

# 국도 아스팔트 포장 파손예측모델 개발을 위한 장기 관측 구간 선정에 관한 연구

Selection of Long-Term Pavement Performance Sections  
for Development of Distress Prediction Model in National Asphalt Pavement

권수안\* · 유평준\*\* · 김기현\*\*\* · 조윤호\*\*\*  
Kwon, Soo Ahn · Yoo, Pyeong Joon · Kim, Ki Hyun · Cho, Yoon Ho

## Abstract

Special pavement test sections were selected to develop a distress prediction model on asphalt pavement of National Highway. Experimental design was conducted for the selection of LTPP sections on in-service pavement(new and overlaid pavement) using several variables affecting pavement performance. Preliminary sections that satisfied the design template were chosen from the national highway database, and final selection was fixed through field inspection. The number of monitoring section is 95 including 47 overlaid pavement. A pavement distress data such as crack and rutting were collected for two years. An interim pavement performance analysis was performed to show feasibility of performance monitoring program.

Data related pavement such as traffic, weather, material characteristic and crack etc. should be collected for next project years and distress prediction model will be developed through the statistical analysis.

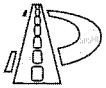
**Keywords** : distress prediction model, asphalt pavement, performance, experimental design

## 요 지

본 연구에서는 국도 아스팔트 포장의 포장파손예측모델을 개발하기 위한 장기 공용성 관측 구간을 선정하였다. 관측 구간의 선정에 위하여 신설 포장 구간 및 덧씌우기 포장 구간에 대한 실험계획표를 작성하였고, 실험계획표의 각 셀에 해당되는 구간은 국도 데이터 베이스를 이용하여 예비 관측 구간을 선정하였고, 현장 조사를 통하여 최종 관측 구간을 선정하였다. 선정된 관측 구간의 단위 연장은 200m이며, 신설 포장 구간 47개소 및 덧씌우기 포장 구간 48개소가 선정되었다. 선정된 관측 구간에 대하여 시간의 변화 또는 교통량의 변화에 따른 포장 상태를 바탕으로 균열 및 러팅에 관한 1차 분석 작업을 진행하였다. 향후 포장 관련 다양한 정보가 데이터 베이스에 구축된 후 통계분석을 통하여 포장 파손 예측 모형이 개발되어야 할 것이다.

**핵심용어** : 파손예측모델, 아스팔트 포장, 공용성, 실험계획표

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 도로시설연구그룹 선임연구원  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 도로시설연구그룹 선임연구원  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 토목연구부 도로시설연구그룹 연구원  
\*\*\*\* 정회원 · 중앙대학교 건설환경공학과 조교수



## 1. 서론

방대한 양의 도로 포장을 한정된 예산 범위 내에서 합리적으로 유지관리하기 위해 포장 관리 시스템(PMS, Pavement Management System)이 도입되었다. 포장 관리 시스템은 조사, 대안 분석 및 최적의 유지보수 제시 등 일련의 포장 평가 업무가 효율적으로 진행될 수 있도록 지원하는 도구이다. PMS에는 포장파손예측모델이 필수적이다. 포장파손예측모델이란 현재의 포장상태가 주어진 환경과 교통하중 아래에서 향후 어떻게 변화될 것인가를 추정하는 모형을 말한다.

포장 파손 예측 모델의 대표적인 예는 세계에서 행에서 개발한 HDM-III 모델을 들 수 있으며, 이는 국도 포장 관리 체계에서 채택되어 사용되고 있으나, 외국의 경험을 바탕으로 하여 개발된 것이다. 포장파손예측모델은 포장체가 놓여진 장소의 기후를 비롯한 환경여건, 교통량의 사회적 여건 및 재료적 여건 등에 따라 상당히 달라지므로 국내 실정에 적합한 포장파손예측모델을 개발하여 포장을 유지 관리하는 것이 필요하다. 1958년 AASHO 도로 시험이래 세계 각 국에서는 자국의 실정에 알맞은 포장파손예측모델의 개발에 심혈을 기울이고 있다. 미국에서는 1987년부터 5년 동안 전략적 도로연구 사업(SHRP, Strategic Highway Research Program)이라는 대규모 포장 관련 연구를 수행하여 산발적으로 수행되고 있던 도로 연구 사업을 체계화하는데 노력하였다. 전략적 도로연구 사업의 일부인 포장 공용성 장기 관측 연구(LTPP, Long Term Pavement Performance)는 도로 포장의 수명을 연장시키는 것을 목적으로 하여 장기간의 포장상태를 관측하여 포장파손예측모델의 개발을 추진하고 있다.<sup>(6)</sup> 국내에서는 고속도로 포장관리체계를 구축하면서 국내 고속도로 실정에 적합한 포장파손예측모델의 개발을 위하여 단위 구간 길이가 200m인 아

스팔트 포장 구간 37개소, 콘크리트 포장 구간 45개소를 선정하여 포장 상태를 지속적으로 관측하고 그 자료를 수집 중에 있다.<sup>(3)</sup>

본 논문은 국내 LTPP 연구의 첫 단계로 시작한 조사 구간의 선정에 있어 고려한 인자와 실험 계획표 작성 과정을 상세하게 기술하였다. 국도 데이터 베이스를 이용하여 국도의 현황 자료를 수집하였고, 조사 구간의 선정을 위해 실험계획표(experimental design)를 작성하였으며, 대상 구간은 실내 조사 및 현장 조사를 통하여 최종 결정하였다.

## 2. 포장 파손 예측모델

공용성 모형은 장래 추정 및 공법별 회복 정도를 파악하는 것이 중요하다. 포장파손예측모델이 포장 관리에 어떻게 이용되는지를 그림 1에 나타내었다. 실선은 신설 이후 현재까지 포장 상태가 변해온 과정을 나타내고, 점선 구간은 추정 예측 구간으로, 현재의 포장 상태에서 공용 기간(performance period)동안 포장의 상태가 어떻게 변화되는가를 나타내고 있다. 이 시점에서 유지보수를 시행하였을 때 보수 후 포장의 상태가 어떻게 변화되는가를 나타낼 수 있어야 한다. 이러한 예측모델을 개발하기 위해서는 아래와 같은 요구조건이 선행되어야 한다.<sup>(12)</sup>

- 적정량의 포장 파손 데이터
- 포장 파손에 영향을 미치는 모든 인자를 포함하는 데이터 베이스
- 현실과 부합하는 적절한 예측 모델 함수 형태의 선정
- 모델의 정확도를 평가하기 위한 기준

예측모델의 종류는 확률론적(probabilistic) 모델과 결정론적(deterministic) 모델로 구분할 수

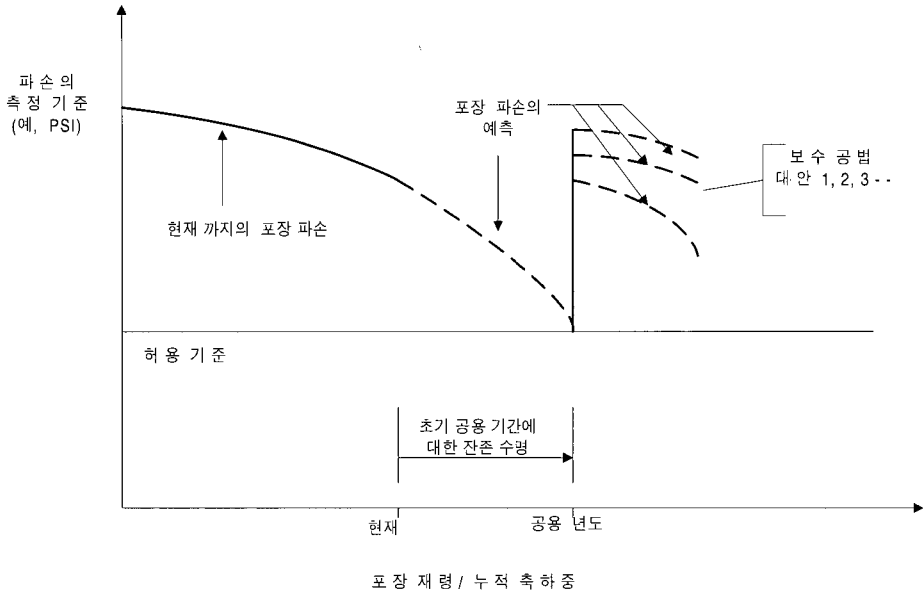
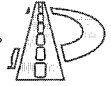
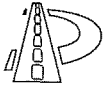


그림 1. 포장파손예측모델의 이용 개념도

있으며 개발 과정에 따라 순수 이론적(pure mechanistic), 이론-경험적(mechanistic-empirical), 경험적(empirical), 주관적(subjective) 모델로 구분된다. 순수 이론적 모델은 포장체의 거동과 관련된 인자 즉, 응력, 변형률, 처짐 값 등을 이용하여 포장 파손을 예측하는 것으로서 복잡한 포장 구조의 인과 관계에 비해 비교적 단순한 가정의 이론 모델이 채택됨으로 특수한 경우에만 적용될 뿐 실용화 단계에 이르지 않고 있다. 이론-경험적 모델이란 포장의 현장 조사를 통하여 경험적으로 얻게 되는 종단평탄성 또는 균열 등의 포장 파손들과 이론 모형을 통하여 얻게되는 포장체의 거동과의 관계를 통하여 포장 손상을 추정하는 방법이다. 세 번째 형태로서 장기간동안 포장체의 파손상태, 교통량, 처짐량 등 포장관련 인자들을 관측하고, 일정량의 자료가 수집되면 회귀분석 등을 통하여 예측모형을 개발하는 경험적 모형을 들 수 있으며, 1980년대 말 미국의 SHRP에서 시

도되었던 LTPP 공용성 모형을 예로 들 수 있다.<sup>(7)</sup> 네 번째 형태는 기술자 또는 전문가의 주관적 의견들을 수렴하여 예측모형을 개발하는 것으로 마르코프 과정(Markov process)을 이용한 전이확률기법(transition probability technique)이 좋은 예이다. 위의 네 가지 모델 중 순수 이론적 모델을 제외하면 공통적으로 포장 상태 변화라는 경험의 축적이 필요하며 따라서 일반 국도 내에 시험 포장 구간을 선정하고, 포장 상태 변화를 장기적으로 관측함으로써 예측모형을 개발하는 과정은 타당한 것이다.

시험 구간을 정함에 있어 일반적으로 두 가지 접근 방법을 고려할 수 있다. 첫째는 기존의 공용되는 포장에서 시험 구간을 정하는 방법이다. 비교적 적은 비용으로 시험 구간을 선정할 수 있고, 추가 건설 소요기간이 없으므로 시험기간을 줄일 수 있다는 장점이 있는 반면에 실험의 통계가 근본적으로 어렵다는 단점이 있다. 두 번째는



신설 포장만을 이용하는 방안이다. 새로운 유지보수 공법이나 포장 재료의 검증 등 특수한 용도로 자주 이용되는 것으로 비용이 대규모로 소요되고 기간도 많이 소요되나, 연구 결과는 매우 만족할 만한 것으로 보고되고 있다.

본 연구는 그림 2에서와 같이 비교적 비용이 적게드는 기존 포장에서 시험 구간을 취하는 형태로 진행하였다. 국도에 존재하는 아스팔트 포장의 형태 및 주요 파손 형태를 파악하여 선택된 파손 형태에 영향을 미치는 주요 인자를 문헌 조사 및 전문가적 판단을 통하여 결정하였다. 선정된 파손 형태에 대하여, 국도 PMS의 데이터 베이스를 이용하여 국내 분포 현황을 조사하고 실험계획표를 작성하기 위한 수준(level) 수를 결정하였다. 시험 포장 구간의 수를 제한하기 위해 수준 수는 되도록 두 개로 한정하였다. 이와 같은 과정을 통하여 실험계획표를 작성하고, 작성된 표의 각 칸에 해당하는 구간을 현장 조사를 통하여 선정하였다.

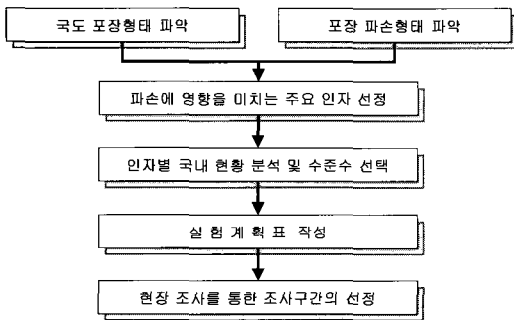


그림 2. 조사 구간의 선정을 위한 흐름도

### 3. 실험계획표의 작성

구간 선정을 위하여 실험계획표를 작성해야 한다. 우선 국내의 포장형태를 파악하고, 아스팔트

포장의 대표적인 파손형태를 조사했고 선정된 주요 파손형태에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 영향 인자의 국내 분포 현황 및 수준을 결정하여 최종적으로 실험계획표를 작성하였다.

### 3.1 국내 포장 형태의 파악

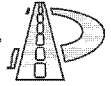
국도 데이터 베이스를 이용하여 포장 형태별 연장을 파악한 결과 건설교통부가 관리하는 일반 국도에서는 아스팔트 안정처리 기층 위에 아스팔트 덧씌우기가 제일 많음을 알 수 있었다. 표 1에서 보듯이 아스팔트 기층 위에 놓인 포장이 전체 연장의 90% 정도를 차지하고 있었고, 입도조절 기층의 포장은 연장이 적을 뿐만 아니라, 향후에도 채택이 많지 않을 것으로 판단되어 본 연구에서는 제외하였다.

표 1. 국도 아스팔트 포장 형태 분포(1)

구분	포장층 구조	연장 (km)	비율 (%)
1	아스팔트 기층 위 아스팔트 표층	4000.815	41.00
2	자갈 기층 위 아스팔트 표층	326.954	3.37
3	1 번 형태 위 아스팔트 표층 덧씌우기	4616.579	48.00
4	2 번 형태 위 아스팔트 표층 덧씌우기	749.169	7.73

### 3.2 국도 아스팔트 포장의 파손형태

포장의 파손은 기능적 파손과 구조적 파손으로 구분할 수 있다. 기능적 파손은 포장의 거칠기를 나타내는 종단평탄성과 미끄럼 저항성 등으로 표현되고, 구조적 파손은 균열, 러팅(rutting), 라벨링 등의 표면 결함으로 나타낸다. 1994년 국도유지보수조사에서 수행한 표본조사 구간 169km의



조사 결과를 분석해 보면 결과 표 2와 같이 러팅과 균열이 가장 많이 존재하는 것으로 나타났다. 그러므로 본 연구에서는 기능적 파손을 나타내는 종단평탄성과 구조적 파손을 의미하는 균열, 러팅 등을 국도의 주요 파손 형태로 결정하였다.

표 2. 파손 형태별 분포 연장<sup>(1)</sup>

파손 형태	연장(km)	분포정도(%)	비고
균열	83.95	49.67	전체 표본 구간의 조사 연장은 169km
거북등 균열	7.6	4.5	
러팅	124.2	73.49	
소파 수선	0.9	0.53	

### 3.3 주요 파손형태에 영향을 미치는 인자

포장의 파손에 영향을 미치는 인자는 크게 내적 요인과 외적 요인으로 구분할 수 있다. 내적인 요인은 포장층을 구성하는 재료적 인자와 포장 층 두께로 구분되며, 외적인 요인은 온도, 습도 등과 같은 환경적 인자와 포장체 위를 지나가는 다양한 차종의 차량하중 등이다. 이외에도 시공 당시의 품질에 따른 초기 조건 등도 포장 파손의 영향에 포함될 수 있다.

미국 SHRP의 경우 아스팔트 포장체의 파손 형태별로 파손 진전에 영향을 미치는 인자를 선정하기 위해 전문가의 의견을 조사한 결과 누적 교통량, 아스팔트 함량 등 30 여 인자가 추천되었으며, 이들을 이용하여 파손 형태별로 민감도 분석을 수행한 결과 <표 3>과 같은 연구 결과를 발표하였다. 러팅에서는 누적 ESALs, 혼합물의 공극율, 혼합물의 두께 순서로, 종단평탄성의 경우 누적 ESALs, 아스팔트의 점성, 기온 등의 순서로 그리고 횡방향 균열의 경우는 재령, 연평균 강우량, HMAC 두께 등의 순서로 영향을 미치는 것

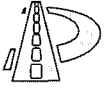
으로 나타났다.<sup>(7)</sup>

표 3. 주요 파손형태에 영향을 미치는 인자<sup>(7)</sup>

우선 순위	러팅	종단평탄성의 변화	횡방향 균열
1	누적 ESALs	누적 ESALs	재령
2	혼합물(HMAC)의 공극율	아스팔트 점성	연 강우량
3	혼합물의 두께	평균기온일수 > 32℃	혼합물의 두께
4	기층 두께	혼합물 두께	기층 두께
5	노상도 양 < #200체	기층 두께	아스팔트 점성
6	평균기온 일수 > 32℃	동결지수	기층 다짐 정도
7	혼합물 골재 양 < #4체	노상도 양 < #200체	동결지수
8	아스팔트 점성	혼합물의 공극율	평균기온 일수 > 32℃
9	연 강우량	기층 다짐 정도	노상도 < #200체
10	동결지수	연 강우량	연 KESALS
11	기층 다짐 정도	일 기온차	년 동결-융해 반복
12	연평균 최소 기온	년 동결-융해 반복	혼합물 골재 양 < #4체

\* HMAC : Hot Mixed Asphalt Concrete

조사 구간을 선정하기 위해서는 이들 인자들의 결합인 실험계획표를 작성하는 것이 필요하며, 이들 인자를 포장 형태별로 구할 수 있는지가 매우 중요한 관건이 된다. 본 연구에서는 국도 데이터 베이스의 현황 자료(inventory) 조사를 통하여 표 4와 같이 실험 계획표의 구성 인자를 선정하였다. 신설 포장 구간에서는 기후 인자, 교통량, 구조적 지수 그리고 노상지지력 값을 이용하였으며, 덧씌우기 된 포장 구간에서는 기후 인자, 교통량, 구조적 지수, 덧씌우기 두께 그리고 노상지지력 값을 이용하여 실험계획표를 작성하였다. 혼합물의 두께를 구조적 지수로 선정한 것은 아스팔트 안



정처리 기층 위에 아스팔트 콘크리트 표층이 채택되는 국내 여건을 감안한 것으로 향후 두께로도 변환이 쉽게 됨을 고려하였다. 단, 아스팔트 함량이나 혼합물의 공극률로 대표되는 배합설계 관련 인자는 자료의 미비로 인해 실험 계획보다는 분석과정에서 이들을 고려하기로 하였다.

표 4. 포장 형태별 실험 계획표 작성을 위해 선정된 인자

구 분	신설 포장 구간	덧씌우기 된 포장
환경적 인자	온도 및 동결지수	온도 및 동결지수
하중관련 인자	교통량	교통량
구조적 인자	구조적지수(Structural Number), 노상지지력(CBR)	SN, 덧씌우기 두께, CBR
배합설계관련 인자	고려치 못함 <sup>주)</sup>	고려치 못함 <sup>주)</sup>

주) 국토 데이터 베이스에 아스팔트 포장의 재료에 관한 자료가 없으므로 선정하지 못함

### 3.4 인자별 국내 분포 현황 및 수준의 결정

선정된 인자들의 분포와 수준(level)의 대, 소를 나누기 위해 상세 조사가 실시된 1996년 9000 여 km 구간의 자료를 이용하여 인자들의 분포를 살펴 보았다. 환경적 인자는 온도와 동결지수를 동시에 고려하였는데, 온도 등온선 13°C와 동결지수 600 선이 비슷하게 일치하므로, 표 5와 같이 국토유지 사무소에 따라 두 개 구간으로 구분하였다.

표 5. 기후 인자를 고려하여 구분한 국토유지건설사무소

구 역	해당 국토유지건설사무소 및 노선
A 구역	수원, 의정부, 홍천, 강릉 <sup>주)</sup> , 정선, 충주, 보은, 논산, 예산, 영주
B 구역	전주, 남원, 광주, 순천, 대구, 포항, 진주, 진영, 국도 7호선 <sup>주)</sup>

주) 강릉 국토유지건설사무소 관내의 국도 7호선은 기후 분포 선에 의해 B 구역으로 포함시킴  
하중관련 인자를 나타내는 교통량은 연평균일

교통량(AADT, Annual Average Daily Traffic)을 10 ton 등가환산축하중(ESAL, Equivalent Single Axle Load)으로 환산한 값을 이용하였으며, 1995년도 국토 데이터 베이스를 근거로 교통량 분포를 살펴본 결과 그림 2와 같다. 교통량의 분포가 아주 다양하고 그 중요도에 비추어 세 개의 수준으로 구분하였으며, 균등한 연장으로 구분하기 위해 33% 및 66%에 해당되는 교통량 800 ESAL과 1600 ESAL이 경계값으로 제시되었다.

노상 구조지지력의 상태를 나타내는 노상지지력비(CBR, California Bearing Ratio) 분포는 그림 3과 같다. 최소 CBR값을 4로 한 산술평균은 약 11.6 정도로 나타났다. 대부분의 구간이 9에서 13에 이르는 값을 갖고 있으며, 수준을 두 개 구간으로 구분하기 위해 누적 분포의 연장이 50%에 해당하는 값 11을 기준으로 구분하였다.

포장층의 구조적 지수(SN, Structural Number)는 도로설계요령에 따라 표층은 0.157, 아스팔트 안정처리 기층은 0.114, 쇄석 기층은 0.039의 상도 강도계수<sup>(2)</sup>를 이용하였다 국토 데이터 베이스를 이용하여 전 구간에 대하여 얻은 구조적 지수의 분포는 그림 4와 같다. 구조적 지수는 신설 포장 구간에서는 3.1 이하, 3.1 초과 그리고 덧씌우기 된 구간에서는 3.8 이하, 3.8 초과로 구분하였다. 덧씌우기 두께는 5cm 이하, 초과로 구분하였으며, 데이터 베이스에서 덧씌우기 두께가 나타나 있지 않은 구간은 기존에 수행된 덧씌우기 두께가 대부분 5cm 이었으므로 일괄적으로 5cm로 가정하여 계산하였다.

실험계획표의 인자별 국내 분포를 파악하였고, 수준 수 및 기준을 결정한 결과 신설 포장구간 및 덧씌우기 포장 구간에 대하여 그림 5, 그림 6과 같은 최종 실험계획표가 완성되었다

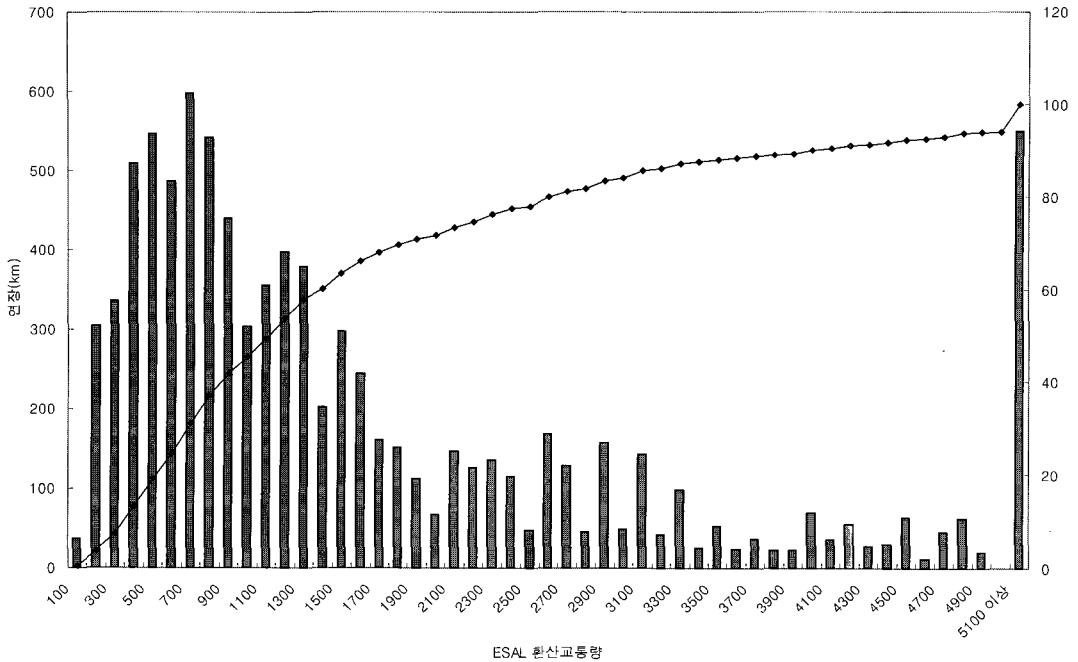
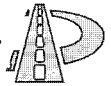


그림 2. 국도 아스팔트 포장에서 ESAL 환산교통량의 분포

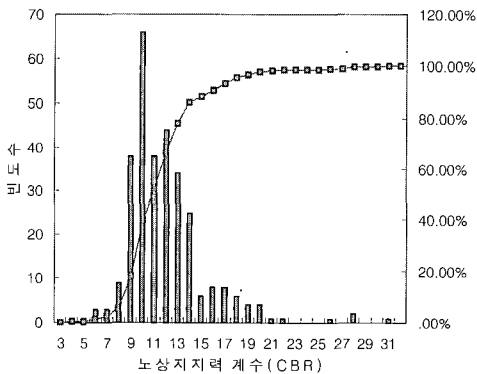


그림 3. 국도 아스팔트 포장에서 노상지지력 계수의 분포

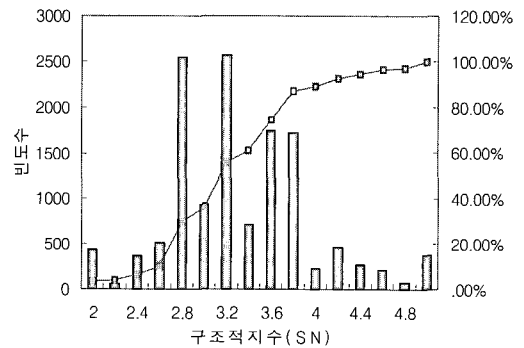
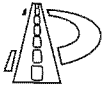


그림 4. 국도 아스팔트 포장에서 구조적 지수 값의 분포(신설 포장(예))



		L		H	
		L	H	L	H
L	L	1-1	1-2	1-3	1-4
	M	1-5	1-6	1-7	1-8
	H	1-9	1-10	1-11	1-12
H	L	1-13	1-14	1-15	1-16
	M	1-17	1-18	1-19	1-20
	H	1-21	1-22	1-23	1-24

\* L : Low    H : High

그림 5. 신설 포장 구간의 실험계획표.

#### 4. 관측 구간의 선정 및 결과

##### 4.1 관측 구간 선정 기준

실험계획표를 작성한 결과 신설 포장 구간은 24개 그리고 덧씌우기 포장 구간은 48개의 셀이 발생되었다. 실험계획표에 따라 기본적으로 신설 포장 구간은 셀 당 2개구간, 덧씌우기 포장 구간은 1개구간씩의 관측 구간을 선정하는 것을 원칙

으로 하였다. 각 셀에 해당하는 조사 구간의 선정은 국토 PMS의 데이터 베이스를 이용하여 예비 대상 구간을 선정하였고, 예비 대상 구간을 기본으로 아래와 같은 기준을 가지고 현장 조사를 수행하여 신설 포장 구간 47개소, 덧씌우기 포장 구간 48개소의 관측 구간을 선정하였다. 선정된 관측구간에는 장기공용성 관측 구간임을 알리는 표지판을 길어깨에 설치하였고 페인트를 이용하여 시험 구간임을 알리는 노면 표시를 하였다.

- 1) 단위 구간 길이는 200m로 함
- 2) 남 → 북, 서 → 동을 국토 노선의 하행으로 하며, 상행선 상에 선정
- 3) 교통량 관측 구간 일 것
- 4) 신호 교차로 부근은 제외할 것
- 5) 종단 구배가 낮은 평지 구간일 것
- 6) 조사 구간 내 터널, 교량 등의 구조물이 없을 것
- 7) 바깥쪽 차로를 조사할 것
- 8) 육안조사 및 표지판 설치를 위한 충분한 길어깨 폭이 있을 것
- 9) 미끄럼 방지 포장이 없을 것
- 10) 국토 PMS의 표본 구간 일 것

		L						H					
		L			H			L			H		
L	L	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	2-11	2-12
	H	2-13	2-14	2-15	2-16	2-17	2-18	2-19	2-20	2-21	2-22	2-23	2-24
H	L	2-25	2-26	2-27	2-28	2-29	2-30	2-31	2-32	2-33	2-34	2-35	2-36
	H	2-37	2-38	2-39	2-40	2-41	2-42	2-43	2-44	2-45	2-46	2-47	2-48

\* L : Low    H : High

그림 6. 덧씌우기 포장 구간의 실험계획표



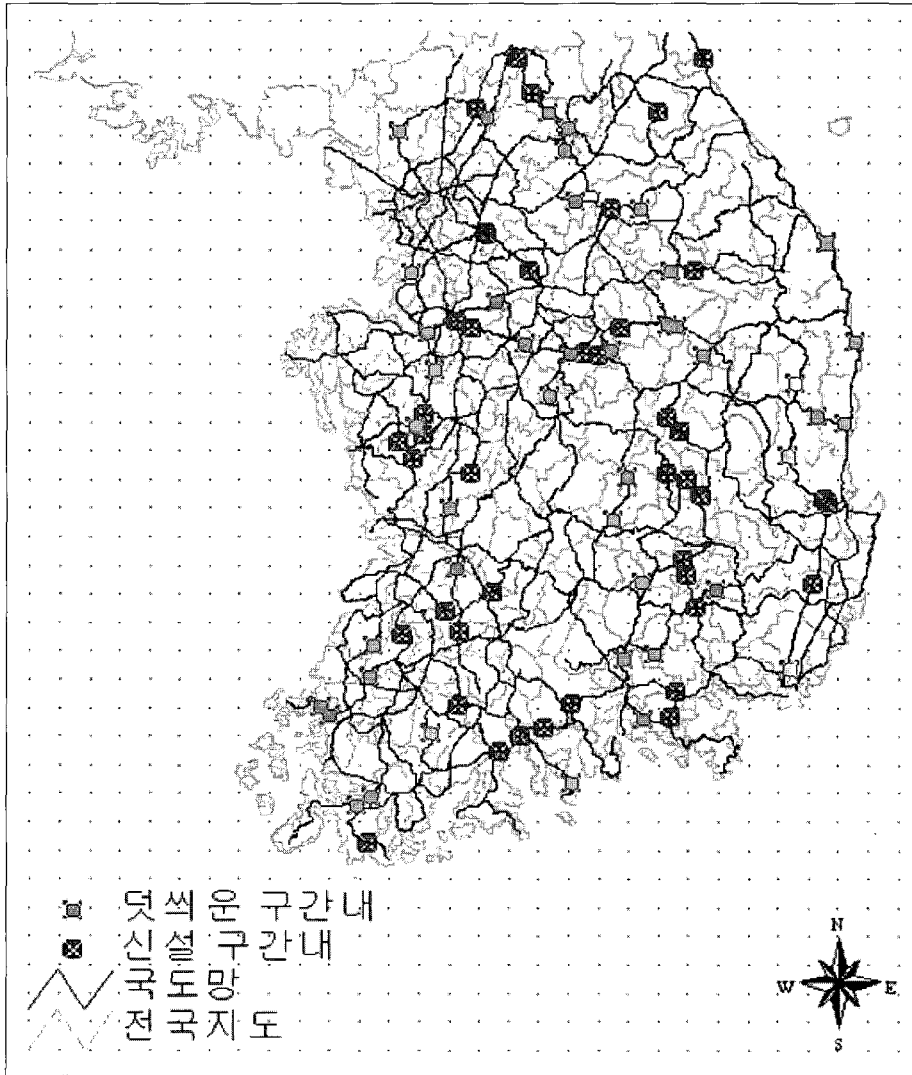
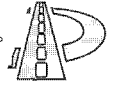
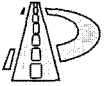


그림 7. 장기 공용성 관리 구간 현황

#### 4.2 관측구간 현장조사

현장조사에서 표면 결함은 포장 표면상에 나타나는 결함들을 총칭하는 것으로서 조사방법에 따라 균열과 패칭 등의 포장 표면 육안 조사로 정량화가 가능한 결함들과 장비를 이용하여 측정할 러팅으로 크게 구분하였다.

장기 공용성 관측 구간에서 수행된 현장 조사 항목은 표면 결함, 러팅 그리고 치짐량 등이며, 전체 구간에 대하여 봄, 가을 연 2회 측정하였다. 또한, 종단평탄성의 경우 1999년 최초로 ARAN(Automatic Road Analyzer)를 이용하여 조사를 실시하였다.



### 1) 표면 결함 조사 결과

표면결함 조사결과 관측 구간 내에서 발생된 주요 파손으로는 가로 균열, 세로 균열, 거북등 균열, 패칭 등인 것으로 나타났다. 균열의 경우, 균열율로서 조사구간에 나타난 균열길이를 조사 구간 연장 200미터에 대한 균열면적으로 환산하여 나타내었다. 그림 7은 표면결함의 예로써 균열 분포 현황을 재령에 따라 나타낸 것이다.

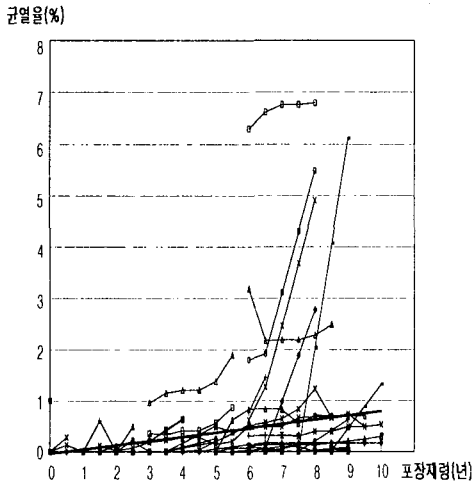


그림 8. 신설 공용성 관측 구간 균열분포 현황

그림 8은 전체관리 구간 중 2년 이상 유지되지 못한 구간 즉, 비교적 짧은 재령에서 높은 파손을 나타내고, 관측 이후 일반적인 변화의 경향을 나타내지 못해 전체 데이터의 경향의 유의성을 저해하는 구간 자료가 제외된 결과이다. 또한 시간에 따라 증가하는 경향을 보이지 않고 크게(이전 조사의 50%이상) 감소하는 구간을 제외한 결과이다. 전반적으로 대상 관측 구간 모두 파손의 양이 적게 나타났음을 알 수 있는데 그 이유는 공용성 관측 구간을 선정할 때 가능하면 신설 포장 또는 초기 공용 구간을 선정하여 공용 초기부

터 포장의 상태를 파악하고자 하였기 때문이다.

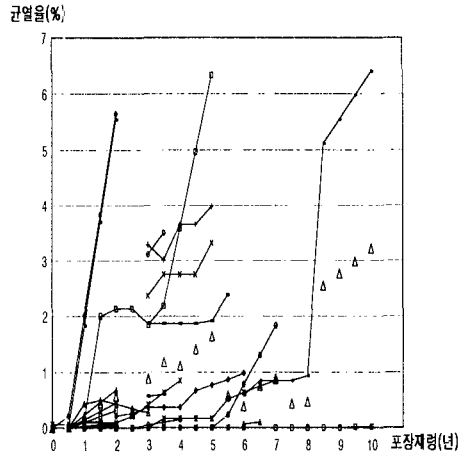


그림 9. 덧씌운 공용성 관측 구간 균열분포 현황

그림 9는 관측구간 중 덧씌우기를 1회 실시한 이후 공용되고 있는 구간의 균열율을 포장 재령에 따라 나타내었다. 덧씌운 구간의 균열율 진전 양상은 신설구간에 비해 비교적 높게 나타나고 기울기 역시 가파름을 알 수 있다.

그림 10과 그림 11은 러팅의 변화를 관찰하기 위하여 포장 재령에 따른 변화를 나타내었다.

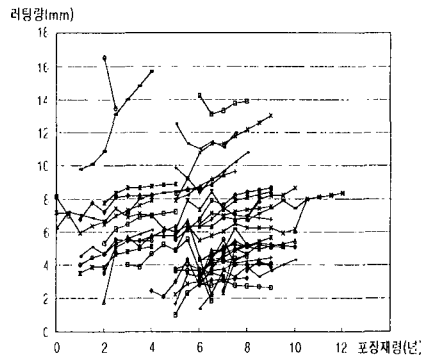


그림 10. 신설 공용성 관측구간의 러팅 변화

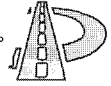


그림 10은 신설구간의 러팅 조사결과로서 관측 구간별 최초 조사시점이 신설 후 1년에서 8년까지 분포하는 구간의 지난 5년간 조사 결과를 도시한 것이다. 전체적으로 재령에 따라 파손이 점차적으로 진전되는 양상을 보이고 있다. 그러나 균열과는 달리 재령이 초기인 포장에서도 러팅이 심한 수준까지 발생하고 있음을 보여주고 있어 교통 개통 초기에 러팅이 발생한다는 기존지식과 일치함을 알 수 있다. 또한 러팅이 5mm 이하인 구간들의 경우는 재령에 따라 발전하는 양상이 민감하지 않음을 보여주고 있어 역시 초기 러팅이 발생하지 않은 포장은 안전하다는 사실을 확인시켜주고 있다.

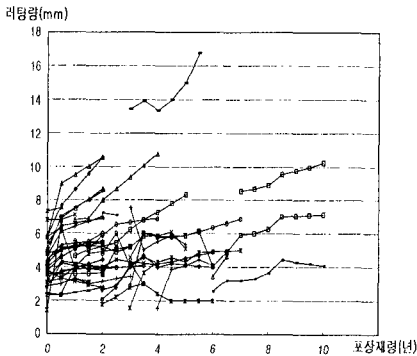


그림 11. 덧씌운 공용성 관측구간의 러팅 변화

그림 11은 덧씌운 공용성 관측구간의 러팅 변화로서 그림 10 신설구간의 러팅 변화보다 변동량이 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 전체적인 조사결과는 데이터의 양, 현장조사 데이터 변화량 및 실내 실험 결과가 아직까지 충분히 확보되어 있지 못하므로 현 시점에서 특정 파손에 대한 파손 예측 모델을 구성하는 데는 어려움이 있다. 그러나, 현재까지의 조사결과로서 기존에 제시된 포장 파손 예측모델의 국내 적용을 위한 보정 데이터로서의 활용성은 충분히 있다고 판단된다.

## 5. 결 론

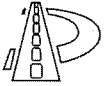
국도 아스팔트 포장의 유지관리를 수행하는데 중추적인 포장파손예측모델의 개발을 장기 관측 구간이 선정되었다. 본 연구는 특히 일반 국도 주요 포장형태 및 파손형태가 정의되었고 이에 따른 실험계획표가 작성되었고, 국도 데이터 베이스를 이용하여 예비 구간을 선정할 후, 현장 조사를 통하여 최종적으로 장기 관측 구간이 선정되었다. 본 연구에서 수행한 연구 결과는 다음과 같다.

1) 국도 아스팔트 포장은 기층의 형태 및 덧씌우기 유·무에 따라 4가지 형태가 존재하며, 아스팔트 안정 처리된 포장 구간이 주요 포장 형태이다. 향후 아스팔트 안정 처리된 신설 포장 및 덧씌우기 포장에 대한 포장파손예측모델을 개발할 예정이다.

2) 장기관측구간을 선정하기 위한 실험계획표의 인자에는 신설 포장의 경우 동결지수, 교통량, 구조적 지수, 노상지지력 등이며, 덧씌우기 포장의 경우 동결지수, 교통량, 구조적 지수, 덧씌우기 두께, 노상 지지력 등을 선정하였다. 실험계획표를 완성하기 위한 수준 수는 교통량의 경우 3개 등급, 그 외 인자에 대해서는 2개 등급으로 구분하여 신설 포장 구간은 24개, 덧씌우기 포장 구간은 48개의 구간을 선정하였다.

3) 실험계획표 각각의 칸에 해당되는 장기관측 구간 선정을 위해 국도 데이터 베이스를 이용하여 실내조사구간을 선정하였으며, 현장 조사를 통하여 최종적으로 단위 구간 연장이 200m인 신설 포장 구간 47개소, 덧씌우기 포장 구간 48개소를 선정하였다.

4) 선정된 관측 구간에 대하여 시간의 변화 또는 교통량의 변화에 따른 포장 상태를 바탕으로 균열 및 러팅에 관한 1차 분석 작업을 진행하였



고 향후 포장 관련 다양한 정보가 데이터 베이스에 구축된 후 통계분석을 통하여 포장 파손 예측 모형이 개발되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원이 건설교통부의 의뢰를 받아 수행중인 “국도유지보수조사”의 연구 항목 중의 하나로서, 연구 수행에 도움을 주신 건설교통부 도로관리과 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 한국건설기술연구원(1996), “95 국도유지보수조사 최종보고서,” 국립건설시험소.
2. 한국도로협회(1991), “도로포장 설계 및 시공 지침서,” 건설교통부.
3. 한국건설기술연구원(1995), “아스팔트 포장의 유지관리 시스템 구축에 관한 연구(Ⅱ),” 한국도로공사.
4. Asphalt Institute(1993), “*Superpave Level 1 Mix Design*,” SP-2.
5. Freddy L. Roberts, et al.(1991), “*Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*,” NAPA Education Fountion.
6. Strategic Highway Research Program(1994), “SHRP-LTPP Overview:Five-Year Report,” SHRP-P-416. SHRP National Research Council Washington, D.C.
7. Strategic Highway Research Program(1994), “*Sensitivity Analysis for Selected Pavement Distresses*,” SHRP-P-393. SHRP National Research Council Washington, D.C.
8. America Association of State Highway and Transportation Officials(1993), “*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*”.
9. 일본토목학회(1995), 포장공학, 일본토목학회.
10. E. J. Yoder, M. W. Witzak(1975), *Principle of Pavement Design*. JONH WILEY & SONS, INC.
11. Strategic Highway Research Program(1994), “*Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project*,” SHRP-P-338. SHRP National Research Council Washington, D.C.
12. Ralph Hass, W. Ronald Hudson, John Zaniewski(1994), *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Company, Mallbar, Florida.

(접수 : 2001. 6. 30)