



도로 차선 재료의 공용수명 예측방법

Methodology to Predict Service Lives of Pavement Marking Materials

오 흥 운* 이 현 석** 장 정 화*** 강 재 수****
 Oh, Heung Un Lee, Hyun Seock Jang, Jung Hwa Kang, Jai Soo

Abstract

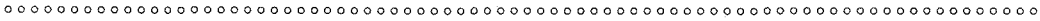
Performances of retroreflectivity vary place to place, according to traffic volumes and time lengths after striping, depending on pavement marking materials and colors. The present paper uses the nation wide data of retroreflectivity, which has been collected from freeways and then tries to develop the regression curve setting traffic volume and service life as independent variables and retroreflectivities as dependent variables. The DB system includes two year's measurement in 2005~2006 over Korean freeway pavement marking at an interval of three months for the period. The mobile measurement system, a laserlux, was employed for the purpose. The DB has provided a lot of information about materials and performance of the specific pavement marking such as geometric features, traffic volumes, material characteristics and the installation date. This study provides the comparison of pavement marking performances under diversified conditions. Based on accumulated pavement marking performances, this study provides performance curves based on the diversified factors. The goal of the retroreflectivity modeling is to develop equations that can be used to estimate an average retroreflectivity of pavement markings as a function time since application and traffic volume. After representing the variation of retroreflectivities and estimating regression curves by linear, exponential, logarithmic and power function, the regression curve which had the highest coefficient of determination and the value similar to the last field measurement was regarded as the retroreflectivity decay model. As a result of verification, the decay model showed the signification within the 90% confidence level and especially showed the clear relation with field data according to increase of cumulative vehicle exposure. Accordingly, these models can be used to determine service lives, retroreflectivity degradation rates, and retroreflectivity of new markings.

Keywords : *retroreflection, roadmarking performance, retroreflectivity decay model*

요 지

차선의 밝기를 나타내는 반사성능은 교통량, 도색 후 경과시간, 차선재료, 색상 등에 따라 지역별로 차이가 발생한다. 본 연구에서는 고속도로에서 조사된 차선 성능의 자료를 바탕으로 교통량과 차선의 공용수명을 독립변수로 하고 차선의 성능을

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 차장
 ** 비회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 전임연구원
 *** 비회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 연구원
 **** 정회원 · 한국도로공사 기술본부장



중속변수로 하는 회귀식을 산정하였다. 전국의 고속도로를 대상으로 모바일 차선반사 성능 차량을 사용하여 2005~2006년의 2년동안 3개월 간격으로 차선의 성능을 추적 조사하였다. 축적된 DB에는 차선의 성능뿐 아니라 차선의 재료, 색상, 기하구조, 교통량, 도색시기 등이 포함되어 있다. 본 연구에서 추적 조사된 차선성능을 기초로하여 다양한 환경에서의 차선재료의 성능을 비교·분석하여 여러 인자에 의한 차선성능 곡선을 도출하였다. 차선성능 곡선을 통해 지역별 교통량과 도색 이후의 시간의 경과에 따른 차선의 성능을 예측할 수 있었다. 선형함수, 로그함수, 지수함수, 음지수함수 등을 이용하여 차선의 성능을 나타내는 회귀식과 변동을 추정한 후, 결정계수가 가장 높고, 현장측정치와 가장 유사한 모형을 차선의 성능 예측모형으로 결정하였다. 현장조사 결과와의 검증결과, 차선성능 예측 모델은 90% 신뢰도에서 유의함을 볼 수 있었고, 특히 누적교통량의 증가에 따라 현장 데이터와 높은 연관성을 보여주었다. 따라서 본 방법론에 의한 차선수명 예측 모델을 통해 차선의 공용수명과 잔존수명을 예측하여 도색시기를 결정할 수 있다.

핵심용어 : 차선성능, 수명예측 모델, 재귀반사도

1. 서론

고속도로의 신설, 확장으로 인한 차선도색 유지관리면적 및 비용의 지속적인 증가가 예상된다. 또 대도시 주변의 교통량 증가로 차선도색의 수명단축과 차선도색공사시 교통정체가 심화되고 있다. 게다가 제설작업으로 인한 차선의 돌출부 손상 등 기존 특수 차선도색의 적용상 문제점이 제기되고 있다. 뿐만 아니라, 새로운 차선도료의 개발로 차선도색재료의 선택폭이 확대되고 있다.

차선은 도색재료마다 내구성, 반사성능, 시공비용, 서비스 수명 등이 다르다. 차선의 도색수명은 교통량과 밀접한 관계가 있다. 그러나 현재의 유지보수기준은 교통량과 상관없이 연도별 몇 회로 규정하고 있다. 교통량과 차선재료, 환경, 도로기능 등에 의한 합리적인 차선도색 수명평가 및 적용기준을 수립하여 현재 일률적으로 시행하고 있는 차선도색 유지보수 기준개선이 요구된다.

현재 미국과 유럽을 중심으로 각 국의 실정에 맞는 차선관리기준을 설정하는 연구가 진행 중에 있다. 현장실험을 통해 재료별 반사도 성능을 추적조사하고 있으며, 운전자 실험을 통해 실제 운전자가 느끼는 최소반사도 기준을 정립하고 있다. 또한, 교통량, 차선재료, 포장공법, 기후, 도로기능 등에 따라 장기간 추적 조사를 실시중이다. 이렇게 조사된 자료를 바탕

으로 차선수명예측 모델을 개발하여 차선유지관리에 도입하는 연구가 진행중이다.

FHWA(Federal Highway Administration)에서는 차선반사도 최소기준을 정립하여 MUTCD(Manual of Uniform Traffic Control Devices)에 명시할 예정이며, MnDOT(Minnesota Department of Transportation)와 MoDOT(Missouri Department of Transportation)에서는 이미 차선관리시스템(PMMS, Pavement Marking Management System)을 사용하고 있다. 국내에도 최소반사도 기준이 정립되었을 경우, 고속도로에서 최소차선반사도 값을 유지하기 위한 차선관리시스템(PMMS)이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 교통량, 차선재료, 포장공법, 기후, 도로기능 등에 구축된 차선성능 DB의 분석을 통해 차선의 잔존수명을 예측할 수 있는 모델을 제시하여 차선의 잔존성능, 재료선택, 재도색시기 결정에 대한 객관적인 기준을 마련하고자 한다.

2. 기존 연구현황

2.1 MoDOT PMMS

FHWA에서 최소 차선반사도를 설정하는 연구를



시작하면서부터 MoDOT에서도 모바일 차선성능 측정기를 이용하여 차선성능을 수집하기 시작하였다. 수집한 차선성능을 통해 수명예측곡선을 산정하여 향후 FHWA에서 선정할 최소값에 따라 재도색할 수 있는 근거를 마련하기 위해 다양한 재료별로 다양한 차선공법에 따른 DB가 PMMS에 축적되고 있다. 또한, 1990년에 수용성 차선에 대하여 주 자체적으로 최소반사도 기준을 설정하였다.

MoDOT는 교통기술회사와 공동으로 PMMS를 개발하였고, 효율적인 운영을 위해 현장조사 용역을 통해 자료를 지속적으로 축적하고 있다. Jasper지역 1,000마일 이상의 차선을 대상으로 예비조사를 실시하였고, 현재 Missouri내 7개 지역을 대상으로 정기적으로 현장계측을 실시하고 있다. PMMS에 축적된 자료는 차선에 영향을 끼치는 다양한 요소에 대하여 많은 정보를 제공하고 있고, 차선의 내구성을 향상시킬 수 있는 비드와 페인트 두께의 최적 조합을 산정하기 위해 모바일 측정기를 이용한 데이터를 지속적으로 축적하고 있다.

MoDOT에서는 차선도색에서 양적인 문제가 아닌 품질제어, 더 나아가 품질보증에 주력을 하고 있다. PMMS는 페인트 두께, 비드 종류, 재료 종류, 시공 품질관리 등의 기술적 요소에 대한 목록뿐 아니라, 품질관리, 품질보증, 시스템 자동화, 수명예측곡선의 개발, 재도색 우선순위 선정, 데이터 수집 등이 포함된 자동화된 시스템이다.

2.2 MnDOT PMMS

MnDOT는 FHWA의 지원을 받아 차선의 성능을 예측할 목적으로 PMMS를 개발해왔다. PMMS는 차선의 시공위치, 시공날짜, 차선종류, 재료의 종류와 수량, 반사성능, 특별한 현장조치, 장비가격, 재료가격, 고용임금 등의 목록을 포함하고 있다.

지난 10년 동안 차선의 중요성에 대한 인식이 급격히 증가하여, 실제로 차선을 관리하는 기관이 사용할 수 있는 다양한 차선관리 시스템이 개발되었고,

이를 이용하여 재료별 수명예측곡선의 개발뿐 아니라, 차선재료별 생애주기비용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

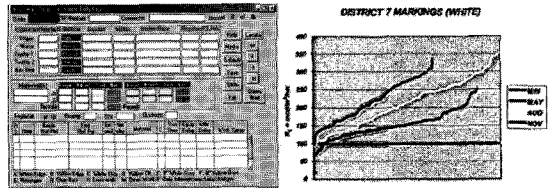


그림 1. PMMS 차선수명예측곡선(MnDOT)

2.3 차선성능 예측 모델

Michigan에서는 50여개의 지역에서 네 개의 차선재료의 내구성과 반사도에 대한 평가를 수행하였다(1999). 최소허용차선 반사도의 값을 $100\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$ 으로 간주하여 4개 재료의 성능 저하율을 평가한 결과 수용성 페인트가 약 15개월의 서비스 수명을 갖는 것으로 나타났으나, 서비스수명의 변동이 다소 컸다.

Migletz et al.(2001)은 19개 주에서 차선재료의 내구성에 대한 실험을 수행하였다. 초기 반사도 값은 도로타입과 도로의 속도제한 유형에 따라 백색차선의 경우 $75\text{--}150\text{mcd}/\text{m}^2/\text{lux}$ 로 설정하였다. 고속도로에서 백색 수용성 페인트의 경우, 서비스 수명이 평균 10.4개월이었으나 4-18개월로 변동이 컸다.

Abboud와 Bowman(2002)은 150을 최소반사도로 사용하여 일교통량 2,500대 이하에서는 22개월, 2,500~5,000대 예서는 7.5개월 5,000 이상에서는 4.5개월을 유용한 서비스 기간으로 결론하였다.

3. 고속도로 차선성능 전수조사

총 6개 노선, 본선 2개 차로, 차로 총연장 9,000km에 대하여 2004년부터 2년간 전수조사를 실시하였



으며, 대상노선 및 대상차선에 대한 현황은 다음과 같다.

- 대상노선(총 6노선) : 경부고속도로, 영동고속도로, 서해안고속도로, 서울외곽순환고속도로, 남해고속도로, 호남고속도로
- 대상노선 길이 : 왕복 9,000km
- 측정차선(총 2개) : 중분대측 황색실선, 주행로 최우측 백색점선
- 측정일자 : 도색 후 매 3개월마다 측정

구축된 차선성능 DB는 차선성능에 영향을 미칠 수 있는 요인별로 분류하였으며, 이는 다음과 같다.

- 도색 후 경과기간
- 도로포장 종류
- 도색재료
- 교통량 (차로당 일교통량)
- 지역별
- 공사구간

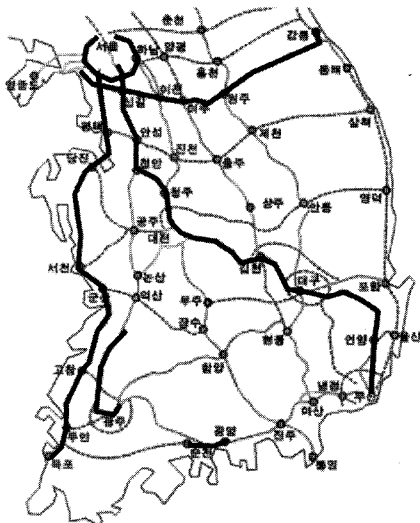


그림 2. 차선성능 추적조사 노선현황도

4. 차선성능 수명예측 모델

4.1 모델구축 방법론

포장종류에 따라 차선의 재료를 선택하는 것은 쉬운 일이 아니다. 상온형, 가열형, 내마모성 등과 다양한 차선재료들은 각기 성능이 다르며, 공용수명도 다르다. 어떤 재료들은 아스팔트 포장에서 좋은 성능을 나타내며, 반면에 콘크리트 포장에서 더 좋은 성능을 나타내는 재료들도 있다. 본 장에서는 회귀분석을 이용하여 차선성능의 수명을 예측할 수 있는 모델을 개발하고자 한다. 수명예측 모델을 통해서 공용기간, 교통량, 차선재료 등과 같은 영향인자들이 차선의 반사성능에 미치는 영향을 알 수 있으며, 차선성능의 서비스 수명 및 잔존수명을 예측할 수 있다. 차선성능 감소영향 요인별 서비스 수명예측 모델에는 집합 모델을 적용하였고, 차선재료별 잔존수명 예측 모델은 상세 모델을 적용하였다.

4.1.1 집합 모델

조사구간 전체의 차선성능 자료를 각각의 차선성능 감소에 영향을 미치는 유형별(색상, 도색재, 포장재, 교통량, 지역 등)로 분류하여 각각 통합 DB를 구축하였다.

환경적 영향이 적다는 가정 하에 차선의 공용기간(준공 후 측정시점까지의 기간으로 매 2개월 간격)과 교통량을 조사하여, 차선도색이후의 누적교통량

2006년도 지방관리시설물 측정 결과
(상대적 변화 무관함)

구분	구간	구간명	구간번호	2006년 측정값		2005년 측정값		변화율 (%)	비고
				측정값	단위	측정값	단위		
도로	경부고속도로	서울 ~ 대전	101	100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	
				100	100	100	100	0	

그림 3. 차선성능 DB 구축 사례



에 따른 재료별 서비스 수명을 예측하였다.

집합 모델의 경우 기존 DB를 활용한 기본적인 수명예측 모델로 개략적인 현황 파악 및 수명예측에 활용할 수 있고, 모델 산정결과 최소 4회 측정시 정확도(결정계수)가 90% 이상으로 나타나 비교적 정확한 시기를 예측할 수 있을 것으로 예상된다.

4.1.2 상세 모델

차선의 성능은 준공 후 시간이 지남에 따라 차선자체의 마모, 유리 비드의 탈락 등으로 인해 성능이 저하된다. 일반적으로 차선의 성능은 공용기간과 교통량에 따라 마모정도가 달라지는데 본 연구에서는 차선의 성능을 종속변수로, 공용기간과 교통량을 독립변수로 하여 회귀분석을 수행하였다.

상세 모델에서는 차선성능자료를 각 지점별로 분류하여 DB를 구축하였고 이들 지점별 데이터를 이용하여 회귀분석을 수행하였다. 상세 모델을 적용할 경우, 조사구간 전체가 아닌 지점별 잔존수명예측 모델을 구축이 가능하고, 조사구간의 노선별, 구간별로 서로 다른 특성을 반영할 수 있는 장점이 있다. 따라서 예측 모델을 통해 실제 현장에서 실무자들이 각 현장별로 차선의 잔존수명을 예측할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

공용기간과 교통량은 상관관계가 높은 변수이기 때문에 두 변수를 동시에 고려했을 경우에는 독립변수간의 공선성 문제가 발생하였고, 따라서 공용기간과 교통량을 하나의 변수로 통합하였다.

$$VE = \frac{Age \times ADT}{Number\ of\ Lane \times 100,000}$$

여기서, *VE* (Vehicle Exposure) : 차선도색이후 누적 차로별 교통량

Age : 차선도색 이후 기간 (Days)

ADT : 차로별 일교통량

회귀분석은 4개의 모델을 이용하여 수행하였고,

모델의 결정계수와 *y*절편의 타당성 등 회귀분석의 적합성을 검증하였다.

- Linear model : $Y = a + bX$
- Exponential model : $Y = a \times \exp(bX)$
- Logarithmic model : $Y = a + b \times \ln(X)$
- Power model : $Y = aX^b$

여기서, *Y* : 차선의 성능

X : *VE* (누적차로별 교통량)

a, b : 회귀계수

4.2 집합 모델에 의한 수명예측 모델

차선성능 변화를 그래프로 표현하고, 결정계수가 가장 높은 함수 또는 마지막 측정값에 가장 근접한 함수로 모델을 구축하였다.

그 결과 표 1과 같이 색상별, 포장재료별, 도색재료별, 교통량 등급별, 교통량별, 지역별 차선성능감소 모델을 구축하였다.

표 1. 차선성능 수명예측 모델 - 집합 모델

구 분		차선성능 수명예측 모델	R ²	
색상	백색	$Y = -68.9\ln(x) + 153.5$	0.89	
	황색	$Y = -43.2\ln(x) + 113.8$	0.88	
포장재료별	백색	아스팔트	$Y = -62.9\ln(x) + 139.0$	0.89
		콘크리트	$Y = -73.6\ln(x) + 168.7$	0.89
		SMA	$Y = -66.6\ln(x) + 153.9$	0.93
	황색	아스팔트	$Y = -40.4\ln(x) + 106.1$	0.87
		콘크리트	$Y = -48.7\ln(x) + 112.2$	0.88
		SMA	$Y = -39.7\ln(x) + 117.3$	0.92
도색재료별	백색	가열형	$Y = -55.0\ln(x) + 127.5$	0.89
		내마모형	$Y = -71.8\ln(x) + 163.1$	0.95
		수용성	$Y = -87.2\ln(x) + 258.2$	0.81
	황색	변성아크릭	$Y = -68.8\ln(x) + 153.4$	0.80
		가열형	$Y = -46.3\ln(x) + 118.8$	0.89
		내마모형	$Y = -446.8\ln(x) + 111.4$	0.83
	수용성	$Y = -37.0\ln(x) + 104.4$	0.80	
교통량별	백색	5천~1만	$Y = -59.4\ln(x) + 134.4$	0.82
		1만~1만5천	$Y = -68.3\ln(x) + 159.3$	0.81
		1만5천~2만	$Y = -77.9\ln(x) + 169.1$	0.84
		2만~2만5천	$Y = -75.3\ln(x) + 153.3$	0.94
		2만5천 이상	$Y = -135.2\ln(x) + 246.4$	0.97



4.3 상세 모델에 의한 수명예측 모델

4.3.1 아스팔트 콘크리트 포장의 가열형 백색차선
차선성능변화를 그래프로 표현하고, 선형, 지수, 음지수, 로그함수로 회귀식을 산정한 다음 결정계수가 가장 높은 모델 또는 마지막 측정값에 가장 근접한 모델로 차선성능 감소 모델을 선정하였다.

그 결과 교통량별 차선성능 수명예측 모델은 교통량구간 모두 로그함수가 가장 적합한 것으로 결정되었다. 구축된 모델의 결정계수는 0.26~0.77로 다양하게 나왔다. 이 중 결정계수가 높은 로그함수와 지수함수를 검토한 결과 지수함수가 마지막 측정값에 가장 근접한 모델로 확인되었다. 따라서 차선성능 수명예측 모델(상세모델-백색, 아스팔트, 가열형)은 지수함수로 채택되었다. 수명예측 모델 구축시 검토한 함수식은 표 2와 같다.

표 2. 차선성능 수명예측 모델

구 분	차선성능 수명예측 모델	R ²
선형함수	$Y = -3E-05X + 169.89$	0.26
로그함수	$Y = -33.118\text{Ln}(x) + 575.49$	0.72
지수함수	$Y = 1.891.4X^{-0.2007}$	0.77
음지수함수	$Y = 163.07e^{-2E-07X}$	0.32

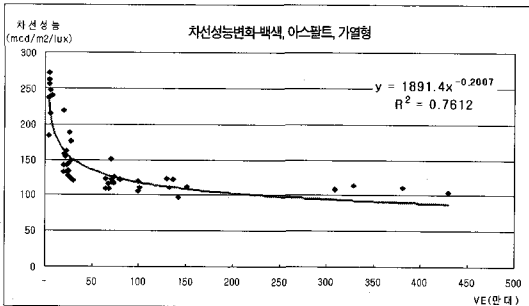


그림 4. 차선성능 수명예측 모델 선정 (지수모형)

4.3.2 아스팔트 콘크리트 포장의 가열형 황색차선
구축된 모델의 결정계수는 0.53~0.73로 다양하게 나왔다. 이 중 결정계수가 높은 로그함수와 지수함수를 검토한 결과 로그함수가 마지막 측정값에 가

장 근접한 모델로 확인되었다.

표 3. 차선성능 수명예측 모델

구 분	차선성능 수명예측 모델	R ²
선형함수	$Y = -2E-05X + 145.6$	0.54
로그함수	$Y = -15.873\text{Ln}(x) + 334.26$	0.73
지수함수	$Y = 607.51X^{-0.1217}$	0.68
음지수함수	$Y = 143.95e^{-2E-07X}$	0.53

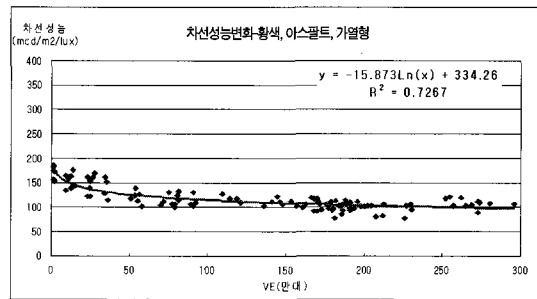


그림 5. 차선성능 수명예측 모델 선정 (로그 모형)

4.3.3 시멘트 콘크리트 포장의 내마모형 백색차선
결정계수가 높은 로그함수와 지수함수를 검토한 결과 로그함수가 마지막 측정값에 가장 근접한 모델로 확인되었다.

표 4. 차선성능 수명예측 모델

구 분	차선성능 수명예측 모델	R ²
선형함수	$Y = -5E-05X + 225.33$	0.49
로그함수	$Y = -37.507\text{Ln}(x) + 681.51$	0.78
지수함수	$Y = 2,128.3X^{-0.1867}$	0.73
음지수함수	$Y = 221.73e^{-2E-07X}$	0.50

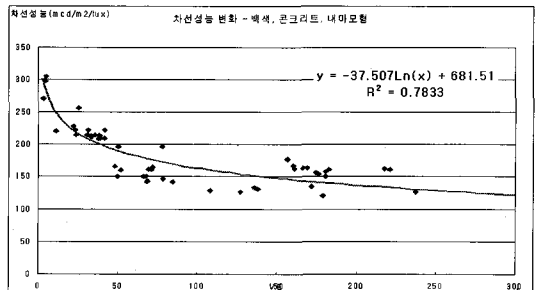


그림 6. 차선성능 수명예측 모델 선정 (로그 모형)



그림 7은 로그 모형식을 통한 도색 후 6개월 후의 성능예측값을 현장에서의 실제 계측한 값과 비교한 결과이다.

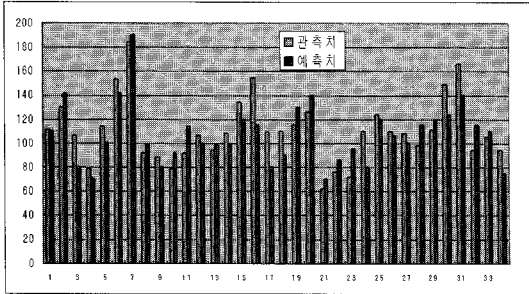


그림 7. 예측값과 실측값의 비교

관리기준인 110mcd/m²/lux에 이르는 경과시간을 나타낸다.

예측 모델식에서 누적교통량(VE)를 적용하였으므로 구간의 교통량과 공용기간을 고려하여 VE 값을 예측하면 된다. 예를 들어 교통량이 5천대 미만구간의 경우는 준공시 관리기준까지 약 61일이 소요된다.

표 5. 차선성능 수명예측 - 백색, 아스팔트, 가열형

차선성능 수명예측 모델	수명예측(VE)	
	준공시 관리기준	하자검사 관리기준
$Y = 1,891.4X^{0.2007}$	304,950	1,429,989

5. 차선성능의 잔존수명예측

5.1 집합 모델

집합 모델은 추적조사를 통해 축적된 DB를 활용하여 차선성능 영향요인별 수명예측 모델 산정 및 수명예측을 시행하였다. 집합 모델은 모두 로그 함수가 적합한 것으로 분석되었고, 결정계수는 0.8 이상이며, 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 색상별 차선성능 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간
: 백색 1.9개월, 황색 1.7개월
- 포장재료별 차선성능 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간
: 백색 1.9~2.2개월, 황색 1.6~2.0개월
- 도색재료별 차선성능 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간
: 백색 1.9~5.5개월, 황색 1.0~1.9개월
- 교통량별 차선성능 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간
: 백색 1.8~2.7개월

표 5는 모델 식을 이용하여 백색차선의 준공당시 기준 150mcd/m²/lux을 만족하는 시점과 하자검사

표 6은 모델식을 이용하여 황색차선의 준공당시 기준 110mcd/m²/lux을 만족하는 시점과 하자검사 관리기준인 90mcd/m²/lux에 이르는 시간을 나타낸다.

표 6. 차선성능 수명예측 - 황색, 아스팔트, 가열형

차선성능 수명예측 모델	수명예측(VE)	
	준공시 관리기준	하자검사 관리기준
$Y = 15.873\ln(x) + 334.3$	1,367,362	4,820,535

5.2 상세모델

상세 모델은 고속도로 본선 샘플 구간을 선정하여, 도색재료에 따른 수명예측 모델을 산정 및 수명예측을 시행하였다. 상세 모델은 지수 또는 로그 함수가 적합한 것으로 분석되었고, 결정계수는 집합 모델 보다 낮은 수준인 0.72~0.78사이에 있다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 백색 아스팔트 가열형 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간 :
 $VE = 1,429,989$
- 황색 아스팔트 가열형 수명예측 모델 구축
하자검사 관리기준까지 도달하는 시간 :
 $VE = 4,820,535$



- 백색 콘크리트 내마모형 수명예측 모델 구축
하차점사 관리기준까지 도달하는 시간 :

$$VE = 4,145,037$$

선형 모델과 지수 모델을 통해서 고속도로의 교통량 등급에 따라 가열형 차선재료의 공용수명을 예측해보았다.

표 7. 교통량에 따른 공용수명

교통량	공용시기 (개월)	VE×10 ⁶	선형모델	지수모델	평 균
5,000	0	0	251	278	265
	1	2	242	262	252
	2	3	233	247	240
	3	5	224	232	228
	4	6	215	219	217
	5	8	206	206	206
	6	9	197	194	195
	7	11	188	183	185
	8	12	179	172	175
	9	14	170	162	166
	10	15	161	153	157
	11	17	152	144	148
	12	18	142	135	139
	13	20	133	127	130
	14	21	124	120	122
15	23	115	113	114	
10,000	0	0	251	278	265
	1	3	233	247	240
	2	6	215	219	217
	3	9	197	194	195
	4	12	179	172	175
	5	15	161	153	157
	6	18	142	135	139
	7	21	124	130	122
8	24	103	106	106	
15,000	0	0	251	278	265
	1	5	224	232	228
	2	9	197	194	195
	3	14	170	162	166
	4	18	142	135	139
	5	23	115	113	114
20,000	0	0	251	278	265
	1	6	215	219	217
	2	12	179	172	175
	3	18	142	135	139
	4	24	106	109	106
	5	30	70	84	77

표에서 볼 수 있듯이 차선의 공용수명은 교통량 등급에 따라 확연히 달라짐을 알 수 있다. ADT 5,000인 경우, 차선의 수명이 1년 이상 유지되는 반면, ADT 20,000 정도의 경우, 4개월이 지난 시점에 이미 차선의 성능이 최소반사성능 이하로 떨어짐을 알 수 있다. 이를 통해 교통량을 구분하지 않고 일괄적으로 재도색을 시행하는 현기준에 문제점이 있음을 알 수 있다. 즉, 교통량에 따라 재도색 기준 및 시점을 달리함으로써, 높은 반사도를 유지하는 구간에서의 예산절감은 물론, 반사성능이 쉽게 저하되는 구간에서는 조속한 재도색을 시행하여 안전성을 확보할 수 있는 근거를 마련할 수 있다.

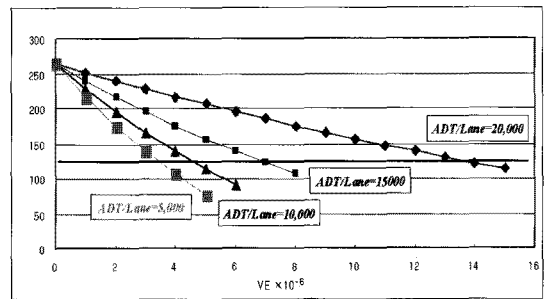


그림 8. 교통량에 따른 공용수명 예측

6. 결론

본 연구에서는 고속도로에서 장기간 축적한 차선 성능 DB를 활용하여 차선성능에 영향을 미치는 요인별 수명예측 모델을 산정하였고 잔존수명을 예측하였다.

집합 모델에는 모두 로그 함수가 적합한 것으로 분석되었고, 결정계수는 0.80 이상으로 나타났다. 또한 고속도로 분선 샘플 구간을 선정하여 상세 모델을 구축하였는데, 적용된 함수로는 지수 또는 로그 함수가 적합한 것으로 분석되었고, 결정계수는 집합 모델보다 낮은 수준이었지만, 교통량과 도색경과시간을 독립변수로 하여 잔존수명을 예측할 수 있었다.



본 연구에서는 전체의 통합된 DB를 통해 산출한 예측식으로 재료별 공용성 및 경제성 평가를 먼저 수행한 후, 장기간 구축된 구간별 개별자료를 이용하여 잔존수명을 세분화하여 예측할 것을 제시한다. 향후, 재료별 준공비용, 공용기간, 재도색에 따른 지체비용 등을 고려하여 경제성 분석을 수행 후 최적안을 제시할 필요가 있으며, 특히 IC부, 분합류뷰 등의 기하구조 영향과 제설작업 횟수, 기후 등의 지역적 영향을 고려한 수명예측식을 산정할 필요가 있다.

참고문헌

- 도로교통안전관리공단, “교통안전시설 수명결정에 관한 연구”, 2003.
- 한국도로공사, “고속도로 차선성능 관련기준 설정”, 2003.
- Abboud, N., and B.L.Bowman. Cost and Longevity-Based Scheduling of Paint and Thermoplastic Striping. *Transportation Research Record 1794*, TRB, National Research Council, Washington D.C., 2002, pp55-62.
- Akila Thamizharasan, Wayne A. Sarasua, David B. Clarke, and William J. Davids, “A Methodology for Estimating the Lifecycle of Interstate Highway Pavement Marking Retroreflectivity”, *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper Number: 03-3867, 2003.
- Michael J. Rich, Robert E. Maki, and Jill Morena, “Development of a Pavement Marking System: Measurement of Glass Sphere Loading in Retroreflective Pavement Paints”, *Transportation Research Record No. 1974*, pp. 49-54, 2002.
- Migletz, J., J. Graham, D. Harwood, and K. Bauer. Service Life of Durable Pavement Markings. *Transportation Research Record 1749*, TRB, National Research Council, Washington D.C., 2001, pp13-21.
- Migletz, J., J. L. Graham, K. M. Bauer, and D. W. Harwood. Field Surveys of Pavement-Marking Retroreflectivity. *Transportation Research Record*, No. 1657, pp. 71-78, Washington, D.C., 1999.
- Nasser Abboud, and Brian L. Bowman, “Cost-and Longevity-Based Scheduling of Paint and Thermoplastic Striping”, *Transportation Research Record No. 1974*, pp. 55-62, 2002
- Neville A. Parker, and Massawe S.J. Meja, “Evaluation of the Performance of Permanent Pavement Markings”, *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper Number: 03-3867, 2003.
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. *Roadway Delineation Practices Hand Book*. Publication No. FHWA-SA-93-001, Augu 1994.
- Yunlong Zhang, and Dongfeng Wu, “A Comparative Analysis of Retroreflectivity of Pavement Marking Materials”, *Transportation Research Board 82nd Annual Meeting*, Paper Number: 03-4015, 2003.
- Zwahlen, H. T. and T. Schnell. Driver Eye Scanning Behavior at Night as a Function of Pavement Marking Configuration. *Transportation Research Board 76th Annual Meeting*, Washington, D.C., January 12-16, 1997.
- Zwahlen, H. T. and T. Schnell. Minimum In-Service Retroreflectivity of Pavement Marking. 79th Annual Meeting, *Transportation Research Board*, Washington, D.C., January 9-13, 2000.

접 수 일 : 2008. 6. 18
 심 사 일 : 2008. 7. 8
 심사완료일 : 2008. 8. 27