

교통안전을 고려한 고속도로 휴게소 설계기준 개발

Developing Design Guidelines for Rest Area Based on the Traffic Safety

이 현 석	Lee, Hyun-Suk	한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원 (E-mail : lhsykm@ex.co.kr)
이 의 은	Lee, Eui-Eun	정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수 (E-mail : eelee@mju.ac.kr)
서 임 기	Seo, Im-Ki	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 박사후 연수자 (E-mail : seoimki79@ex.co.kr)
박 제 진	Park, Je-Jin	정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 · 교신저자 (E-mail : jjpark@ex.co.kr)

ABSTRACT

Entry and exits of the rest area are sections where designed speed can be rapidly change and also a weak traffic safety section. In addition, two tasks can be performed simultaneously at entry of the rest area, particularly searching for deceleration and parking spaces/parking sides etc. Thus, design criteria is required in order to procure the stability of accessed vehicle. 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. In this study, Derive problems 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. 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 minimum length of the entrance connector road is decided as 40m using Slowing-down length formula and based on the driving pattern, the range of the junction setting angle of the entrance connector road is defined as $12^{\circ} \sim 17^{\circ}$. 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

요지

휴게소 진·출입부는 설계속도 등이 급변하는 구간으로 교통안전 취약구간이며 특히, 휴게소 진입부는 감속과 주차공간 검색 두 가지 작업이 동시에 수행되므로 이용차량의 안전성을 확보할 수 있는 설계기준이 필요하다. 국내의 경우 영업소나 나들목, 분기점 같은 출입시설에 대한 기하구조 기준은 수립되어 있는 반면, 도로의 부속시설인 휴게소에 대한 상세한 기하구조 기준은 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 일반형 휴게소 135개소를 대상으로 한 현장조사 및 사고조사 자료를 활용하여 휴게소 진·출입부 기하구조에 대한 문제점을 도출하였다. 휴게소 진·출입부의 설계구간을 분류하고 각 구간에 대한 설계요소를 도출한 후, 휴게소 진·출입부를 대상으로 속도조사 및 차량주행태도 조사를 수행하고 분석을 통해 설계요소별 최소 기준을 도출하였다. 진입 연결로의 시/종점 속도에 따라 감속거리 산정식을 이용하여 진입 연결로의 최소길이는 40m를 제안하였고, 주행행태를 기반으로 선형 안전성 평가를 통해 접속 설치각은 $12^{\circ} \sim 17^{\circ}$ 를 제안하였다. 개발된 휴게소 진입부 설계기준은 신설되는 휴게소 뿐만 아니라 기존 휴게소에 대해 현실적으로 적용 가능한 개선방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어

휴게소 설계기준, 연결로, 진입 접속로, 개별차량 주행행태

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

고속도로의 지속적인 확충과 주5일 근무제 정착으로 인한 장거리 통행 수요가 증가하고 있다. 장거리 통행으로 인해 운전자들은 육체적 피로 및 생리적 현상을 해결하기 위해 휴게소를 이용한다. 휴게소를 이용하기 위해서는 본선에서 감속차로로 차로변경을 하여 고속에서 저속으로의 급격한 감속주행을 하고, 노즈부와 광장 접속부를 연결하는 연결로를 통해 휴게소에 진입하게 된다. 박재범(2005)은 고속도로 IC의 분류부를 주행속도가 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 분류부 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 접근방법에 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 그림 1과 같이 부지형태와 현장 여건에 따라 일반형, 세로형, 상·하행 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 광장

부를 연결하는 접속도로로 휴게소 형태에 따라 영향을 받는다.

2010년 12월 기준 화물·간이·임시휴게소를 제외한 종합휴게소는 157개소이며, 이 중 Loop형 연결로가 설치된 세로형, 상·하행 공용, 기타 휴게소를 제외한 직결 연결로 형태의 일반형 휴게소 135개소를 연구의 대상으로 규정하여 설계기준을 제시하고자 한다.

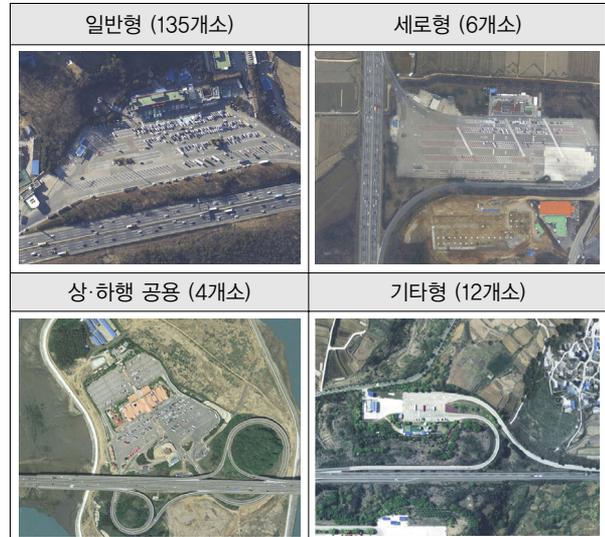


그림 1. 휴게소 형태

2. 국내외 고속도로 휴게소 설계기준 검토

2.1. 국내 휴게시설 설계기준

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

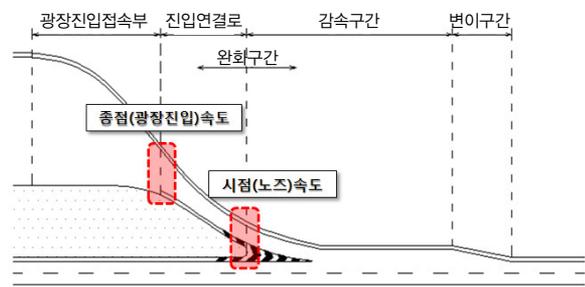


그림 2. 휴게소 진입구간 구성요소

변이구간 및 감속차로의 설계기준은 고속도로의 분류부의 설계기준을 적용하고 있지만, 휴게소 연결로의 설

계기준은 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 감속 주행이며, 완전 정지의 개념을 가진 연결로 설계가 필요하다.

표 1. IC 연결로 설계기준

구 분	단 위	연 결 로			
		직결부		LOOP부	
설 계 속 도	km/h	60	50	40	
최소 평면곡선 반경 (편경사 8%)	m	130	80	50	
최대 편경사	%	8	8	8	
최 소 곡선길이	교각 5° 미만	$350/\theta$	$300/\theta$	$250/\theta$	
	교각 5° 이상	70	60	50	
완화곡선(구간) 최소길이	m	35	30	25	
최 대 종단경사	평지	7	7	7	
	산지	10	10	11	
최 소 종단곡선 변화비율	불록곡선	m/%	30	8	4
	오목곡선	m/%	20	10	6
최소 종단곡선길이	m	50	40	35	
횡단면 구성(A기준) *A기준 : 길어깨에 대형 자동차가 정차한 경우 세미트레일러가 통과할 수 있는 기준	m	1방향 1차로			
차로폭		길어깨 폭		중분대	
		오른쪽	왼쪽		
	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 하

표 2. 일본의 휴게소 연결로 설계속도

본선 설계속도(km/h)	Service Area 설계속도(km/h)	Parking Area 설계속도(km/h)
120	40	40
100	40	35
80	35	30
60	30	30
50	30	30

주) 일본 휴게시설 설계요령, 2004

는 구간으로 정의하고 있다. 그리고 다른 국가들과 달리 일본은 휴게소 연결로에 대한 설계기준을 Service Area와 Parking Area로 구분하여 상세하게 제시하고 있다.

휴게소 연결로의 감속거리는 노즈 통과속도로부터 감속하여 휴게소 주차장에 도달 시 “완전정지”의 개념을 고려한 설계기준을 제시하고 있다. 즉, 본선 설계속도에 따른 노즈 통과속도(V_2), 주차장 속도(V_1), 감속도(α)를 고려하여 산출하면 표 3과 같다. 진입 연결로의 최소길이는 안전성을 고려한 설계기준을 반영하고자 종속속도 V_1 을 0km/h로 규정하고, 본선 설계속도 120km/h일 노즈 통과속도(V_2)는 60km/h, 감속도(α)는 2.4m/s^2 임으로 식 (1)을 이용한 연결로의 길이를 산정하면 60m이다.

$$D = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2\alpha} = \frac{60^2 - 0^2}{2 \times 2.4} = 57.9 \approx 60.0\text{m} \quad (1)$$

여기서, D : 정지시거(m)

V_1 : 최종속도(km/h)

V_2 : 초기속도(km/h)

α : 감속도(m/sec^2)

표 3. 일본의 휴게소 연결로 감속길이

본선 설계속도(km/h)	120	100	80	60	
노즈통과속도(km/h)	V_1	60	55	50	40
감속 가속치(m/s^2)	α	2.4	2.2	2.0	1.4
감속거리(m)	D	58	53	48	44

2.2.2. 미국의 설계기준

연결로 설계속도를 본선 설계속도의 85%, 70%, 50%로 구분하였으며, 지형 및 도로특성에 따라 적정속도를 이용하도록 규정하고 있다. 하지만, 표 4의 설계기준은 고속도로 IC의 연결로 설계기준으로 휴게소에 대한 별도의 설계기준은 마련되어 있지 않은 실정이다.

표 4. 미국의 연결로 설계기준

본선설계속도 (km/h)	60	70	80	90	100	110	120
최대값 (85%)	50	60	70	80	90	100	110
중간값 (70%)	40	50	60	60	70	80	90
최소값 (50%)	30	40	40	50	50	60	70

주) AASHTO, 2004

2.3. 연구방법

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 일본의 설계기준에서 제시하고 있는 연결로의 길이가 교통사고에 어느 정도 영향을 미치는지를 파악하기 위해 사고분석을 수행하였다.

둘째, 사고분석에서 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 현장조사 표본으로 선정하여 개별차량 주행행

태 조사를 수행하였다. 조사된 자료를 통해 설치각 범위의 적합성을 검증하고, 설계기준으로 제시하고자 한다.

3. 휴게소 연결로 현황분석

3.1. 진입 연결로 길이 현황

종합휴게소 중 연결로가 Loop형인 경우를 제외한 직결형 형태의 일반 휴게소의 연결로는 표 5와 같이 총 135개소이다. 연결로의 길이는 0~200m 이상으로 각기 상이하게 설치되어 있다. 휴게소 진입 연결로가 미확보된 휴게소는 15개소이며, 200m 이상인 휴게소는 5개소로 나타났다.

표 5. 진입 연결로 길이 현황

진입 연결로 길이(m)	휴게소 (개소)	진입 연결로 길이(m)	휴게소 (개소)
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
합 계		135개소	

3.2. 교통사고 분석

고속도로의 교통사고는 2007~2009년 3년간의 A~D 등급¹⁾의 사고자료를 활용하였다. 3년간 고속도로에서 발생한 교통사고는 표 6과 같이 총 30,356건이며, 이중

표 6. 고속도로 사고 위치별 교통사고 현황

구분	본선	램프	휴게소	진출입부	TG	터널	교량	정류장	기타	계
사고건수	21,751	3,228	253	572	3,035	729	594	55	28	30,356
사고율 (%)	71.7	10.6	0.8	1.9	10.0	2.4	2.0	0.2	0.1	100

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

B급 : 사망 1명 이상, 부상 5명 이상, 도로시설 피해액 250만원 이상, 관련차량 5대 이상 혹은 3대 이상(부상사고 포함)

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

D급 : 그 외의 사고

휴게소에서 발생한 사고는 253건으로 분석되었다.

고속도로 휴게소 교통사고 253건 중 직결형 형태의 일반형 휴게소 135개소에서 발생한 교통사고는 표 7과 같이 167건으로 분석되었다.

표 7. 휴게소 사고현황

구 분	종합휴게소				화물차 휴게소	간이(임시) 휴게소	계
	일반형	세로형	상하행 공용형	기타형			
휴게소 개소	135	6	4	12	15	28	200
사고건수	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 급 진입 25건과 졸음 23건이 주요 원인이다. 이는 추월차로에서 휴게소로 바로 진입함으로써 과대핸들조작 및 과속 등으로 인한 안전시설물과 충돌하는 교통사고라고 볼 수 있다. 그리고 진입 연결로의 주요 사고원인은 과속 및 과대핸들조작 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.

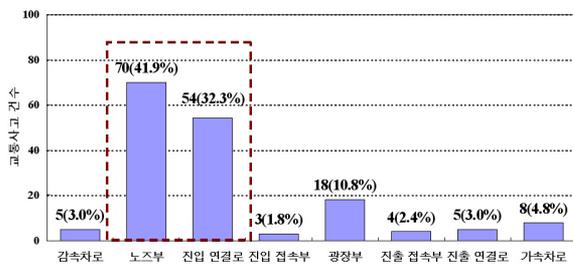


그림 3. 휴게소 구간별 교통사고 현황

3.3. 진입 연결로 길이에 따른 사고분석

휴게소 연결로의 길이를 40m 이하, 40~150m, 150m 이상으로 구분하여 휴게소 개소당 사고발생률로 분석하였다. 그 결과 표 8과 같이 연결로의 길이가 40m 이하 및 150m 이상인 휴게소에서 사고 발생률이 높게 나타났다. 즉, 연결로 구간에서 감속거리를 충분히 확보하지 못하거나, 필요 이상으로 연결로 길이를 확보하게 되면 과속이 유발되고 이로 인한 교통사고가 다소 높게 발생하는 것으로 사료된다.

표 8. 휴게소 진입 연결로 길이별 사고현황

진입 연결로 길이 (m)	휴게소 (개소)	사고 건수	휴게소 개소당 사고발생률(건/개소)
40m 이하	43	48	1.1
40~150m	81	63	0.8
150m 이상	11	13	1.2

휴게소 연결로가 있을 경우와 없을 경우에 교통사고의 변화를 파악하고자 사고분석을 수행하였다. 그 결과 표 9와 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.

표 9. 휴게소 진입 연결로 유무에 따른 사고현황

구 분	휴게소 (개소)	사고건수 (건)	휴게소 개소당 사고발생률(건/개소)
진입 연결로 유(有)	120	108	0.9
진입 연결로 무(無)	15	16	1.1
합 계	135	124	1.0

4. 차량 주행행태 분석

4.1. 실험 개요

휴게소 진입 연결로 유무에 따른 차량의 주행행태 및 속도변화를 분석하기 위해 개별차량 주행행태 조사를 실시하였다. 개별차량 주행행태 조사방법은 휴게소 조



그림 4. 개별차량 속도조사 및 분석절차

명탐에 카메라를 설치하여 3시간(10:00~13:00) 동안 촬영하였다. 촬영된 영상은 진입 연결로를 20m 단위로 구간을 분할한 후 Adobe Premiere Pro CS3 프로그램을 이용하여 각 구간별 속도를 산출하였다.

휴게소 이용자들의 주행특성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 기하구조의 영향요인을 가능한 비슷한 휴게소로 선정하여 진입 연결로 유무에 따른 속도변화를 파악하고자 한다. 현장실험 대상 휴게소로 진입 연결로가 있는 산청휴게소와 연결로가 없는 선산휴게소 2개소를 선정하여 표 10에 나타내었다. 그리고 휴게소 진입 시 주행속도의 변화가 클 것으로 판단되는 승용차를 중심으로 조사하였으며, 조사된 표본 수는 산청휴게소 223대, 선산휴게소 198대를 조사하였다.

표 10. 진입 연결로 유무에 따른 기하구조 현황

산청휴게소(223대)					선산휴게소(198대)				
광장 접속부	진입 연결로		감속차로		광장 접속부	진입 연결로		감속차로	
구간 길이 (m)	구간 길이 (m)	중단 경사 (%)	구간 길이 (m)	곡선 반경 (m)	구간 길이 (m)	구간 길이 (m)	중단 경사 (%)	구간 길이 (m)	곡선 반경 (m)
80	75	-0.98	255	670	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 이용자 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 속도변화를 분석하였다. 진입 연결로 유무에 따른 85%의 주행속도를 분석한 결과, 그림 5와 같이 노즈부 통과속도는 두 휴게소 모두

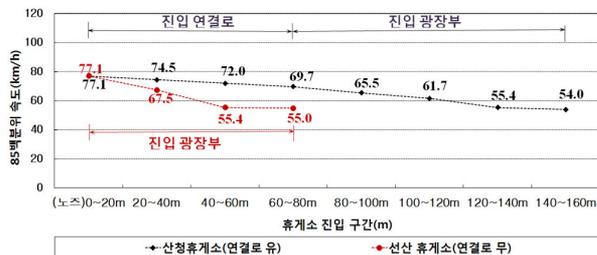


그림 5. 진입 연결로 유무에 따른 주행행태 변화

77.1km/h로 같은 주행속도를 보이고 있었지만 설계속도보다는 높게 주행하고 있는 것으로 분석되었다. 그리고 휴게소 진입의 최종 목적지인 광장 진입부 종점부에서의 주행속도는 54.0km/h(유), 55.0km/h(무)로 유사한 속도를 나타내고 있었다.

하지만, 연결로가 있는 산청휴게소는 자연스러운 감속이 이루어진 반면, 연결로가 없는 선산휴게소에서는 급 감속하는 주행행태를 보이고 있다. 즉, 연결로가 있을 경우에 자연스러운 주행과 더불어 경로탐색의 용이성으로 인해 안전성이 확보되고 있음을 알 수 있다.

4.3. 진입 연결로 최소길이

휴게소 이용차량의 주행행태는 노즈부에서부터 연결로 종점까지 지속적으로 속도를 감속하여 광장부로 진입하는 주행행태를 보이고 있다. 하지만, 진입 연결로의 주행속도가 설계속도보다 높고, 진입 연결로의 합리적인 최소길이 제시 등을 고려할 경우 구간별 속도 결정이 필요하다. 따라서 진입 연결로 설계속도의 제시방안은 다음과 같다.

첫째, 진입 연결로 시점속도는 본선에서 감속차로를 통해 휴게소로 진입하는 차량은 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2009”에서 제시하는 노즈부 통과속도에 따라 결정하고자 한다.

표 11. 노즈 통과속도

구 분	본선 설계속도(Km/h)				
	120	110	100	90	80
노즈부 통과속도(Km/h)	60	58	55	53	50

둘째, 연결로 종점은 진입 연결로에서 충분히 감속이 이루어진 차량이 광장 접속부의 목표속도에 도달하는 속도를 말한다. 즉, 광장 접속부는 대형차와 소형차의 주차동선 분리 및 주차장 탐색기능을 요구하는 구간으로 정의할 수 있다. 일본에서는 연결로의 종점부를 완전정지(0km/h)로 하여 연결로의 길이를 산출하고 있다. 하지만, 광장 접속부에서 광장 주차장으로 진입하기 위한 속도가 0이므로 구간별 연계성은 부족하다고 볼 수 있다. 따라서 광장 접속부는 주차장으로 진입하기 위한 경로선택 구간으로 도류화 시설이 필요하며, 도류화 시설 규제속도인 30km/h(송보경, 2011)로 제시하고자 한다.

셋째, 진입 연결로는 휴게소를 진입하는 차량에 대해 원활한 감속을 유도하는 기능을 지니고 있는 것으로 분석되었다. 자연스러운 감속을 유도할 수 있도록 최소길

이의 제시가 필요하며, 지형특성 및 종단경사 등을 고려하는 것이 바람직하다. 따라서 진입 연결로의 시점속도(55km/h) 및 종점속도(30km/h)를 고려한 연결로의 최소길이는 식 (2)와 같이 산출할 수 있다.

$$D = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \times \alpha} = \frac{55^2 - 30^2}{50.8} = 41.83 \approx 40\text{m} \quad (2)$$

여기서, V_1 : 진입 연결로 종점(광장 진입)속도 (30km/h)

V_2 : 진입 연결로 시점(노즈)속도(55km/h)

α : 감속도(1.96m/s²)

5. 진입 연결로 접속각에 따른 주행행태 분석

5.1. 진입 접속각 개요

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 판단된다. 본 연구에서는 분류부의 노즈부와 진입연결로의 접속각을 이용한 주행속도를 완화하고자 한다. 진입 연결로의 접속 설치각은 그림 6과 같이 고속도로 본선과 진입 연결로 주행방향에 의해 접속 설치각(θ)이 발생한다.

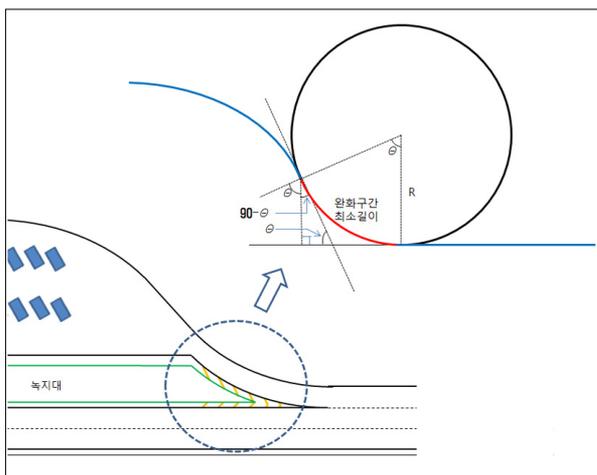


그림 6. 진입 연결로의 접속 설치각

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 설

치각에 의한 선형설계로 주행속도를 저감시킬 수 있을 것으로 기대된다. 연결로 접속부 평면곡선에 의한 접속 설치각 산정식은 식 (3)과 같다.

$$\frac{\text{완화구간 최소길이}}{2\pi r} = \frac{\theta}{360} \quad (3)$$

여기서, θ : 접속 설치각

r : 평면곡선반경(m)

본선 설계속도 100km/h일 때, 노즈부 곡선반경 $R_{\min} = 200\text{m}$ 이므로, R 을 200m보다 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 과대핸들조작으로 인해 오히려 교통안전을 저해할 수 있어 최소값과 최대값 결정이 필요하다.

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

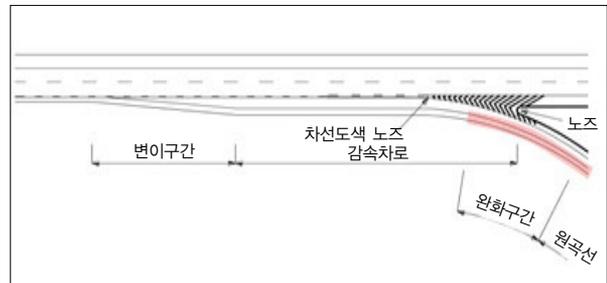


그림 7. 진입 연결로 접속부 완화구간

5.2. 접속 설치각 산정

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 표 12와 같이 제시하였다.

표 12. 설계 안전도 수준

양호	보통	열악
$\Delta V_{85} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < \Delta V_{85} \leq 20 \text{ km/h}$	$\Delta V_{85} > 20 \text{ km/h}$

노즈부 통과속도 55km/h를 통한 최대 접속각을 산정하고, 설계안전도 양호수준인 65km/h로 최소 접속각을 산출하여 안전성을 향상시키고자 한다. 접속 설치각을 산정하기 위해 식 (3)을 θ 로 정리하면 식 (4)와 같다.

$$\theta = \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360}{2\pi r} \times \frac{1}{r},$$

여기서 $r = \frac{V^2}{127(i+f)}$ 이므로,

$$= \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360}{2\pi} \times \frac{127(i+f)}{V^2}$$

$$= \frac{\text{완화구간 최소길이} \times 360 \times 127(i+f)}{2\pi V^2} \quad (4)$$

지형특성을 고려하지 않고 평지구간의 본선 설계속도 100km/h일 때, $f = 0.11$ 곡선 반지름 r 를 산출하면 식 (5)와 같다.

$$r = \frac{V^2}{127(i+f)} = \frac{55^2}{127(0.11+0)} = 200\text{m} \quad (5)$$

여기서, i : 횡단 경사

f : 횡방향 마찰계수

최대 접속 설치각(θ)는 완화곡선 길이= 60m를 적용하여 산출하면, 식 (6)과 같다. 따라서 최대 접속각은 17° 로 정의할 수 있다.

$$\theta = \frac{\text{완화곡선구간 최소길이} \times 360}{2 \times \pi \times r} = \frac{60 \times 360}{2 \times 3.14 \times 200} = 17^\circ \quad (6)$$

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 식 (4)를 이용하여 산출하면 280m이다. 그리고 식 (5)를 이용하여 최소 접속 설치각을 산출하면 12° 가 산출됨을 알 수 있다.

휴게소 진입 연결로의 원활한 주행을 통해 안전성을 확보하기 위해서는 접속 설치각의 최소, 최대 범위를 $12 \sim 17^\circ$ 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 $12 \sim 17^\circ$ 로 설정하고, 진입 연결로에서 자연스러운 감속주행을 위해 40m의 최소 연결로 길이를 제안하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 설계기준의 적합성을 검토하고자 한다.

5.3.1. 조사 개요

휴게소 진입 노즈부에서 급 감속하는 속도변화와 주행행태를 분석하기 위해 속도조사를 실시하였다. 조사 방법은 앞 절의 주행행태 조사방법과 동일한 절차로 조사하고 주행속도를 구독하였다. 그리고 조사대상 휴게소는 진입 접속 설치각이 $5^\circ, 12^\circ, 17^\circ, 38^\circ$ 로 4개의 대상 휴게소를 선정하였으며, 기하구조 특성은 표 13과 같이 접속설치각을 제외한 다른 기하구조는 가능한 비

표 13. 현장 조사 대상별 진입 접속각 현황

휴게소명	광장 접속부		진입 연결로		감속차로		휴게소명	광장 접속부		진입 연결로		감속차로	
	구간 길이 (m)	구간 길이 (m)	종단 경사 (%)	구간 길이 (m)	곡선 반경 (m)	구간 길이 (m)		구간 길이 (m)	종단 경사 (%)	구간 길이 (m)	곡선 반경 (m)		
여주 (5°)	100	48	2.92	420	3,000	동명 (12°)	65	45	1.89	160	1,000		
인삼랜드 (17°)	60	70	-1.50	210	1200	건천 (38°)	20	100	-1.30	220	280		

()는 접속 설치각임.



그림 8. 진입 접속 설치각 형태

슷한 휴게소를 선정하였다. 현장조사를 통해 구득된 표본 수는 여주휴게소(5°) 134대, 동명휴게소(12°) 120대, 인삼랜드휴게소(17°) 150대, 건천휴게소(38°) 98대와 같다.

5.3.2. 진입 접속 설치각에 따른 주행행태 분석

진입 접속 설치각에 따른 85% 주행속도 분석결과는 그림 9와 같다. 접속 설치각 5°인 여주휴게소는 감속차로 이후 진입 노즈부 직전의 속도 차이는 2.1km/h로 감속이 이루어지지 않고 있다. 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 노즈부와 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 인삼랜드휴게소는 동명휴게소와 유사한 주행행태를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

접속 설치각이 38°인 건천휴게소는 진입 노즈부 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 주행할 수 있도록 노즈부에서 급감속하는 것으로 판단된다.

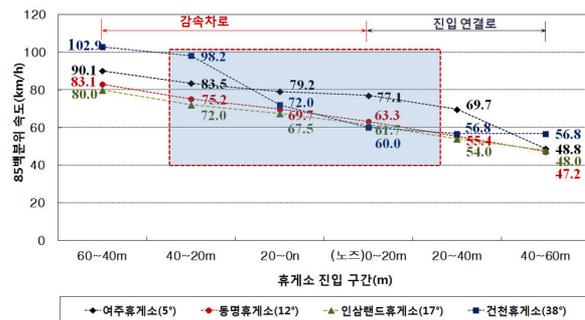


그림 9. 진입 접속각에 따른 주행행태

이상의 결과를 종합해 보면, 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 유

도하지 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 검토 결과

본 연구는 휴게소 진입 시 자연스럽게 지속적인 감속을 위하여 각 지점별 적정 목표 속도 선정을 통해 설계시 요구되는 최종적인 설계기준을 제시하는데 있다. 이를 위해 진입 연결로(유무) 및 진입 접속 설치각(5°, 12°, 17°, 38°)에 따른 개별차량 주행행태 조사·분석을 수행하였다. 그 결과, 운전자들은 진입 연결로에서 지속적인 감속을 통해 휴게소 주차장으로 이동하는 것으로 분석되었으며, 적정 진입 연결로 길이 40m가 필요함을 제시하였다. 또한, 노즈부 및 진입 연결로에서 높은 주행속도로 주행하고 있어 물리적으로 감속을 유도하기 위한 방안이 필요하다. 따라서 노즈부의 진입 접속각에 따른 주행속도를 분석한 결과 12~17°가 적정한 것으로 분석되었다. 이상의 결과를 종합하여 휴게소 진입 연결로와 관련한 상세 설계기준을 표 14와 같이 나타내었다.

표 14. 휴게소 진입 연결로 설계기준 (설계속도 100km/h일 때)

구분	설계 기준
노즈부 설계속도(km/h)	55
광장 접속부 속도(km/h)	30
연결로 최소길이(m)	40
접속 설치각(°)	12~17

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. 도출된 문제점을 개선하기 위해 공학적 분석 및 현장조사 자료분석을 수행하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 고속도로 휴게소 교통사고 특성을 파악한 결과, 노즈부 및 진입 연결로 교통사고가 74.2%로 대부분 휴게소 진입 시 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 사고원인

은 급진입, 과속, 과대핸들 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, 진입 연결로에 대한 최소길이를 제시하여 휴게소 진입 시 감속 및 경로탐색 기능을 통한 진입 차량의 안전성을 확보하고 있다.

셋째, 진입연결로 유무에 따른 속도변화 및 주행행태를 파악하기 위해 개별차량 주행행태 조사를 수행하였다. 그 결과 진입 연결로가 있는 휴게소에서 진입 시 자연스러운 주행 및 감속이 이루어지고 있음을 확인하였다.

넷째, 연결로의 최소길이 산정에 앞서 구간별 속도 규정이 필요하다. 노즈부 통과속도는 본선속도 100km/h를 기준으로 할 때 55km/h이며, 광장 접속부의 속도는 교통정온화 기법에 의한 30km/h로 제시하였다. 제시된 시점과 종점 설계속도를 이용하여 정지거리 식에 의거 연결로의 최소길이는 40m로 제시하였다.

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

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

본 연구에서 제시된 연구결과는 향후 고속도로 휴게소 시설 설계기준을 수립하는데 중요한 설계지표로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

6.2. 향후 연구과제

본 연구는 휴게소 분류부에서 자연스럽게 안전하게 휴게소를 진입할 수 있도록 진입 연결로를 중심으로 설계기준을 제시하였다. 하지만, 휴게소는 진입부와 진출부, 광장부(주차장 포함)로 구분할 수 있다. 휴게소 이용차량이 진입 연결로를 주행 후 광장 접속부에서는 대형차량과 소형차량의 분리와 주차공간 탐색기능을 가지고 있다. 따라서 휴게소 이용객이 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 진출부 광장 접속부에서 주유소 이용차량과 본선으로 진입하기 위한 차량에 상충이 발생되고 있다. 따라서 휴게소 광장 접속부 내에서의 차량간 상충을 고려한 주행동선 결정 및 속도를 결정하여 안전성을 확보할 필요가 있다고 판단된다.

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

휴게소와 관련된 종합적인 연구를 통해 이용자들에게 위험요소로 작용되고 있는 문제점들을 검토하고, 해결 방안을 제시하여 안전하고 쾌적한 휴게공간을 확보해야 할 것이다.

참고 문헌

- 국토해양부(2009), *도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙*
- 국토연구원(2008), *도로이용자의 안전운전을 배려하는 고속도로 휴게소의 설치방안*, 국토정책
- 김영준, 김상구(2009), "고속도로 합류 및 엇갈림구간에서의 차로변경 분포분석에 관한 연구", *대한교통학회지* 제27권 제4호, 대한교통학회
- 김용석, 조원범, "주행속도 기반 도로 평면선형 설계 안전성 평가연구", *대한교통학회지*, 제22권 제7호, 2009, 대한교통학회
- 박재범(2005), "고속도로 분·합류부 설계기준 수립에 관한 연구", *한국도로공사 도로교통연구원*
- 송보경(2011) "주행속도 생활도로의 보행자 이용행태 분석을 통한 도로설계기준 개선방안", *경원대학교 박사학위논문*
- 정준화, 박창호 "주행속도 분포 특성을 이용한 설계기준 적용 방안", *대한교통학회지*, 제23권 4호, 2005, 대한교통학회
- 한국도로공사(2009), *도로설계요령*
- 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. 4. 30 / 심사일 : 2012. 5. 9 / 심사완료일 : 2012. 5. 30)