

■ 論 文 ■

지방부 2차로 도로의 사고예측계수 개발 및 검증

Development and validation of Accident Modification Factors of Two-Lane Rural Roadways

김 응 철

(인천대학교 건설환경공학과 부교수)

최 은 진

(인천대학교 토목환경공학과 박사과정)

이 동 민

(한국교통연구원 첨단교통운영연구센터 책임연구원)

김 도 훈

(한국교통연구원 도로교통안전연구본부 연구원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
 - 3. 선행연구고찰
- II. 본론
 - 1. 모형을 이용한 AMF개발방법
- 2. 지방부 2차로 도로의 AMF개발
- III. 검증
 - 1. 개발된 AMF의 전문가 평가
 - 2. 국외 AMF와의 적용성 비교
- IV. 결론
 - 참고문헌

Key Words : 사고예측계수(AMF), 지방부 2차로 도로구간, 도로설계 안전성 평가, IHSDM, RSDS
Accident Modification Factor, Two-lane Rural Highway, Road Design Safety Assessment, Interactive Highway Safety Design Model(IHSDM), Roadway Safety Design Synthesis(RSDS)

요 약

본 연구에서는 지방부 2차로 도로구간에 대한 사고예측계수를 개발하고자 하였으며, 사고예측계수(AMF)는 설계 안전성 평가시 도로구간의 기하구조적요인, 운영적 요인 등 개별 요소가 사고빈도에 미치는 영향을 반영하는 계수이다. 개발한 지방부 2차로 도로의 사고예측계수항목은 기존문헌과 모형을 통해 횡단보도와 진출입구의 밀도, 지형(산악지), 토지이용도(주거), 중앙분리대의 설치여부로 결정되었다.

사고예측계수의 개발은 모형을 이용한 방법을 채택하였으며 산출된 값에 대해서는 전문가 평가를 통하여 항목의 적정성을 평가하고, AMF의 예측력, 국내도로 특성 반영도 등 두 가지 측면에서 적용성 평가를 수행하였으며 국외의 AMF를 적용했을 시와 비교분석하여 평가하였다.

전문가를 통한 적정성에 대한 평가에서는 개발된 계수의 항목이 전반적으로 적절한 것으로 평가되었으나 토지이용도의 주거 항목의 값에 대하여 과대 예측하는 결과를 유발 할 수 있을 것으로 평가되었다. 한편, 국외의 사고예측계수 및 실제사고와의 비교분석결과는 전체 예측빈도로 판단한 결과, 미국에서 개발 중인 IHSDM과 본 연구의 결과가 실제에 가장 근접하는 것으로 나타났으며 미국 텍사스 RSDS의 값은 전반적으로 결과를 과대 예측하는 것으로 나타났다. 또한 실제 사고발생위험도가 높은 도로구간에 대한 예측은 본 연구의 계수 값을 적용하는 경우 반영도가 더 좋은 것으로 나타났다.

This study has aimed to develop accident modification factor(AMF) for rural two-lane roadway segments. Accident Modification Factor is a coefficient to assess roadway safety as reflecting characteristics of homogeneous roadway. It estimates accident frequency of roadway segments with developed base model and exposure. We found on items of such factors as crosswalk, driveway density, topography characteristic, land use and median through statistical models and literature review. To develop accident modification factors, we used statistical model methods and analyses of applicability and expert judgement method were practiced to validate it.

Although expert judgement for land use item was questionable, most items were rated acceptable. Result of comparative analysis revealed crash frequencies of IHSDM and KHSEM were most similar with actual. However, accident distribution of KHSEM was more proper than IHSDM. Also overall estimated values of RSDS were found to be overestimated.

본 연구는 06교통핵심사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도로의 안전성은 설계지침의 만족여부, 현재 운영중인 도로의 속도분포, 사고이력 등 여러 가지 자료를 근거로 평가할 수 있다. 현재 가장 보편적인 방법은 사고건수에 의한 방법과 전문가의 판단에 의한 도로교통 안전진단의 방법이다. 그러나 사고건수에 의한 위험구간 판단 방법은 사후적인 점검이 될 수 밖에 없으므로 예방적 성격을 지닌 도로교통 안전진단이 안전성을 판단하기에 더 적합한 방법일 것이다.

도로교통 안전진단은 수집 가능한 많은 자료와 현장 방문을 통한 전문가의 판단에 의해 이루어진다. 이러한 평가 방법은 전문가의 경험적 지식으로부터 도출되므로 충분히 타당하고 신뢰할 만한 것이나 뒷받침할 만한 객관적인 근거가 없다는 문제점이 있다.

객관적인 근거가 될 수 있는 수치적인 결과의 도출은 전문가의 안전성 판단결과를 뒷받침 할 수 있을 뿐만 아니라 대안도로 또는 개선사업의 우선순위 결정, 편익분석 등 다양하게 활용될 수 있다.

따라서 안전성을 수치화 하는 것은 이 같은 문제점을 해결함과 동시에 기존의 진단결과를 더욱 신뢰 할 수 있도록 할 수 있는 방안이 될 수 있을 것이다.

이러한 필요성에 의해 국외에서는 이미 여러 가지 평가 방법에 대한 기술개발이 이루어져 있는 상태이다. 이 중 대표적인 것이 미국의 IHSDM으로 프로그램을 구성하는 6가지 모듈 중 사고예측모듈(Crash Prediction Module, CPM)이 도로의 기하구조와 도로변 환경적 요소를 통해 예측사고빈도를 도출함으로써 도로의 정량적인 안전성 평가를 수행하고 있다. 사고예측모듈은 지방부 도로의 안전성을 평가하기 위하여 도로구간의 기본모형, 사고예측계수(Accident Modification Factor), 지역보정계수를 사용하고 있다. 이 중 사고예측계수는 도로의 기하구조, 운영적요인, 도로환경적인 요인이 도로구간에 미치는 영향을 반영하기 위한 계수로 안전성을 평가하는데 매우 중요한 역할을 수행하고 있다.

그러나 기존에 국외에서 개발된 사고예측계수가 국내의 도로특성을 효과적으로 반영하기 어려울 것이라는 판단 아래 본 연구에서는 국내 지방부 도로구간의 특성을 반영할 수 있는 AMF를 개발하고 이를 검증하기 위한 연구를 수행하고자 한다.

따라서 국내 도로특성을 반영하기 위해 국내도로의 실제 수집 가능한 데이터를 바탕으로 AMF를 개발하기 위한 방법론을 모색하고 값을 개발하였다. 또한 개발된 AMF의 적용성 및 예측력을 검증하기 위하여 전문가 평가와 적용성 평가를 수행하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

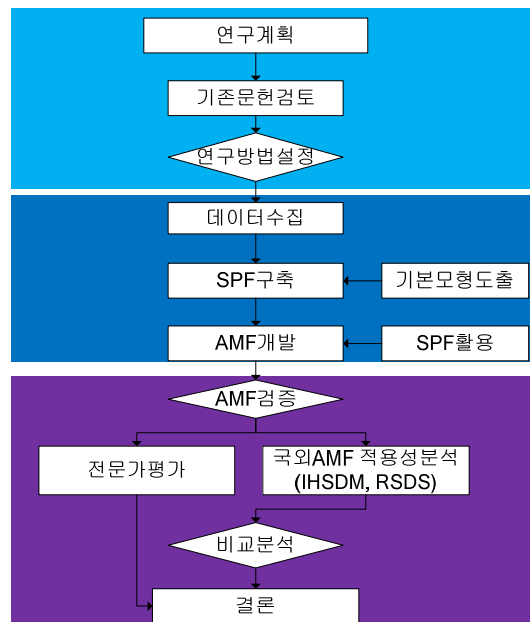
도로구간의 안전성을 평가하기 위한 AMF개발 및 검증에 대한 연구는 그 대상을 지방부 2차로 도로구간으로 한정하고 본 연구의 내용은 크게 두 가지 부분으로 구분하여 수행하였다.

첫번째는 국내의 지방부 도로구간의 데이터를 활용하여 구축한 모형으로 AMF를 개발하는 과정이다.

다음은 개발한 AMF 값을 검증하는 과정으로 실제 도로구간에 개발한 AMF를 적용함으로써 사고예측도를 평가한다. 이때 본 연구에서 개발한 AMF의 국내 도로 특성 반영도를 비교평가하기 위하여 동일한 도로구간에 대하여 국외의 AMF를 적용하여 비교 분석하였다.

또한 개발된 값과 항목들은 도로안전 전문가를 대상으로 AMF항목과 그 값에 대한 적정성을 평가하였다.

<그림 1>은 세부 연구진행과정과 해당과정을 도식화한 것이다.



<그림 1> 연구흐름도

- Step1.** 기존문헌 검토를 통하여 AMF를 개발하기 위한 방법론을 모색하고 적절한 방법론을 설정한다.
- Step2.** 지방부 2차로 도로구간의 AMF개발을 위해 필요한 데이터를 수집한다.
- Step3.** 데이터를 통해 지방부 2차로의 사고예측모형을 구축하고 해당 모형을 통해 AMF의 초기 값을 설정한다.
- Step4.** 초기 값으로부터 지방부 2차로 도로구간의 안전성 평가에 알맞은 AMF 값을 찾는다.
- Step5.** 개발된 값의 검증은 정성적인 방법과 정량적인 방법으로 구분하여 수행한다.
- Step6.** 결과의 정성적인 검증은 해당분야의 전문가로부터 AMF항목과 값에 대한 평가로 한다.
- Step7.** 정량적인 검증은 본 연구에서 개발한 AMF를 적용하는 경우 국내도로의 안전성 평가결과와 국외에 개발된 AMF 국내도로에 적용한 결과를 비교분석함으로써 수행한다.

3. 선행연구고찰

1) AMF개발 방법론

AMF는 도로의 기하구조나 교통 특성 등의 변화가 분석구간에 발생 가능한 사고건수에 미치는 영향을 반영하는 사고예측계수이다. 특정 요소의 변화가 사고감소효과를 가질 때 AMF는 1보다 작은 값을 가지며, 1보다 큰 값을 가지는 경우에는 사고를 증가시킴을 의미한다.

이러한 AMF를 적용하여 도로의 설계 안전성을 평가할 시 특정 설계 항목의 변화로 인한 영향은 각각의 도로가 가지는 환경적 특성으로 인해 서로 상이한 결과를 초래할 수 있다. 따라서 이 같은 문제점을 해결하기 위해 가장 이상적인 방법은 가능한 모든 경우에 대하여 사전 사후평가를 통한 효과도를 산출하는 것이다.

그러나 이는 J. Bonneson and K. Zimmerman (2006), David L. et al(2008) 등 다수의 연구에서 언급한바와 같이 현실적으로 가능한 방법이 아니며, 이와 같은 한계점을 극복하기 위해 새로운 방법론이 필요하다.

각각의 도로의 특성을 모두 반영할 수 없다면, 안전성 평가는 누구든 수렴가능한 일반적인 결과를 도출할 수 있어야 할 것이다.

<표 1> 기존문헌의 AMF 개발 방법(Kay Fitzpatrick, 2008)

| | 항목 | AMF 개발방법 |
|------|--------------------|------------|
| 교차로 | 회전교차로설치 | 기존문헌 |
| | 신호기설치 | 기존문헌 |
| | 교차로 조명시설설치 | 전문가 판단 |
| | 좌회전차로설치 | 기존문헌/전문가판단 |
| | 우회전차로설치 | 기존문헌/전문가판단 |
| 도로구간 | 차로폭변화 | 참고문헌 |
| | 곡선반경(Zeeger, 1990) | 모형 |
| | 구배(TTI, 2005) | 모형 |
| | 양방향 좌회전 차로 | 모형 |

때문에 도로의 구성요인의 효과를 반영하기 위하여 어떠한 방법론을 통하여 값을 도출해느냐 하는 것은 매우 중요한 부분이다.

국외에서 개발된 AMF의 경우 개발대상 도로의 유형에 따라 약간의 차이점을 가지고 있으나 가장 많이 선택된 방법론은 기존문헌의 결과를 이용하는 방법, 모형을 이용하는 방법(도로구간), 전문가의 판단(교차로)을 이용하는 방법이다(David L. et al, 2008).

<표 1>에서 알 수 있듯 교차로 구간의 경우 연속적인 변수가 상대적으로 적어 기존문헌과 사전사후 평가 등의 과거 이력을 통해 전문가 판단으로 값을 결정한 부분이 많았으나, 도로구간의 경우 모형을 이용한 방법이 주로 사용되고 있다. 이는 도로구간의 경우 대부분 연속적인 변수로 구성됨에 따라 좀 더 분석적인 방법이 타당한 것으로 결론 내려졌기 때문인 것으로 판단된다.

현재까지 AMF를 결정하기 위한 방법론은 앞서 언급한 두 가지에 사전-사후 평가를 통한방법, 기존문헌을 이용한 방법을 포함하여 크게 4가지로 분류될 수 으며 각각의 방법론은 다음과 같은 특성을 가진다.

사고예측모형의 이용법의 경우 전체적인 사고예측에는 유리하나 기반이 되는 데이터 구축에 많은 비용이 소요된다. 또한 개발이 이루어진 뒤에도 여전히 각각의 변수의 계수를 신뢰하기 힘든 단점이 있다. 그러나 분석적인 방법론으로 통계적 정당성을 확보할 수 있고, 도로구간과 같이 연속형 변수를 많이 포함하는 도로유형에 적합하다.

사전-사후 평가의 경우 AMF를 개발하는데 있어서 가장 효과적인 방법으로 평가되고 있다. 그러나 이 방법론의 경우 모든 경우의 수에 대한 평가를 수행할 수 없으므로 표본을 뽑는다 하더라도 사고예측모형과 마찬가지로 대표성의 문제를 극복하기는 힘들다. 또한 연구결과

를 도출하는데 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다. 따라서 과거 많은 사전-사후 평가가 수행되어온 미국에서는 과거의 연구이력을 바탕으로 이를 취합하여 활용하는 메타분석법등이 활용되고 있으나 국내의 경우 이 같은 연구 자료가 충분하지 않아 활용할 수 없는 실정이다.

전문가 판단에 의한 방법은 전문가 집단에 사고이력, 통계적 모형, 사전 사후평가 결과, 기존문헌 등 수집 가능한 많은 자료를 제공하고 효과를 평가하도록 하는 방법이다. 제공되는 많은 자료를 바탕으로 전문가의 경험적 판단에 기초하므로 분석적 결과에서는 도출할 수 없는 결과를 얻을 수는 있으나, 기본적으로 평가를 위해 요구되는 데이터가 많고 이를 통한 평가결과의 객관적인 검증, 연속형 변수에 대한 값을 결정하기 어렵다는 문제점이 있다.

마지막으로 기존문헌을 이용하는 방법의 경우 각각의 항목에 대한 연구결과를 취합하는 과정에서 각 연구들의 분석방법, 데이터 가공 등 여러 가지 조건이 동일한 문헌을 확보하는 것이 힘들다.

이처럼 각각의 방법론이 가지는 한계점은 쉽게 간과할 수 없는 문제점으로 이를 보완하기 위한 방법이 필요하다. 따라서 David L. et al(2004)등 AMF를 개발하기 위한 연구들은 각각의 방법론이 가지는 한계점을 상호보완 할 수 도록 여러 가지 방법을 복합적으로 사용한다. 예를 들어 기존문헌의 결과를 이용하더라도 여기에 전문가의 판단을 통해 특정연구결과의 일반화에서 올 수 있는 오류를 보완한다. 이는 사고예측모형을 활용하는 방법이나 다른 방법에서도 비슷한 양상으로 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구들로부터 파악한 한계점과 극복방법을 바탕으로 도로구간의 AMF를 개발하기 위하여 사고예측모형을 이용한 방법을 활용하되 기존문헌의 결과와 전문가의 판단을 고려하여 최종 AMF를 결정하였다.

2) 적용성 평가에 활용된 국외의 AMF

본 논문에서 개발한 AMF의 정량적인 검증은 개발한 AMF를 적용한 국내 지방부 2차로 도로의 사고예측결과를 실제 사고빈도와 비교분석함과 동시에 국외의 AMF 적용성을 함께 분석함으로서 수행하고자 한다. 따라서 본 절에서는 대표적인 두 문헌에서 제시하고 있는 AMF

를 정리하고 그 방법론에 대해 요약하였다.

AMF에 관한 연구는 IHSDM의 Crash Prediction Module(CPM)에서 지방부 2차로도로(양방향)의 설계 안전성을 평가하기 위해 개발되었고, 이후 Highway Safety Manual(HSM)과 텍사스주의 Roadway Safety-Design Synthesis(RSDS)등의 연구를 통해 확장되었다.

각각의 연구결과 제시하는 AMF는 개발방법, 항목 등에서 차이를 보이나, 일부 항목에서는 동일한 값을 보이기도 한다. 또한 한 문헌 내에서도 각 AMF를 개발하기 위한 AMF개발 방법론이 항목마다 차이를 보이기도 한다.

<표 2>1), <표 3>2)을 통하여 적용성 평가할 IHSDM과 RSDS의 AMF를 제시한다.

평면곡선, 구배, 부가차로의 경우 IHSDM과 RSDS가 동일한 값을 사용하고 있다. 또한 항목을 살펴보면 RSDS가 편경사, 중앙분리대, 요철구간, 시설한계, 도로변경사, 도로변 시설물 간격 등 고려하는 항목이 IHSDM에 비해 많은 것으로 조사되었다.

IHSDM과 RSDS에서 동일한 값으로 사용하고 있는 평면곡선에 관한 AMF는 곡선구간의 기하구조를 개선하는 경우의 비용효과를 살펴보기 위한 연구로부터 개발된 모형을 이용한 것이다. 해당 모형은 곡선구간의 교통량,

<표 2> IHSDM의 Accident Modification Factors

| 항목 | AMF |
|-----------|---|
| 차로폭 | $(AMF_{ra} - 1.0)P_{ra} + 1.0$ |
| 길어깨 | $(AMF_{wra}AMF_{tra} - 1.0)P_{ra} + 1.0$ |
| 평면곡선 | $\frac{1.55L_c + \frac{80.2}{R} - 0.012S}{1.55L_c}$ L : 곡선길이 R : 곡선반경 S : 완화곡선유무 |
| 구배 | 1.016PG (PG : 경사, %) |
| 진출입구 밀도 | $\frac{0.2 + [0.05 - 0.005 \ln(ADT)]DD}{0.2 + [0.05 - 0.005 \ln(ADT)]DD}$ DD: 진출입구 밀도(dwys/km) |
| 부가차로 | 추월차로 : 0.75 |
| | 짧은 4차로 구간 : 0.65 |
| 양방향 좌회전차로 | $1.00 - 0.35 * \frac{0.0047DD + 0.0024DD^2}{1.199 + 0.0047DD + 0.0024DD^2}$ |
| 도로변 위험률 | $\frac{\exp(-0.6869 + 0.0668RHR)}{\exp(-0.4865)}$ RHR : 도로변 위험률(1 ⁷) |

1) IHSDM의 Engineer Manual< Roadway Segment AMFs< 차로폭과 길어깨폭의 AFMra, AMFwra, AMFtra,, Pra는 Table 2, 3, 4 참조
2) Texas Transportation Institute, Roadway Safety Design Synthesis(2005)

기하구조, 사고데이터를 수집하여 이를 이용한 회귀 모형식을 산출하여 동일조건인 직선구간인 경우의 사고율과 곡선구간의 사고율의 비로서 AMF를 산출하도록 하고 있다(Zeeger,1990).

RSDS에서 제시하고 있는 편경사의 AMF는 전문가의 판단에 의해 결정된 대표적인 AMF로 ASSHTO에서 규정하고 있는 기준과 현재도로의 편경사와의 차이가 클수록 사고에 미치는 영향이 큰 것으로 판단하여 AMF를 결정하고 있다. 결정된 편경사의 AMF는 기준과 실제도로의 편경사 차이가 0~1%인 경우 사고에 영향을 미치지 않는 것으로 판단하며 그 이상인 경우 <표 3>과 같은 값을 보인다(Zeeger, 1990).

IHSDM과 RSDS가 동일한 값을 나타내는 구배에 대한 AMF는 음이항 회귀모형을 통해 산출한 값으로 값은 구배가 1%증가하면 사고가 1.6%증가함을 의미한다. 해당연구에서는 이 같은 결과가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었으나 전문가 판단에 의해 다음의 값이 적당한 것으로 판단되어 AMF로 결정되었음을 언급하고 있다(Miaou, 1998).

현재까지 개발된 많은 AMF들이 전문가의 판단에 많

<표 3> RSDS의 Accident Modification Factors

| 항목 | AMF |
|--------------|--|
| 차로폭 | $1.167(e^{-0.047(W_i-12)} - 1.0) + 1.0$ |
| 길어깨 | $2.125(e^{-0.021(W_s-8)} - 1.0) + 1.0$ |
| 평면 곡선 | $\frac{1.55L_c + \frac{80.2}{R} - 0.012S}{1.55L_c}$ L :곡선길이 R :곡선반경 S :완화곡선유무 |
| 구배 | 1.016^{PG} (PG : 경사, %) |
| 진출입구 밀도 | $e^{0.007(D_d-5)}$ (D_d : dwys/mile) |
| 편경사 | 2% : 1.06, (1%증가시 마다 0.03증가) |
| 부가차로 | 추월차로 : 0.75 짧은 4차로 구간 : 0.65 |
| 중앙 분리대폭 | $e^{-0.052(W_m-76^{0.5})}$ Depressed $e^{-0.038(W_m-16^{0.5})}$ Surfaced |
| 요철구간 | 길어깨 요철구간 : 0.99 중앙선 요철구간 : 0.86 |
| 시설한계 | $0.34(e^{-0.014(W_h-30)} - 1.0) + 1.0$ |
| 도로변 경사 | $0.34(e^{0.69(1/S-1/4)} - 1.0) + 1.0$ |
| Utility Pole | $AMF_{pd} = 0.038(f_p - 1.0) + 1.0$ $f_p = \frac{(0.0000984ADT + 0.0354D_p) W_p^{-0.6} - 0.04}{0.0000128ADT + 0.075}$ |

은 영향을 받을 수 밖에 없는 이유는 개별 항목들이 사고에 미치는 독립적인 영향을 일반화시키기 위한 어떠한 방법론도 완전하지 못하다고 판단되기 때문일 것이다. 따라서 본 연구에서는 개발된 값이 도로의 안전성을 평가하기 위해 적절한 값을 나타내고 있는지를 검증하기 위해 정성적, 정량적 방법을 사용하였다.

II. 본론

1. 모형을 이용한 AMF개발 방법

본 연구에서는 지방부 2차로 도로의 AMF를 개발하기 위하여 사고예측모형을 구축하여 모형을 이용한 AMF를 개발하고자 한다. AMF를 개발하기 위하여 사용된 사고예측모형과 사고데이터는 「안전지향형 교통환경 개선 기술개발, 과제의 2세부_3세세부 과제인 ‘사고 정보 분석 및 도로환경 안전성 평가 시스템 개발’의 3차년도 연구수행결과를 이용하였다. 사고데이터 수집과 사고모형구축관련 구체적인 내용은 본 논문에서 생략하였다.

모형을 이용한 방법에서 모형은 1차적으로 모형에 포함된 변수들로부터 AMF 산출이 필요한 항목을 결정하는데 정보를 제공한다. 해당 변수들은 도로구간의 사고건수에 대하여 통계적으로 유의미하다고 판단할 수 있기 때문이다. 따라서 이들을 우선 AMF 항목으로 선정하고 기준문헌을 통해 최종 AMF개발 여부를 결정한다. 2차적으로는 기본조건을 적용하여 기본모형을 산정하고 이를 통해 AMF식 또는 AMF값을 도출하는데 이용된다. 또한 AMF를 산출하기 위해 사용된 모형은 좀 더 많은 변수를 포함시키기 위하여 유의 수준 70%에서 분석한 모형도 함께 활용하였다. 이는 정확한 예측도 중요하지만 되도록 많은 요인을 고려하는 것이 좀 더 일반적인 값을 도출하는데 활용적일 것이라는 판단했기 때문이다.

한편, 안전성을 평가하는데 있어 평가구간을 어떻게 설정하는지 여부가 결과에 많은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 안전성을 평가하기 위한 도로구간은 기하구조적 측면에서 동일한 구간으로 볼 수 있는 동질성구간 분류기준을 선정하여 구간을 분류하였다. 분류기준은 동질성을 판단하는 기준에 따라 속도, 교통량, 교차로 위치등 여러 가지가 있을 수 있다.

그러나 본 연구에서는 도로의 기하구조적인 영향에

<표 4> 기반이 된 데이터의 도로정보

| | | | | | |
|--------------|-----|--------|-------------|-----|-------|
| 총연장(km) | | | 348.79 | | |
| 구간개수(개) | | | 1,918 | | |
| ADT (vpd) | avg | 3,494 | 구간길이 (m) | avg | 181.8 |
| | max | 21,996 | | max | 3,000 |
| | min | 961 | | min | 30 |
| 차로폭 (m) | avg | 6.94 | 길어깨폭 (m) | avg | 1.03 |
| | max | 16 | | max | 3.6 |
| | min | 6 | | min | 0 |

초점을 맞추기 위해 1차적으로 곡선반경, 종단경사, 도로폭으로 구간을 분류한 후 각 구간 내에서 중앙분리대, 길어깨 폭 등이 변화하는 구간을 2차 구간으로 하여 총 1,918개 구간으로 분류하였다.

AMF항목이 선정된 후 AMF의 산출은 기본조건 설정, 기본모형 도출, AMF의 값 또는 식 산출의 흐름으로 진행된다. AMF 산출을 위해서는 먼저 기본조건을 설정하는 것이 중요하다. 기본조건이란 “AMF=1”인 조건으로 도로의 사고에 어떠한 영향도 미치지 않는 조건을 의미한다.

본 연구에서는 차량의 통행에 영향을 미치는 요인을 최소화 하는 조건으로 ‘도로의 구조 및 시설기준에 관한 규칙’(국토해양부, 2000)에 2차로 도로구간에 대한 내용에 기초하여 다음과 같은 조건을 기본조건으로 설정하였다.

- 차로폭 3.5m, 측방여유폭 1.5m이상
- 교통통제, 진출입구등으로 인하여 직진차량이 영향을 받지 않는 도로
- 평지 (구배 및 지형)
- 추월가능 구간이 100%
- 도로변 토지이용도 없을 것(주거 및 상업시설)

위와 같은 기본조건을 바탕으로 기본모형을 도출하고 AMF를 산출하는 일련의 과정을 식으로 표현하면 다음과 같으며, 식(1)과 식(2)는 기본모형의 산출과정, 식(3)부터 (5)는 AMF값 또는 식의 산출과정이다.

$$EXPO \times \exp(\alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n) \quad (1)$$

$$x_1, \dots, x_n = \text{Base conditions}, \quad \therefore N_b = EXPO \times \exp(\alpha') \quad (2)$$

x_2 에 대한 AMF를 산출하고자 하는 경우 x_2 를 제외

한 나머지 변수에 기본조건을 대입한다.

$$N_{x_2} = EXPO \times \exp(\alpha' + \beta_2 x_2) \quad (3)$$

$$AMF = \frac{N_{x_2}}{N_b} = \frac{EXPO \times \exp(\alpha' + \beta_2 x_2)}{EXPO \times \exp(\alpha')} \quad (4)$$

$$\text{if } \alpha' = \alpha', \quad \therefore AMF = \beta_2 x_2 \quad (5)$$

AMF는 식(4)와 같이 기본조건에서의 예측사고빈도와 특정 설계요소의 변화에 따른 사고빈도와의 비로서 각각의 항목이 독립적인 영향을 미친다는 가정 하에 산출된다. 위와 같은 과정을 통해 지방부 2차로 도로구간의 기본모형이 식(6)과 같이 도출되었다.

$$\text{Base Model} = EXPO \cdot \beta_o \quad (6)$$

$$EXPO = 365 \times ADT_i \times L_i \times \text{Year} / 10^{-6}$$

$$\beta_o = e^{-7.33}$$

$$L_i = \text{분석구간의 길이(m)}$$

$$ADT_i = \text{분석구간의 교통량(vpd)}$$

2. 지방부 2차로 도로의 AMF개발

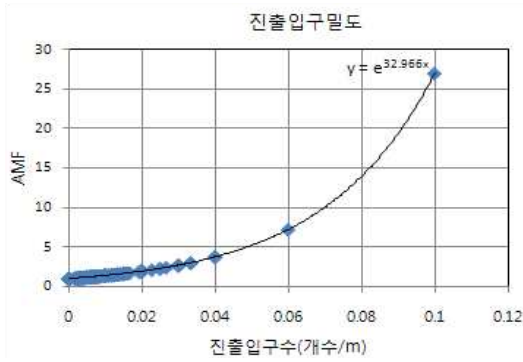
1) 진출입구 밀도

진출입구밀도의 AMF :

$$AMF_{Dd} = e^{32.966Dd} \quad (Dd \leq 0.04 \text{dirveways/m}) \\ = 1.93 \quad (Dd > 0.04 \text{dirveways/m}) \quad (7)$$

진출입구수는 동질성구간의 단위거리(m)당 진출입구 수, 즉 진출입구의 밀도로 고려하였다.

진출입구의 AMF는 식(7)과 같으며, 1km구간 내에 진출입구가 1개인 경우 1.03의 값으로 약 3%정도의 사고 증가 효과가 있는 것으로 판단한다. 그러나 이 같은 효과는 식(3)에서 제시하고 있듯이 진출입구의 밀도가 0.04driveway/m이하인 경우이다. 그 이상인 경우 도로구간의 진출입구 수가 1km구간에 40개의 이상의 진출입구가 있음을 의미하며 이는 평균 25m마다 진출입구가 있는 것이다. 이 같은 정도의 진출입구의 밀도는 도시



<그림 2> 진출입구밀도 AMF분포 그래프

부의 도로가 가지는 특성이라 할 수 있다.

<그림 2>는 지방부 2차로 도로 14개 노선의 일부구간의 진출입구 밀도에 따른 AMF분포를 나타낸 것이다.

진출입구 AMF 결정의 기준점이 되는 밀도 총 0.04 driveway/m 이상이 밀도를 가지는 지점은 전체 구간중 약 0.83% 로 매우 적은 부분을 차지하고 있었다. 따라서 해당 값이 진출입구 밀도 AMF의 상한점으로서 역할을 하는데 문제점이 없을 것으로 판단하였다.

한편, 동일한 밀도에 대하여 RSDS는 0.98, IHSDM은 0.96을 나타낸다. 이는 두 문헌의 경우 각각 약 2%, 4%의 사고감소효과가 있음을 의미한다. 이러한 결과는 진출입구가 없는 것을 기본조건으로 하고 있는 본 연구와 달리 RSDS는 마일당 5개, IHSDM은 마일당 3개를 기본조건으로 제시하고 있어 그 이하의 밀도인 경우 오히려 사고를 감소시키는 효과가 있는 것으로 판단하는 것이다. 그러나 IHSDM의 경우 교통량을 동시에 고려하고 있으므로 진출입구수가 적더라도 교통량이 많은 경우 사고증가 효과가 있음을 시사하고 있다.

2) 횡단보도

횡단보도의 AMF :

$$AMF_{Cw} = e^{48.392Cw} \quad (Cw \leq 0.02 \text{crosswalks/m})$$

$$= 2.63 \quad (Cw > 0.02 \text{crosswalks/m})$$

(8)

지방부 도로의 횡단보도 밀도는 도로변 토지이용도가 활성화되어 있는 국내의 지방부 도로 특성을 보여주는 단적인 특성중 하나라 할 수 있다. 미국의 IHSDM이나 RSDS의 AMF항목을 <표 2>와 <표 3>을 통해 살펴보면 지방부 도로의 사고에 영향을 미치는 요인들 중 보행자

의 영향을 고려하는 항목이 없다.

그러나 국내의 지방부 도로의 경우 대다수의 구간이 농지, 상업 및 산업지 등으로 도로변 토지이용이 활성화되어 있어 갓길로의 보행 및 도로의 횡단교통이 발생하고 이로 인한 사고가 종종발생하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 국내 지방부 도로의 특성을 반영하기 위하여 횡단보도를 AMF항목으로 고려하였다.

횡단보도의 AMF는 식(8)와 같으며 단위거리 1km 이내에 1개의 횡단보도가 설치되어 있는 경우 약 5%의 사고증가 효과가 있는 것으로 판단한다.

조사된 도로구간의 횡단보도의 밀도는 평균 0.02 crosswalks/m, 최대 0.02crosswalks/m로 밀도 0.02 crosswalks/m 이상인 지점은 전체의 약 0.2%로 발생빈도가 매우 적었다. 따라서 횡단보도의 상한값 경계는 0.02 crosswalks/m로 결정되었다.

3) 지형 (산악지)

산악지의 AMF : 1.22
 평지 및 구릉지 AMF : 1.0

지형은 도로가 위치한 주변환경에 따라 평지, 구릉지, 산악지 3가지로 구분하였다. 도로의 구간별 실제사고 빈도와 지형의 3가지 유형과의 상관관계를 살펴본 결과 산악지에 위치한 도로구간의 경우 사고가 발생할 확률이 높은 것으로 분석되었다.

2차로 도로구간의 모형으로부터 산출한 산악지형의 AMF는 1.22로 산악지에 위치한 도로구간은 약 22%의 사고증가 효과를 보이는 것으로 분석되었다. 지형의 AMF는 연속적인 값을 가지지 않으므로 도로가 산악지형에 위치하는 경우 1.22, 평지나 구릉지에 위치한 경우는 1로 결정하였다.

사고의 빈도나 사고 심각도에 영향을 미치는 요인 중에 하나로 도로변환경을 들 수 있는데 산악지의 경우 도로변 환경이 타 지형에 비하여 양호하지 못할 수 밖에 없으므로 사고에 부정적인 효과를 미치는 것으로 보인다.

4) 종단경사

$$\text{종단경사의 AMF} : e^{0.084 Vg} \tag{9}$$

종단경사의 AMF를 산출하기위한 변수 V_g 는 도로구간의 경사($V_g=ABS\%$)를 적용하였다. 도로구간의 기본

조건이 구배가 없는 평지로 이므로 중단경사가 0% 일 때 도로구간의 AMF는 1이다.

모형을 통해 산출한 중단경사의 AMF는 식(9)와 같으며 식(9)에 의하면 경사 1%까지는 AMF가 1에 가까운 값(1.08)을 나타낸다. 이것은 약 8%의 사고 증가효과로 전반적으로 1%정도의 경사는 교통사고에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보이나 1% 이상부터는 경사도에 따른 AMF값이 가파르게 증가하므로 도로구간에서 2%이상의 경사도를 가지는 경우 사고에 큰 영향을 미치는 것을 판단할 수 있다.

기존문헌에서의 중단경사와 사고와의 관계를 살펴보면 중단경사의 기울기가 클수록 사고율 및 사고 심각도가 높아지는 것으로 분석하고 있다. 여기에 추가적으로 오르막경사보다는 내리막 경사에서 사고율이 더 높다는 연구결과도 존재한다(Ogden, 1995).

일반적인 연구결과와 중단경사의 AMF를 살펴보면 경사가 높을수록 사고증가 효과가 있다는 점에서는 동질적인 패턴을 보이고 있으나, AMF는 경사를 절대값으로 반영함으로써 내리막 또는 오르막에 따른 사고 영향은 고려하지 못하고 있는 실정이다.

5) 중앙분리대

중앙분리대의 AMF : 1.39

중앙분리대의 AMF는 2차로 도로구간에 중앙분리대가 설치되어 있는지 여부로 결정하며 그 값은 1.39로 지방부 2차로 도로구간에 중앙분리대를 설치하는 경우 39%의 사고증가 효과가 있음을 의미한다.

일반적으로 중앙분리대를 설치함으로써 기대하는 사고 감소효과와 중앙분리대의 AMF값은 상이하다. 그러나 이미 국외의 기존 연구에서는 지방부 2차로 도로에서 가드레일을 사용한 폭이 좁은 중앙분리대 형태는 사망사고는 15% 감소시키나(Johnson, 1980) 사고심각도가 낮은 다른 형태의 사고는 14%증가시킨다(Simpson and Brown, 1988)는 연구결과도 있었다. 그러므로 해당항목의 값이 국내의 다른 일반적인 연구결과와 상반된다고 하여 잘못된 값이라고 판단할 수 없다. 오히려 지방부의 2차로 도로라는 특성을 감안하였을 때 해당 값이 충분히 의미가 있는 것으로 판단되어 중앙분리대의 AMF는 1.39로 결정하였다.

6) 토지이용도 (주거)

토지이용도(주거)의 AMF : 5.44

토지이용도는 지형항목과 더불어 도로가 위치한 지역적 특색을 반영하기에 가장 적합한 항목이다. 국외의 여러 문헌에서는 지역별로 각각의 지역에 맞는 AMF를 개발할 것을 권장하고 있고, 또 보다 범용적으로 적용하기 위한 매뉴얼에서는 지역보정계수라는 항목을 이용하여 지역적 특성을 반영하고 있다.

그러나 본 연구에서는 이러한 지역적 특성을 지형을 반영하는 AMF, 도로주변의 토지이용도의 AMF를 적용한다면 충분히 해결할 수 있는 문제라고 판단하여 해당 항목에 대한 AMF를 개발하였다.

AMF를 개발하기 위한 기존의 자료를 분석한 결과 토지이용도 중 도로구간의 사고에 영향을 미치는 것은 도로변 주거시설인 것으로 나타났다. 실제 분석대상이 되었던 다수의 구간이 주로 도로변 주거시설이 위치해 있는 곳에서 발생하였다. 이러한 도로구간의 경우 대부분 직선구간으로 도로폭이나 여러 가지 도로환경이 양호하였으므로 도로의 기하구조로 인한 사고발생으로 보기는 어려운 실정이었다.

모형을 통하여 산출한 AMF에 의하면 도로와 인접하여 주거시설이 있는 경우 일반도로구간에 비하여 5배 이상의 사고증가 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이는 분석대상이 되었던 도로구간 중 다수의 사고발생구간이 주거와 인접한 지역이었기 때문인 것으로 판단된다.

III. 검증

1. 전문가의 AMF평가

모형을 이용한 방법으로부터 산출한 지방부 2차로 도로구간의 AMF는 그 항목의 적정성 전문가로부터 평가 받았다.

전문가 평가는 도로안전 전문가 7명을 대상으로 서면 자문으로 실시하였다. 서면자문은 AMF개발방법에 대한 내용을 비롯하여 AMF를 개발하기 위한 모든 내용을 정리한 자료와 평가시트를 제공하여 실시하였다. 항목에 대한 적정성은 1~5점으로 평가하도록 하였다.

다음의 <표 5>를 보면 각각의 항목에 대한 평가 점수의 평균, 최고, 최저점을 알 수 있다. 각 항목의 평가결과를 평균 점수로 판단하였을 때 모든 항목이 평균 3점 이상으로 그 필요성이 보통이상인 것으로 판단할 수 있다. 세부적으로 살펴보면 진출입구수와 중앙분리대가 가

<표 5> AMF항목의 전문가 평가 결과

| AMF항목 | 항목점수 | | |
|-----------|------|----|----|
| | 평균 | 최고 | 최저 |
| 횡단보도 | 3.14 | 5 | 2 |
| 지형(산악지) | 3.14 | 5 | 2 |
| 진출입구수 | 4.57 | 5 | 3 |
| 구배 | 3.67 | 4 | 2 |
| 중앙분리대 | 4.14 | 5 | 2 |
| 토지이용도(주거) | 3 | 5 | 1 |

장 높은 점수를 받아 지방부 2차로 도로의 사고에 큰 영향을 미칠 것으로 판단하고 있다.

토지이용도의 경우 최저 1점, 최고 5점, 평균 3점을 받아 평가자에 따라 필요성에 대한 견해편차가 매우 큰 것으로 보였다. 토지이용도의 고려가 필요하다고 평가한 전문가의 경우 주거이외에도 상업시설등 기타 다른 토지이용에 대한 영향도 고려할 필요가 있다고 평가하였다.

전문가의 AMF 항목에 대한 전체적인 평가를 살펴보면 대부분의 항목에 대하여 적정성을 인정받았으나 도로의 안전에 영향을 미치는 요인이 주로 도로구조부나 도로시설물에 있다고 판단하는 전문가와 도로환경적인 요인의 영향이 크다고 판단하는 전문가 사이에 다소 이견이 있는 것으로 보였다.

2. 예측도 평가 및 국외 AMF적용결과 비교분석

개발된 AMF로 국내의 지방부 2차로도로의 안전성을 평가하는데 있어 값에 대한 적정성 및 적용성을 실제 국내의 도로데이터를 이용하여 안전성을 평가함으로써 AMF를 검증하였다.

AMF의 검증은 AMF의 사고예측력과 국내 도로의 특성을 반영하는 적용성 2가지 측면에서 실시하였다.

사고예측력은 본 논문에서 개발한 지방부 2차로 도로의 기본모형과 AMF를 적용하여 도로구간의 사고를 예측하는 경우 실제사고빈도와의 차이를 비교분석함으로써 수행하였다.

국내도로의 특성을 반영하는지 여부는 기존의 연구를 통해 개발된 IHSDM과 RSDS의 AMF를 적용하여 동일노선을 평가한 후 실제사고빈도와 비교분석함으로써 적용성을 평가하였다.

본 연구에서 개발한 AMF는 “Korea Highway Safety Evaluation Model”의 약자인 “KHSEM”으로 통합하여

지칭하겠다. <표 6>은 본 연구에서 개발한 지방부 2차로 도로의 AMF항목을 정리한 것이며, IHSDM과 RSDS의 AMF는 <표 2>와 <표 3>을 통해 확인할 수 있다. 예측력에 대한 정확도는 식(10)과 식(11)의 MAD(Mean Absolute Deviation), MPB (Mean Prediction Bias)를 지표로 하였다. 각각의 값은 0에 가까울수록 예측력이 뛰어남을 의미한다.

$$MPB = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \tag{10}$$

Y_i : 실제사고건수
 \hat{Y}_i : 예측사고건수

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \tag{11}$$

Y_i : 실제사고건수
 \hat{Y}_i : 예측사고건수

적용성 평가를 수행할 도로구간의 두 노선에 대한 정보는 <표 7>과 같다.

두 노선을 살펴보면 A구간이 도로구간의 평균 차로 폭, 길어깨 폭이 B구간에 비하여 넓은 뿐만 아니라 구간 내 곡선구간에 비하여 직선구간이 많다.

또한 평균 진출입구 밀도도 B구간에 비하여 낮아 도로구간의 정보로만 판단할 때는 A구간이 B구간에 비하여 안전한 것으로 보인다. 그러나 A구간의 교통량이 B구간의 5배 이상이므로 사고노출량이 클 것이므로 도로

<표 6> KHSEM의 AMFs

| 항목 | 단위 및 범위 | AMF |
|---------|---------------------|-------------------|
| 횡단보도 | < 0.02 crosswalks/m | $e^{48.392 * Cw}$ |
| | ≥ 0.02 crosswalks/m | 2.63 |
| 지형 | 산악지 | 1.22 |
| 진출입구 밀도 | < 0.04 driveways/m | $e^{32.966 * Dd}$ |
| | ≥ 0.04 driveways/m | 1.93 |
| 중단선형 | $V_g = ABS\%$ | $e^{0.084 * Vg}$ |
| 중앙분리대 | 설치시 | 1.39 |
| 토지이용도 | 주거지역 | 5.44 |

<표 7> 적용성 평가대상 도로구간의 정보

| 항목 | A구간 | B구간 |
|----------------|-------------|-------------|
| 평균교통량(veh/day) | 5147veh/day | 1009veh/day |
| 도로구간길이(km) | 5.08 | 10.3 |
| 동질성구간 수 | 38 (100%) | 80 (100%) |
| 곡선구간 수 | 17 (45%) | 60 (75%) |
| 직선구간 수 | 21 (55%) | 20 (25%) |
| 평균 차로폭(m) | 3.5 | 3.32 |
| 평균 길어깨 폭(m) | 1.06 | 0.72 |
| 평균진출입구밀도(개/km) | 1.95 | 2.32 |
| 사고건수 | 5 | 8 |
| 단위거리당 사고율* | 0.98 | 0.78 |
| 백만차량당 사고율** | 0.52 | 2.11 |

* crashrates/km/yr ** (crashrates/MVK)

구간의 정보만으로 구간의 안전성을 평가하기는 힘든 실정이다.

<표 8>은 IHSDM과 RSDS, KHSEM의 AMF와 기본모형을 적용하여 예측한 A, B구간의 사고 빈도 및 사고율과 실제사고빈도 및 사고율이다.

A구간의 한 해 동안 발생한 사고 건수는 총 5건으로 단위거리당 사고율은 0.49, 백만차량당 사고율은 1.32이다. IHSDM을 통해 예측한 해당구간의 사고빈도는 4.95로 실제 사고빈도와 가장 근접한 값을 보였고, RSDS는 13.08로 실제사고빈도보다 2배 이상 크게 예측하였다. 반면 KHSEM은 약 3.27건 크게 예측하여 IHSDM의 결과에는 미치지 못하고 RSDS보다는 실제 사고에 가까운 값을 나타내었다.

예측된 값의 총 빈도 측면에서는 IHSDM의 예측값이 가장 실제사고빈도 수에 가까운 것으로 나타났으나 동질성 구간별 예측력을 <표 8>를 통해 살펴보면 IHSDM의 결과가 MPB 0.04, MAD 0.13을 나타내는 반면 KHSEM의 MPB 0.00, MAD 0.11로 나타나 구간별 예측이 더 우수한 것으로 나타났다. RSDS는 동질성 구간별 예측에서도 세가지중 가장 큰 값을 나타내었다.

B구간의 총 발생사고건수는 8건, 단위거리당 사고율은 0.78, 백만차량당 사고율은 2.11이다. IHSDM, RSDS, KHSEM의 예측 총사고건수는 실제사고건수에 비하여 각각 -4.11건, 6.13건, 2.31건의 차이를 보여 B구간의 경우 KHSEM이 가장 실제에 가깝게 예측한 것으로 나타났다. A구간과 마찬가지로 RSDS는 사고를 과대 예측하는 경향을 보였다.

<표 8> 각각의 도로구간별 예측

| 구간 | 항목 | I | R | K |
|----|---------------|-------|-------|-------|
| A | 사고건수 | 4.95 | 13.80 | 8.27 |
| | 단위거리당 사고율* | 1 | 3.47 | 1.63 |
| | 백만차량당 사고율** | 0.51 | 1.44 | 0.86 |
| | Σ관측값-예측값 | 3.37 | 7.59 | -0.05 |
| | ΣABS(관측값-예측값) | 10.20 | 14.05 | 8.57 |
| | MPB (건/yr) | 0.04 | 0.09 | 0.00 |
| | MAD (건/yr) | 0.13 | 0.18 | 0.11 |
| B | 사고건수 | 3.89 | 14.13 | 5.87 |
| | 단위거리당 사고율* | 0.4 | 3.55 | 0.57 |
| | 백만차량당 사고율** | 1 | 3.72 | 1.55 |
| | Σ관측값-예측값 | -4.95 | 1.95 | -2.11 |
| | ΣABS(관측값-예측값) | 10.87 | 17.53 | 13.35 |
| | MPB (건/yr) | -0.06 | 0.02 | -0.03 |
| | MAD (건/yr) | 0.14 | 0.22 | 0.17 |

* crashrates/km/yr ** (crashrates/MVK)

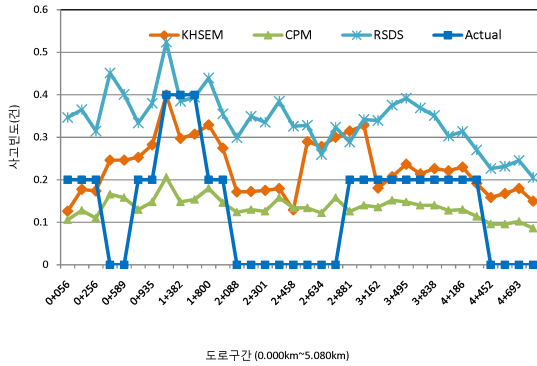
동질성 구간별 예측사고빈도를 살펴보면 B구간의 경우 MPB의 값은 KHSEM과 약 0.002건 차이로 RSDS 값이 더 실제사고에 가까운 것으로 나타났으며, MAD는 IHSDM의 결과가 0.03건의 차이로 KHSEM보다 예측력이 좋은 것으로 나타났다.

도로의 안전성 평가시 도로의 위험구간을 평가하기 위해서는 전체적인 사고예측도 중요하지만 동질성 구간의 예측력이 더 중요하다.

이를 평가할 수 있는 지표로서 MAD, MPB를 1차적인 평가 지표로서 제공하였고, 그 결과 A구간에서는 KHSEM IHSDM과 RSDS에 비하여 좋은 결과를 나타내었으나, B구간에서는 3가지 모두 큰 차이를 보이지 못했다. 따라서 다음의 도로구간별 사고빈도 분포를 나타내는 <그림 3>, <그림 4>를 통해 실제사고빈도의 분포와 비교해 보았다.

그래프에서 'Actual'은 실제 사고의 분포, 'CPM'은 IHSDM의 사고예측모델로부터 도출된 결과의 사고분포를 의미한다.

<그림 3>는 A구간의 사고빈도 분포로 실제사고분포와 비교할 때 IHSDM은 분석 전 구간에 걸쳐 위험구간으로 판단할 만 한 편차를 보이는 구간이 없다. RSDS는 전 구간에 걸쳐 모든 지점이 실제사고보다 많이 발생한 것으로 예측하여 과대예측을 하고 있다. 실제 사고가 많이 발생한 곳에서의 사고빈도가 높으나 전반적으로 모두



<그림 3> A구간 동질성 구간별 예측빈도

사고빈도가 높아 사고분포를 반영하는 것으로 판단하기 힘들다.

KHSEM의 경우 비교적 사고가 많이 발생하여 위험할 것으로 예측하는 구간과 그렇지 않은 구간이 분명하다. 또한 실제 사고빈도의 분포를 유사하게 반영하는 것으로 보인다. 때문에 A구간의 경우 동질성 구간별 예측력이 IHSDM이나 RSDS에 비하여 좋게 나온 것으로 판단된다.

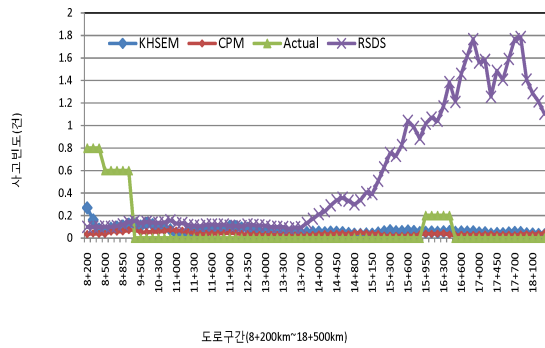
<그림 4>의 B구간의 분포를 보면 실제 사고가 발생한 구간이 분석 시작부에 집중되어 있다. 그러나 RSDS의 경우 후반부가 전반부에 비해 매우 위험한 것으로 분석하고 있어 실제 사고분포를 전혀 반영하지 못하고 있다. 또한 IHSDM의 경우는 A구간의 경우와 마찬가지로 전 구간에 걸쳐 비슷한 값을 보이고 있어 위험구간을 예측하지 못하고 있다.

KHSEM의 경우 후반부는 IHSDM과 마찬가지로 사고가 거의 발생하지 않는 것으로 분석하고 있으나 전반부 8+200 지점에서 타 구간에 비하여 높은 값을 보여 전반부에 집중되어 있는 사고를 다소 반영한 것으로 보인다. B구간의 전반부의 경우 비록 직선구간으로 도로의 선형은 양호하나 도로변에 주거 및 상업 시설등 활발한 토지이용이 이루어지고 있어 사람과 차량의 통행이 잦다. 이 때문에 사고가 많이 발생하고 있는데 KHSEM의 토지이용도(주거) AMF가 이 같은 특성을 반영한 것으로 보인다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

도로구간의 예측사고빈도를 산출함으로써 도로의 안전성을 평가하고자 본 연구에서는 사고예측계수인 AMF를 개발하는 연구를 수행하였다.

모형을 이용한 AMF를 개발하기 위하여 가장 먼저 현



<그림 4> B구간 동질성 구간별 예측빈도

장조사 및 실내조사를 통한 자료수집을 실시하였고 이러한 자료를 바탕으로 모형을 구축하였다.

그 후 도로구간의 기본조건의 기준이 필요하였으므로 국내의 문헌 및 관련 기준을 바탕으로 지방부 2차로 도로구간의 기본조건을 설정하였다. 기본조건을 적용한 것을 기본모형이라고 하며, 사고예측계수는 기본조건하에서의 예측사고빈도와 추가적으로 고려하고자 하는 항목을 반영한 경우의 예측사고빈도의 비로 산출되었다.

위와 같은 방법으로 산출된 지방부 2차로 도로의 사고예측계수인 AMF의 항목은 횡단보도밀도, 진출입구수 밀도, 중앙분리대 설치유무, 도로의 구배, 도로가 위치한 곳의 지형(산악지), 토지이용도(주거) 6가지 항목으로 이중 도로의 구조 및 시설물과 직접적인 관련을 가지는 항목은 도로의 종단선형을 의미하는 구배와 중앙분리대의 설치 유무 2가지 항목이었다. 그 외 항목들은 도로의 적인 요소들이었다.

횡단보도와 진출입구수의 밀도, 도로의 구배는 특성상 연속적인 값을 가지므로 AMF를 산출하기 위한 수식으로 AMF가 결정되었고 설치유무나 정해진 범주안에서 결정이 되는 나머지 항목은 특정 값으로 산출되었다.

개발된 값 중 중앙분리대는 일반적으로 예측하는 효과와 반대되는 효과를 보이는 것으로 결정되었으나 지방부 2차로 도로라는 도로의 형태적 특성으로 인한 것으로 판단하여 값을 수렴하였다.

토지이용도 및 지형의 항목은 도로가 위치한 각 지역의 지형적 특색을 반영할 수 있는 AMF항목이다. 기존 연구에서도 역시 이 같은 항목의 반영이 반드시 필요하다고 판단하였기 때문에 지역보정계수를 산출할 수 있는 도구 및 산출방법을 명시하고 있다. 그러나 기존 연구에서 지역계수의 산출이 국내에서는 손쉽게 구할 수 없는

데이터를 요구하여 실제적으로 활용이 불가능하였기 때문에 지역보정계수의 대안으로 토지이용도 및 지형 AMF개발을 착안한 것이다.

본 연구에서 개발한 AMF는 항목에 대해서는 전문가 평가를 통해 검증하고, 각각의 값에 대해서는 IHSDM, RSDS의 국외의 AMF를 적용하여 각각의 적용성을 평가해 봄으로써 값을 검증하였다.

항목에 대한 전문가의 평가에서는 모든 항목이 평균 이상의 점수를 받았으나, 일부 토지이용도와 지형과 같은 항목에서 도로의 안전성을 평가하는데 다소 그 중요도가 떨어지는 것으로 평가되었다.

적용성 검토에서는 A와 B 2개 노선에 대한 적용성 결과가 상이하였다. A노선의 경우 전체 사고빈도는 IHSDM의 예측력이 좋았으나 실제 사고분포의 반영은 KHSEM이 적용성이 좋은 것으로 분석되었다. 그러나 B노선에서는 전체사고예측은 KHSEM이 우수하였음에도 불구하고 각 노선의 사고분포는 IHSDM, RSDS의 결과가 적용성이 다소 좋은 것으로 나타났다. 그러나 B구간의 적용성 평가에서 실제사고가 발생했던 지역을 예측한 것은 KHSEM뿐이었는데, 이것은 실제 사고가 발생한 지역이 선형에는 문제가 없었으나 도로변 환경적 요인으로 인한 사고다발지역으로 KHSEM의 토지이용도 항목이 이를 반영한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 도로의 안전성을 수치적인 값으로 평가하는데 있어 사고에 영향을 미치는 특정요인들의 효과를 반영하는 사고예측계수를 개발하는 연구를 수행하고 그 값을 검증하였다. 그 결과 산출한 값과 항목은 노선의 특성에 따라 효과적인 분석결과를 도출하지 못하는 경우도 발생할 것이라 판단되었다. 이는 현재 본 연구에서 개발한 AMF가 도로에서 사고에 미치는 영향을 반영하기에 많은 요인을 고려하지 못한 것이 첫 번째 이유라고 판단된다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 좀 더 다양한 항목에 대한 AMF의 개발이 이루어져야 할 것이다.

다음으로는 토지이용도의 반영으로 본 연구와 같이 명목변수로서의 주거, 상업, 농지 등의 분류는 토지이용도를 판단함에 있어 다시한번 평가자의 주관에 개입될 우려가 있다. 따라서 토지이용밀도등 과같이 수치적인 값을 고려하는 것이 더 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 이 경우 다시 토지이용밀도를 어떠한 기준으로 산출할 것이냐가 새로운 연구과제가 될 것이다.

이처럼 앞서 언급한 문제를 개선하기 위한 연구를 지속적으로 수행함과 동시에 향후 좀 더 많은 데이터를 바탕

으로 다양한 항목의 AMF를 산출하고, 각각의 항목에 대한 세부적인 연구가 추가적으로 수행된다면 국내도로에 대하여 새로운 안전성 평가 방안 시스템을 구축할 수 있을 것이라 판단된다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제61회 학술발표회 (2009.11.5)에서 발표된 내용을 수정,보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. Bonneson J. and Zimmerman K.(2006), "Procedure For Using Accident Modification Factors In The Highway Design Process", Report No. FHWA-PL 099-024, Texas Transportation Institute.
2. David L. et al (2004), "Crash reduction factor for traffic engineering and ITS improvements", NCHRP project 17-25, Transportation research board of the national academies, Washington, D.C.
3. Harwood D. et al (2000), "Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways." Report No, FHWA-RD- 99-207, Federal Highway Administration.
4. Kay Fitzpatrick (2008), "Accident Modification Factors For Medians On Freeways And Multi lane Rural Highway In Texas", Transportation Research Board annual meeting.
5. Miaou S. P. et al (1996), "Measuring the Goodness of Fit of Accident Prediction Models", Report No. FHWA-RD-96-040, Federal Highway Administration.
6. Ogden K. W. (1995), "Safer Roads : A Guide to Road Safety Engineering", Avebury Technical, pp.157~181.
7. Texas Transportation Institute(2005), "Roadway Safety Design Synthesis".
8. Warren H. et al (2004), "Development of a Highway Safety Manual", NCHRP 17-18, Transportation Research Board.
9. Zeeger C. et al (1991), "Cost-Effective Geometric Improvement for Safety Upgrading of Horizontal

Curves” Report No. FHWA-RD-90-021. Federal Highway Administration.

10. 김응철 · 이동민 · 최은진 · 김도훈(2009), “지방부 교차로의 도로설계 안전성 판단 알고리즘 구축을 위한 AMF 개발 (신호교차로를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제27권 제3호, 대한교통학회, pp.91~102.

11. 김응철 · 이동민 · 최은진 · 김도훈(2009), “IHSDM의 국내도로 적용성 분석 및 도로설계 안전성 평가 시스템의 사용자 요구분석”, 대한교통학회지, 제27권 제4호, 대한교통학회, pp.155~166.

12. 국토해양부, 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙.

✉ 주 작성자 : 김응철

✉ 교신저자 : 최은진

✉ 논문투고일 : 2010. 2. 8

✉ 논문심사일 : 2010. 3. 22 (1차)

2010. 4. 6 (2차)

✉ 심사판정일 : 2010. 4. 6

✉ 반론접수기한 : 2010. 10. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필