



터널 - IC 분기점간 최소이격거리 연구

Experimental Study on Minimum Distance between Tunnel and Interchange by Driving Simulator

이종학* 노관섭** 김종민***
 Lee, Jong-hak Noh, Kwan-sub Kim, Jong-min

Abstract

The minimum distance between tunnel and interchange has several steps to go through for road users; when road user comes out of tunnel, he/she reads information on road sign and tries to change the lane, and then reaches the destination (interchange). So that's why that minimum distance between tunnel and interchange has to be designed to reflect human factors sufficiently for road's users. This study aims to set for minimum distance between tunnel and interchange with involved human factors. People aged from their twenties to their seventies took part in this experiment by using driving simulator. As a result, the minimum distance between them was 500m long. When it comes to this study for minimum distance between tunnel and interchange, this study will be significant in some ways reason why this method can be applied to all road facilities for road safety on scientific basis. In the near future, It will make a recommendation concerning the most suitable data for road safety by contributing better guideline.

Keywords : tunnel, interchange, human factors, driving simulator

요 지

도로의 터널출구에서 인터체인지 분기점 구간은 도로이용자가 본선을 주행하다가 인근 목적지로 나가기 위하여 터널을 벗어나서 전방에 설치된 표지상의 목적지 지명을 확인하고, 차로를 변경해서 인터체인지 연결로로 들어가는 단계를 갖는다. 따라서 이 구간에서는 도로이용자의 다양한 행동이 요구되므로 도로이용자의 인간공학적 요소를 중시한 도로설계가 되어야 하는 구간이다. 본 연구는 도로이용자의 인간공학 요소를 고려하여 터널출구와 인터체인지 분기점구간의 최소이격거리를 제공하고자 하였다. 연구수행을 위해서 도로주행 시뮬레이터를 이용하여 다양한 연령층(20대~70대)이 실험에 참여하여 터널과 인터체인지 분기점 산정에 대한 통계적 검증을 수행하였다. 그 결과 터널출구에서 인터체인지 변이구간(감속차로 시점)의 시점까지는 최소 500m 이상의 거리가 확보되어야 하는 것으로 나타났다. 본 연구는 과학적인 근거를 통해서 터널과 인터체인지 분기점간의 최소이격거리 정립에 대한 기초연구 수행이 이루어졌다는 점에서 논문의 의의가 있다. 향후 이용자에게 보다 안전한 지침을 제공하여 도로주행의 안전성을 도모할 수 있는 기반을 제공할 것으로 기대할 수 있다.

핵심용어 : 터널, 인터체인지, 인간공학, 도로주행 시뮬레이터

* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구원 · 주저자
 ** 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · 교신저자
 *** 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원



1. 서론

터널출구에서 인터체인지 분기점간의 구간은 도로, 지형, 교통량 등의 일반적 조건을 고려해서 도로 이용자들에게 도로의 기능성, 안전성 등을 모두 만족시켜야 한다. 이를 위해서는 이용자를 고려한 도로시설 및 설계기준의 개선과 기술개발이 필요하다.

하지만 기존 터널출구에서 인터체인지 분기점 길이와 관련한 설계지침은 이용자의 인간공학적 요소를 고려할 수 있는 방법이 상세히 제시되어 있지 않을 뿐더러, 구체적인 방법에 대한 지침이 없는 상태다. 그 예로 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000)에서 터널출구에서 인터체인지까지의 최소 설치간격은 2km로 제시되었지만, 현실적으로 적용이 어려운 경우가 있어서 별다른 근거없이 본 항이 삭제되었다. 또한 도로설계기준(2005)에서 터널출구에서 인터체인지 분기점 길이에 대한 산정식이 있지만 산정 길이에 대한 파라미터 값이 국내 도로교통환경에 적합한지에 대한 과학적인 근거가 부족하다.

터널출구와 인터체인지 구간은 운전자가 거쳐야할 몇 가지 과정이 있다. 운전자가 해야할 기본조작 단계는 어두운 터널을 빠져나와서 조도의 차이에 대한 시각적 적응을 거쳐야하며, 전방에 설치된 표지판을 확인하고, 차로를 변경해서 인터체인지 연결로로 들어가야 한다. 이러한 과정으로 터널출구에서 인터체인지 분기점구간은 도로이용자의 인간공학적 요소를 중시한 도로로 설계되어야 하며 거리가 짧은 경우 교통사고의 위험성이 존재할 수 있다. 따라서 터널출구에서 인터체인지 분기점에 대한 최소이격길이 검토 및 정립방안 마련이 필요하다.

본 연구는 도로이용자의 인간공학 요소를 고려하여 기존의 파라미터 값에 대해서 국내 도로교통환경에 적합한지에 대한 실증적 실험을 거쳐서 국내 교통환경을 고려한 터널출구와 인터체인지 분기점간의 최소이격거리를 제공하였다. 연구수행을 위해서 안구측정기 및 도로주행시뮬레이터(driving simulator)

를 이용하였다. 연구내용으로는 터널출구에서 표지판 판독소요시간 분석 및 차로변경시간을 분석하였다.

본 연구는 향후 도로이용자에게 보다 안전한 지침을 제공하여 도로주행의 안전성을 도모할 수 있는 기반을 제공하는 것이다. 또한 도로안전시설물과 관련한 인간공학 분야 연구에도 활용될 수 있을 것이다.

2. 관련문헌 고찰

2.1 인터체인지와 타시설과의 관계

건설교통부(현 국토해양부) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000. 3), 한국도로공사 도로설계실무편람(2000) 등에서 인터체인지 앞의 예고표지와 관련하여, 터널출구에서 인터체인지까지는 2km를 띄어야 한다고 언급하고 있다.

표 1. 인터체인지와 타시설과의 관계

| 시설의 명칭 | | 최소간격 | |
|-----------|----------------|------|-----|
| | | 표준 | 특례 |
| 인터체인지 상호간 | | 5km | 2km |
| 인터체인지와 터널 | 인터체인지가 근접해 있을때 | 2km | 1km |
| | 터널이 근접해 있을때 | 4km | 2km |

하지만, 현실적으로 적용이 어려운 경우가 있어서 별다른 근거없이 본 항이 삭제되었다.

미국 AASHTO의 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets(2001)를 살펴보면, 출구램프는 터널출구로부터 충분한 거리가 확보되어야 한다고 언급하고 있다. 이 거리는 최소 300m(1,000ft)의 거리이다. 그리고 두개의 인터체인지가 상호간에 가깝게 위치한 경우는 터널내에서의 엇갈림, 합류, 분류가 일어나기 때문에 되도록이면 피해야 한다고 언급하고 있다.



2.2 터널과 인터체인지 간의 길이

건설교통부 도로설계기준(2005)에서 터널출구와 인터체인지 변이구간(감속차로 시점) 길이 산정식은 다음과 같다. 하지만 산정 길이에 대한 파라미터 값(조도순응시간, 인지반응시간, 차로변경시간)이 국내 도로교통환경에 적합한지에 대한 과학적인 근거가 부족하다.

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{V \times t_1}{3.6} + \frac{V \times t_2}{3.6} + \frac{V \times t_3 \times (n-1)}{3.6}$$

여기서,

- L : 소요이격거리(m) l_1 : 조도순응거리(m)
- l_2 : 인지반응거리(m) l_3 : 차로변경거리(m)
- V : 설계속도(km/시) t_1 : 조도순응시간(3초)
- t_2 : 인지반응시간(4초)
- t_3 : 차로변경시간(1차로 변경시 10초)
- n : 차로수

2.3 인지반응시간

건설교통부 도로표지 제작, 설치 및 관리지침(2000)에서 인지반응에 대한 개념은 명확하게 기술되지 않았다. 다만, 인지반응시간은 표지판을 발견한 시인점부터 행동결정후에 실행에 옮기는 행동개시점 이후로 짐작할 수 있다.

미국 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets(2001)에서는 인지반응시간을 약 2.5초로 언급하고 있다.

원제무(2006)는 미국의 파라미터 값을 인용하여 도로설계에 쓰이는 인지반응시간을 2.5초로 언급하고 있다. 인지반응에 대한 정의는 필요한 교통정보를 목격하고 인식하는 인지(Perception)단계, 필요한 교통정보의 특성을 알아차림 확인(Intellection)단계, 적절한 행동을 판단하여 결정하는 판단(Emotion)단계, 결정된 대로 실행에 옮기는 반응(Volition)단계로 나뉠 수 있다.

3. 연구의 착안점

국내외 문헌을 토대로 터널출구와 인터체인지 분기점간의 적정길이에 대한 내용을 검토한 결과, 터널출구와 인터체인지 분기점 길이에 대한 파라미터 값은 국내실정에 맞게 도출해야할 필요성이 있는 것으로 나타났다.

특히, 인지반응시간에 대한 명확한 개념을 본 연구의 목적에 맞게 재정립할 필요가 있다. 기존의 인지반응시간(2.5초)은 도로표지판에 대한 인지반응시간이라기보다는 운전자가 운행중에 장애물을 발견하고 주행조작을 하기까지의 과정을 뜻하는 것이기 때문에 방향표지판의 정보를 판독하는 과정과는 목적이 서로 다르다.

따라서 본 연구에서는 건설교통부(2000), '도로표지 제작, 설치 및 관리지침'에서의 관련용어를 참조하여 본 연구목적에 맞게 개념을 정립하였다. 즉, 글자가 보이기 시작하는 단계인 판독시작에서부터 글자를 판독완료한 단계인 판독완료까지의 시간을 측정하였다. 본 연구에서는 이를 판독소요시간이라고 정의하였다.

그리고, 본 연구에서 지명판독의 개념은 모든 지명을 판독하고 이해하는 것이 아니라 총 지명개수 중에서 특정지명(1개)을 읽기 시작하여 판독을 완료한 시간이다. 이러한 실험조건은 도로주행의 현실성을 반영하고자 한 것이다.

4. 실험의 개요

본 연구의 실험조건은 도로주행 시뮬레이터(driving simulator)를 이용하여 지방부 일반국도(설계속도 80km/h, 편도 2차로도로)에 대한 도로조건에 대한 기준을 반영하였다. 특히 주행속도는 30명의 피실험자가 100km/h를 넘지 않도록 지시하였다.



4.1 실험장비 선택

본 연구에서는 안구측정기 및 도로주행시뮬레이터 (driving simulator)를 이용하여 실험을 실시하였다.

- 안구운동분석기 : 피실험자가 바라보는 목표물을 기록함으로써 표지판의 주시점 파악이 가능하다. 안구운동분석기 장비는 판독소요시간 실험에 활용되었다.
- 시뮬레이터 장비는 실제 도로현장과 유사한 조건에서 운전자가 운행할 수 있는 것으로, 본 실험에서는 가상의 터널-IC 구간을 구현하였다.



안구운동분석기(EM-8B) 시뮬레이터(K-ROAD)

그림 1. 안구운동분석기 및 시뮬레이션

4.2 실험방법

4.2.1 판독소요시간 실험

지명개수는 4개로 설정하였으며, 주행경로의 흐름은 총 연장 31km이다. 총 교차로는 1번 교차로부터 25번 교차로까지이며, 피실험자는 직진 및 좌·우회전을 반복하며 각 교차로별 판독소요시간을 측정하였다.

구체적인 실험진행은 다음과 같다.

- 운전자가 다음 교차로를 주행하는 동안 조수석에 있는 실험자는 특정지명을 알려주었다.
- 특정지명 정보를 획득한 운전자는 교차로에 도달하면 도로표지에서 그 지명을 찾아서 행동을 하였다.
- 최종적으로 25지점의 교차로를 통과하게 되며, 안구운동분석을 통해 운전자의 시각영역 안에 들어온 정보를 바탕으로 자료를 수집하였다.

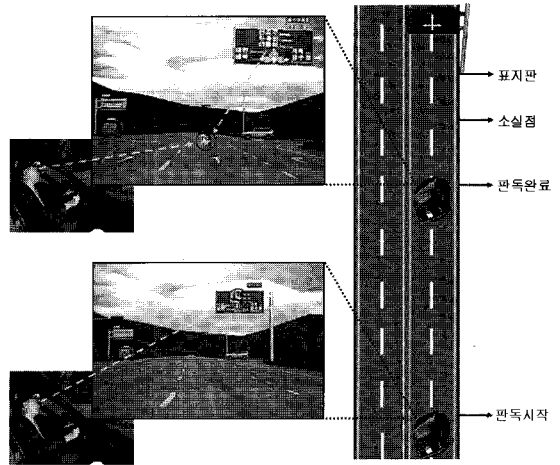


그림 2. 피실험자 실험 수행 과정

4.2.2 차로변경실험

차로변경시간은 도로표지상의 지명을 판독 후, 행동판단시간(decision making time) 및 차로변경을 완료한 시간까지로 정의하였다.

도로상의 교통량은 운전자가 열악한 교통환경에서 차로를 변경하도록 서비스 수준을 E로 적용하였다. 그 이유는 안정된 교통환경에서 피실험자가 차로를 변경하는 것은 의미가 적을 것으로 판단하였다(단, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000)에서 지방부 일반국도 서비스 수준은 D임).

또한 구간의 길이는 그림 3과 같이 터널전(R1) 곡선반경은 1,300m이며, 터널후(R2) 곡선반경은 1,300m로 설계하였다. 곡선반경을 1,300m로 설계한 이유는, 설계자가 터널과 IC 구간을 설계할 때 안전상의 이유로 이 구간에 대해서 충분한 검토를 하고

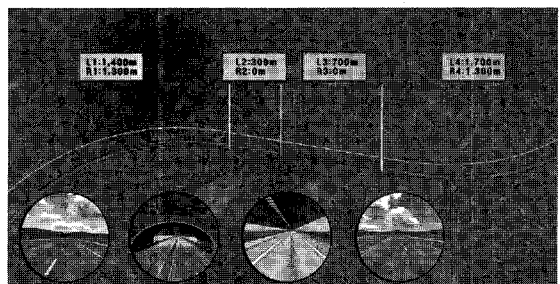


그림 3. 터널-IC 구간 길이



있다고 판단하기 때문에 기하구조가 악조건인 상태는 고려되지 않았다. 다만 향후 이러한 문제에 대해서도 심도 있는 연구가 필요하겠다.

표 3. 판독소요시간 분포

| 도수 N | 최소값 Minimum | 최대값 Maximum | 평균값 Mean | 표준편차 Std. Deviation |
|---------|----------------|----------------|-------------|------------------------|
| 141 | .10 | 13.40 | 3.04 | 2.25 |

5. 실험자료 분석

5.1 판독소요시간 분석

5.1.1 피실험자 기본정보

실험참가자는 운전면허 소지자 30명이 참여하였으며, 피실험자 30명 가운데 남성은 14명(47%), 여성은 16명(53%)으로 분포하였다. 최빈값은 만 28세였으며, 표준값은 만 16.4세였다. 다만, 본 실험에서의 한계점은 피실험자가 30명으로 이루어졌기 때문에 통계적 의미를 구분하는 것은 무리가 따른다고 판단된다. 특히, 40대 및 50대 남자(각 1명)의 경우 모집단이 부족하기 때문에 연령별 통계에 대한 신뢰성을 높이는 것이 필요하겠다. 향후에 이러한 문제점을 보충한다면 통계적 유의성을 높일 수 있을뿐더러 연령과 성별에 대한 다양한 분석이 이루어질 수 있겠다.

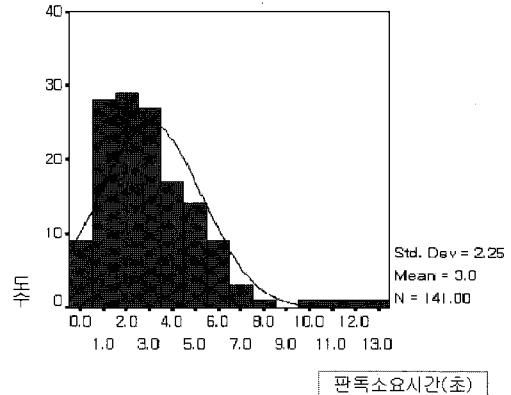


그림 4. 판독소요시간 분포도

표 2. 피험자 연령분포 현황

| 연령 | 남 | 여 | 소계 | 비율(%) |
|------|----|----|----|-------|
| 20 | 6 | 5 | 11 | 36.7 |
| 30 | 2 | 2 | 4 | 13.3 |
| 40 | 1 | 3 | 4 | 13.3 |
| 50 | 1 | 3 | 4 | 13.3 |
| 60 | 1 | 1 | 2 | 6.7 |
| 65이상 | 3 | 2 | 5 | 16.7 |
| 합계 | 14 | 16 | 30 | 100 |

5.1.2 판독소요시간 분포

지명개수 4개에 대한 평균값을 살펴보면 판독소요시간이 3초로 나타났으며, 표준편차는 2.25초로 나타났다.

5.1.3 연령별 판독소요시간 분포

연령별 평균판독소요시간은 전체적으로 연령분포가 높을수록 평균판독소요시간이 증가하는 것으로 나타났다.

연령별 평균판독소요시간 분포에서 최소값과 최대값의 차이는 각 연령별에 따라서 다양하게 나타났다. 가장 큰 차이를 보인 집단은 65세 이상으로서 최소 1.5초에서 최대 13.40초로 나타났으며, 차이가 적은 집단은 30대로서 최소 0.1초에서 최대 3.8초로 나타났다.

표 4. 연령별 판독소요시간 분포

| 연령 | 구분 | 도수 N | 최소값 Minimum | 최대값 Maximum | 평균값 Mean | 표준편차 Std. Deviation |
|------|----|---------|----------------|----------------|-------------|------------------------|
| 20 | | 53 | .10 | 5.30 | 2.08 | 1.21 |
| 30 | | 18 | .10 | 3.80 | 1.37 | 1.10 |
| 40 | | 20 | .10 | 5.80 | 2.59 | 1.47 |
| 50 | | 17 | 1.90 | 5.70 | 3.72 | 1.29 |
| 60 | | 10 | 2.40 | 6.70 | 4.22 | 1.60 |
| 65이상 | | 23 | 1.50 | 13.40 | 5.95 | 3.00 |
| 합계 | | 141 | | | | |

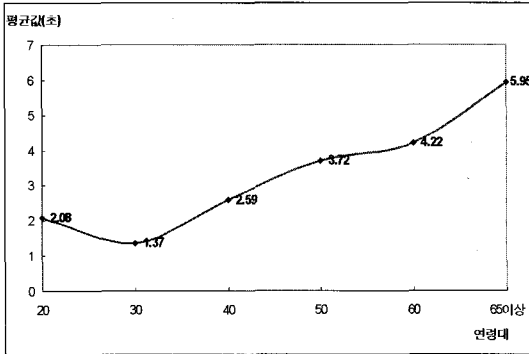


그림 5. 연령별 판독소요시간 그래프

5.1.4 판독소요시간 산출

판독소요시간 산출은 85%-tile을 사용하였다. 그 이유는 안전관점에서는 교통약자를 배려하는 것이 중요하다고 판단하여 85%-tile 수준의 판독소요시간을 고려하였다.

(1) 85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수 산출

자료의 분포에서 최소값과 최대차이가 많이 나는 극단값들은 연구의 목적에 맞지 않은 경우가 있다. 대개 이러한 값들은 통계적으로 처리를 해야 한다. 본 연구에서는 SPSS 통계프로그램을 사용하여 Stem-and-leaf plot* 기법을 이용하였다.

본 연구에서는 95% 신뢰도 범위에서 5% 절사평균(5% Trimmed Mean)을 하였다. 5% 절사평균은 평균이 극단값에 영향을 많이 받는 것을 감안하여 상·하위 5%를 잘라내고 평균을 산출한 값이다.

극단값을 처리한 데이터를 이용하여, 평균값을 살펴보면 판독소요시간이 2.86초로 나타났으며, 표준편차는 1.64초로 나타났다. 또한 판독소요시간에 대한 최소값은 0.4초에서 최대값이 6.8초이다.

85%-tile 수준의 판독소요시간을 살펴보면 약 4.5초의 시간이 필요한 것으로 나타났는데, 지명개수가 4개인 경우에 운전자가 지명 읽기를 시작하여 판독이 완료되는 지점을 말한다. 이에 대한 85%-

tile 수준의 판독소요시간은 약 4.5초를 고려해야 하는 것으로 나타났다.

표 5. 85%-tile 판독소요시간 산출

| 지명개수 | 개수 | 최소값 | 최대값 | 평균값 | 표준편차 |
|-------------|-----|-----------|-----|------|------|
| 4 | 131 | .40 | 6.8 | 2.86 | 1.64 |
| 백분율(%-tile) | | 판독소요시간(초) | | | |
| 85 | | 4.5 | | | |

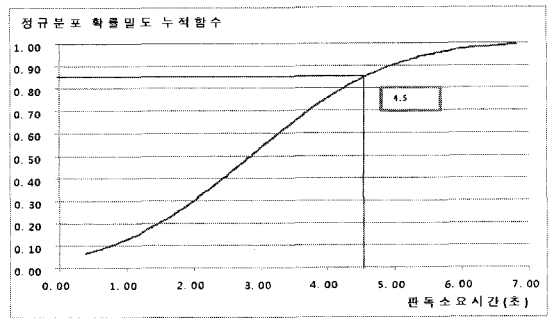


그림 6. 판독소요시간에 대한 정규분포 확률밀도 누적함수

5.2 차로변경시간 분석

5.2.1 피실험자 기본정보

차로변경시간의 실험참가자는 본 연구의 여러 가지 사정으로 인해서 판독소요시간 피실험자와는 다른 집단이 참가하였다.

표 6. 피험자 연령분포 현황

| 연령(만) | 남 | 여 | 소계 | 비율(%) |
|--------|----|----|----|-------|
| 20세 | 5 | 7 | 12 | 31.6 |
| 30세 | 7 | 2 | 9 | 23.7 |
| 40세 | 5 | 1 | 6 | 15.8 |
| 50세 | 3 | 2 | 5 | 13.2 |
| 60세 | 2 | 1 | 3 | 7.9 |
| 65세 이상 | 1 | 2 | 3 | 7.9 |
| 합계 | 23 | 15 | 38 | 100 |

* 자료를 기술하기 위해서 기술통계의 값을 요약한 것이다. 특히 연구목적에 맞게 신뢰수준을 어느 정도로 할 것인지를 결정하는 기법이다.



실험참가자는 운전면허 소지자 38명이 참여하였으며, 피실험자 38명 중에 남성은 23명(60%), 여성은 15명(40%)이었다. 최빈값은 만 38세였으며, 평균연령은 만 41세(SD=15)였다.

5.2.2 차로변경시간 분포

차로변경시간의 분포를 살펴보면 평균 11.9초로 나타났으며, 표준편차는 10.77초로 나타났다. 또한 차로변경시간에 대한 표준편차가 높게 나타난 것은 개인차가 존재하기 때문인 것으로 보인다.

표 7. 차로변경시간 분포

| 도수 | 최소값 Minimum | 최대값 Maximum | 평균값 Average | 표준편차 S · D |
|----|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 38 | 2.3 | 41.5 | 11.9 | 10.77 |

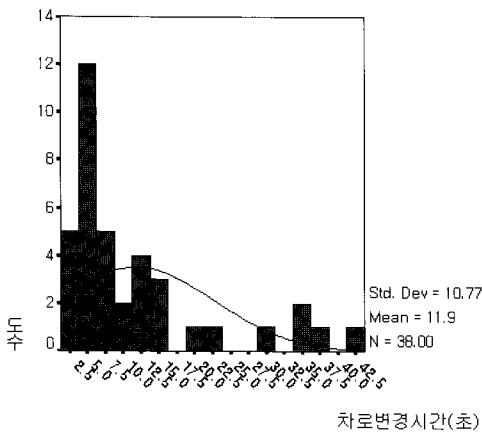


그림 7. 차로변경시간 분포도

5.2.3 연령별 차로변경시간 분포

연령별 평균차로변경시간은 연령분포가 높을수록 평균변경차로시간이 증가하는 것으로 나타났다. 구체적으로는 20~30대가 차로변경시간이 짧게 나타났으며, 65세 이상의 고령층인 경우는 평균 25.1초로 연령대 중에서 차로변경시간이 가장 길게 나타났다.

연령별 평균차로변경시간 분포에서 최소값과 최대값의 차이는 각 연령별에 따라서 다양하게 나타났다. 가장 큰 차이를 보인 집단은 50대로서 1.6초에서 33.8초로 나타났다.

표 8. 연령별 차로변경시간 분포

| 연령 | 구분 | 도수 N | 최소값 Minimum | 최대값 Maximum | 평균값 Average |
|------|----|---------|----------------|----------------|----------------|
| 20 | | 12 | 2.3 | 29.6 | 7.0 |
| 30 | | 9 | 5.4 | 20.3 | 9.8 |
| 40 | | 6 | 7.1 | 37.9 | 16.4 |
| 50 | | 5 | 1.6 | 33.8 | 11.7 |
| 60 | | 3 | 4.8 | 36.0 | 15.7 |
| 65이상 | | 3 | 10.6 | 41.5 | 25.1 |
| 합계 | | 38 | | | |

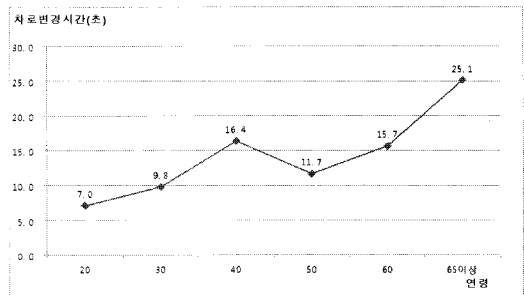


그림 8. 연령별 차로변경시간 그래프

5.2.4 차로변경시간 산출

판독소요시간 분석과 마찬가지로 차로변경시간 분석에서도 평균값들이 영향을 많이 받는 것을 감안하여 극단값들은 통계적으로 처리하였다. 신뢰도 범위는 95% 범위에서 5%절사평균(5% Trimmed Mean)을 하였다.

(1) 85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수 산출

85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수 산출을 위해서 표준편차와 평균값을 알아보았다. 극단값을 처리한 데이터를 이용하여 평균값을 살펴보면, 차로변경시간이 9.28초로 나타났으며, 표준편차는 5.23초로 나타났다. 또한 차로변경시간에 대한 최소값이 3.8초에서 최대값이 23.3초이다.

85%-tile 수준의 차로변경시간에 대한 결과를 살펴보면 약 15초의 시간이 필요한 것으로 나타났다.



표 9. 85%-tile 차로변경시간 산출

| 개수 N | 최소값 Minimum | 최대값 Maximum | 평균값 Average | 표준편차 S · D |
|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 28 | 3.80 | 23.30 | 9.28 | 5.23 |
| 백분율(%-tile) | | 차로변경시간(초) | | |
| 85 | | 15.0 | | |

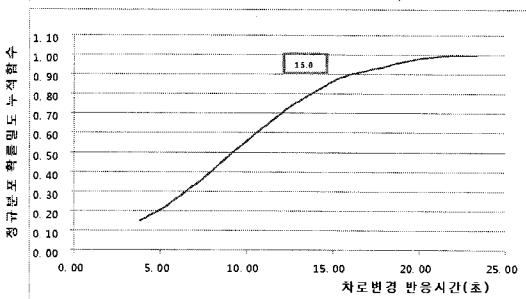


그림 9. 차로변경시간에 대한 정규분포 확률밀도 누적함수

표 10. 터널-IC간 최소 이격거리 산정

| 속도 (km/시) | 조도 순응시간 | 판독 소요시간 | 차로 변경시간 | 계산값 | 적용값 (최소값) |
|--------------|------------|------------|------------|-----|--------------|
| | 3초 | 4.5초 | 15초 | | |
| 60 | 50 | 75 | 250 | 375 | 400 |
| 70 | 58 | 88 | 292 | 438 | 450 |
| 80 | 67 | 100 | 333 | 500 | 500 |
| 90 | 75 | 113 | 375 | 563 | 600 |
| 100 | 83 | 125 | 417 | 625 | 650 |
| 110 | 92 | 138 | 458 | 688 | 700 |
| 120 | 100 | 150 | 500 | 750 | 750 |

* 기준점은 터널출구와 변이구간(감속차로 시점)간 거리

본 연구에서 터널출구에서 인터체인지 변이구간(감속차로 시점)의 시점까지의 이격거리는 일방향 2차로, 주행속도 80km/시 일 경우 최소값이 500m로 나타났다.

5.3 터널-IC간 최소이격거리 산정

85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수의 판독소요시간(4.5초)과 차로변경시간(15초)의 값을 토대로 터널출구와 인터체인지의 최소이격거리를 산정하였다. 단 조도순응시간은 문헌검토를 토대로 3초를 준용하였다.

기준점은 터널출구와 인터체인지 변이구간(감속차로 시점)이다. 이때 소요이격거리는 다음과 같이 산정한다.

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{V \times t_1}{3.6} + \frac{V \times t_2}{3.6} + \frac{V \times t_3 \times (n-1)}{3.6}$$

여기서,

- L : 소요이격거리(m) l_1 : 조도순응거리(m)
- l_2 : 인지반응거리(m) l_3 : 차로변경거리(m)
- V : 설계속도(km/시) t_1 : 조도순응시간(3초)
- t_2 : 인지반응시간(4초)
- t_3 : 차로변경시간(1차로 변경시 10초)
- n : 차로수

6. 결론

지금까지 본 연구는 터널출구에서 인터체인지 분기점까지의 최소 이격거리에 대한 기준을 정립하고 자 도로주행시뮬레이터를 이용하여 실험을 수행하고 이에 대한 통계적 검증을 수행하였다. 연구내용으로는 판독소요시간 분석, 차로변경시간에 따른 속도변화 분석이 이루어졌다.

주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 판독소요시간 분석에서는 전체적으로 연령대가 높을수록 평균판독소요시간은 증가하는 것으로 나타났다. 85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수의 값은 4.5초의 시간이 필요한 것으로 나타났다.
- 차로변경시간 분석에서는 연령별 평균차로변경시간은 연령분포가 높을수록 평균차로변경시간이 증가하는 것으로 나타났으며, 85%-tile 정규분포 확률밀도 누적함수의 값은 15초의 시간이 필요한 것으로 나타났다.
- 마지막으로 터널과 IC간 최소이격거리 산정에서 주행속도 80km/시의 일반국도상에서 터널출구에



서 인터체인지 변이구간(감속차로 시점)의 시점까지, 즉 터널과 인터체인지 분기점 길이에 대한 최소값은 500m 이상이 필요한 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 터널과 인터체인지 분기점간의 최소이격거리에 대해 명확한 지침을 과학적인 근거를 통해 정립하였다는 점에서 논문의 의의가 있다고 본다. 특히, 고령자의 경우는 판독소요시간 및 차로 변경시간의 어려움이 있는 것으로 보이며 향후에 고령자에 대한 사고안전성에 대한 재고가 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 한계점은 터널-IC 정립에 대한 현장실험을 한다는 것이 사실상 불가능(조건에 맞는 교통량 발생, 기하구조 변경, 안전상 문제 등)하였다. 따라서 이를 극복하기 위해서 도로주행시뮬레이터(driving simulator)를 이용하였다. 하지만 이러한 도로주행시뮬레이터의 장점에도 불구하고 도로주행시뮬레이터가 현실조건과 얼마만큼 유사하냐는 점이다. 물론 본 연구에서는 지방부 일반국도(편도 2차로도로, 설계속도 80km/h)에 대한 도로조건에 대한 기준을 최대한 반영하였고, 도로주변환경을 최대한 고려하여 시나리오(터널-IC)를 재현하였다. 그렇지만 지금까지 도로시뮬레이터에 대한 많은 논란 때문에 시뮬레이터를 통해서 얻은 결과는 상대적인 평가를 위한 도구로 사용되어왔다. 따라서 본 연구에서의 결과값은 상대적인 평가를 위한 수행방법이라고 볼 수 있다.

본 연구는 설계속도 80km/h, 편도 2차로도로에서 실험을 수행하였으므로, 향후 다양한 설계속도 및 차로수(3차로 및 4차로)를 가진 도로환경, 그리고 악조건인 날씨 등을 고려한 추가연구가 필요하겠다.

감사의 글

“본 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단(건설핵심D05-01)을 통하여 지원된 국토해양부 건설기술혁신사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.”

참고문헌

건설교통부(2000), 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침
 건설교통부(2000), 도로표지 제작, 설치 및 관리 지침
 건설교통부(2005), 도로설계기준
 건설교통부(2006), 도로표지관련규정집
 원재무, 교통공학(개정판), 2006. 2
 미국(2001), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

접 수 일: 2008. 8. 4
 심사 일: 2008. 8. 4
 심사완료일: 2009. 2. 24