

Empirical Bayes Method를 이용한 미끄럼방지 포장의 효과분석에 관한 연구

The Effect Analysis on the Rumble Strip Using Empirical Bayes Method

임 병 인

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

손 영 태

(명지대학교 교통공학과 교수)

목 차

I. 서론	III. 효과분석 방법
1. 연구의 배경 및 목적	1. 단순 사고건수 비교 방법
2. 연구의 대상 및 범위	2. 유사지점을 이용한 전·후 비교 방법
II. 미끄럼 방지 포장 기술	IV. Empirical Bayes Method
1. 정의	1. 연구 방법
2. 기능 및 종류	2. 연구 결과
	V. 결론
	참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1903년 우리나라에 자동차가 처음 보급된 이후 100여년이 지난 지금 우리나라는 자동차로 인해 많은 발전을 하였고, 편의를 얻을 수 있었다. 반면에 자동차의 증가로 인해 야기되는 각종 교통문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 1990년대 이후부터 국가적으로 교통사고에 관심을 갖기 시작하여 꾸준히 감소추세에 있으나, 현재까지도 우리나라는 OECD 국가 중 교통사고 사망자수 최다국가라는 불명예를 가지고 있다.

또한, 우리나라의 도로교통 사망사고 원인을 조사해 보면 <표-1>에 나타나듯이 사고원인 중 '안전운전 의무 불이행'이 70.4%를 차지하는 것으로 나타났고, 그 다음으로 중앙선 침범, 신호위반 등의 순으로 조사 되었다. 이는 교통사고 대부분을 운전자 과실로 인한 사고로 정의하고 있으며, 차량이나 도로 및 교통시설로 인한 사고를 인정하지 않는 것으로 분석되어진다. 하지만 우리나라도 외국의 경우처럼 사고의 원인을 단지 운전자에 국한시키는 것이 아니라 도로 및 교통시설 등의 잠재적인 원인이라는 것을 고려해야 한다.

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2007년도 건설핵심 기술연구개발사업(05기반구축B02)의 지원으로 이루어졌습니다.

<표 1> 도로교통 사망 사고 원인<2005년>

	계	중앙선 침범	신호위반	과속	보행자 보호위반	안전운전 불이행	기 타
2005년	6,376	769	356	165	179	4,488	419
		12.1%	5.6%	2.6%	2.8%	70.4%	6.6%
2004년	6,563	785	344	160	187	4,490	597
		12.0%	5.2%	2.4%	2.8%	68.4%	9.1%
전년대비(%)	-187	-16	12	5	-8	-2	-178
	-2.8	-2	3.5	3.1	-4.3	0	-29.8

주) 교통안전시행계획, 2006. 08, 건교부

이 문제를 해결하기 위해 많은 연구를 통해 개선기술을 개발·적용하고, 효과분석을 하여 그 타당성을 증명하고 있다. 하지만 사고는 불확실성과 우연히 감소·증가하는 경향이 있기 때문에, 효과를 분석하는데 많은 어려움을 가지고 있다. 기존 대부분의 연구에서는 효과분석을 하기 위해 개선기술 적용 전·후 1년 사고자료를 활용하고 있어서 이 문제점을 해결할 수 없다.

본 연구에서는 이 문제점을 최소화하기 위해 Empirical Bayes Method를 이용, 사고 전·후 3년 사고자료 및 교통량 자료를 활용하여 효과를 분석하였다.

2. 연구의 대상 및 범위

본 연구에서는 개선기술 적용여부를 확인할 수 있는 '교통사고 잦은 지점 개선사업' 2002년도와 2003년도 보고서를 활용하였으며, 일반국도와 시도, 지방도를 대상으로 하였다. 개선기술 적용 지점의 효과를 분석하기 위해 예상사고 건수와 비교를 하여야 한다. 이를 위해 1995년~2006년 까지 '전국 시도 및 도로별 사고 잦은 곳 현황'의 사고자료와 통계연보의 교통량 자료를 활용하였다.

'교통사고 잦은 지점 개선사업' 보고서에서는 개선기술을 크게 안전시설물, 도로부대시설물, 교통운영체계, 도로구조, 교차로 복합 5항목으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 5항목 중 도로부대시설물에서 02년과 03년도에 각각 38.9%와 28.6%로 가장 많은 적용된 개선기술인 미끄럼 방지 포장 개선기술을 선택하여 효과를 분석하였다.

II. 미끄럼 방지 포장 기술

1. 정의

도로법 제3조, 도로법 시행령 제1조 3의 도로부속물로서 포장의 미끄럼저항을 높여 자동차의 안전한 주행을 도모하기 위한 시설을 의미한다.

미끄럼방지포장이란 노면의 미끄럼 저항이 낮은 곳, 도로의 평면 및 종단 선형이 불량한 곳 등에서 포장면의 미끄럼 저항력을 높여 주어 자동차의 제동 거리를 짧게 하기 위한 목적으로 설치되는 시설로서, 자동차 타이어와 도로면 사이의 마찰력을 증가시켜 자동차의 제동 거리를 줄여주는 역할을 한다.

2. 기능 및 범위

1) 기능

미끄럼방지포장의 기능은 미끄럼 저항을 충분히 확보하지 못한 곳이나 도로선형이 불량한 구간에서 표면에 신재료를 추가하거나 도로 표면의 일부를 제거하는 방법으로 포장의 미끄럼 저항을 높여 자동차의 안전 주행을 확보하는 것이다. 또한, 운전자의 주의를 환기시켜 안전운행을 도모하는 부수적인 기능도 가지고 있다.

2) 종류

미끄럼방지포장은 도로 표면에 신재료를 추가하는 형식과 표면의 재료를 제거하는 형식으로 크게 구분할 수 있으며 각각에 대한 종류는 다음과 같다.

가. 표면에 신재료를 추가하는 형식

① 개립도 마찰층

(OGFC : Open-Graded Friction Course)

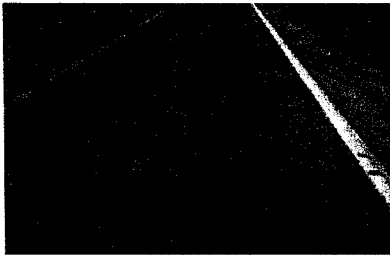
개립도 마찰층은 미국에서 플랜트 믹스의 실코우트로부터 발전하였다. 현재 미국, 유럽 등지에서 가장 일반적인 미끄럼 방지 포장으로

정찰하였다. 개립도 마찰층은 투수성 포장과 달리 원래의 적용 목적이 미끄럼 저항을 개선하는 데 있기 때문에 층 두께가 얇으며, 또 포장체 내부의 배수나 저소음화는 중요하게 생각하지 않는다.

② 슬러리실(slurry seal)

슬러리실은 상온에서 유화 아스팔트, 진골재, 석분, 물 등을 혼합한 유동체인 슬러리 혼합물을 6~10mm 정도 포장면에 포설하는 공법이다. 적용시에는 용도에 적합한 배합이 되도록 골재와 아스팔트 양을 적절히 선택하여야 하며 폴리머 등의 개질재를 첨가하기도 한다. 이 공법은 상온 혼합 방식의 표면 처리이므로 상온에서 시공할 수 있으며, 다짐 작업이 필요하지 않은 이점이 있고, 비교적 균일하면서 치밀한 혼합물을 만들 수 있다.

③ 수지계 표면처리



<그림 1> 수지계 표면

현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 미끄럼방지포장 형식으로, 일반적으로 미끄럼 방지 시설 또는 미끄럼방지포장이라 하면 이 형식을 말하고 있다. 수지계 표면처리는 포장면에 에폭시 수지를 도포한 후 마찰계수가 큰 경질 골재를 살포하여 고착시키는 방법이다.

나. 표면의 재료를 제거하는 형식

① 그루빙(grooving)

그루빙은 다이아몬드 날 또는 텅스텐 카바이드 드럼 등을 여러개 부착시킨 그루빙 기계로 포장층에 홈을 내어 우천시 수막 현상을 억제하거나 노면과 타이어의 마찰 저항을 개선하기 위해 실시하는 미끄럼 개량 공법이다.

그루빙의 방향으로는 주로 종방향(자동차 진행 방향)과 횡방향(자동차 진행 방향에 대해 직각 방향)으로 나눌 수 있다. 종방향 그루빙의 경우는 횡미끄럼에 대해 효과가 있으므로 곡선 구간에 적합하다. 반면 횡방향 그루빙의 경우는 제동 정지 거리의 단축, 수막 현상 억제, 배수 경로 제공, 조면 조직 회복 등에 효과가 있으며, 급경사, 교차로 등에도 적합하다.



<그림 2> 횡·종방향 그루빙

③ 샷 블라스팅(shot blasting)

샷 블라스팅공법은 블라스터라 불리는 다량의 쇠구슬을 고압으로 노면에 연속 타격하여 조면 조직을 회복시키는 것으로 원래 강구조 표면의 녹 제거나 콘크리트면의 기름때 제거용으로 적용되었는데, 장비가 대형화 하면서 도로 포장면의 미끄럼 증진용이나 콘크리트포장 덧씌우기 층의 접착력 증진을 위해 사용되고 있다. 이 공법은 시공 후 표면에 일정한 방향성이 없이 전체적으로 동일한 형태를 유지하므로 시공 방향에 따른 구분은 하지 않아도 된다.

③ 노면 평삭(planning)

노면 평삭공법은 포장 노면을 전체적으로 약간 깎아내는 방법으로 조면 조직을 회복시키는 공법이다. 이 공법의 단점은 분진이 발생한다는 것이다. 바람에 날리는 분진이 많아질 경우에는 인접 차로의 자동차 진행에 장애가 될 수 있으며, 환경 문제를 유발할 수도 있으므로 자체 집진 장치가 필요하다.

Ⅲ. 효과분석 방법

1. 단순사고 건수 비교 방법

(전·후 비교방법-Before&After Study)

단순사고건수 비교 방법은 ‘교통사고 잦은 곳 개선사업’에서 효과를 분석하는 방법이다. 개선기술 적용 지점의 공사 전·후 1년의 사고자료를 활용하여 분석한다.

1년 전·후 사고자료를 활용하기 때문에, 사고의 불확실성을 설명하기 힘들고, 교통량 등을 고려하지 못해 다른 영향을 고려하지 못한다.

$$ARF = \frac{(N_b - N_a)}{N_b} = 1 - \frac{N_a}{N_b}$$

ARF : 사고감소효과
(Accident Reduction Factor)

Na : 개선 후 사고건수

Nb : 개선 전 사고건수

2. 유사지점을 이용한 전·후 비교방법

이 방법은 개선기술이 적용된 지점과 적용되지 않은 지점 유사한 지점을 비교하는 것이다. 유사한 지점을 선정시 기하구조, 교통량 사고 추이 등이 유사한 지점을 선정해야 한다. 유사지점과 대상지점에서 개선기술 적용 시점을 기준으로 전·후 1년 사고의 감소 혹은 증가 여부로 효과를 분석한다.

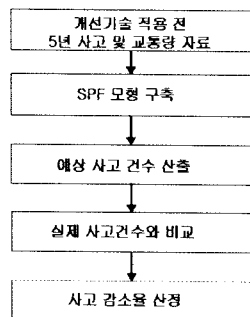
이 방법도 전·후 1년 사고자료로 효과를 분석하기 때문에 사고의 불확실성과 우연성을 설명하기에는 어려움이 있다.

IV. Empirical Bayes Method

1. 연구방법

교통사고는 고정된 값이 아니라 시시각각으로 변화하는 불확실성(Uncertainty)을 가지고 있으며 기상상황의 변화나 도로공사 등으로 교통사고가 갑자기 증가 혹은 감소하는 현상을 고려하지 않고 사고감소효과를 산정하게 되면 효과가 과대 혹은 과소 추정될 수 있다. 기존의 효과평가 기법은 개선기술 적용 전·후 1년 사고 자료를 활용하여 효과를 분석하므로 위와 같은 과오를 범할 수 있다.

하지만 Empirical Bayes Method은 기존의 효과평가 기법의 문제점을 최소화할 수 있는 방법으로 SPF를 활용하여 비교 대상사고건수의 대표성을 높이고, Regression to the mean을 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 모형을 사용하기 위해서는 개선기술 적용 전·후3년의 누적된 사고 자료가 요구된다.



<그림 3> Empirical Bayes Method 과정

기존의 Empirical Bayes Method를 활용한 연구에서는 비교대상지점을 선정하여 SPF모형을 구축하고, 대상지점에 적용하기 위해 가중치를 두어 개선기술을 적용하지 않았을 경우의 기대 사고건수를 산정하였으나, 본 연구에서는 비교

대상지점보다 대상지점의 과거 자료를 활용할 경우 가장 설명력을 높일 수 있다고 판단하여 기대사고건수를 달리 산정하였다.

대상지점은 01년과 02년에 개선공사가 이루어졌기 때문에, SPF모형을 구축하기 위해 개선기술 적용 전 5년간의 사고 자료와 교통량을 이용 음이항 모형으로 구축하였다. 도출된 SPF모형을 이용하여 대상지점의 개선기술 적용 후의 기대사고건수를 산출하였고, 이를 실제 사고건수와 비교하여 효과를 분석하였다.

2. 연구결과

개선기술 적용 전·후 3년 사고 자료와 교통량 자료를 활용하여 Empirical Bayes Method방법으로 효과를 분석하였으며, 분석에 활용된 자료는 <표 2>와 같다. 표에서 음영처리된 부분은 개선기술이 적용된 지점을 의미한다.

사고예측모형은 음이항 모형을 활용하여 SPF 공식을 구하였으며, 비교집단을 선정하는 기존 연구와 달리 그 지점을 가장 잘 설명할 수 있는 것이 적용지점의 과거자료라는 판단하에 6년전 사고 건수자료와 교통량 자료를 활용하여 기대사고 건수를 산출하였다. 범위는 일반국도, 시도, 지방도의 교차로를 대상으로 분석하였으며, 적용된 개선기술은 사고 잦은 지점 개선사업에서 빈번히 사용되는 미끄럼 방지 포장 선택하여 실시하였다.

<표 3>의 SPF모형 구축 결과 '여수시 성심병원'과 '김해시 금성주유소'의 경우 상수항이 다른 지점과 달리 음의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

<표 4>에서 유의성 검증을 위해 R^2 값을 비교한 결과 '청주시 을량동 신흥고교앞 4거리'는 0.531로 유의성이 떨어지는 것으로 분석되었지만, 이지점을 제외한 다른 지점은 0.825~0.966으로 높은 값이 나타나 모형식이 대부분 적합하다고 판단하였으며, 국도, 시도, 지방도 모든 지점에 대하여 미끄럼방지 포장 개선기술이 사고 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

사고감소율을 분석한 결과 지방도인 '밀양시 부북면 제대입구 4거리'의 경우 감소율이 40%로 가장 낮은 것으로 분석되었고, 일반국도의 경우 두 지점이 68%와 69%로 거의 같은 감소율을 나타내는 것으로 분석되었다. 시도의 경우는 63.2%~77%로 가장 높은 사고 감소율을 나타냈다.

<표 2> 사고건수와 교통량 예시- 청주시 을량동 신흥고교앞 4거리(시도)

년도	96	97	98	99	00
사고건수	17	13	12	19	15
교통량	36,241	36,826	42,921	47,848	42,259
년도	01	02	03	04	
사고건수	8	3	5	2	
교통량	47,950	47,738	42,220	40,322	

<표 3> SPF 모형 구축

지점(교차로)	SPF
홍성군 홍성읍 오관교네거리	$u_1 = \exp(1.9402 + 0.0001 \times Vol(\text{교통량}))$
대구시 설화리 회원여고앞 교차로	$u_2 = \exp(0.3676 + 0.000073 \times Vol(\text{교통량}))$
청주시 을량동 신흥고교앞 4거리	$u_1 = \exp(1.328 + 0.0000038 \times Vol(\text{교통량}))$
여주시 둔덕동 성심병원	$u_1 = \exp(-5.03 + 0.0003 \times Vol(\text{교통량}))$
김해시 어방동 금성주유소앞 4거리	$u_1 = \exp(-6.28 + 0.001 \times Vol(\text{교통량}))$
밀양시 부북면 제대입구 4거리	$u_1 = \exp(0.379 + 0.0001 \times Vol(\text{교통량}))$

<표 4> 분석 결과

지점(교차로)	R^2	교통량	예상사고건수	실제사고건수	사고감소율
홍성군 홍성읍 오관교네거리	0.966	16994	38.08	11.67	69%
대구시 설화리 회원여고앞 교차로	0.825	25888.3	9.56	3	68%
청주시 을량동 신흥고교앞 4거리	0.531	43426.7	14.505	3.33	77%
여주시 둔덕동 성심병원	0.956	27381	24.242	6.667	72.5%
김해시 어방동 금성주유소앞 4거리	0.963	31062	32.613	12	63.2%
밀양시 부북면 제대입구 4거리	0.963	7637.67	3.903	2.33	40%

V. 결론

본 연구에서의 Empirical Bayes Method를 활용한 효과분석을 실시하기 위해서는 기존의 연구에서 활용하는 효과분석 방법을 실시하는 것 보다는 더 많은 시간과 노력이 필요하다. 우선 예상사고 건수를 산출하기 위해 개선기술 적용 전 5년과 개선기술 적용 후 3년의 총 9년간의 사고data와 교통량, 기타 기하구조 등 많은 데이터가 필요하기 때문이다. 또한 본 연구에서는 기존 연구와 달리 비교집단 선정 없이 효과 분석을 실시하였다. 효과를 분석하기 위해서는 data를 취득하는데 어려움이 있고, 많은 시간과 노력이 필요하지만 이 분석방법을 실시함으로써 사고의 불확실성과 우연성의 문제점을 최소화 할 수 있고, 좀 더 정확한 효과를 분석할 수 있다.

본 연구에서는 교통량 자료만을 활용하여 기

대사고건수를 산출하였지만, 기하구조, 기상상태 등의 여러 다른 자료를 활용한다면 더 훌륭한 연구가 될 것이라 생각한다. 또한 미끄럼 방지 포장 기술뿐만 아니라 여러 개선기술별 효과를 분석 한다면 향후 교통안전 분야에 큰 도움이 될 것이라 판단된다.

후 기

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2007년도 건설 핵심 기술연구개발사업(05기반구축B02)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 교통사고 잦은 곳 기본개선설계 및 효과분석, 1999~2005, 도로교통안전관리공단
2. 교통량정보제공시스템,
<http://www.road.re.kr/>
3. 도로안전시설물의 사고감소효과도 분석, 2004, 삼성교통안전문화연구소
4. 전국 시도 및 도로별 사고 잦은 곳 현황, 1997~2006, 도로교통안전관리공단
5. 베이지안 통계계산, 2001, 김병휘·백호유·박태룡·오현숙·장인홍, 자유아카데미
6. 현대통계학의 이해와 응용, 2001, 배영주, 교우사
7. Elementary Bayesian Statistics, Edward Elgar Publishing, 1996, Antleman
8. Empirical Bayes Method를 이용한 사고 잦은 지점 사전-사후 개선효과 분석에 관한 연구, 2006, 한양대학교 도시대학원 석사논문, 곽영훈
9. SPSS를 활용한 회귀분석, 1999, 서혜선·양경숙·김나영·김희영·김미경, SPSS아카데미
10. Observational before-after studies in road Safety. 1997, Ezra Hauer
11. 교통사고 다발지점 개선사업 효과분석에 관한 연구, 1998, 한양대학교 산업경영대학원 석사논문, 문일균
12. 사고 잦은 곳 개선사업 업무편람, 2002, 건설교통부, 경찰청
13. 도로안전시설 설치 및 관리 지침, 2002.10, 건설교통부