\*\* · 엄병식\*\*\*\*

An, Deok-Soon · Kwon, Soo-Ahn · Suh, Young-Chan · Eom, Byung-Sik

### 1. 서론

포장은 공용 후 시간이 흐르고 하중이 가해질수록 구조적, 기능적 상태는 악화된다. 효율적인 포장관리를 위해서는 이렇게 악화되는 상태를 명확히 분석하여 향후 포장의 수명을 판단해야 하고, 분석결과는 예산확보 및 예방적 차원의 유지보수를 위한 기본자료가 될 수 있다. 잔존수명을 산출하는 방법으로는 구조해석을 통한 피로식을 이용하는 방법, 포장파손예측모형을 이용하는 방법 등이 있다. 구조해석을 이용하는 경우에는 현재의 포장상태를 분석하여 잔존수명을 산출하거나 과거 및 미래 교통량을 이용하여 Miner's 이론에 의해 잔존수명을 산출한다. Miner's 이론은 과거 교통량에 대한 수명소모의 계산을 위해 사용되는 것으로 포장체에 하중이 가해짐으로서 발생되는 구조적 손상들은 산술적으로 누적되며, 포장체는 허용반복하중수(N)만큼의 하중이 가해지면 파손한계에 이른다는 가정으로 만들어진 가설이다(1). 포장파손예측모형을 이용하는 경우에는 모형에 의해 예측된 PCI와 포장파괴 기준인 Critical PCI에 의해 잔존수명을 산출한다.

포장의 성능은 구조적 성능, 기능적 성능, 안전적 성능으로 구분할 수 있으며, 포장수명의 증진과 보수·보강을 위해 현재의 포장상태를 이룬 3가지 성능에 대해 분석하여 향후 포장의 수명을 예측하는 과정인 잔존수명을 산출할 필요성이 있다. 포장구조해석을 통해서도 주로 구조적 성능을 판단하게 된다. 공항포장은 항공기의 무거운 하중과 빠른 주행속도에 안전을 줄 수 있는 측면을 고려하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 공항포장에서 포장파손예측모형을 이용하여 잔존수명을 산출하는 연구를 수행하였다. 포장파손예측모형에서 포장상태를 나타내는 지수로 포장상태 지수(PCI, Pavement Condition Index)를 사용하였다. 포장파손예측모형에서 포장파괴의 기준은 Critical PCI로 정의한다. Critical PCI란 포장상태가 갑자기 악화되거나 유지보수비용이 급격히 증가하는 시점의 포장상태를 나타내는 PCI 값을 말한다. 포장파손예측모형을 이용하여 잔존수명을 산출할 경우에는 포장파손에 영향을 주는 여러 가지 요소를 고려하여 최적의 모형이 개발될 수 있도록 해야한다. 따라서 포장상태조사를 통해 데이터베이스를 지속적으로 구축하여 포장상태 변화를 정확히 예측할 수 있는 모형을 개발하는 연구가 수행되어야 한다.

### 2. 포장파손예측모형의 개발

\* 한국건설기술연구원 토목연구부 도시시설연구그룹 연구원 dsan@kict.re.kr(031-910-0542)

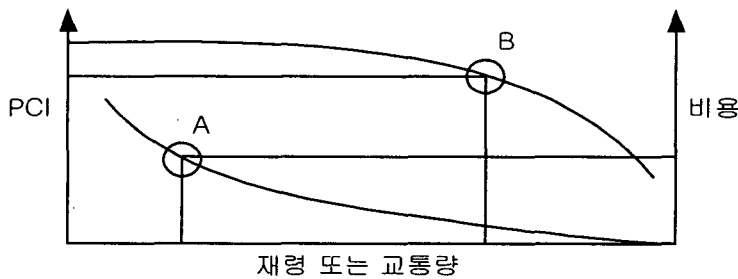
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 도시시설연구그룹 선임연구원 sakwon@kict.re.kr(031-910-0174)

\*\*\* 정회원 · 한양대학교 교통공학과 부교수 suhyc@email.hanyang.ac.kr(031-400-5155)

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 토목연구부 도시시설연구그룹 연구원 bseom@kict.re.kr(031-910-0541)

## 2.1 Critical PCI의 개념

포장은 공용 후 교통량이 증가할수록 포장상태가 악화되고 이를 방지하고 수명을 증진시키기 위해 유지보수가 수행된다. Critical PCI란 포장상태가 갑자기 악화되거나 유지보수비용이 급격히 증가하는 시점의 포장상태를 나타내는 PCI 값을 말한다(그림 3.1)(2). PCI가 Critical PCI보다 작으면 최소한 덧씌우기의 유지보수가 필요하다. Critical PCI는 교통조건, 환경조건 등에 따라 다르게 나타날 수 있다. 국내 공항포장의 경우, 포장전문가의 설문조사 결과 Critical PCI는 70이 적당하다는 결론이 나왔다.



A : 유지보수비용 측면에서의 Critical PCI  
B : PCI 측면에서의 Critical PCI

<그림 3.1> Critical PCI의 정의

## 2.2 포장파손예측모형의 개발

포장파손예측모형은 과거의 포장상태 변화를 분석하여 미래의 포장상태를 예측하는 것으로 여기에는 교통량, 재령, PCI 등의 변수가 이용된다. 국내 공항포장의 포장파손예측모형은 PCI와 재령, PCI와 교통량을 이용하여 분석한 결과 <표 3.1>과 같은 모형이 산출되었다(3). 공항포장의 경우, 포장구조는 A 교통구역, B 교통구역, C 교통구역으로 구분한다. 본 연구에서는 A 교통구역과 C 교통구역으로 구분하여 모형을 개발하였다(표 3.2).

포장파손예측모형은 국내의 포장 공용성에 영향을 주는 요소를 고려하여 개발하여야 하며, 포장의 공용성에 대한 자료는 지속적으로 데이터베이스화해야 한다. 그리고 이런 축적된 자료를 이용하여 모형을 개발하고 개선하는 연구가 수행되어야 한다.

<표 3.1> 공항포장의 파손예측모형

포장형식	회귀식(독립변수: 재령)	R <sup>2</sup>	회귀식(독립변수: 교통량)	R <sup>2</sup>
콘크리트포장	PCI = 100-0.8454×Age	0.78	PCI = 100-0.0003×Tr	0.72
아스팔트포장	PCI = 100-1.1497×Age	0.88	PCI = 100-0.00002×Tr	0.66



<표 3.2> 공항포장의 교통구역별 파손예측모형

포장형식	회귀식(독립변수: 재령)*	R <sup>2</sup>	회귀식(독립변수: 재령)**	R <sup>2</sup>
콘크리트포장	PCI = 100-0.902×Age	0.38	PCI = 100-0.9954×Age	0.60
아스팔트포장	PCI = 100-0.8416×Age	0.35	PCI = 100-0.1.132×Age	0.40

\* : A 교통구역

\*\* : C 교통구역

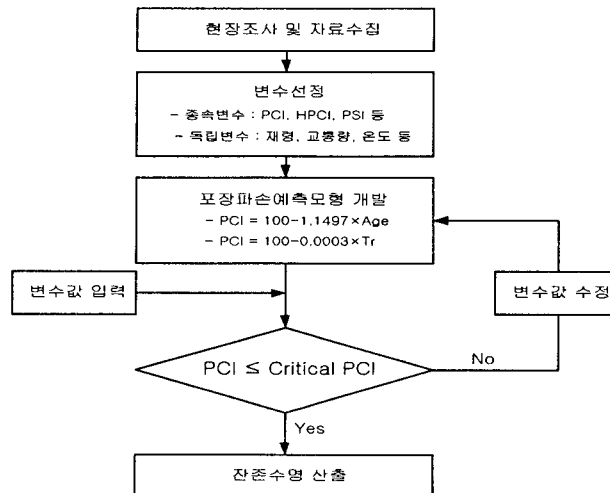
### 3. 포장파손예측모형을 이용한 잔존수명 산출

#### 3.1 잔존수명 산출 방법

포장파손에 주요한 영향을 주는 요소를 고려하여 포장상태를 예측할 수 있는 모형을 개발하여 이를 바탕으로 잔존수명을 산출하게 된다. 포장파손에 영향을 주는 주요 요소로는 재령, 교통량, 온도 등이 있다. 이 방법은 개발된 모형을 이용하여 향후 포장상태지수(PCI)의 변화를 예측하고, PCI와 Critical PCI를 비교하여 포장파괴를 분석한다. 즉, PCI가 Critical PCI보다 낮을 경우 포장 은 파괴된 것으로 간주한다. 따라서 PCI가 Critical PCI에 도달할 때까지의 재령, 교통량 등을 이용하여 잔존수명을 산출하게 된다. 포장파손예측모형에 의한 잔존수명 산출은 제 3절에서 자세히 설명된다.

#### 3.2 잔존수명 산출

포장파손예측모형을 이용한 잔존수명은 포장상태를 나타내는 지수와 파손의 기준에 해당하는 값과의 비교를 통해 산출된다. 본 연구에서 제시하는 공항포장의 파손예측모형을 이용한 잔존수명의 산출은 <그림 3.2>와 같이 수행된다.



<그림 3.2> 포장파손예측모형을 이용한 잔존수명의 산출



#### 4. 요약 및 향후 연구과제

본 연구는 포장파손예측모형을 이용하여 잔존수명을 산출함으로써 포장의 구조적, 기능적, 안전적 측면을 고려할 수 있는 방안을 연구하였다. 본 연구에 대해 요약하면 다음과 같다.

1. 포장파손예측모형을 이용하여 포장의 구조적, 기능적, 안전적 측면을 고려하여 잔존수명을 산출할 수 있는 연구를 수행하였다.
2. 포장파괴의 기준으로 Critical PCI 개념을 이용하여 잔존수명을 산출하였다.
3. 포장파손예측모형을 개발하는데 있어 포장파손에 주요 영향을 주는 요소를 고려하였다.
4. 포장파손에 영향을 주는 여러 인자 및 포장파손예측모형 개발을 위한 지속적인 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 논문은 한국과학기술부, 한국과학재단에서 지원한 첨단도로연구센터의 연구수행 결과입니다.

#### 참고문헌

1. Mindess, S., J. F. Young, *Concrete*, Prentice-hall, INC., New Jersey, 1981.
2. Shahin, M. Y., *Pavement Management for Airports, Road and Parking lots*, Chapman & Hall, New York, 1994.
3. 안덕순, *공항포장 파손예측모형 개발 연구*, 석사학위 논문, 2001.