Int. J. Highw. Eng. Vol. 18 No. 4 : 77-82 AUGUST 2016
http://dx.doi.org/10.7855/IJHE.2016.18.4.077

신뢰도를 활용한 도로시설 교통안전성 평가기법

Evaluation of Highway Traffic Safety using Reliability Theory

오 흥 운 Oh, Heung-Un | 정회원 · 경기대학교 공과대학 도시 · 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : ohheung@gmail.com)

ABSTRACT

PURPOSES : This paper proposes a reliability index for the safety evaluation of freeway sections. It establishes a reliability index as a safety surrogate on freeways considering speeds and speed dispersions.

METHODS : We collated values of design elements including radii, curve lengths, vertical slopes (absolute values), superelevations, and vertical slopes from seven freeway sections in Korea. We also collected data about driving speeds, traffic accidents, and their deviations. We established a reliability index using these variables.

RESULTS : The average radii, curve lengths, and superelevations are highly correlated with the incidence of traffic accidents. Deviations in radius and curve lengths show an especially high correlation. The reliability index, derived from speed and speed dispersions of the seven freeway sections, also correlated highly with accidents with a correlation index of 0.63.

CONCLUSIONS : Since the reliability index obtained from speed and speed dispersions are highly correlated with traffic accidents, we conclude that a reliability index can be a safety surrogate on freeways considering speeds and speed dispersions together in terms of design and operational levels.

Keywords
Traffic safety surrogate, vehicle speed, design speed, highway design

Corresponding Author : Oh, Heung-Un, Professor
Department of Urban & Transportation Engineering College of Engineering, Iui-dong San 94-6, Yongtong-gu, Suwon-si, Kyonggi-do, 16227, Korea
Tel : +82.31.249.9742 Fax : +82.31.244.6300
E-mail : ohheung@gmail.com

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received May. 13. 2016 Revised Aug. 01. 2016 Accepted Aug. 01. 2016

1. 서론

1.1. 신뢰도 이론의 정의

신뢰도 이론은 확률적 평가 방법론의 하나이고 특히 토목공학에서 다양하게 사용하는데 특정 시설의 성능을 확률적으로 표현하는데 사용된다. 특히 토목 구조분야에서는 신뢰도를 이용하여 구조시설물을 설계하여 그 성능을 평가하고 있다(Har, 1997). 그 평가척도는 신뢰도 지수(Reliability Index)라는 표현을 사용하여 평가하고 있다.

1.2. 고속도로에서 이동성과 안전성의 성능

고속도로에서 이동성을 평가하는 척도는 속도이다. 특히 설계단계에서는 이동성을 계획하기 위하여 설계속도를 사용하여 계획하고 있다(도로구조시설기준, 2008). 운영단계에서는 운영속도라고 하여 확률적으로 측정된 속도 혹은 관련법에 의하여 지정된 속도로써 표현하고 있다. 이 두 속도의 차이는 교통안전에서 교통안전성을 표현하는 척도로 활용되고 있다. 그러나 그 표현은 확률적 표현이 없이 사용되고 있어서 보다 신뢰성 있

는 표현을 위해서는 두 가지 속도의 표준편차가 반영되어질 필요가 있다.

1.3. 연구 배경 및 목적

본 논문은 신뢰도지수에 나타난 신뢰도지수를 활용하여 고속도로 속도를 이용하여 교통안전성을 표현할 수 있는 그리고 확률적인 교통안전성을 대체하고자 하는 신뢰도 모델을 제시하고자 한다.

이에 따라 본 본문에서는 고속도로에서 설계속도를 활용하고 기하구조에 나타난 설계속도의 확률분포를 통계자료로 이용하고 운영속도와 그 통계적 확률분포를 이용하여 신뢰도 지수를 산출해보고자 한다.

또한 이 특정지점의 기하구조 자료 그리고 운영속도 자료를 신뢰도 지수에 적용하여 교통사고율과의 비교를 통하여 신뢰도지수의 교통안전성에 대한 대체지수로써 가능성을 검토하고자 한다.

2. 연구문헌 고찰

속도편차가 교통사고에 대한 영향이 있다고 주장되고 있다. TRB Special Report 254(1998)는 도로에서 속도의 크기에 따라 교통사고가 증감될 수 있다고 표현하고 있다. 그러나 연속류 도로에서는 속도의 증감보다도 속도의 편차가 교통사고에 더 영향을 끼친다고 주장하고 있다.

설계속도는 설계과정의 표준화를 위해 만들어진 것이라고 한다. AASHTO green book(2004)과 도로구조시설기준(2008)은 고속도로의 설계속도는 고속도로의 기능이 정해지면 이에 따라 일정한 설계속도 값을 부여하고, 그에 맞춰 다른 설계요소들의 값이 정해지는 것으로 정의하고 있다. 그러나 설계속도는 교통사고와 연관성이 있어 클수록 안전하다고 한다(Garber and Gadiraju, 1988).

속도를 이용하여 교통사고에 대한 경향성을 평가할 수 있다. 운전자의 교통사고 경향성에 대하여는 운영속도와 설계속도의 차에 의하여 설명할 수 있다고 한다. 운전자는 자기가 주관적으로 파악하는 환경에 의하여 속도를 조절한다고 하여 운영속도의 주관성을 설명하고 있다(Taylor, 1964).

설계속도와 운영속도의 일관성이 교통사고를 감소시킬 수 있다고 하는 것은 도로설계 분야의 많은 논문에서 주장된 내용이다(NCHRP 502, 2003, Lamm et al., 1988 and 2002, Cafiso et al., 2004, Polus et al., 1995).

이에 더하여 속도편차 역시 교통사고를 감소시킬 수 있음이 많은 연구에 의해 주장되었다(Garber and Gadiraju, 1988, Watters and O'Mahony, 2007, Lave, 1985, Solomon, 1964 , Nilsson, 1990, Davis, 1996 and 1998).

신뢰도 이론은 용량과 수요 변수의 상대적 크기와 표준편차를 이용하여 그 차이를 계량화하는 이론이다. (Harr, 1997).

Oh와 Mun(2012)은 최초로 신뢰도 이론을 통하여 도로설계와 운영속도를 신뢰도 이론을 통하여 설명하고자 하였다.

3. 자료 및 방법론 검토

3.1. 대상지 특성의 수집

본 논문에서는 특정지점의 기하구조 자료 그리고 운영속도 자료를 신뢰도 지수에 적용하여 교통사고율과의 비교를 통하여 신뢰도지수의 교통안전성에 대한 대체지수로써 가능성을 검토하고자 한다. 그 대상지의 특성은 아래와 같다.

- 위치 : 중부내륙고속도로 0~143.95(구이정) 중 JCT와 IC 지역의 7개구간(IC구간, 지정체구간 제외)
- 대상 구간 기하구조 특성 수집항목(2008년 현재자료) : 곡선반경(설계속도 변화의 표준편차를 산정하기 위해 사용), 곡선길이, 종단경사(절대값), 종단경사, 최대 편경사, 운영속도(FTMS에 나타난 단독차량의 자유속도)
- 대상구간 교통사고 특성 수집항목 : 교통사고 C등급이상 사고 (1년간, 2008년)

3.2. 신뢰도 이론 적용

운영속도와 설계속도 그리고 그 표준편차를 반영하여 신뢰도지수를 표현할 수 있다. 그 표현은 아래의 식으로 나타낼 수 있다. 여기서, μ_C, μ_D, σ_C, σ_D는 각각 설계속도의 평균, 운영속도의 평균, 설계속도의 표준편차, 주행속도의 표준편차를 나타낸다.

$$\beta = \frac{\mu_C - \mu_D}{\sqrt{\sigma_C^2 + \sigma_D^2}}$$

도로의 선형 설계법상 설계속도의 평균은 설계 시 도로구조시설 기준의 기능적 분류에 따라 주어진다. 이에 따라 고속도로의 설계속도는 100km/h와 120km/h 둘 중 하나로 주어지게 된다. 그러나 설계속도의 표준편차는 설계과정에서 설계속도를 반영하기 어렵다. 본 논문에서는 설계속도의 표준편차를 반영하기 위해 시하구조 특성의 표준편차를 반영하는 방법론을 사용하였다. 설계속도의 표준편차는 설계된 도면에서 곡선반경을 찾아서 그 곡선반경에 적합한 속도를 계산하고 이의 표준편차값으로 표현하였다.

운영속도의 평균은 해당고속도로 구간에서 자유교통류 상태에서의 평균속도를 구하였다. 이를 위하여 고속도로 교통관리시스템에서 야간에 단독운행중인 차량의 자료를 사용하였다. 운영속도의 표준 편차는 이러한 속도의 표준편차를 구하여 사용하였다.

3.3. 데이터의 수집 및 가공

아래 Table 1은 수집된 도면자료를 기하구조 특성치

Table 1. Data of Freeway Elements Over 7 Sections of Freeway

No of Curve	Station	Radius (m)	Curve length (km)	Slope (ABS) (%)	Superel evation (%)	Speed (km/h)	Accidents	No of Curve	Station	Radius (m)	Curve length (km)	Slope (ABS) (%)	Superel evation (%)	Speed (km/h)	Accidents
1	0.162k-0.938k	480	0.776	1.50%	6%	88	6	28	32.720k-33.587k	902	0.867	1.50%	5%	93	4
2	0.938k-1.445k	460	0.507	1.20%	6%	91	1	29	34.810k-35.104k	400	0.294	0.80%	6%	86	20
3	1.740k-2.444k	605	0.704	2.40%	6%	93	2	30	35.104k-35.424k	590	0.32	1.90%	6%	91	15
4	4.388k-5.537k	710	1.149	2.60%	5%	99	6	Length	10.402	842.2	0.65	0.015	0.049	91.6	71
5	5.377k-5.700k	2750	0.323	0.70%	2%	103	2	Standard Deviation		301.95	0.29	0.006	0.008	3.27	6.82
6	6.056k-6.792k	710	0.736	1.50%	5%	92	4	31	36.404k-36.684k	1050	0.28	2.00%	5%	102	9
7	6.739k-7.787k	710	1.048	2.00%	5%	88	7	32	36.812k-37.164k	1420	0.352	1.50%	4%	108	1
8	7.946k-9.360k	760	1.414	2.40%	5%	90	10	33	37.768k-38.330k	710	0.562	2.20%	6%	93	5
Length	9.3	898.12	0.83	0.01	0.05	93	38	34	38.468k-39.348k	710	0.88	1.30%	6%	91	2
Standard Deviation		756.62	0.35	0.006	0.01	5.3	4.08	35	40.040k-41.020k	710	0.98	1.30%	6%	88	5
9	9.525k-10.226k	740	0.701	3.30%	5%	87	3	36	41.820k-43.248k	890	1.428	0.80%	5%	93	3
10	10.458k-11.186k	2400	0.728	2.20%	3%	101	5	37	45.234k-45.872k	990	0.638	2.20%	5%	96	5
11	11.526k-12.425k	740	0.899	2.70%	5%	88	10	38	46.300k-46.810k	1050	0.51	1.50%	5%	100	0
12	12.440k-13.055k	740	0.615	1.30%	5%	92	3	Length	10.406	941.25	0.703	0.016	0.0525	96.375	30
13	14.250k-14.752k	750	0.502	2.20%	5%	96	2	Standard Deviation		244.44	0.377	0.0049	0.007	6.56	2.883
14	14.815k-15.572k	520	0.757	3.20%	6%	89	2	39	121.630k-122.230k	1000	0.6	0.70%	5%	103	1
15	17.079k-17.660k	1010	0.581	2.00%	5%	99	0	40	124.742k-126.624k	2100	1.882	2.30%	3%	112	2
Length	8.08	985.71	0.68	0.024	0.048	93.14	25	41	126.034k-129.574k	800	3.54	1.20%	6%	95	6
Standard Deviation		639.57	0.1	0.007	0.008	5.58	3.09	42	127.512k-127.978k	3500	0.466	2.50%	2%	110	0
16	17.660k-18.500k	1100	0.84	1.60%	4%	96	2	43	127.988k-129.200k	2800	1.212	1.30%	2%	106	3
17	21.250k-21.580k	970	0.33	1.20%	5%	95	1	44	128.282k-131.040k	1800	2.758	0.70%	3%	101	7
18	22.164k-22.798k	710	0.634	2.10%	5%	89	5	45	132.632k-133.250k	1500	0.618	1.20%	4%	103	0
19	23.082k-23.750k	810	0.668	1.40%	5%	97	4	46	134.112k-134.528k	5300.2	0.416	1.90%	2%	115	0
20	23.750k-24.406k	900	0.656	2.30%	5%	90	7	47	134.940k-135.900k	1500	0.96	2.40%	4%	108	2
Length	6.74	898	0.6256	0.0172	0.048	93.4	19	48	137.740k-138.400k	3100	0.66	1.90%	2%	107	0
Standard Deviation		149.23	0.184	0.004	0.004	3.64	2.81	Length	17.57	2340.02	1.31	0.0161	0.033	106	21
21	25.022k-25.710k	710	0.688	2.00%	5%	95	4	Standard Deviation		1367.28	1.07	0.0067	0.014	5.792	1.19
22	26.240k-27.140k	1100	0.9	1.50%	4%	97	5	49	139.900k-140.640k	3500	0.74	0.60%	2%	105	3
23	27.404k-28.040k	710	0.636	0.60%	5%	88	3	50	140.640k-140.860k	3000	0.22	0.50%	2%	109	0
24	29.472k-29.946k	1487	0.474	0.90%	3%	94	0	51	142.900k-143.950k	1200	1.05	1.20%	4%	101	4
25	30.048k-30.692k	710	0.644	2.50%	5%	90	9	Length	4.05	2566.66	0.67	0.0076	0.026	105	7
26	30.710k-31.978k	993	1.268	2.00%	5%	91	6	Standard Deviation		1209.9	0.419	0.0037	0.01	4	1.728
27	31.986k-32.458k	820	0.472	2.20%	5%	91	5								

를 이용하여 분석하여 대푯값 형태로 나타낸 것이다. 구간에서 직선구간은 배제하였고 곡선위주로, 이정, 곡선반경, 곡선길이, 종단경사, 편경사, 속도, 교통사고 건수가 수집되었다. 이 자료에 따라 곡선반경의 표준편차, 곡선길이의 표준편차, 종단경사 절대값의 표준편차, 편경사의 표준편차, 운영속도 표준편차, 사고 건수(km당)의 표준편차를 계산하였다.

4. 신뢰도 지수 및 교통사고와의 연관성

4.1. 설계요소 변수와 교통사고 건수와의 연관성

Table 2는 설계요소 변수 평균값과 교통사고 건수(건/km)와의 상관계수를 나타낸 것이다. 설계요소 변수는 곡선반경, 곡선길이, 종단경사(절대값), 편경사, 운영속도, 종단경사(+/-)를 나타낸다. 이들 값들의 평균값은 교통사고 건수와 상관관계가 존재할 수 있음을 보여주고 있다.

구체적으로 곡선반경의 평균값은 교통사고건수와 상관계수가 0.67로 나타났다. 곡선길이의 경우는 0.45로 나타났고, 편경사는 0.60, 자유속도인 운영속도는 0.76으로 높게 나타났다.

Table 2. Correlations between Freeway Elements and Accidents

Section	Design speed (km/h)	Radius (m)	Curve length (km)	Slope (ABS) (%)	Superelevation (%)	Speed (km/h)	Slope (+/-)	Accidents (per kilometer)
Section 1	100	898	0.832	0.017	0.05	93	-0.162	4.09
Section 2	100	985	0.683	0.024	0.048	93.1	1.27	3.09
Section 3	100	898	0.625	0.017	0.048	93.4	-1.08	2.82
Section 4	100	842	0.656	0.015	0.049	91.6	- 0.09	6.83
Section 5	100	941	0.703	0.016	0.052	96	- 0.475	2.88
Section 6	120	2340	1.311	0.016	0.033	106	-0.110	1.20
Section 7	120	2566	0.67	0.007	0.026	105	-0.366	1.73
correlation with accidents	NA	-0.67	-0.45	0.22	0.60	-0.76	0.090	NA

4.2. 설계요소 변수의 표준편차와 교통사고 건수와의 연관성

각 설계요소의 표준편차는 도로설계에서 안전성의 대표적인 대체척도로 알려져 있다. 따라서 이와 같은 표준편차를 교통사고와 비교하는 경우 설계의 일관성과 교통사고 건수를 비교하게 되는 것이다. Table 3은 설계요소 변수 표준편차와 교통사고 건수(건/km)와의 상관계수를 나타낸 것이다. 설계요소 변수는 곡선반경, 곡선길이, 종단경사(절대값), 편경사, 운영속도, 종단경사(+/-)를 나타낸다. 이들 값들의 표준편차 값은 교통사고 건수와 상관관계가 존재함을 보여주고 있다. 설계속도의 표준편차는 상관계수가 0.59로써 상대적으로 상관성이 큰 것을 보여주고 있다.

Table 3. Correlations between Standard(STD) Deviation of Freeway Design Elements and Accidents

Section	STD of design speed (km/h)	STD of radius (m)	STD of curve length (km)	STD of slope (ABS) (%)	STD of superelevation (%)	STD of speed (km/h)	STD of slope (+/-)
Section 1	756.63	0.35	0.01	0.01	5.35	2.02	4.09
Section 2	639.58	0.13	0.01	0.01	5.58	2.33	3.09
Section 3	149.23	0.18	0.00	0.00	3.65	1.57	2.82
Section 4	301.96	0.30	0.01	0.01	3.27	1.79	6.83
Section 5	244.45	0.38	0.00	0.01	6.57	1.71	2.88
Section 6	1367.28	1.08	0.01	0.01	5.79	1.82	1.20
Section 7	1209.68	0.42	0.00	0.01	4.00	0.91	1.73
correlation with accidents	-0.59	-0.49	0.33	-0.24	-0.44	0.31	NA

4.3. 신뢰도지수와 교통사고 건수와의 연관성

신뢰도지수를 이용하여 설계요소의 변수 그리고 설계요소의 표준편차, 운영속도, 운영속도의 표준편차를 하나의 식으로 표현하였다. 그리고 교통사고와의 관계를 상관도로써 표현하였다.

신뢰도지수에 소요되는 용량(Capacity)는 설계속도로 표현하였고, 수요(Demand)는 운영속도로 표현하였

Table 4. Correlations between Reliability Index and Accidents

Section	Design speed (km/h)	C-D (Design speed-operation speed)	C (=Capacity=Design speed)			D(=Demand =operation speed)	Reliability Index (β)	Accidents (per kilometer)
			COV (from rdius)	COV (based on speed)	Design speed variation	Operation speed variation		
Section 1	100	-13.00	0.84	0.03	9.38	28.57	-2.11	4.09
Section 2	100	-13.14	0.65	0.03	6.58	31.14	-2.14	3.09
Section 3	100	-13.40	0.17	0.01	1.85	13.30	-3.44	2.82
Section 4	100	-11.60	0.36	0.02	4.26	10.71	-3.00	6.83
Section 5	100	-16.38	0.26	0.02	2.76	43.13	-2.42	2.88
Section 6	120	-6.00	0.58	0.02	3.60	33.56	-0.98	1.20
Section 7	120	-5.00	0.47	0.01	2.64	16.00	-1.16	1.73
correlation with accidents	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0.63	NA

다. 그리고 각 표준편차를 반영한 결과 산출된 신뢰도 지수는 7개 구간에서 -3.44에서 -0.98의 범위로 나타났다. 그 결과 교통사고와의 연관성은 -0.63으로 나타났다.

4.4. 토론

본 연구에서는 곡선구간의 설계요소인 곡선반경, 곡선 길이, 종단경사 절대값, 편경사, 종단경사 등과 교통사고, 운영속도 등을 7개 구간의 고속도로 구간에서 조사하였다. 이에 따라 구간마다 설계요소와 조사항목의 표준편차를 알 수 있었고 이를 통하여 설계요소와 운영속도에 대한 확률적 분석이 가능하게 되었다.

본 연구를 통하여 특정구간에서 설계요소 변수의 평균값과 교통사고의 상관분석을 하였다. 그 결과 곡선반경, 곡선 길이, 편경사 등의 평균값이 km당 교통사건수와 상관성이 높은 것으로 나타났다. 운영속도의 평균값 또한 상관성이 상대적으로 높았다. 종단경사 등과 종단경사 절대값은 교통사고와의 상관성이 상대적으로 낮았다. 설계요소가 교통사고에 중요한 역할을 하는 것을 확인할 수 있었다.

추가로 특정구간에서 설계요소 변수의 표준편차와 교통사고의 상관분석을 하였다. 그 결과 곡선반경, 곡선 길이의 표준편차가 km당 교통사건수와 상관성이 높은 것으로 나타났다. 종단경사의 표준편차는 평균값보다도 교통사고와의 상관성이 커지는 것으로 나타났다. 이는 설계요소의 확률적 분포특성이 교통사고에 영향을 주는 것을 나타내는 것으로 판단할 수 있다.

신뢰도지수는 설계속도와 운영속도의 상대적 확률분포 특징을 나타내는 방법으로 정의할 수 있다. 신뢰도지수를 통하여 설계속도와 운영속도의 차이와 각의 표준편차를 지표안에 포함시킬 수 있게 되었다. 그리고 신뢰도지수가 교통사고 발생과 큰 연관성(ρ =0.63)을 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서 신뢰도지수는 기존의 고속도로에서 교통사고 대체지표를 나타내는 설계속도와 운영속도의 차이와 속도의 표준편차를 한꺼번에 나타내는 중요한 지표로써 확인이 되었다고 할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 신뢰도지수를 활용하여 기존의 고속도로 교통사고 대체 평가 지표인 속도와 속도 편차를 하나의 지표에 표현하고자 하는 연구이다.

본 연구를 위해 고속도로 곡선구간의 설계요소인 곡선반경, 곡선 길이, 종단경사 절대값, 편경사, 종단경사 등과 운영속도, 교통사고 통계가 수집되었고 비교되었다.

본 연구를 통하여 기존의 설계요소들은 그 중요성이 다시 한번 확인이 되었다. 그리고 신뢰도지수가 통사고 발생과 큰 연관성(ρ =0.63)을 가지는 것이 확인이 되었다.

결론적으로 신뢰도지수는 기존의 고속도로 교통사고 대체 평가 지표인 설계속도, 운영속도와 각 속도의 편차 지표를 하나의 지표에 표현시킬 수 있게 되었다.

감사의 글

이 논문은 경기대학교에서 시행하는 연구년지원 연구사업의 재원으로 수행되었습니다 (과제번호 : 2014-017).

REFERENCES

AASHTO.(2004). A policy on geometric design of highways and streets. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington D.C.

Cafiso, S., Lamm, R., and La Cava, G. (2004). "Fuzzy model for safety evaluation process of new and old roads." Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1881, pp. 54-62.

Davis, J. W. (1996). The effects of higher speed limits in New Mexico. Draft. Grant 1-TR-97-01. University of New Mexico.

Davis, J. W. (1998). The effects of higher speed limits in New Mexico. Grant 98-TR-01-01. Division of Government Research, University of New Mexico.

Garber, N. J., and Gadiraju, R. (1988). Speed variance and its influence on accident. Research Report, AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, D.C.

Harr, M. E. (1997). Reliability based design in civil engineering. Dover Publications, Inc., New York.

Lamm, R., Choueiri, E. M., Hayward, J. C., and Paluri, A. (1988). "Possible design procedure to promote design consistency in highway geometric design on two-lane rural roads." Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1195, pp. 111-122.

Lamm, R., Psarianos, B., and Cafisori, S. (2002). "Safety evaluation process for two-lane rural roads: A 10-year review." Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1796, pp. 51-59.

Lave, C. (1985). "Speeding, coordination, and the 55-mph limit." The American Economic Review, Vol. 75, pp. 1159-1164.

MLTM. (2008). Highway design guideline (도로구조시설기준). Ministry of Land, Transportation and Maritime (MLTM), Seoul, Republic of Korea.

NCHRP Report 502. (2003). Geometric design consistency on high-speed rural two-lane roadways. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Nilsson, G. (1990). Reduction in the speed limit from 110 km/h to 90 km/h during summer 1989. VTI Report 358A. Swedish Road Safety Office.

Oh, H. and Mun, S. (2012) "Design speed based reliability index model for roadway safety evaluation." KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 16, Issue 5, pp. 845-854. Seoul.

Polus, A., Poe, C. M., and Mason, J. R. (1995). Review of international design speed practices in roadway geometric design. International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston.

Solomon, D. (1964). Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.

Special Report 254. (1998). Managing speed, review of current practice for setting and enforcing speed limits. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Taylor, D. H. (1964). "Drivers galvanic skin response and the risk of accidents." Ergonomics, Vol. 7, pp. 439-451.

Watter, P., and O'Mahony, M. (2007). The relationship between geometric design consistency and safety on rural single carriageways in Ireland. European Transport Conference, Noordwijkerhout, Netherlands.