

2차로 시설개량 사업의 도로 안전성 평가방법 연구

신철호* · 김낙석**

Shin, Chul-Ho*, Kim, Nakseok**

A Study on Road Safety Evaluation Method for Improvement Project of Two-Lane Road

ABSTRACT

Recently, the paradigm of road policy has been focused on user safety. Recently, the number of road facility improvement project has been continuously increased but the economic feasibility (B/C ratio) is insufficient. Therefore, it is necessary to select a reasonable road improvement project through accurate and objective analysis of the road safety evaluation. In this study, to develop a new road safety evaluation method, data were collected based on the current road safety evaluation method for 75 routes including national roads and provincial ones. Based on the collected data, problems were analyzed and utilized as the basic factors of the new road safety evaluation method. Therefore, in this study, traffic accidents were reflected as a general evaluation item by weighing to solve these problems, and the evaluation items were added from experiences and ideas of the local public officials. For each evaluation item, a reasonable weight was determined through AHP (Analytic Hierarchy Process) questionnaire evaluation with highway experts. In addition, the safety index was determined based on the evaluation criteria for each evaluation item. The criteria for evaluating the danger zone are determined by the overall safety index. Finally, the criteria for selection of road improvement projects based on the overall risk level were derived.

Key words : Improvement project of two-lane road, Road safety evaluation, Safety index (SI), Expert safety evaluation method (ESEM)

초 록

최근 사회여건의 변화로 도로정책의 패러다임은 이용자 중심의 안전성 위주로 변화하고 있다. 최근 시설개량사업은 지속적인 증가 추이를 보이고 있으나 대부분 경제적 타당성 확보가 미흡한 실정이다. 따라서 도로 안전성에 대한 객관적이고 타당한 분석을 통해 합리적인 시설개량 대상사업 선정이 절실히 요구되는 시점이다. 본 연구에서는 새로운 도로 안전성 평가기법 개발을 위해 국도, 국지도, 지방도 등 75개 노선에 대해 현행 도로 안전성 평가기법을 토대로 데이터를 구축하였으며, 이렇게 구축된 데이터를 중심으로 문제점을 분석하여, 새로운 도로 안전성 평가기법의 기초자료로 활용하였다. 본 연구에서는 교통사고발생현황을 기중치를 통해 일반 평가항목으로 추가하고, 지자체 공무원들의 문제 지적 및 건의 사항 등을 통해 최종 평가항목을 확정하였다. 각 평가항목에 대해서는 전문가 AHP (Analytic Hierarchy Process) 설문 평가를 통해 합리적 가중치를 도출하였으며, 항목별 평가기준을 토대로 안전지수(Safety Index)를 결정하였다. 결정된 각 항목의 안전지수(SI)를 토대로, 각 안전지수의 곱인 종합 안전지수를 산출하였으며, 위험구간 판정 기준을 정립하였다. 또한, 위험구간 연장 비율인 종합위험도에 따른 시설개량 대상사업 선정 기준 도출 등 합리적이고 객관적인 도로 안전성 평가기법을 개발하였다.

검색어 : 2차로 시설개량, 도로 안전성 평가, 안전지수(SI), 전문가 안전성 평가 방법(ESEM)

* (주)동성엔지니어링 이사 (Dongsung Engineering · chshin@dsn.co.kr)

** 종신회원 · 교신저자 · 경기대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Kyonggi University · nskim1@kgu.ac.kr)

Received October 8, 2018/ revised November 12, 2018/ accepted November 12, 2018

1. 서론

최근 사회여건의 변화로 도로정책의 패러다임이 경제성을 토대로 한 이동성, 하드웨어 중심에서 이용자 중심의 안전성 위주로 변화하고 있다(Kim et al., 2016). 기존 ‘교통사고 절반 줄이기’ 등 교통안전 대책을 수립하였으나, 세월호 사고 이후 안전에 대한 사회적 관심과 욕구 증가에 따라 안전 투자 확대를 더욱 가속화하고 있는 실정이다(Kim, 2018). 시설개량사업은 지속적인 증가 추이를 보이고 있으나, 시설개량사업의 경우 투입 사업비 및 사회적 편익을 고려한 B/C가 1.0 미만으로 분석되어, 대부분 경제적 타당성 확보가 미흡한 실정이다. 따라서 도로 안전성에 대한 객관적이고 타당한 분석을 통해 합리적인 시설개량 대상사업 선정이 절실히 요구되는 시점이다(Kim et al., 2018).

최근 제4차 국토·국지도 일괄예비타당성조사(이하 ‘일괄예타’라 한다.)에서 한국개발연구원(KDI, Korea Development Institute)에서 처음 적용한 2차로 시설개량사업의 도로안전성 평가방법(이하 ‘현행 평가기법’이라 한다.)은 실제사고위험도가 높아 종합위험도 50 % 이상인 시설개량 대상사업으로 분류되었음에도 도로상태(기하구조 등)를 나타내는 잠재적사고위험도는 0 %로 분류되어 상태가 양호한 도로를 시설개량하는 문제를 내포하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 현행평가기법의 문제를 지적하고, 합리적이고 객관적인 도로 안전성 평가기법을 소개하고자 한다.

2. 수행절차

본 연구에서는 양방향 2차로 기존도로(국도, 국가지원지방도, 지방도) 75개 노선에 대한 기초 데이터를 수집하여 현행 도로 안전성 평가기법에 의해 안전성 평가를 시행하고 이에 따른 문제점

도출 및 새로운 평가 기법의 개발 방향을 설정하였다. 새로운 도로 안전성 평가 기법 개발을 위해 Fig. 1과 같은 절차에 따라 합리적인 평가 항목 선정 후 그에 따른 가중치를 구축하였다.

3. 현행 평가기법의 문제점 분석

3.1 현행 평가기법 검토

현행 제4차 일괄예타의 도로 안전성 분석기법은 MLIT(2013)을 토대로 전문가와 주무부처(국토교통부)의 의견을 청취하여 분석기준을 마련하고 평가를 수행하였다(KDI, 2016). 첫째, 잠재적 교통사고 위험도를 평가하였다. 잠재적 교통사고 위험도 평가는 국토교통부의 도로환경위험도 평가 방법론을 활용하되 사고영향계수(CMF, Crash Modification Factor) 산출 기준 및 위험도 평가 기준에 대해서는 일부 수정하여 평가하였다. 둘째, 실제 교통사고 위험도를 평가하였다. 실제 교통사고 위험도 평가는 실제 교통사고 데이터를 이용하여 교통사고 위험도를 평가하였으며 교통사고 3개년 평균 건수 자료를 활용하고 기존 연구 결과에 나타난 ‘건/억대 km’의 지표를 이용하여 교통사고 위험도를 평가하였다. 마지막으로 종합위험도 평가는 잠재적 교통사고 위험도와 실제 교통사고 위험도를 기반으로 종합위험도 점수를 도출하였다.

3.1.1 잠재적사고위험도 평가

잠재적사고위험도 평가에서는 도로가 가지고 있는 기하구조(곡선반경, 종단경사, 차선폭 등)에 따라 사고에 미치는 영향을 평가한다.

3.1.1.1 사고영향계수 산정

사고영향계수는 도로 기본조건이 변할 때, 사고에 미치는 영향

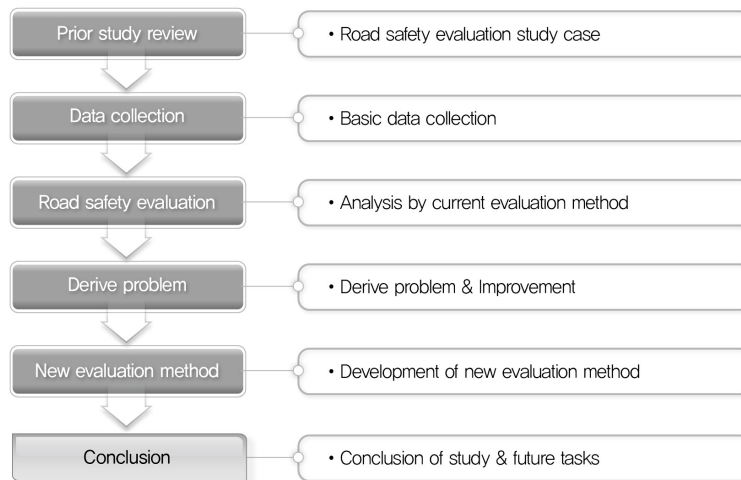


Fig. 1. Study Procedure

Table 1. Crash Modification Factor (Two lane Road)

Variable		CMF	Variable		CMF
Curve Radius (m)	Straight line	1.000	Width of Lane (m)	3.5 ≤	1.000
	1,000 ≤	1.008		3.25 ~ 3.50	1.093
	750 ~ 1,000	1.020		3.00 ~ 3.25	1.297
	500 ~ 750	1.029		2.75 ~ 3.00	1.538
	250 ~ 500	1.053		< 2.75	1.670
	200 ~ 250	1.080	Width of Shoulder	1.25 m or more	1.000
	140 ~ 200	1.110		less than 1.25 m	1.784
	100 ~ 140	4.114	Number of Access Road (ea)	None	1.000
	50 ~ 100	4.608		1 ~ 2	1.158
	< 50	12.354		3 ~ 4	1.407
Profile Grade (%)	Flat	1.000	Number of Raining Days (days/year)	5 ≤	1.626
	0 ~ 3	1.096		< 60	1.000
	3 ~ 6	1.307		60 ~ 70	1.039
	6 ~ 8	1.510		70 ~ 80	1.152
	8 ~ 11	5.101		80 ~ 90	1.309
	11 ~ 13	5.893	90 ≤	1.393	
	13 ~ 15	6.626	Sidewalk	Installation	1.000
	15 ≤	7.013		Not installed	1.438
Climbing Lane	Installation	1.000	Curve Length	70 m or more	1.00
	Not installed	1.140		less than 70 m	2.86

(사고의 증감)을 계수화한 것으로 다양한 도로여건 반영을 위해 사고영향계수가 개발되었다. 사고영향계수 산정 시 변수는 MLIT (2013)에서 제시한 대로 곡선반경(m), 종단경사(%), 차선폭(m), 길어깨 유무, 진출입구수(개), 강우일수(일/년), 보도유무, 오르막차로유무, 곡선길이 기준 만족 여부 등 9개 변수를 적용하였다. 2차로 도로의 사고영향계수는 Table 1과 같다.

3.1.1.2 위험구간 판정

위험 구간 판단 기준에 대해서는 평가 노선별 사고영향계수 추정 결과를 토대로 판단 기준을 설정하였으며, 사업대상 구간 사고영향계수 값의 40 % 순위값(9.862)을 기준으로 위험구간을 설정하였다.

3.1.2 실제사고위험도

실제 교통사고 위험도 평가는 실제 교통사고 데이터를 이용하여 교통사고 위험도를 평가하였다. 교통사고 자료를 이용한 안전성 평가는 교통사고 3개년 평균 건수 자료를 활용하고 기존 연구 결과에 나타난 '건/억대km'의 지표를 이용하여 Eq. (1)과 같이 교통사고 위험도를 평가하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Number}/0.1 \text{ Billion Vehicle} \cdot \text{KM} \\
 & = \frac{\text{Number of Traffic Accident}_{(2013-2015, 3 \text{ Years Total})}}{(\text{Traffic Volume}_{(2013-2015, 3 \text{ Years Total})} / 100,000,000 \times \text{Section Length}_{(\text{Unit Link}(1 \text{ km}))})} \quad (1)
 \end{aligned}$$

제4차 일괄예타에서는 사업노선을 약 1 km 단위로 세분화하여 구간의 위험도를 평가하였다. 구간 구분시 잠재적 사고 위험도외는 다르게 약 1 km 단위로 구분되 도로 여건을 고려하여 전문가적 판단에 따라 구간을 구분하였다.

3.1.2.1 위험구간 판정

실제 교통사고 위험도 점수 산정시 위험도 구분 방법은 순위화 방법을 적용하였으며, 국도와 국지도의 구분없이 통합하여 분석된 수치를 적용하였다. 이러한 전국 사고 기초자료에 대해서 한국개발연구원은 국토연구원의 자문을 통해 수립하였으며, Table 2와 같이 연간 교통사고 건수(중상 이상)가 29.1건/억대·km를 초과하는 구간에 대해서 위험구간으로 분류하였다.

1) 교통안전공단에서 수행하는 '교통안전 특별실태조사'에서 조사단위 설정시 지방부 도로는 1,000 m를 대상(도시부도로 600 m)으로 한다.

Table 2. Actual Accident Risk Assessment Criteria by Current Evaluation Method (Unit: Number/0.1 Billion Vehicle-km)

Description	Number of Accident (3 Years Total, Serious injury or more)	Judgment
Very Danger	Exceed 49.0	Danger
Danger	29.1~49.0	
Regular	18.9~29.1	Safety
Safety	6.1~18.9	
Very Safety	0~6.1	

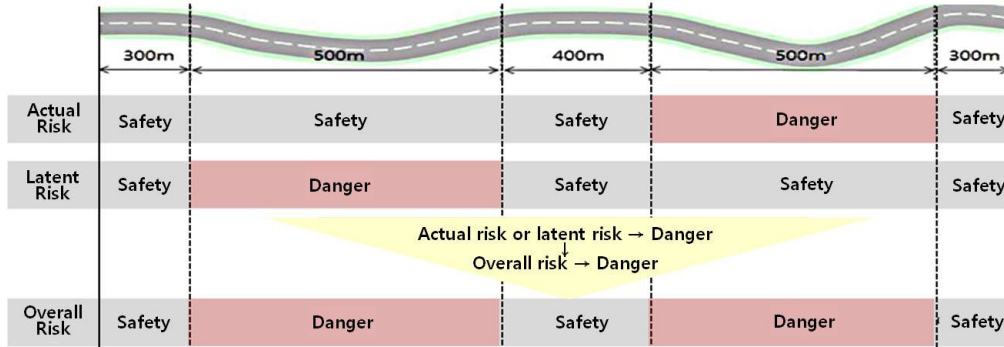


Fig. 2. Dangerous Zone Decision Method

3.1.3 종합위험도 산정 및 사업추진 여부 결정

3.1.3.1 종합위험도 산정

첫 번째로 각 구간별 위험도 여부를 판단한다. 제4차 일괄예타에 서는 Fig. 2에서 나타난 것과 같이 잠재적 사고 위험도나 실제 교통사고 위험도 중 한 가지 지표만 위험으로 산출되어도 종합 위험도를 위험으로 구분하였다.

두 번째로 각 구간별 분석 결과를 토대로 전체 사업구간의 안전성 미흡구간의 연장비율을 도출한다. 안전성 미흡구간 연장비율은 노선전체연장 대비 위험구간의 연장길이의 비율을 의미한다. 식 Eq. (2)는 종합위험도 산정식이다.

$$Insufficient\ Safety\ Section\ Ratio = \sum (Dangerous\ Section_i \times Section\ Length_i) \div Total\ Length \quad (2)$$

3.1.3.2 사업추진 여부 결정

안전성 미흡구간 연장 비율이 전체연장의 50 % 이상인 노선을 사업 추진 노선으로 구분하였다. 이는 별도의 공학적 근거가 있는 것은 아니며, 한정된 재원을 고려한 기준 값으로 판단된다.

3.2 평가 데이터 구축 및 분석

현행 평가기법을 토대로 국도, 국가지원지방도, 지방도 등에 대해 안전성 평가를 실시함으로써 평가 데이터를 구축하였다. 먼저 후보구간 선정에 위해 국도, 국가지원지방도, 지방도를 대상으로

지자체 건의사업, 정책적 판단사업 등 총 186개 후보구간을 선정하였으며, 선정된 후보구간을 토대로 아래의 대상구간 선정 기준에 따라 정책적 판단사업 12건, 지자체 건의사업 63건 등 총 75건에 대해 기초 데이터를 수집하고, 현행 도로 안전성 평가기법에 의거하여 평가를 수행하였다.

3.2.1 평가 결과

정책적 판단사업 12개 구간 및 지자체 건의사업 69개 구간 등 총 75개 구간에 대한 도로안전성 평가 결과 Table 3와 같이 안전성 미흡구간은 총 36개 구간(종합위험도 50 % 이상)으로 분석(지방도 23개, 국지도 4개, 국도 9개)되었다.

3.3 현행 평가기법의 문제점 분석²⁾

3.3.1 평가기법 개발시 대전제의 오류

현행 평가기법 개발시에 모든 사고는 도로의 기하구조 때문이라는 대전제의 오류가 발생한 것으로 판단된다. 즉, 평가기법 개발시 도로의 기하구조와 교통사고와의 상관관계를 조사하고 음이향 회귀모형식을 적용하였을때 시설개량 대상사업 선정의 오류로 이어질 수 있는 것이다. 이와 관련하여, 국토교통부 ‘도로안전성 분석기법 개발 연구’에서는 교통사고 발생원인 분석에서 오직 도로환경으로 인한 경우 3 %, 운전자, 차량 및 도로환경의

2) 현행 평가기법의 문제점은 현행 평가기법 개발 및 적용 연구진의 의도와 다소 상이하게 판단될 수 있다.

Table 3. Status of Insufficient Safety Section

No.	Road Classification	Rd. No.	Total Length (km)	Evaluation Results (Insufficient Safety Section)					
				Latent Risk		Actual Risk		Overall Risk	
				Length (km)	Ratio (%)	Length (km)	Ratio (%)	Length (km)	Ratio (%)
1	Provincial Rd.	925	3.4	1.0	29.9	1.2	34.6	1.9	55.2
2	Provincial Rd.	924	3.6	0.8	21.4	2.3	65.7	2.7	77.3
3	Provincial Rd.	904	6.3	2.6	41.3	4.2	66.8	5.2	82.2
4	Provincial Rd.	917	2.7	1.2	46.2	0.6	23.1	1.5	55.7
5	Provincial Rd.	901	2.7	1.5	54.7	0.5	20.0	1.6	60.4
6	Provincial Rd.	918	2.1	0.5	22.7	1.1	53.9	1.3	64.3
7	Provincial Rd.	928	2.1	1.6	77.6	0.4	19.1	1.7	81.7
8	Provincial Rd.	910	4.0	1.6	41.0	1.3	31.8	2.4	60.1
9	Provincial Rd.	903	7.0	4.0	57.5	0.2	2.4	4.2	59.9
10	Provincial Rd.	918	3.7	1.8	48.2	0.3	7.2	2.0	53.8
11	Provincial Rd.	904	5.4	3.2	59.1	0.8	14.4	3.6	66.1
12	Provincial Rd.	919	6.8	1.2	18.3	2.6	38.3	3.4	50.1
13	Provincial Rd.	928	21.5	11.0	50.9	2.2	10.0	12.0	55.6
14	Provincial Rd.	913	8.9	5.7	64.8	0.9	10.0	6.2	69.7
15	Provincial Rd.	919	2.4	1.3	53.9	0.4	15.0	1.4	56.3
16	Provincial Rd.	915	11.6	8.7	75.1	0.3	2.3	8.7	75.1
17	Provincial Rd.	901	4.4	2.5	56.9	0.0	0.0	2.5	56.9
18	Provincial Rd.	933	3.5	2.5	71.7	0.0	0.0	2.5	71.7
19	Provincial Rd.	933	2.3	1.3	55.6	0.0	0.0	1.3	55.6
20	Provincial Rd.	921	3.5	2.6	74.6	0.0	0.0	2.6	74.6
21	Provincial Rd.	909	2.8	1.9	68.4	0.0	0.0	1.9	68.4
22	Provincial Rd.	923	2.1	1.6	76.9	0.0	0.0	1.6	76.9
23	Provincial Rd.	921	5.4	4.8	89.5	0.0	0.0	4.8	89.5
24	Provincial Rd.	32	3.8	0.8	20.0	1.4	36.6	2.0	53.1
25	Provincial Rd. (National Support)	68	7.0	0.6	8.1	3.1	44.9	3.5	50.1
26	Provincial Rd. (National Support)	68	2.8	1.1	40.1	0.7	23.7	1.7	60.3
27	Provincial Rd. (National Support)	67	2.4	1.6	66.0	0.3	12.9	1.9	77.7
28	National Rd.	28	6.8	0	0	3.7	54.7	3.7	54.7
29	National Rd.	28	9.5	0.6	6.6	5.7	59.9	5.9	62.7
30	National Rd.	88	1.8	0.5	27.3	0.7	39.7	1.2	65.8
31	National Rd.	59	10.1	2.0	19.5	4.1	40.3	5.4	52.9
32	National Rd.	34	5.1	1.4	26.8	2.4	46.7	3.2	63.1
33	National Rd.	28	5.6	0.0	0.0	3.0	52.8	3.0	52.8
34	National Rd.	14	4.6	1.4	31.2	1.6	34.9	2.4	53.3
35	National Rd.	34	3.1	0.2	5.0	1.5	47.4	1.6	52.3
36	National Rd.	88	2.8	1.3	48.0	0.2	7.4	1.4	51.5

복합적인 요소를 감안하여도 30 %로 분석하고 있다(MLIT, 2013).

3.3.2 가하구조 추출시, 첨단조사차량 이용에 따른 부정확의 문제

현행 평가 기법에서는 평가항목개발 및 적용성 검증을 위해 데이터 수집 및 분석을 시행하였으며, 이를 위해 첨단조사차량

(ARASEO)을 활용하였다. 그러나, 현재 공용중인 도로의 경우 시설 상태가 양호한 경우 정보 수집의 정확도가 높을 것으로 판단되나, 도로 선형조건 등 시설상태가 열악한 국도, 지방도 등에서는 그 정확성이 다소 떨어지는 것으로 판단된다.

예를 들어, 도로 전문가의 판단 결과 1개의 곡선으로 분류하는 것이 타당함에도 첨단조사차량의 경우 한 개 곡선을 여러 개의 곡선으로 나누어 정보를 추출함에 따라, 여러개 곡선의 평균 곡선반경은 실제와 유사하더라도, 각각의 곡선 길이가 짧게 추출 되고, 각각 별도의 곡선으로 인식됨에 따라, 곡선길이 미달로 분류되는 사례를 볼 수 있다.

3.3.3 실제사고위험도 분석을 위한 구간 분할의 문제점

현행 평가기법에서 구간 분할은 잠재적사고위험도 분석을 위해 평면선형 및 종단선형 등 기하구조적 동질구간 분할을 기본으로 한다. 실제사고위험도 분석을 위해 교통안전공단에서 수행하는 ‘교통안전 특별실태조사’에서 조사단위 설정시 지방부 도로의 경우 1 km를 대상으로 하는 점을 근거로 사고발생지점을 포함하여 1 km로 구간을 분할하였다. 그러나 구간 분할 길이가 1 km로 과다함에 따라 해당 구간에 사고가 1건만 발생하여도 위험으로 판정할 확률이 매우 높으므로 연장대비의 위험도(%)가 매우 높아지는 문제가 있다.

3.3.4 실제사고위험도 적용의 한계

현행 평가기법에서는 잠재적사고위험도와 실제사고위험도를 동등한 비율의 중요도를 두고 종합위험도를 산정하였다. Table 4는 현행 평가기법을 이용하여 종합위험도를 평가한 결과이다. 즉, 분석 구간 중 잠재적사고위험도나 실제사고위험도 어느 하나가 위험으로 나타나도 종합위험도는 해당 구간을 위험으로 분류하게 되는 것이다. 특히, 실제사고위험도의 경우 평가 구간 내 1건의 사고라도 발생하면 위험으로 판정할 확률이 매우 높으며 교통량이

적은 경우 특히 심한 것으로 분석되었다.

이러한 전제는 2차로 시설개량사업 목적에 부합되지 않게 기존 도로의 기하구조가 양호함에도 무조건적인 개량으로 이어질 수 있는 폐단이 있는 것이다. 즉, 실제 발생한 교통사고 지표로 인해 시설개량 대상사업으로 분류되었음에도 도로 시설 상태를 나타내는 지표는 매우 양호하게 평가되어 상태가 양호한 도로를 시설개량하는 문제를 내포하고 있다. Table 5는 위험도가 50 %를 초과하는 도로의 잠재적사고위험도를 평가한 결과이다.

3.3.5 기하구조 평가항목의 일반화 오류 등

3.3.5.1 강우일수

현행 평가기법은 평가항목에 기상상태를 반영한 강우일수를 적용하였다. 그러나 여러 기후 여건(강우일수, 강설일수, 안개일수 등) 중 강우일수 만이 신뢰수준 90 %에서 유의한 사고 영향을 미친다고 판단한 것은 앞서 기술한 바와 같이 모든 사고는 도로 및 기상 상태 때문인 것으로 가정할 오류가 존재한 것으로 보인다.

3.3.5.2 보도 설치 유무

현행 국토교통부 및 지자체에서 시행되고 있는 2차로 시설개량사업은 대부분 산악지 구간에 위치하거나 통과하고 있다. 이런 지형여건을 고려하고, 보행자 통행량 및 이용패턴 등을 감안할 경우 보도가 필요 없는 구간 임에도 보도가 없다는 사유로 사고영향계수가 모두 나쁘게 평가되는 오류가 발생할 수 있다. 따라서 현행 평가기법은 객관성과 일반성의 원칙을 만족하지 못하고 있는 것이다.

3.3.5.3 오르막차로 설치 유무

앞서 언급한 보도 설치 유무와 마찬가지로 종단경사가 거의 없는 평지나 교통 분석을 통하여 오르막차로 설치가 필요 없는 구간에도 오르막차로가 없을 때 적용하는 CMF (Crash Modification Factors) 값을 적용한다(Ha, 2017). 이는 오르막차로가 설치되어 있지 않다

Table 4. Correlation between the Number of Traffic Accidents and Actual Accident Risk

Description	Number of Sections	Ratio
Total Number of “Danger” Classification Sections	746	100 %
Classification of “Danger” in Case of One or More Accidents	746	100 %
Classification of “Safety” in Case of One or More Accidents	-	-

Table 5. Percentage of Latent Accident Risk on Insufficient Safety Road (Overall Risk is More than 50 %)

Description	Latent Accident Risk		0 %	Total
	More than 30 %	Less than 30 %		
Number of Road	21	13	2	36
Ratio	58 %	36 %	6 %	100 %

는 이유로 사고영향계수가 모두 나쁘게 평가되는 오류가 발생할 수 있다. 이 또한, 평가기법의 객관성과 일반성이 훼손되는 문제를 안고 있는 것이다.

4. 새로운 도로 안전성 평가 기법 개발

4.1 개발방향

본 연구에서는 현행 평가기법(KDI)의 평가항목을 토대로, 일반성을 저해하는 항목을 제외하고, 위험도로 구조개선사업(행정안전부) 평가항목 일부 추가 및 데이터 구축시 지자체 공무원의 요구 및 건의사항을 종합하여 평가항목을 선정하였다. 선정된 평가항목에 대해서는 도로분야 전문가 AHP 설문을 통해 항목별 가중치를 결정하였으며, 각 평가항목별 위험판단 기준에 가중치를 더한 안전지수(Safety Index)를 토대로 ‘위험’ 구간 판단 기준을 정립하였다. 또한, 전체 연장 대비 ‘위험’ 구간 연장 비율을 근거로 종합 안전지수(SIt) 및 시설개량 대상사업 선정 기준을 마련하였다.

4.2 평가방법 및 순서

4.2.1 평가를 위한 세부 구간 분할

4.2.1.1 평가 구간 분할

먼저, 평면선형 변화구간 및 종단선형 변화구간의 기하구조적 동질성을 고려하여 1차 구간분할을 시행하여야 하고, 교통사고 항목 평가를 위해 실제 사고 발생지점 전후 200 m (사고지점 포함 총 400 m)를 기본으로 전문가 판단에 따라 2차 구간 분할을 실시하고, 구간길이는 최대 1 km이하로 제한하였다.

Table 6. Results of Relative Weights by AHP

Level-One (%)		Level-Two (%)	
Road Status (Geometric)	70.0	Curve Radius	14.5
		Curve Length	7.6
		Profile Grade	9.4
		Width of Lane	11.0
		Width of Shoulder	5.9
		Number of Access Road	7.6
		Sight Length	15.3
		Rock Fall	9.4
		Flooding	9.1
		Traffic Blocking	10.2
		Sub-Total	100.0
Status of Traffic Accidents (Number/0.1Billion Vehicle·km)	30.0	-	-
Total	100.0	-	-

4.2.2 평가항목 선정 및 평가기준에 따른 각 분할 구간의 안전지수(Safety Index) 산출

4.2.2.1 평가항목 및 가중치 선정

도로 안전성 평가 항목 선정을 위해 현행 평가기법 상의 평가항목을 분석하여 객관성과 일반성의 오류가 있는 항목을 제외하고 위험도로 구조개선사업 평가항목 참조하여 본 연구의 데이터 구축 과정에서 지자체 공무원의 요구 및 건의사항 등을 종합하여 선정하였다(GSBD, 2014). 또한, 평가항목별 가중치 도출을 위해 도로분야 전문가 약 20인 내외를 대상으로 AHP 설문 평가를 실시하였으며, 설문 평가 결과 일관성지수 비율이 10 % 이상인 경우 재평가를 실시하여 설문 평가의 일관성을 확보하였다. AHP 계층별 상대적 중요도 설문 결과는 Table 6과 같다.

항목별 상대적 중요도 설문결과를 통해 식 Eq. (3)을 통해 Table 7과 같은 도로 안전성 평가항목과 가중치를 제시하였다.

$$Importance_{total} = (Importance\ of\ Level - One) \times (Importance\ of\ Level - Two) \quad (3)$$

4.2.2.2 평가항목별 안전지수(SI) 평가기준

평가기준에 따라 각 분할 구간의 안전지수(Safety Index) 값을 Table 8과 같이 도출하였다. 즉, 평가기준을 상회하여 안전한 경우를 기본점수 1.0으로 하고 평가기준을 만족하지 못한 경우 기본점수 1.0에 앞에서 산정한 가중치를 더한 값으로 안전지수 값을 부여하였다.

Table 7. Road Safety Evaluation Items

No.	Items	Weight (%)	
		Calculated Value	Applied Value
1	Curve Radius	10.2	10.0
2	Curve Length	5.3	5.0
3	Profile Grade	6.6	5.0
4	Width of Lane	7.7	10.0
5	Width of Shoulder	4.1	5.0
6	Number of Access Road	5.3	5.0
7	Sight Length	10.7	10.0
8	Rock Fall	6.6	5.0
9	Flooding	6.4	5.0
10	Traffic Blocking	7.1	10.0
11	Status of Traffic Accidents	30.0	30.0
Total		100.0	100.0

4.2.3 각 분할 구간의 종합 안전지수 산정 및 위험 판정 기준

4.2.3.1 각 분할 구간의 종합 안전지수 산정

각 세부 구간의 종합 안전지수는 식 Eq. (4)과 같이 각 항목별 안전지수(SI) 곱으로 산출한다.

$$SI_i = SI_1 + SI_2 + \dots + SI_{10} + SI_{11} \quad (4)$$

4.2.3.2 종합 안전지수에 따른 각 세부 구간의 위험 판정 기준

본 연구에서도 위험구간 판정기준으로 순위화법을 사용하였으며 데이터를 구축한 75개 노선 8,744개 구간의 종합 안전지수 값을 평가하였다. 평가결과 Table 9과 같이 상위 40 %에 해당하는 1.334 이상인 구간을 “위험”으로 분류하는 방안을 제시하였다.

이는 현행 평가기법의 순위화 비율과 동일하다.

4.2.4 종합위험도 산출

종합위험도는 식 Eq. (5)와 같이 각 구간의 안전성 평가 결과 ‘위험’으로 분류된 구간 연장의 합계를 평가 노선 전체 연장으로 나눈 안전성 미흡구간 연장 비율로 나타낸다.

$$Overall Risk = \frac{LoDS_1 + LoDS_2 + \dots + LoDS_n}{Total Evaluation Length} \times 100\% \quad (5)$$

Where, *LoDS* : Length of Dangerous Section

Table 8. Safety Index for Evaluation Items

Variable		SI
Curve Radius	R ≥ 140 m	1.000
	R < 140 m	1.100
Curve Length	L ≥ 140 m	1.000
	L < 140 m	1.050
Profile Grade	R ≤ 6 %	1.000
	S > 6 %	1.050
Width of Lane	B ≥ 3.25 m	1.000
	B < 3.25 m	1.100
Width of Shoulder	B ≥ 1.25 m	1.00
	B < 1.25 m	1.050
Number of Access Road	None	1.000
	> 1	1.050
Sight Length	≥ 75 m	1.000
	< 75 m	1.100
Rock Fall	N/A	1.000
	Rock Fall Risk	1.050
Flooding	N/A	1.000
	Flooding Risk	1.050
Traffic Blocking	N/A	1.000
	Blocking Risk	1.100
Status of Traffic Accidents (Number/0.1 Billion-km)	≤ 29.1	1.000
	> 29.1	1.300

Table 9. Criteria of Dangerous Road Judgement by Overall Safety Index

Ratio of Ranking	Overall Safety Index
20 %	1.467
40 %	1.334
60 %	1.213
80 %	1.103

4.2.5 2차로 시설개량 대상사업 선정 기준

본 연구에서는 2차로 시설개량 대상사업 선정기준 마련을 위해 제4차 일괄예타 전국 권역 80개 노선의 종합위험도 점수의 평균값인 46.93 %를 토대로 종합위험도점수 45 %이상인 경우 시설개량 대상사업으로 선정하는 기준안을 제시하였다.

4.3 현행 평가기법과의 비교 검증

본 도로 안전성 평가기법(ESEM, Expert Safety Evaluation Method)의 타당성을 검증하기 위해 현행 평가기법으로 구축된 데이터의 36개 안전성 미흡 노선 중 종합위험도는 50 % 이상이나 잠재적사고위험도가 0 %인 2개 노선과 잠재적사고위험도와 실제 사고위험도가 상대적으로 높은 1개 노선 등 총 3개 노선에 대해 비교 검증을 실시하였다. Table 10은 비교 검증을 수행한 노선 정보를 나타낸 표이다.

4.3.1 비교 검증 결과

본 연구의 평가방법에 의한 비교 검증 결과, 현행 평가기법에 의한 종합위험도는 50 % 이상이나 잠재적사고위험도 0 %인 No.2 및 No.3 노선은 본 연구 평가기법에 의한 경우 종합위험도가 18.9 % 및 28.6 %로 각각 산출되었다. Table 11은 현행 평가기법과 제시한 평가기법을 비교결과를 나타낸 표이다. 또한, 현행 평가기법상 사고위험도가 높았던 No.1 노선은 본 연구의 평가기법 적용시에도 높은 수준의 종합위험도 74.4 %로 산출되었다. 비교 검증 결과를

볼 때, 현행 평가기법의 문제로 지적되었던 시설개량 대상사업(종합 위험도 50 % 이상) 중 잠재적사고위험도 0 %인 사업의 발생 우려가 사라진 것으로 검증되었다.

5. 결론

본 연구에서는 최근 가파른 증가 추이를 보이고 있는 2차로 시설개량사업에 대해 사업 추진 판단을 위한 새로운 도로 안전성 평가기법을 제시하였으며, 그 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 평가기법 개발을 위해 국도, 국지도, 지방도 등 75개 노선에 대해 현행 제4차 일괄예타에서 적용한 평가기법을 토대로 데이터를 구축하였으며, 구축된 데이터를 토대로 문제점을 분석하여 새로운 도로 안전성 평가기법의 기초자료로 활용하였다. 현행 평가기법은 데이터 구축을 통한 문제점 분석결과 실제사고위험도가 높아 종합위험도 50 % 이상인 시설개량 대상사업 임에도 도로상태를 나타내는 잠재적사고위험도는 0 %로 분류되어 상태가 양호한 도로를 시설개량 해야 하는 문제를 내포하고 있는 것으로 분석되었다.
- (2) 본 연구에서는 이러한 문제 해결을 위해 교통사고발생현황을 가중치를 통해 일반 평가항목으로 추가하고 지자체 공무원들의 문제 지적 및 건의사항 등을 토대로 평면곡선반경, 평면곡선길이, 종단경사, 차로폭, 길어깨폭, 진출입구수, 시거, 낙석, 침수,

Table 10. Status of Verification Target

Target	Length (km)	Results of Road Safety Evaluation by Current Evaluation Method			Remarks
		Latent Risk (Geometric)	Actual Risk (Traffic Accident)	Overall Risk	
N0.1	6.3	41.3	66.8	82.2	- Geometric Index Poor - Traffic Accident Index Poor
N0.2	6.8	0	54.7	54.7	- Geometric Index Good - Traffic Accident Index Poor
N0.3	5.6	0	52.8	52.8	- Geometric Index Good - Traffic Accident Index Poor

Table 11. Results of Comparison with Current Evaluation Method

Description	Results of Evaluation (%)			
	Latent Risk	Actual Risk	Overall Risk	
No.1	Current Evaluation Method	41.3	66.8	82.2
	This Study	-	-	74.4
No.2	Current Evaluation Method	0	54.7	54.7
	This Study	-	-	18.9
No.3	Current Evaluation Method	0	52.8	52.8
	This Study	-	-	28.6

통행단절, 교통사고발생현황(건/억대km) 등 평가항목을 확정하였다. 각 평가항목에 대해서는 전문가의 AHP 설문 평가를 통해 합리적 가중치를 도출하였으며 항목별 평가기준을 토대로 안전지수(Safety Index)를 결정하였다. 결정된 안전지수(SI)를 토대로 종합 안전지수 값을 산출하였으며, 이에 따른 위험구간 판정 기준을 정립하였다. 또한, 위험구간의 연장 비율에 따른 종합위험도를 산출하고 제4차 일팔예타 안전성평가 대상사업 80개 노선의 평균 종합위험도를 기초로 시설개량 대상사업 선정 기준(종합위험도 45 % 이상)을 도출하였다.

- (3) 본 연구로 개발된 ‘전문가 안전성 평가 방법(ESEM)’의 실효성 검증에 위해 표본 노선을 토대로 현행 평가기법과 비교 검증하였다. 검증결과 도로상태가 매우 양호함에도 실제사고위험도가 높아 시설개량사업으로 분류되는 문제점을 극복할 수 있는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구의 평가방법은 합리적 2차로 시설개량 대상사업 선정을 통해 효율적 재원투자 및 국민의 안전을 확보하는데 일익을 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 교통물류연구사업인 “도로수명연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수

실용화 기술 개발”의 연구지원으로 수행되었으며 이에 관계자분들께 감사드립니다.

References

- Gyeongsangbuk-do (GSBD) (2014). “The second study on mid and long term planning (2014 to 2023) for hazardous road improvement project.” (in Korean).
- Ha, M. K. (2017). “A study on application and improvement of the road safety analysis.” (in Korean).
- Kim, K. N., Jo, S. H., An, J. H. and Kim, N. S. (2016). “A study on the evaluation criteria of pavement condition using investigation equipment of bicycle road.” *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 36, No. 6, pp. 1125-1131 (in Korean).
- Kim, S. H. (2018). *A study on the evaluation of asphalt concrete pavement condition in narrow regional roads*. Ph. D. Thesis, Kyonggi University (in Korean).
- Kim, S. H., Kim, K. N. and Kim, N. S. (2018). “A feasibility study on the asphalt concrete pavement condition index in narrow regional roads using road crack.” *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 38, No. 3, pp. 467-475 (in Korean).
- Korea Development Institute (KDI) (2016). *Fourth preliminary feasibility study package for five-year plan of national road and national support provincial road*. (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) (2013). “A study on road safety analysis method.” (in Korean).