

고속도로 휴게소 연결로 설계 기준 설정에 관한 연구

A Development of the Design Guidelines for Connecting Roads in Highway Rest Area

이 철수 Lee, Choulsoo
원 제 무 Won, Jaimu

정회원 · 한양대학교 도시대학원 박사 수료 (E-mail: csryhe@hanmaceng.co.kr)
한양대학교 도시대학원 교수 (E-mail: won21@hanyang.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : Design of approach roads of rest areas in highway has many drawbacks such as geometric design elements. There has been traffic accidents occurred in these approach roads of rest areas. Thus, design criteria is required in order to protect accidents from being occurred. In case of Korea, geometric structure design criteria of entry facilities, such as toll-gate, interchange, junction etc was established. However there are no presence in a detailed standards for geometric structure of the rest area which affiliated road facilities.

METHODS : In this study, analytic on accidents was carried out in regards to the entry of geometric structure of resting areas by utilizing a sight survey and an investigation research of traffic accidents. The survey was targeting 135 general service areas. Collisions with physical channelization and safety facilities occurred due to speeding, rapid entry, and etc at the entrance nose section. At the entrance connector roads, accidents caused by speeding, negligence, over-operation of handle of drivers were main reason of accidents. Discriminant analysis were conducted about geometric elements to distinguish influencing factors for traffic accidents. the lengths and access angles of the entrance connector roads were regarded as to have the high relation with traffic accidents

RESULTS : After classifying the design section of resting areas' entry as well as derive design elements on each section, a speed measurement by targeting entry of rest areas and car behavior surveys were performed, then each element's minimum standard was derived through the analyses. According to the speeds at the starting/end point of entrance connector road, the range of the junction setting angle of the entrance connector road is defined as $12^{\circ} \sim 17^{\circ}$ and the connector length model was suggested.

CONCLUSIONS : Suggest improvement plans for existing rest areas that can be applied realistically. This should be corresponded to the standards of entry and exit of developed rest areas.

Keywords

rest area design criteria, ramp, the entrance connector road, car behavior surveys

Main Author : Lee, Choulsoo, Ph.D
Department Highway, 614, Advanced Materials & Chemical Engineering
Building 17, Haengdang-dong Seong dong-gu, Seoul 133-791, Korea
Tel : +82.2.2299.1470 Fax : +82.2.2220.4710
email : csryhe@hanmaceng.co.kr

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ijhe.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (Print)

ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

고속도로의 지속적인 확충과 주 5일 근무제 정착으로 인한 장거리 통행 수요가 증가하고 있다. 장거리 통행으로 인해 운전자들은 육체적 피로 및 생리적 현상을 해결

하기 위해 휴게소를 이용한다. 휴게소를 이용하기 위해 서는 본선에서 감속차로로 차로변경을 하여 고속에서 저속으로의 급격한 감속주행을 하고, 노즈부와 광장 접속부를 연결하는 연결로를 통해 휴게소에 진입하게 된다. 박재범(2005)은 고속도로 IC의 분류부를 주행속도

가 급격하게 변화하는 구간이며, 양호한 기하구조에서 취약한 기하구조로의 급격한 선형 변화가 발생하는 구간으로 고속도로 구성요소 중 사고위험이 매우 높은 구간으로 정의하고 있다. 또한, 분류부의 각 구성요소별 역할이 명확히 구분되지 않고 서로 혼재되어 사용되고 있어 원래의 기능을 충분히 발휘하지 못하며, 일관된 선형을 기대하는 운전자를 만족시키지 못하고 있다고 제기하였다. 이러한 분류부의 문제점은 IC와 JC뿐만 아니라 휴게소에서도 같은 문제점이 발생되고 있다. 하지만, IC와 JC의 분류부의 연결로는 설계기준이 제시되어 있지만, 휴게소의 연결로는 설계기준이 제시되어 있지 않아 다양한 형태로 설치 운영되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 휴게소 연결로에서의 원활한 주행을 유도할 수 있는 설계기준을 제시하고자 한다. 이를 위해 국외 휴게소 연결로 설계기준을 검토하여 국내 실정에 맞는 설계기준의 구성요소를 도출한다. 도출된 설계요소의 적정성을 검토하기 위해 개별차량 주행행태 조사를 수행하여 적합성을 평가하며, 공학적 접근 방법에 의해 설계기준을 제시하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 고속도로 휴게시설 설계기준을 수립하는데 중요한 설계지표로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

1.2. 연구의 범위

고속도로 상에 설치된 휴게소는 이용자 특성 및 설치 간격 등에 따라 종합, 화물, 간이, 임시휴게소로 구분되며, 31개 노선에 총 200개소의 휴게소가 설치 운영되고 있다.

또한, 종합휴게소는 Fig. 1과 같이 부지형태와 현장

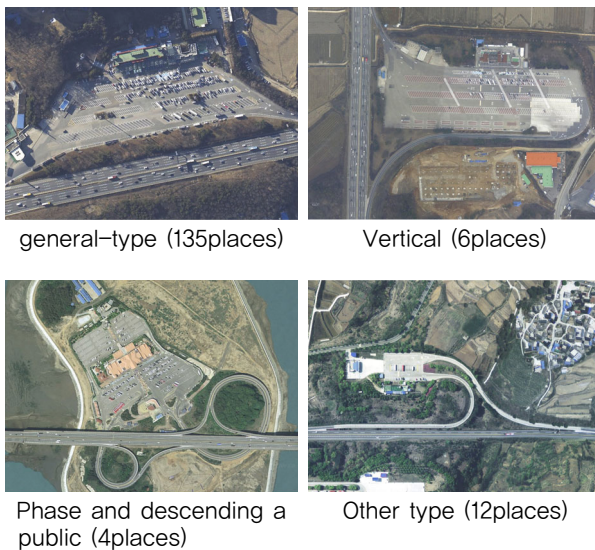


Fig. 1 Rest Areas Form

여건에 따라 일반형, 세로형, 상하행 공용, 기타형으로 구분되며, 각기 다른 형태로 배치되어 있다. 이로 인해 본선에서 휴게소로 진입하기 위한 연결로의 형태 및 길이가 다르게 설치되어 도로이용자로 하여금 혼란을 가중시키고 있다. 즉, 연결로는 감속차로에서 휴게소 광장부를 연결하는 접속도로로 휴게소 형태에 따라 영향을 받는다.

2010년 12월 화물·간이·임시 휴게소를 제외한 종합 휴게소는 157개소이며, 이 중 루프(Loop)형 연결로가 설치된 세로형, 상하행 공용, 기타 휴게소를 제외한 직결 연결로 형태의 일반형 휴게소 135개소를 연구의 대상 범위로 규정하여 설계기준을 제시하고자 한다.

2. 기존문헌 및 설계기준 고찰

2.1. 국내 휴게소 연결로 설계기준

고속도로를 주행하는 차량이 휴게소를 이용하기 위해서는 일반적으로 분류부 이전에 설치된 안내표지를 통해 인지하고 노견측 차로로의 차로변경, 변이구간 및 감속차로구간으로의 진입과 감속, 연결로 진입, 휴게소 주차장, 이상의 주행과정을 통해 휴게소에 주차하게 된다.

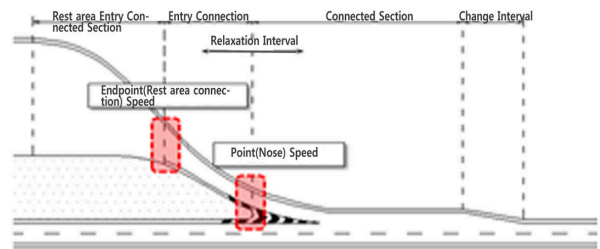


Fig. 2 Rest Area Entry Interval Components

변이구간 및 감속차로의 설계기준은 고속도로 분류부의 설계기준을 적용하고 있지만, 휴게소 연결로의 설계기준은 제시되어 있지 않은 실정이다. 따라서 국토해양부 및 한국도로공사(2009)의 설계기준에서 분류부의 연결로는 본선과 달리 자동차가 일정한 속도로 주행할 수 없으며, 속도변화에 충분히 적응할 수 있는 선형으로 설계하여야 한다고 정의하고 있다. 하지만, IC 연결로의 경우 연결로 내에서의 설계속도는 동일하게 설계하도록 규정하고 있어 휴게소 연결로와 다른 개념을 지닌다고 볼 수 있다. 즉, 휴게소 연결로의 경우 주차장으로 진입하기 위해 등속주행이 아닌 감속주행이며, 완전 정지의 개념을 가진 연결로 설계가 필요하다.

Table 1. IC Connection with the Design Standards

Division	Unit	Connection to			
		Concerning minor	LOOP		
Design speed	km/h	60	50	40	
Minimum surface radius of curvature (Superelevation 8%)	m	130	80	50	
Maximum superelevation	%	8	8	8	
Minimum curve length	pier 5° -Below	m	350/e	300/e	250/e
	pier 5° -Under	m	70	60	50
Minimum length of transition curve (interval)	m	35	30	25	
Maximum grade	Flat	%	7	7	7
	Mountainous district	%	10	10	11
Minimum vertical curve the rate of change	Convex curve	m/%	30	8	4
	Concave curve	m/%	20	10	6
The minimum length of vertical curve	m	50	40	35	
Cross-sectional configuration(A standard) *A standard: Large car on the shoulder to pass a parked semi trailer that can reference	m	1Direction 1lane			
		lane width	top of road width		Median
			the right	the left	
		3.60	2.50	1.50	2.50(2.0)

2.2. 국외 휴게시설 기준

2.2.1. 일본의 설계기준

일본의 휴게소 연결로는 국내의 설계기준과 동일하게 휴게소 연결로의 설계개념을 속도변화가 고려되어야 하는 구간으로 정의하고 있다. 그리고 다른 국가들과 달리 일본은 휴게소 연결로에 대한 설계기준을 서비스구간(Service Area)과 주차구간(Parking Area)으로 구분하여 상세하게 제시하고 있다.

휴게소 연결로의 감속거리는 노즈 통과속도로부터 감속하여 휴게소 주차장에 도달 시 “완전정지”의 개념을 고려한 설계기준을 제시하고 있다. 즉, 본선 설계속도에

Table 2. Japan's Rest Stops Connected to the Deceleration Length

Main line design speed (km/h)		120	100	80	60
Nose pass rate (km/h)	V_1	60	55	50	40
Deceleration acceleration value (m/s^2)	α	2.4	2.2	2.0	1.4
Deceleration distance (m)	D	58	53	48	44

따른 노즈 통과속도(V_2), 주차장 속도(V_1), 감속도(α)를 고려하여 산출하면 Table 2와 같다. 진입 연결로의 최소 길이는 안전성을 고려한 설계기준을 반영하고자 종점속도 V_1 을 0km/h로 규정하고, 본선 설계속도 120km/h 일 노즈 통과속도(V_2)는 60km/h, 감속도(α)는 $2.4m/s^2$ 임으로 연결로의 길이를 산정하면 60m이다.

2.2.2. 미국의 설계기준

연결로 설계속도를 본선 설계속도의 85%, 70%, 50%로 구분하였으며, 지형 및 도로 특성에 따라 적정 속도를 이용하도록 규정하고 있다. 하지만, Table 3의 설계기준은 고속도로 IC의 연결로 설계기준으로 휴게소에 대한 별도의 설계기준은 마련되어 있지 않은 실정이다.

Table 3. Connection with Design Standards of the United States

main line design speed (km/h)	60	70	80	90	100	110	120
The maximum value (85%)	50	60	70	80	90	100	110
The median (70%)	40	50	60	60	70	80	90
The minimum (50%)	30	40	40	50	50	60	70

주: AASHTO, 2004

2.3. 기존 연구와의 차별성

연결로는 도로-도로, 도로-시설을 접속해 주는 도로로써 주행속도의 변화가 큰 구간으로 교통사고의 위험이 내재되어 있는 구간이다. 이로 인해 일본에서는 IC 연결로와 휴게소 연결로의 주행특성이 각기 다르기 때문에 별도의 기준을 제정하고 있음을 볼 수 있다. 즉, IC의 연결로는 감속, 등속, 가속 등위 주행패턴을 보이지만, 휴게소의 연결로는 감속하여 정지하는 주행패턴을 지니고 있다. 따라서 휴게소 이용자들이 안전한 진입 주행을 위해 연결로의 최소길이를 제시하고 있다. 하지만, 국내와 미국의 경우 휴게소 연결로에 대한 설계기준은 별도로 제시되어 있지 않고, IC의 설계기준을 준용하고 있다. 이로 인해 연결로의 길이는 부지형태 및 현장특성에 따라 각기 다르게 설치되고 있으며, 연결로의 길이가 0m인 휴게소 또한 다수 존재하고 있다.

따라서 본 연구에서는 운전자들이 휴게소 연결로에서 안전한 주행을 확보하기 위한 설계기준이 필요하며, 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 휴게소 진입부의 기하구조는 차량이 본선에서 주차장으로 자연스럽게 안전하게 유도하는 기능을 지닌다. 하지만, 감속차로의 노즈부와 연결로 구간에서의 큰 속도 변화로 인해 교통사고가 발생되고 있다. 이에 일본

의 설계기준에서 제시하고 있는 연결로의 길이가 교통 사고에 어느 정도 미치는지를 파악하기 위해 사고분석을 수행하였다.

둘째, 사고 분석에서 문제점으로 도출된 연결로의 길이에 따른 개별 주행차량 속도를 조사하였다. 조사된 자료를 통해 주행행태 및 속도변화를 관측하고 연결로의 필요성을 규명하고자 한다.

셋째, 휴게소 연결로의 최소길이를 제시하기 위해 노즈부 및 광장 접속부의 설계속도를 규정하고, 이에 따른 최소 연결로 길이를 산정하고자 한다.

넷째, 연결로 구간에서의 주행속도는 설계속도에 비해 높은 속도로 주행하고 있어 차량의 속도를 완화하기 위한 방안을 모색하고자 한다. 즉, 차량이 감속차로에서 연결로로 진입하기 이전인 노즈부에서 충분한 감속을 이행하고 연결로에 진입할 수 있도록 감속방안을 제시하고자 한다.

다섯째, 노즈부에서의 감속방안으로 진입 접속부 설치각을 제안하고, 이에 따른 적정 설치각 범위를 제시하고자 한다. 그리고 제시된 설치각의 적합성을 검증하기 위해 적정 설치각보다 작은 각, 적정 설치각, 적정 설치각보다 큰 각을 현장 조사 표본으로 선정하여 개별 차량 주행행태 조사를 수행하였다. 조사된 자료를 통해 설치각 범위의 적합성을 검증하고, 설계기준으로 제시하고자 한다.

3. 휴게소 연결로 교통사고 현황 분석

3.1. 진입 연결로 길이 현황

종합휴게소 중 연결로가 루프(Loop)형인 경우를 제외한 직결형 형태의 일반 휴게소의 연결로는 Table 4와 같이 총 135개소이다. 연결로의 길이는 0m~200m 이

Table 4. Entry connection Length Status

Entry length to connect (m)	Rest area (places)	Entry length to connect (m)	Rest area (places)
0	15	110	2
10	0	120	3
20	8	130	4
30	10	140	0
40	10	150	3
50	15	160	2
60	9	170	2
70	16	180	1
80	5	190	0
90	11	200	1
100	13	200이상	5
total		135(places)	

상으로 각기 상이하게 설치되어 있다. 휴게소 진입 연결로가 미확보된 휴게소는 15개소이며, 200m 이상인 휴게소는 5개소로 나타났다.

3.2. 교통사고 분석

고속도로의 교통사고는 2007~2009년 3년간의 A~D 등급¹⁾의 사고 자료를 활용하였다. 3년간 고속도로에서 발생한 교통사고는 Table 5와 같이 총 30,356건이며, 이중 휴게소에서 발생한 사고는 253건으로 분석되었다.

Table 5. Highway Accident Location-Specific Traffic Accidents

Division	Main line	Lamp	Rest area	Jinchulip Department	TG	Tunnel	Bridge	Station	Etc	Total
The cases of accidents	21,751	3,228	253	572	3,035	729	594	55	28	30,356
Rate (%)	71.7	10.6	0.8	1.9	10.0	2.4	2.0	0.2	0.1	100

고속도로 휴게소 교통사고 253건 중 직결형 형태의 일반형 휴게소 135개소에서 발생한 교통사고는 Table 6과 같이 167건으로 분석되었다.

Table 6. Rest area Accidents

Division	Synthesize Rest area				Truck rest area	Temporarily rest area	Total
	General type	Vertical	Phase and descending a public	Other type			
Rest area places	135	6	4	12	15	28	200
the cases of accidents	167	17	19	16	33	1	253

고속도로 휴게소 구간별 교통사고는 진입부의 노즈부 70건, 진입 연결로 54건으로 대부분 노즈부 및 진입 연결로 구간에서 사고가 발생하는 것으로 분석되었다. 또한, 노즈부에서 발생하는 70건의 교통사고 중 본선 주행 중 휴게소로 급진입 25건과 줄음 23건이 주요 원인이다. 이는 추월차로에서 휴게소로 바로 진입함으로써 과대핸들 조작 및 과속 등으로 인한 안전시설물과 충돌

1) A급: 사망 3명 이상, 사상자 10명 이상, 부상 20명 이상, 도로시설물 피해액 1,000만 원, 관련차량이 10대 이상, 5대 이상(사망사고 포함)

B급: 사망 1명 이상, 부상 5명 이상, 도로시설물 피해액 250만 원 이상, 관련차량 5대 이상 혹은 3대 이상(부상사고 포함)

C급: 부상 1명 이상, 도로시설물 피해액 30만 원 이상, 관련차량 3대 이상

D급: 그 외의 사고

하는 교통사고라고 볼 수 있다. 그리고 진입 연결로의 주요 사고원인은 과속 및 과대행들 조작 27건으로 분석되어 운전자들의 불완전한 주행으로 인한 사고가 발생하는 것으로 나타났다. 즉, 감속차로에서 충분히 감속을 수행하지 않고 노즈부에서 감속을 수행하고 있어 휴게소의 곡선부를 사전에 충분히 인지하지 못해 교통사고가 발생하는 것으로 판단된다.

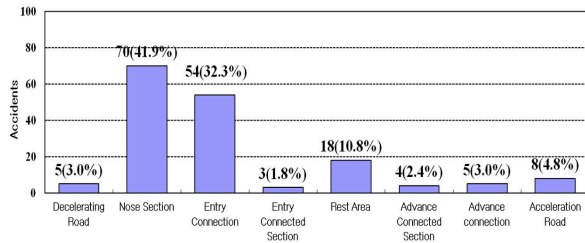


Fig. 3 Rest Area by Section Traffic Accidents

3.3. 기하구조별 영향인자 분석

3.3.1. 집단간 동질성 검증

고속도로의 휴게소를 대상으로 교통사고 발생가능성을 판단하는 예측모형을 정립하기 위하여 휴게소 135개소의 도로기하구조 및 교통사고 자료를 이용하였다. 휴게소 교통사고 예측모형을 정립하기 위하여 교통사고 발생여부에 따라 두 그룹으로 분류하였다. 즉, 교통사고가 발생되지 않은 휴게소와 발생된 휴게소를 각각 1과 2로 그룹화 하였다. 또한, 휴게소 진입 시 교통사고와 관련된 기하구조 요인으로 진입연결로 길이, 종단경사, 편경사, 진입 접속각을 Table 7과 같이 그룹화 하였다.

Table 7. Overview of the Explanatory Variables

Division	The scope of the group	Division	The Scope of the Group
Connection length (m)	1 $L \geq 40m$	Entry for each (°)	1 $D \geq 8^\circ$
	2 $40m > L \geq 150m$		2 $8^\circ > D \geq 17^\circ$
	3 $150m > L$		3 $17^\circ > D$
longitudinal slope (%)	1 $G \geq -3\%$	Superelevation (%)	1 $S \geq 0\%$
	2 $-3\% > G \geq 0\%$		2 $0\% > S \geq 2 \%$
	3 $0\% > G \geq 3\%$		3 $ 2 \% > S \geq 3 \%$
	4 $3\% > G$		4 $ 3 \% > S$

고속도로 휴게소 교통사고를 종속변수로 설정하고, 도로기하구조 4개 요인을 설명변수로 한 영향정도를 파악하기 위해 사용된 자료는 135개소 휴게소 교통사고

자료와 도로기하구조인 연결로 길이, 종단경사, 진입각, 편경사 자료를 토대로 분석하였으며 이를 통해 판별분석을 수행하였다. 판별분석은 분류되어 있는 집단 간의 차이를 의미 있게 설명해 줄 수 있는 독립변수들을 찾아내고, 이들의 선형결합(Linear Combination)에 의한 판별식을 만들어 분류하고자 하는 대상들이 속하는 집단을 찾아내는 분석방법이다.

Table 8. Characteristics of Accidents on Approach Roads

Division		Connection Length	longitudinal slope	Superelevation	Entry access for each
No-Accidents	average	1.85	3.45	2.22	2.13
	standard deviation	0.54	1.13	0.74	0.61
Accidents	average	1.62	3.17	2.37	1.82
	standard deviation	0.68	1.20	0.87	0.51
Homogeneity verification	Wilk's Lambda	0.968	0.985	0.990	0.940
	F-value	3.096	1.370	0.714	5.995
	P-value	0.081*	0.244	0.400	0.016**

주) *At the 90% confidence level significantly,

**At 95% confidence level significantly

이에 본 연구에서는 고속도로를 진입하면서 교통사고가 발생한 휴게소와 그렇지 않은 휴게소 집단 간의 통계량(평균, 표준편차) 및 동질성 검정을 분석하여 Table 9에 나타내었다. Wilk's Lambda는 검정은 집단내 분산/(집단내 분산 + 집단간 분산)의 비율로서 집단간 분산이 집단내 분산에 비해 클수록 0에 가까워지며, 그 반대의 경우 1에 가까워지며, 분산분석의 F값과의 반대방향을 갖는다. 즉, Wilk's Lambda가 작을 때 F값은 큰 값을 가지며, 이 경우에 종속변수를 판별하는데 판별력이 높음을 의미한다. 따라서 휴게소 교통사고를 판별하는데 판별력이 높은 요인으로는 진입 접속각, 연결로 길

Table 9. Canonical Discriminant Function and the Structure Matrix Analysis

Division	Coefficient	Structure Matrix
Connection Length(x_1)	0.583	0.550
Longitudinal slope(x_2)	0.213	0.366
Superelevation(x_3)	-0.114	-0.264
Entry access for each(x_4)	0.747	0.765
Wilk's Lambda		0.902
χ^2		9.506
p-value		0.050**

주) **At 95% confidence level significantly

이, 종단경사, 편경사 순이며, 신뢰수준 90%에서 유의한 변수로는 진입 접속각과 연결로 길이로 분석되었다.

3.3.2. 정준판별함수

고속도로 교통사고가 발생하지 않은 휴게소(집단 1)와 그렇지 않은 휴게소(집단 2)를 그룹화하여 판별함수를 분석하였다. 판별함수 식에 의해 도출된 두 집단(집단 1과 집단 2)간에 차이가 있는지를 판별하기 위해 Wilk's Lambda와 χ^2 검정을 수행하였으며, 이때의 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)은 다음과 같이 설정하였다.

H_0 : 모든 변수의 평균들은 집단들에 걸쳐 동일하다.

H_1 : 모든 변수의 평균들은 집단들에 걸쳐 동일하지 않다.

두 집단간에 차이가 있는 결과 유의확률 0.050로 신뢰수준 95%에서 유의적으로 나타나 4개의 독립변수들에 걸쳐 두 집단 간에 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다. 그리고 정준판별함수 계수 및 구조행렬 값은 교통사고가 발생한 그룹의 소속집단을 설명하는데 있어서 변수간에 중요도를 나타내며, 계수 값이 클수록 판별력이 높다고 판단할 수 있다. 또한, 구조행렬의 판별적재값의 유의적인 범위는 0.40 이상으로 0.40 이하는 판별력이 없다고 가정할 수 있다. 정준판별함수 및 구조행렬 값에 의한 판별력이 큰 변수는 진입접속각, 연결로 길이, 종단경사, 편경사 순으로 분석되었으며, 종단경사와 편경사의 판별적재값이 0.40 이하로 판별력이 별로 없는 것으로 볼 수 있다.

따라서 판별함수의 계수값은 w_i 로 표현할 수 있으며, 판별함수 식을 정리하면 Eq. (1)와 같이 표현할 수 있다.

$$Z = 0.583 \times X_1 + 0.213 \times X_2 - 0.114 \times X_3 + 0.747 \times X_4 \quad (1)$$

판별함수 Eq. (1)를 이용하여 각 집단에 속한 판별점수를 구하고, 이 값들의 평균이 각 집단의 중심값(Centroid)이 된다. 정준판별 함수의 집단간 평균을 산출한 결과, 집단 1(교통사고 발생하지 않은 휴게소)은 0.25, 집단 2(교통사고가 발생한 휴게소)는 -0.43으로 분석되었다.

3.3.3. 분류 판별함수 구축

판별분석에 의한 분류 판별함수식은 각 집단별로 산

출할 수 있도록 집단별로 함수식이 개발되고, 집단별 함수식에 설명변수를 대입하여 각각 판별점수를 산정하게 된다. 판별하고자 하는 대상 휴게소가 집단 1과 집단 2 중 어느 집단에 속할 것인가는 산정된 판별점수 중 높은 값의 집단에 포함됨을 의미한다. 따라서 분류 판별함수를 구축한 결과는 Table 10과 같이 나타낼 수 있으며, 이를 선형 판별식으로 나타내면 Eq. (2), (3)와 같다.

Table 10. Results of Fisher's Linear Discriminant Function

Division	Group 1	Group 2
Connection Length(X_1)	4.661	4.003
Longitudinal slope(X_2)	1.870	1.746
Superelevation(X_3)	4.822	4.919
Entry access for each(X_4)	7.897	7.028
Constant	-22.036	-18.980
Hit ratio	64.6%	

$$Z_1 = 4.661 \times X_1 + 1.870 \times X_2 + 4.822 \times X_3 + 7.897 \times X_4 - 22.036 \quad (2)$$

$$Z_2 = 4.003 \times X_1 + 1.746 \times X_2 + 4.919 \times X_3 + 7.028 \times X_4 - 18.980 \quad (3)$$

분류 판별함수식에 의해서 분류하였을 경우에 얼마나 잘 예측되었는가를 판별할 수 있는 지표는 hit ratio이다. 이는 회귀분석의 적합도와 비슷한 의미로 볼 수 있으며, 분류 판별함수식을 이용하여 집단을 분류할 때 hit ratio는 64.6%로 분석되었다.

3.4. 진입 연결로 길이에 따른 사고분석

휴게소 연결로의 길이를 40m 이하, 40~150m, 150m 이상으로 구분하여 휴게소 개소당 사고발생률로 분석하였다. 그 결과 Table 11과 같이 연결로의 길이가 40m 이하 및 150m 이상인 휴게소에서 사고발생률이 높게 나타났다. 즉, 연결로 구간에서 감속거리를 충분히 확보하지 못하거나, 필요 이상으로 연결로 길이를 확보하게 되면 과속이 유발되고 이로 인한 교통사고가 다소 높게 발생하는 것으로 생각된다.

Table 11. The Number of Accidents in Approach Roads

Entry length to connect(m)	Rest area (places)	The number of accidents	Incidence of accidents per rest area locations (case/places)
40m Below	43	48	1.1
40~150m	81	63	0.8
150m more than	11	13	1.2

휴게소 연결로가 있을 경우와 없을 경우에 교통사고의 변화를 파악하고자 사고분석을 수행하였다. 그 결과 Table 12와 같이 휴게소 평균 사고발생률은 진입 연결로 유 0.9(건/개소), 진입 연결로 무 1.1(건/개소)로 연결로를 확보하지 못한 경우에 사고발생률이 높은 것으로 분석되었다. 이는 진입 연결로가 휴게소 진입 시 감속의 기능 및 운전자의 경로 판단거리로 제공되고 있음을 알 수 있었다.

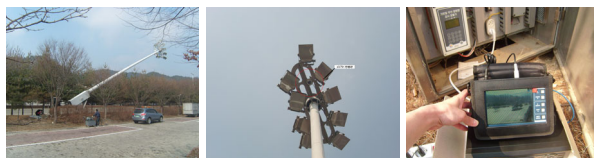
Table 12. According to the Presence or Absence of Connection to the Rest Area Entry Accidents

Entry length to connect(m)	Rest area (places)	The number of accidents	Incidence of accidents per rest area locations (case/places)
Presence of Approach Roads	120	108	0.9
Absence of Approach Roads	15	16	1.1
Total	135	124	1.0

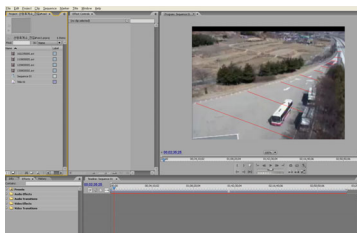
4. 연결로 진입차량 주행특성 분석

4.1. 조사개요

휴게소 진입 연결로 유무에 따른 차량의 주행행태 및 속도 변화를 분석하기 위해 개별차량 주행 조사를 실시하였다. 개별차량 주행행태 조사방법은 휴게소 조명탑에 카메라를 설치하여 3시간(10:00시~13:00시) 동안 촬영하였다. 촬영된 영상은 진입 연결로를 20m 단위로 구간을 분할한 후 Adobe Premiere Pro CS3프로그램을 이용하여 각 구간별 속도를 산출하였다.



Video camcorders and video shooting interval set



Velocity calculated

Fig. 4 Individual Vehicle Speed Survey and Analysis Procedures

휴게소 이용자들의 주행특성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 기하구조의 영향요인을 가능한 비슷한 휴게소로 선정하여 진입 연결로 유무에 따른 속도 변화를 파악하고자 한다. 현장 실험 대상 휴게소로 진입 연결로가 있는 산청휴게소와 연결로가 없는 선산휴게소 2개소를 선정하여 Table 13에 나타내었다. 그리고 휴게소 진입 시 주행속도의 변화가 클 것으로 판단되는 승용차를 중심으로 조사하였으며, 조사된 표본수는 산청휴게소 223대, 선산휴게소 198대를 조사하였다.

Table 13. According to the Presence or Absence of Entry Connected to the Geom Status

Sancheong rest area(223car)				
Square Connectors	Entry connection		Reduction a crossroad	
Interval length (m)	Interval length (m)	longitudinal slope (%)	Interval length (m)	Radius of curvature (m)
80	75	-0.98	255	670
Seonsan rest area(198car)				
Square Connectors	Entry connection		Reduction a crossroad	
Interval length (m)	Interval length (m)	longitudinal slope (%)	Interval length (m)	Radius of curvature (m)
90	0	1.40	230	1200

4.2. 주행속도분석

정준화(2000)는 주행속도의 50%, 85%, 99% 그 자체가 수요 집단의 계층별 특성을 나타내는 지표이자 설계 시 수준을 결정하는 지표라고 정의하였다. 따라서 누적분포에서 백분위수는 해당 사용자 집단을 어느 수준까지 포괄할 것인지를 결정한다고 볼 수 있다. 즉, 공학적인 안전율을 고려할 경우 85% 값을 최소기준으로 이용한다고 제시하고 있다. 이에 본 연구에서는 진입 연결로를 20m 구간으로 구분한 각 지점의 85% 값을 산출하여 진입 연결로 유무에 따른 속도 변화를 분석하였다. 주행속도분석은 분석 대상지를 Adobe Premiere Pro CS3의 프로그램을 통해 분석하였으며 분석 결과 각 휴게시설 지점별 접속각에 따라 속도의 변화율을 아래와 같이 나타남을 볼 수 있다.

진입 연결로 유무에 따른 85%의 주행속도를 분석한 결과, Fig. 5와 같이 노즈부 통과속도는 두 휴게소 모두 77.1km/h로 같은 주행속도를 보이고 있었지만 설계속도보다는 높게 주행하고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 휴게소 진입의 최종목적지인 광장 진입부 종점부에

서의 주행속도는 54.0km/h(유), 55.0km/h(무)로 유사한 속도를 나타내고 있었다.

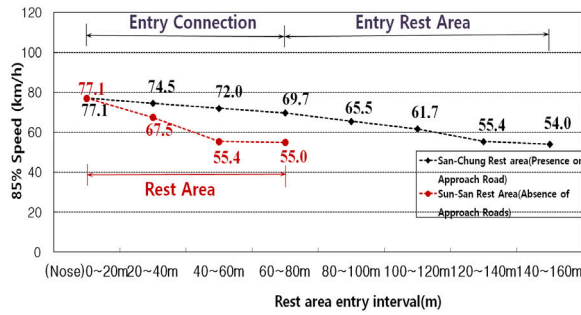


Fig. 5 Changes in Driving Behavior According to the Presence or Absence of Entry Connection

하지만, 연결로가 있는 산청휴게소는 자연스러운 감속이 이루어진 반면, 연결로가 없는 선산휴게소에서는 급감속하는 주행행태를 보이고 있었다. 즉, 연결로가 있을 경우에 자연스러운 주행과 더불어 경로 탐색의 용이성으로 인해 안전성이 확보되고 있음을 알 수 있었다.

5. 진입 연결로 설계기준 제시

5.1. 진입 접속각

진입 연결로 노즈부 통과속도 55km/h 대비 주행속도는 약 77km/h로 노즈부 주행속도보다 약 20km/h 이상 높게 주행하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 안전한 휴게소 이용을 위한 노즈부 주행속도 감소를 위한 개선 방안이 제시되어야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 분류부의 노즈부와 진입연결로의 접속각을 이용한 주행속도를 완화하고자 한다. 진입 연결로의 접속 설치각은 Fig. 6과 같이 고속도로 본선과 진입 연결로 주행방향에 의해 접속 설치각(θ)이 발생한다.

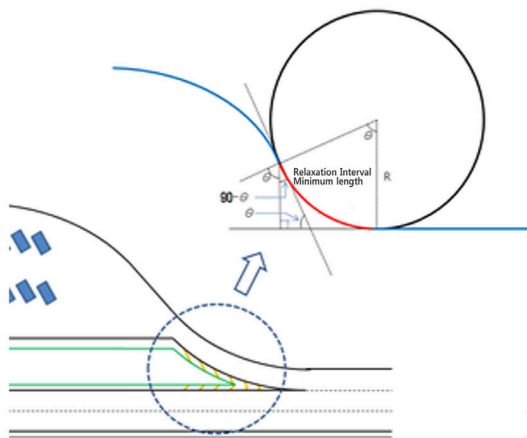


Fig 6. Entry Installation of Access Connection

접속 설치각에 의해 결정되는 진입 연결로의 선형은 진입차량의 주행행태에 영향을 미친다. 즉, 접속각이 커지면 진입 노즈부 곡선반경이 작아지는 반비례 관계를 지니고 있다. 따라서 휴게소 진입 시 노즈부의 접속 설치각에 의한 선형설계로 주행속도를 저감시킬 수 있을 것으로 기대된다. 연결로 접속부 평면곡선에 의한 접속 설치각 산정식은 Eq. (4)와 같다.

$$\frac{\text{완화구간 최소길이}}{2\pi r} = \frac{\theta}{360} \quad (4)$$

여기서, θ : 접속 설치각

r : 평면곡선 반지름(m)

본선 설계속도 100km/h일 때, 노즈부 곡선반경 $R_{min}=200$ 이므로, R을 200m 보다 크게 할 수 있으므로 θ 는 작아질 수 있다. 하지만, 접속 설치각(θ)을 너무 작게 하면 감속차로에서 휴게소 주차장까지 직선형태로 가속을 유발할 수 있으며, 접속 설치각을 크게 하면 운전자의 과대핸들 조작으로 인해 오히려 교통안전을 저해할 수 있어 최소값과 최대값 결정이 필요하다.

완화구간은 Fig. 7과 같이 차선도색 노즈부와 노즈사이에서 시작함을 원칙으로 하고 선형조건 등을 고려하여 부득이한 경우 차선도색 노즈부터 완화곡선을 설치할 수 있다(도로설계요령, 2009).

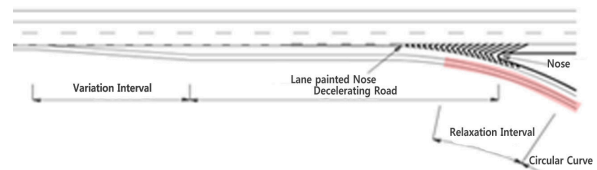


Fig 7. Entry Installation of Access Connection

5.2. 접속 설치각

본선 설계속도가 100km/h일 때, 노즈부 통과속도는 55km/h를 기준으로 최대 및 최소 설치각 제시가 필요하다. 노즈부 설계속도는 R.Lamm(1999)의 설계 안전도 수준을 고려한 노즈부 통과속도 범위를 제시하였다. R.Lamm은 일반적으로 평균속도가 높거나 속도의 분산이 클수록 교통사고의 피해 정도가 심각해지며, 속도는 기하구조나 설계수준 영향을 반영한 값으로 속도차이에 의한 설계 안전도 수준을 정의하였다. 차량이 주행하는 85% 속도를 주행속도로 정의하였으며, 도로설계를 양호, 보통, 열악 수준으로 분류하여 Table 14와 같이 제시하였다.

Table 14. Design Safety Level

Good	Usually	Poor
$\Delta V_{85} \leq 100 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta V_{85} \leq 20 \text{ km/h}$	$\Delta V_{85} \leq 20 \text{ km/h}$

노즈부 통과속도 55km/h를 통한 최대 접속각을 산정하고, 설계안전도 양호수준인 65km/h로 최소 접속각을 산출하여 안전성을 향상시키고자 한다. 접속 설치각을 산정하기 위해 Eq. (2)를 θ 로 정리하면 Eq. (5)와 같다.

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360}{2\pi} \times \frac{1}{r}, \text{ 여기서 } r = \frac{V^2}{127(i+f)} \text{ 이므로,} \\ &= \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360}{2\pi} \times \frac{127(i+f)}{V^2} \\ &= \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360 \times 127(i+f)}{2\pi V^2} \end{aligned} \quad (5)$$

지형특성을 고려하지 않고 평지구간의 본선 설계속도 100km/h일 때, $f = 0.11$ 곡선 반지름 r 를 산출하면 Eq. (6)과 같다.

$$r = \frac{V^2}{127(i+f)} = \frac{55^2}{127(0.11+0)} = 200 \text{ m} \quad (6)$$

여기서, i = 횡단 경사

f = 횡방향 마찰계수

최대 접속 설치각(θ)는 완화곡선 길이 = 60m를 적용하여 산출하면, Eq. (7)과 같다. 따라서 최대 접속각은 17°로 정의할 수 있다.

$$\theta = \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360}{2 \times \pi \times r} = \frac{60 \times 360}{2 \times 3.14 \times 200} = 17^\circ \quad (7)$$

최소 접속각은 선형 안전성 평가를 통해 기존 진입 노즈부 속도와 실제 주행속도의 차가 10km/h 이하면 양호한 수준이라고 판단할 수 있다. 따라서 노즈부 통과속도인 55km/h보다 10km/h 향상시킨 65km/h를 고려한 최소 접속각을 산출하였다. 곡률반지름은 Eq. (4)를 이용하여 산출하면 280m이다. 그리고 최소 접속 설치각을 산출하면 12°가 산출됨을 알 수 있다.

휴게소 진입 연결로의 원활한 주행을 통해 안전성을 확보하기 위해서는 접속 설치각의 최소, 최대 범위를 12°~17° 범위로 제시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

5.3. 진입 접속 설치각 적정성 검토

휴게소를 이용하는 주행차량들이 대부분 감속차로에서 감속을 수행하지 않고 노즈부에서 접근하면서 급감속하는 행태를 보이고 있다. 이러한 주행행태로 진입 연결로의 주행속도가 높아 교통안전을 저해하는 요소로 작용하고 있다. 이에 본 연구에서는 노즈부 전에 충분한 감속을 유도하기 위해 진입 접속각의 범위를 12°~17°로 설정하고, 진입 연결로에서 자연스러운 감속주행을 위해 40m의 최소 연결로 길이를 제안하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 설계기준의 적합성을 검토하고자 한다.

5.3.1. 조사개요

휴게소 진입 노즈부에서 급감속하는 속도변화와 주행행태를 분석하기 위해 속도 조사를 실시하였다. 조사방법은 앞 절의 주행행태 조사방법과 동일한 절차로 조사하고 주행속도를 획득하였다. 그리고 조사대상 휴게소는 진입 접속 설치각이 5°, 12°, 17°, 38°로 4개의 대상 휴게소를 선정하였으며, 기하구조 특성은 Table 15와 같이 접속설치각을 제외한 다른 기하구조는 가능한 비슷한 휴게소를 선정하였다. 현장 조사를 통해 획득된 표본 수는 여주휴게소(5°)는 134대, 동명휴게소(12°)는 120대, 인삼랜드휴게소(17°)는 150대, 건천휴게소(38°)는 98대를 조사하였다.

Table 15. Status of Each Site survey Targeted Entry Access

	Square connectors	Entry connection		Reduction a crossroad	
	Interval length (m)	Interval length (m)	longitudinal slope (%)	Interval length (m)	Radius of curvature (m)
Rest area					
Yeju-gun (5°)	100	48	2.92	420	3,000
Ginseng land(17°)	60	70	-1.50	210	1200
	Square connectors	Entry connection		Reduction a crossroad	
Rest area	Interval length (m)	Interval length (m)	longitudinal slope (%)	Interval length (m)	Radius of curvature (m)
Dongmyeong (12°)	65	45	1.89	160	1,000
Geoncheon (38°)	20	100	-1.30	220	280

()는 접속 설치각임.

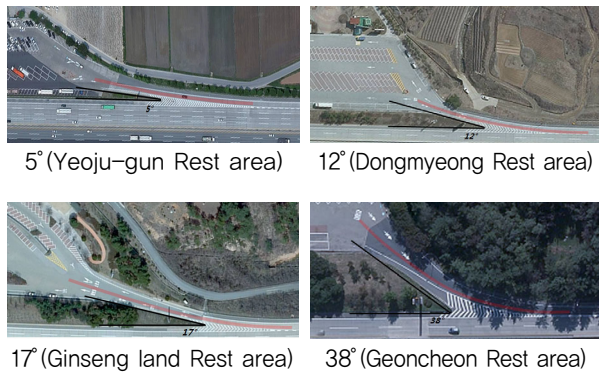


Fig. 8 Each Form Entry Access

5.3.2. 진입 접속 설치각에 따른 주행행태 분석

진입 접속 설치각에 따른 85% 주행속도 분석결과는 Fig. 9와 같다. 접속 설치각 5°인 여주휴게소는 감속차로 이후 진입 노즈브 직전의 속도 차이는 2.1km/h로 감속이 이루어지지 않고 있었다. 이로 인해 진입 연결로에서 높은 속도로 주행하고 있으며, 광장 접속부에 진입하기 전에 급감속하는 주행행태를 보이고 있다. 이는 접속 설치각이 작아 감속차로에서 휴게소의 편의시설 건물까지 직선 형태이고, 시야가 확보된다고 볼 수 있다. 이로 인해 운전자들은 심리적으로 최종 정지지점을 건물까지로 인지하여 노즈브와 진입 연결로에서 감속을 이행하지 않은 것으로 판단된다.

접속 설치각이 12°인 동명휴게소는 감속차로에서부터 진입 연결로까지 급감속이 아닌 자연스럽게 지속적인 감속주행을 하는 것으로 분석되었다. 그리고 접속 설치각 17°인 인삼랜드 휴게소는 동명 휴게소와 유사한 주행행태를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

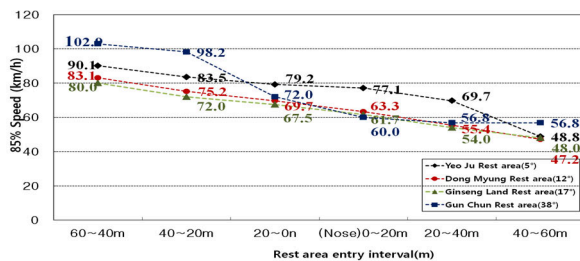


Fig. 9 Access Each Entry in Accordance with Driving Behavior

접속 설치각이 38°인 건천휴게소는 진입 노즈브 40m 전부터 급감속하는 주행행태를 보이고 있다. 즉, 접속 설치각이 너무 크므로 인해 운전자들의 전방 시야 미확보와 도로선형의 급변화로 인해 심리적 불안정이 유발된다고 볼 수 있다. 이에 운전자는 연결로의 선형 변화에 의한 차량의 횡방향 동적운동에 저항하여 안전하게

주행 할 수 있도록 노즈브에서 급감속하는 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해보면, 안전성 평가에 의해 제시한 진입 접속각 12°, 17°에서는 원활한 주행행태를 보이는 것으로 분석되었다. 하지만, 접속 설치각이 작거나 큰 경우 속도변화가 크고, 적정 감속구간에서 감속을 유도하지 못하는 문제점이 발생하고 있는 것으로 분석되었다.

따라서 적정 접속 설치각을 이용한 주행속도 감속 유도는 적절하다고 판단되며, 그 범위는 12°~17°가 바람직하다고 볼 수 있다.

5.4. 진입 연결로 설계 기준

휴게소 연결로의 진입 접속 설치각의 크기별로 주행 차량의 감속지점 및 속도가 각기 다른 주행행태를 보이는 것으로 분석되었다. 따라서 본 논문에서는 진입 접속 설치각의 크기별로 연결로의 길이를 산출하여 설치기준에 반영하고자 한다. 즉, 연결로의 길이는 진입 접속 설치각과 주행속도와의 비례관계를 지니고 있어, 선형 안전성을 고려한 직선으로의 연결로 확보가 아닌 완화곡선을 이용한 연결로 확보가 필요하다. 완화곡선을 이용한 연결로의 길이를 산출하는 식은 Eq. (8) 과 같다.

$$\text{연결로 길이} / 2\pi R = \theta / 360 \quad (8)$$

θ : 접속 설치각

r : 평면곡선 반지름(m)

연결로 길이를 산정하기 위해 Eq. (8)을 노즈브에서의 완화구간 길이로 정리하면 Eq. (9)와 같다.

$$\text{연결로 길이} = \frac{2\pi\theta R}{360} = \frac{2\pi\theta V^2}{360 \times 127(i+f)} \quad (9)$$

$$\text{여기서, } R = \frac{V^2}{127(i+f)}$$

여기서, 휴게소 연결로의 지형특성을 고려하지 않고 평지구간의 본선 설계속도 100km/h일 때, $f=0.10$, $i=0.02$ 을 적용하여 곡선반경 R 을 산출한다. 그리고 진입 접속 설치각(θ)에 따른 실제 주행속도 및 속도변화에 따른 연결로의 길이를 산정하여 원활한 감속을 위한 진입 연결로 설계기준을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론 및 향후 연구과제

6.1. 결론

고속도로 휴게소의 분류구간은 속도의 변화가 급변화하는 구간으로 교통안전상 취약한 구간이다. 특히, 휴게소 진입부는 감속과 주차공간 탐색 등 다양한 역할을 필요로 한다. 이에 본 연구에서는 국내외에 휴게소 진입 연결로에 대한 설계기준을 검토하여 문제점을 도출하였다. 국외 설계기준에서 제시되는 바와 같이 일본과 미국의 설계기준은 설계속도를 기준으로 설정하고 있으며 IC 연결로 설계기준을 준용하고 있어 휴게소의 진입부에 대한 설계속도 기준을 마련하지 못하는 문제점을 지니고 있었다. 일본의 경우도 서비스구간과 주차구간의 설계속도를 별도로 명시하고는 있으나 연결로의 각 진입로의 구간 각도를 고려하지 못하는 문제점을 지니고 있는 실정이며 완전정지의 개념을 고려한 설계기준을 준용하고 있는 문제점을 보이고 있다. 본 연구에서는 도출된 문제점을 개선하기 위해 공학적 및 현장 조사를 수행하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 고속도로 휴게소 교통사고 특성을 파악한 결과 노즈부 및 진입연결로 교통사고가 74.2%로 대부분 휴게소 진입 시 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 사고원인은 급진입, 과속, 과대행들 조작으로 분석되어 휴게소 진입 연결로에 대한 개선이 필요함을 제시하였다.

둘째, 국내외 휴게소 설계기준을 검토한 결과 일본을 제외한 다른 국가에서는 관련 기준이 없는 것으로 나타났다. 일본의 경우, 진입연결로에 대한 최소길이를 제시하여 휴게소 진입 시 감속 및 경로탐색 기능을 통한 진입차량의 안전성을 확보하고 있다.

셋째, 진입연결로 유무에 따른 속도 변화 및 주행행태를 파악하기 위해 개별차량 주행행태조사를 수행하였다. 그 결과 진입 연결로가 있는 휴게소에서 진입시 자연스러운 주행 및 감속이 이루어지고 있음을 확인하였다.

넷째, 노즈부에서의 주행속도를 충분히 저감한 상태에서 진입연결로를 진입할 수 있도록 적정 진입 접속 설치각을 12° ~ 17° 로 제시하였다.

다섯째, 진입 접속 설치각의 적정성을 검토하기 위해 5° , 12° , 17° , 38° 로 구분하여 개별차량 주행행태 조사를 수행하였다. 그 결과 5° 와 38° 는 주행속도가 급변화하는 구간이 발생하여 적절치 못한 주행행태를 보이고 있었다. 하지만, 본 연구에서 제시한 12° , 17° 에서는 자연스러운 속도 저감이 이루어지고 있어 적절한 주행행태를 보이고 있었다.

여섯째, 진입 접속 설치각과 주행속도를 고려한 연결

로 길이의 설계기준을 제시하였다. 본 논문에서 제시된 연구 결과는 향후 고속도로 휴게시설 설계기준을 수립하는데 중요한 설계지표로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

6.2. 향후 연구과제

본 연구는 휴게소 분류부에서 자연스럽게 안전하게 휴게소를 진입할 수 있도록 진입연결로를 중심으로 설계기준을 제시하였다. 하지만, 휴게소는 진입부와 진출부, 광장부(주차장 포함)로 구분할 수 있다. 휴게소 이용차량이 진입연결로를 주행 후 광장 접속부에서는 대형차량과 소형차량의 분리와 주차공간 탐색 기능을 가지고 있다. 따라서 휴게소 이용고객이 원활하게 주차장으로 경로선택을 할 수 있도록 유도할 수 있는 노선 도색 및 도류화 시설 등의 설계기준 제시가 필요할 것으로 판단된다.

진출부에서의 주행행태 및 속도 등을 조사하여 설계기준을 제시할 필요가 있으며, 특히 진출 광장접속부에서 주유소 이용차량과 본선으로 진입하기 위한 차량에 상충이 발생되고 있다. 따라서 휴게소 광장접속부 내에서의 차량간 상충을 고려한 주행 동선 결정 및 속도를 결정하여 안전성을 확보할 필요가 있다고 판단된다.

휴게소 광장부는 차량과 보행자가 공동으로 이용하는 공간으로 불규칙한 보행특성으로 상충발생지점이 과다하게 발생된다. 특히, 보행자가 집중적으로 발생하는 대형버스 이용자의 보행특성을 파악하여 효과적인 보행유도를 통한 안전성 확보가 필요하다.

휴게소와 관련된 종합적인 연구를 통해 이용자들에게 위협요소로 작용되고 있는 문제점들을 종합적으로 검토하고, 해결방안을 제시하여 안전하고 쾌적한 휴게공간으로 제공해야 할 것이다.

References

- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2009). *Rules regarding the structure of the road. Facility Standards.*
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2008). *Plan the installation of highway rest areas to care for the safety of road users driving, Route Policy.*
- Kim Youngchun, Kim Sanggu "Change distribution analysis on Freeway Merging and Weaving Section of car research" *Transportation Research Volume 27, Issue 4, 2009, Transportation Research.*
- Kim Yongsuk, Jin Wonbeom "A Study Evaluation of Road Horizontal Alignments Based on the Operating Speed", *Transportation Journal, No. 22, Issue 7, 2009, Transportation Research.*

- Park Jayboem(2005) "A Study on Design Criteria of Freeway in Diverging and Merging Area", Korea Expressway Corporation Institute for Road Traffic.
- Song Bogyong(2011) "The Improvement of Road Design on Residential Area Community Streets Based on Pedestrian Behavior", Kyungwon University doctoral dissertation.
- Jeong Junhwa, Park Changho "A geometric Design Method Based on the Running Speed Distribution" *Transportation Journal*, 23 No. 4, 2005, Transportation Research.
- Korea Expressway Corporation(2009), *Road Design Tips*.
- AASHTO(2004), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- Connecticut Department of Transportation(2008), *CT Statewide Rest Area and Service Plaza Study*, ConnDOT Project, No. 170-2533.
- Ipsita Banerjee(2009) *Rest Areas Reducing Accidents Involving Driver Fatigue*, California TSC, Contract 65A0208.
- R. Lamm et al(1999). *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*, McGraw-Hill.
- 日本道路協會(2004), 休憩所の設計要領
- 日本道路協會(2004), 道路構造令の解説と應用
(접수일 : 2012. 10. 23 / 심사일 : 2012. 11. 14 / 심사완료일 : 2013. 1. 22)