

교통안전을 고려한 도심형 중앙분리대 설치기준 마련에 관한 연구

A Study on Design Standards of a median strip in City considering Traffic Safety

<p>김종민 Kim, Jong Min 김장욱 Kim, Jang Wook 노관섭 Noh, Kwan Sub 김경태 Kim, kyung Tae</p>	<p>정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 · 주저자 (E-mail : kimbellsky@kict.re.kr) 정회원 · 현대해상 교통기후환경연구소 연구위원 · 교신저자 (E-mail : newaxrose@hotmail.com) 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구위원 (E-mail : ksno@kict.re.kr) 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : kkt3354@chol.com)</p>
---	---

ABSTRACT

The Government is implementing the safety measures for pedestrian in living zone to decrease the traffic accident casualties in half. It is urgently to study the guideline because it contains to make the guideline of a median strip in City to prevent the violation of central line and jaywalking on the main contents. So, this study analyzed the pedestrian accidents and the violation of central line, and studied the type of a median strip, the installation guideline through studying the minimum crossing. Consequently, this study found out that a median strip which revised the attention inducement stick to decrease jaywalking could not have the strong prevention function of a crash barrier, so if it happens separation after the collision between vehicles, it induced the secondary accidents, and could take negative effects on traffic safety. In consideration of driving safety, this study analyzed that if it installs a median strip, it has to ensure one meter, and such a thing could prevent the separation of lane or damage of facilities. However, if it is hard to ensure the space because of narrow road width, it could install a median strip in case of installing the road surface mark 0.5m. And the installation of the attention inducement stick or a median strip on the central line could be possible to induce the violation of central line, thus it is desirable not to install only anythings but also raised pavement markers.

KEYWORDS

median strip, violation of central line, road safety facilities, facilities limitation

요지

정부는 교통사고 사상자를 절반으로 줄이기 위하여 생활권 보행자 안전 확보를 위한 안전대책을 선정하여 추진 중에 있다. 주요 추진내용을 살펴보면 중앙선 침범 및 무단횡단 예방을 위해 도심형 중앙분리대 설치기준 마련이 포함되어 있어 기준마련을 위한 연구가 매우 시급한 실정이다. 이에 본 연구에서는 보행자 및 중앙선 침범 교통사고 분석, 도심형 중앙분리대에 대한 형식 및 성능기준, 최소 횡단구성 연구를 통한 설치 기준에 관한 연구를 수행하였다. 그 결과 도시부 차량 불법유턴, 보행자 무단횡단 사고를 줄이고자 시선유도봉을 개조한 도심형 중앙분리대는 차량용 방호울타리의 강한 방호기능을 가질 수 없기 때문에 차량과의 충돌 후 파손되어 부재이탈이 발생하게 되면 2차사고 등을 유발하게 되어 교통안전에 부(-)의 효과를 가져 올 수 있는 것으로 분석되었다. 이에 주행안전성 측면을 고려해 볼 때 도심형 중앙분리대를 설치할 경우 중앙분리대 폭 1.0m 이상을 확보해야만 시설물 파손이나 차로이탈을 방지할 수 있는 것으로 분석되었다. 단, 부득이 도로 폭이 좁아 용지확보가 곤란한 경우 0.5m 이상 노면표시만 설치한 경우에 한해 도심형 중앙분리대의 설치를 할 수 있다. 또한 현재 중앙선 위에 시선유도봉이나 도심형 중앙분리대를 설치하는 것은 운전자 실수에 의한 중앙선 침범을 유발할 가능성이 높고 이로 인해 시설물 파손의 가능성이 높아 중앙선 위에는 표지병 이외의 시설물 설치를 금하는 것이 바람직하다.

핵심용어

도심형 중앙분리대, 중앙선 침범, 도로안전시설, 시설한계

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

정부는 교통사고 사상자 절반 줄이기 프로젝트를 국정 과제로 선정하고 2012년까지 교통사고 사상자를 현 수준의 절반 이하로 감소하기 위한 “교통사고 사상자 절반 줄이기 종합시행계획(2008~2012)”을 2008년 7월에 발표하였다. 첫 번째 중점과제로 생활권 보행자 안전 확보를 위한 안전대책을 선정하여 추진중에 있는데 그 내용을 살펴보면 보행자 보호 중심으로 교통시설 개선·확충(국토부, 행안부, 경찰청, 지자체 등)부분에 중앙선 침범·무단횡단 예방을 위해 도심형 중앙분리대 설치기준 마련(도로안전시설 설치 및 관리지침)이 포함되어 있어 기 존마련을 위한 연구가 매우 시급한 실정이다.

현행 『도로안전시설 설치 및 관리지침-차량방호안전 시설편』을 살펴보면 “시가지 도로중 보행자의 무단횡단이 많아서 횡단 방지용 방호울타리의 설치가 필요하나 보도와 차도의 경계에 설치할 수 없는 경우에는 차도의 중앙분리대 내에 보도용 방호울타리의 설치를 검토할 수 있다. 이때에는 차량의 안전한 통행에 지장이 없도록 중앙분리대의 폭, 시설의 형식, 미관 등을 면밀히 분석하여 적용한다”라고 기준이 명시되어 있다. 하지만 경찰청에서는 2008년 7월부터 도시부 차량 불법유턴, 보행자 무단횡단 사고를 줄이고자 시선유도봉을 개조한 “도심형 중앙분리대”를 기준 없이 중앙선 위에 설치 운영 중에 있으며 설치할 공간이 부족하다는 이유로 “도심형 중앙분리대”의 도로시설 기준 완화 및 관련 설치 지침 마련을 요구하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 도심형 중앙분리대에 대한 실증실험 연구를 수행하여 그 결과를 토대로 도심형 중앙분리대의 기준을 정립하고자 한다.

1.2. 연구의 내용 및 방법

도시부 중앙분리대 설치 기준을 마련하기 위한 연구의 내용은 첫째, 현재 도시부 차량 불법유턴, 보행자 무단횡단금지를 위해 설치되는 변형된 시선유도봉(도심형 중앙분리대)의 현황 파악 및 관련 기준 검토를 통해 도심형 중앙분리대가 가져야 할 형식 및 성능기준에 대해 검토한다. 둘째, 도시부에서 발생한 교통사고를 분석하여 중앙선침범 및 보행자 교통사고 유형을 분류한다. 셋째, 도시부 도로는 주로 양방향 교통량 처리를 위해 중앙선에 의해 차로분리를 하고 있어, 중앙선 위에 고정시설물 설치가 곤란하다. 이에 중앙분리대에 시설물을 설치할 경우에는 측대 설치 기준을 만족하여야

하는데 이를 충족시키는 곳이 많지 않으므로, 도로주행 시물레이터를 활용하여 측대 설치 기준을 완화할 수 있는가를 검토하여 도심형 중앙분리대 설치에 대한 기준을 마련한다.

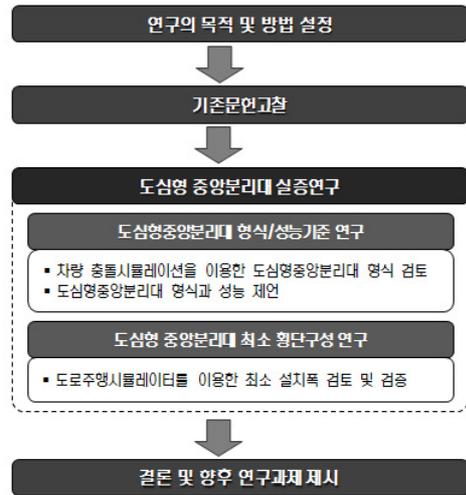


그림 1. 연구흐름도

2. 도심형 중앙분리대 설치 현황

매년 늘어가는 자동차 교통 수요에 대응하지 못하여 도로는 주차장과 같이 거의 매일 지정체가 반복되고 있다. 이러한 도시에서는 도로 폭이 좁고 더욱이 차로 분리를 중앙선만을 설치하는 경우가 많이 있다. 특히 시장 등 인구 밀집 지역을 통과하지만 도로 폭이 좁은 도로에서는 도로용량 증대를 위해 중앙선만을 설치하여 왔다. 이러한 지역은 불법유턴, 보행자 무단횡단에 의한 대형 교통사고가 자주 발생하게 된다. 경찰에서는 불법유턴, 보행자/이륜차 무단횡단에 의한 중앙선 침범사고가 빈번한 곳의 교통사고를 줄이기 위한 시선유도봉을 중앙선 위에 설치간격을 좁혀 설치하여 왔다. 그러나 시선유도봉은 본래 횡방향 부재가 없는 시설물로서 무단횡단 금지 효과가 없고 과다설치로 인해 도로경관을 해치는



그림 2. 다양한 형태의 도심형 중앙분리대

시설물로 변질되어 가고 있다. 최근 2~3년 사이에는 그림 2와 같이 시선유도봉에 횡방향 부재를 넣은 변형된 시선유도봉(일명 도심형 중앙분리대)이 개발되어 설치되고 있다.

경찰에서는 새로운 형태의 도심형 중앙분리대가 보행자 및 이륜차 무단횡단금지과 차량들의 불법유턴을 예방할 수 있는 시설로 효과가 높아 설치를 확대하려고 하지만 도로관리자들은 관련기준이 없어 설치가 어려운 입장에 있다. 이에 경찰에서는 중앙선 위에 설치하는 새로운 형태의 도심형 중앙분리대에 대한 도로안전시설 설치 기준 완화를 국토해양부에 요구하였다. 최근 서울시는 횡방향 부재를 갖으며 도시 미관을 고려한 무채색 계열의 도심형 중앙분리대의 설치 기준을 마련하여 버스 정류소 부근, 시장 주변 등 불법유턴, 무단횡단사고가 주로 발생하는 도로구간에 도심형 중앙분리대를 설치하고 있다. 서울시에서 설치하는 도심형 중앙분리대는 도로난간(웬스)과 비슷하게 보여 보행자 및 이륜차의 무단횡단금지에 설치효과가 높다. 그러나 시선유도봉과 같은 재질인 PE재질을 사용하고 있어 횡방향 부재는 자중으로 인해 처짐 현상이 발생하고 있으며 차량과의 접촉사고로 파손/변형되는 등 유지관리비용이 증가하고 있다.

3. 기존문헌고찰

3.1. 중앙분리대 관련 선행 연구

문영주(2001)은 특정 도로조건에 대하여 어떤 형태의 중앙선침범 예방시설물을 설치할 것인가에 대한 비용-효율적인 기준 마련을 목표로 삼고, 그 첫 단계로 중앙선침범사고 예측모델을 개발하였다. 중앙선침범사고 예측모델을 통하여 예측된 사고건수는 사고감소에 대한 편익을 계산할 수 있게 하며, 이는 중앙선침범 예방시설 설치비용 계산과 함께 경제성분석을 가능하게 하여 비용효율적인 중앙선침범 예방시설 설치기준 마련에 도움을 줄 것이다. 하태준(2002)은 지방부 2차로 도로의 곡선부에 대한 중앙선침범사고 예측모델의 개발을 통해 중앙선침범사고에 대한 사회적 비용을 산정하고, 현재 설치하여 운영중인 중앙선침범 예방시설물의 설치비용간의 비용-편익분석을 통해 얻어진 기준으로 중앙선침범 예방시설물 설치의 가부에 대한 보다 현실적이고 비용-효율적인 중앙선침범 예방시설물 설치기준을 제시함으로써 교통사고 비용손실을 최소화하고, 중앙분리대의 효율적 설치방안의 도입을 통한 경제적 이익창출을

도모하고자 하였다.

김경석(2003)은 중앙분리대의 설치와 교통사고와의 관계를 분석해 보았다. 즉, 중앙분리대의 사고감소효과를 파악하기 위해 우리나라 4차로 이상의 일반국도를 대상으로 중앙분리대 설치 여부에 따른 사고 자료를 비교하였다. 보다 체계적이고 효과적인 분석을 위해 총 사고뿐만 아니라 유형별·사고강도별·시간대별 사고를 비교하였으며, 다양한 효과척도(사고율, 사고점유율, EPDO)를 이용하여 사고빈도뿐만 아니라 사고강도까지 비교하였다. 정봉조(2003)은 중앙분리대 시설 형식에 대해 적정 대안을 찾아내고자 컴퓨터를 이용하여 모의 차량충돌시뮬을 수행하였다. 모의충돌시뮬에서는 구조적 안전성을 측정하기 위해 대형차량의 롤(Roll)각을 측정하였고 소형차량의 경우 탑승자보호성능 평가를 위해 차량이 받는 중, 횡방향 가속도 및 탑승자의 충돌속도(THIV), 탑승자의 가속도(PHD)를 측정하고 이들을 비교 검토하였다. 여운웅(1999)은 중앙선 침범사고의 발생원인 규명을 위한 설문조사와 운전자 행태분석 그리고 중앙선 침범사고의 특성분석을 수행한 결과 중앙선 침범사고에 영향을 미치는 도로기하구조 특성은 종단경사와 곡선반경인 것으로 나타났다.

3.2. 도시부 중앙분리대 관련 기준

도심형 중앙분리대와 관련하여 국내의 기준들을 조사하였다. 현재 도심형 중앙분리대의 기준은 불법유턴, 무단횡단금지를 목적으로 도로의 중앙, 즉 중앙분리대에 설치하기 때문에 중앙분리대의 설치기준을 적용하게 된다.

3.2.1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙

도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제2조를 보면 측대와 분리대, 그리고 중앙분리대에 대하여 정의되어 있다. 또한 차로의 분리에 대해서는 제11조에 명시되어 있는데 그 내용을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 도로에는 차로를 통행의 방향별로 분리하기 위하여 중앙선을 표시하거나 중앙분리대를 설치하여야 한다. 다만, 4차로 이상인 도로에는 도로기능과 교통상황에 따라 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 필요한 경우 중앙분리대를 설치하여야 한다. 둘째, 중앙분리대 내에는 시설물을 설치할 수 있으며 중앙분리대의 폭은 도로의 구분에 따라 표 1의 값 이상으로 한다. 다만, 자동차 전용도로의 경우는 2m 이상으로 한다. 셋째, 중앙분리대에는 측대를 설치하여야 한다. 이 경우 측대의 폭은 설계속도가 시속 80km 이상인 경우 0.5m 이상으로 하고, 시속

80km 미만인 경우는 0.25m 이상으로 한다. 넷째, 중앙 분리대의 분리대 부분에 노상시설을 설치하는 경우 중앙 분리대의 폭은 제18조에 따른 시설한계가 확보되도록 정하여야 한다. 다섯째, 차로를 왕복방향별로 분리하기 위하여 중앙선을 두 줄로 표시하는 경우 각 중앙선의 중심 사이의 간격은 0.5m 이상으로 한다.

표 1. 중앙분리대의 최소 폭 기준

도로의 구분	중앙분리대의 최소 폭(m)		
	지방지역	도시지역	소형차도로
고속도로	3.0	2.0	2.0
일반도로	1.5	1.0	1.0

3.2.2. 경찰청 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼

경찰청에서 제정한 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼에 마련되어 있는 교통노면표시의 설치기준을 살펴보면 노면표시의 설치기준, 규제표시, 지시표시 등이 명시되어 있다. 제4장 제8절 횡단구성 부분에 중앙분리대 설치에 대한 내용이 명시되어 있는데 그 내용을 살펴보면 다음과 같다. 보행자 및 자전거 이용자의 공간 확보 여부에 대한 검토 후, 차량의 통행과 관련한 공간 확보 즉, 중앙 분리대 또는 중앙선, 차선 수, 길가장자리 구역선 등에 대한 검토가 필요하다. 중앙분리대는 사고방지효과가 매우 높은 시설물로서 특히, 지방지역에서 적극적으로 설치할 필요가 있으나 차로 수 또는 차로 폭원을 줄이면서 중앙분리대를 설치하는 것은 바람직하지 않다. 중앙 분리대의 검토와 병행해서 차선 수의 할당에 대한 검토가 필요하다. 차선 수는 통상 2차선, 4차선, 6차선 등으로 설치한다. 하지만 진행방향별 속도, 교통량, 보행자 및 이륜차 등의 교통량 그리고 도로조건 등을 고려하여 선택한다. 또한 차선 수의 할당은 도시지역과 지방지역과 같은 지역특성을 고려하여야 한다. 교통량에 따른 소통을 우선할 경우에는 중앙분리대를 생략하고 차선 수를 많이 취하고, 주행속도가 우선할 경우에는 중앙분리대를 설치하고 차로의 폭원 및 도로 측단을 여유 있게 설치한다.

3.2.3. 중앙분리대와 중앙선의 기준 비교

중앙분리대와 중앙선의 기준을 비교해본 결과『도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙』에는 차로를 분리할 경우에 노면표시의 중심간 간격은 0.5m 이상으로 한다로 규정되어 있으며『경찰청 노면표시 설치·관리 매뉴얼』에는 중앙선의 폭을 단선 15cm, 복선 45cm로 규정되어 있

다. 중앙선의 복선 설치에 대한 기준에서, 경찰청 기준의 중앙선의 중심간 간격은 30cm(차선평이 15cm일 경우)로, 분리대 개념이 접목된 도로기준에 비해 20cm 작다. 따라서 단순 노면표시만의 복선을 설치할 경우 경찰청의 기준은 최소치로 규정하고, 실제 적용에 있어서 중앙분리대 개념의 노면표시 복선 설치가 필요한 도로상에는 도로시설규칙을 따르는 것이 타당하다고 하겠다.

3.2.4. 시선유도봉 관련 기준 검토

『도로안전시설 설치 및 관리 지침-시선유도시설편』에서 시선유도봉은 교통사고 발생의 위험이 높은 곳으로서 운전자의 주의가 현저히 요구되는 장소에 노면표시를 보조하여 동일 및 반대방향 교통류를 공간적으로 분리하고 위험구간 예고 목적으로 시선을 유도하는 시설이다. 시선유도봉은 차로와 50cm 이상 거리를 확보하여 설치하여야 하기 때문에 시선유도봉을 설치할 수 있는 중앙분리대 최소 간격은 1.0m이다. 그러나 30cm의 중앙선 복선, 0cm 중앙선 단선 위에 설치되는 시선유도봉은 시설한계 위반으로 차량과의 충돌로 인해 파손이 잦다.

4. 도심형 중앙분리대 설치 최소 횡단구성 연구

현재 기준에서 4차로 이상의 도로에 도심형 중앙분리대를 설치할 경우 도시지역 일반도로 중앙분리대의 최소 폭은 1.0m이다. 중앙분리대의 분리대에 노상시설을 설치하는 경우 중앙분리대 폭은 제18조의 규정에 의한 시설한계가 확보되도록 정하여야 한다. 이때 시설한계는 도로 위에서 차량이나 보행자의 교통안전을 보호하기 위하여 어느 일정한 폭, 일정한 높이 범위 내에서는 장애가 될 만한 시설물을 설치하지 못하게 하는 공간 확보의 한계이다. 따라서 중앙분리대 또는 교통섬의 시설한계는 0.25m를 확보하고 도로 내에 설치할 수 있다.

4.1. 최소횡단구성에 대한 주행안전성 검토

도로의 측대 축소에 따른 주행안전성 검토는 한국건설기술연구원이 보유하고 있는 도로주행 시뮬레이터(Driving Simulator)를 활용하여 운전자의 주행결과를 비교 분석하였다.

4.1.1. 가상도로 구축

가상도로는 임의의 도시부 왕복 4차로 도로를 가진 가상의 도시를 제작하였다. 직선구간(300m 이상), 곡선

구간(R=500m)과 교차로가 존재하게 구성하였다.

표 2. 차량시뮬레이터(Driving Simulator) 개요

차량 시뮬레이터(Driving Simulator)

- K-ROADS(KICT-Road Analysis Driving Simulator)는 도로 및 도로시설에 대한 인간요인 연구(시인성, 과속, 사고, 디자인 등의 인간공학)를 위해 한국건설기술연구원이 2003년부터 기초연구를 통해 개발한 연구 도구
- 현실감 높은 360도 영사시스템+전방 고화질영상 (재현시력 1.0)
- 차량거동 및 노면진동을 동시 재현하는 10축 모션 시스템 (6축+4축)
- 도로이용자 측면에서 도로안전성 및 도로경관평가에 활용



○ K-ROADS의 사례

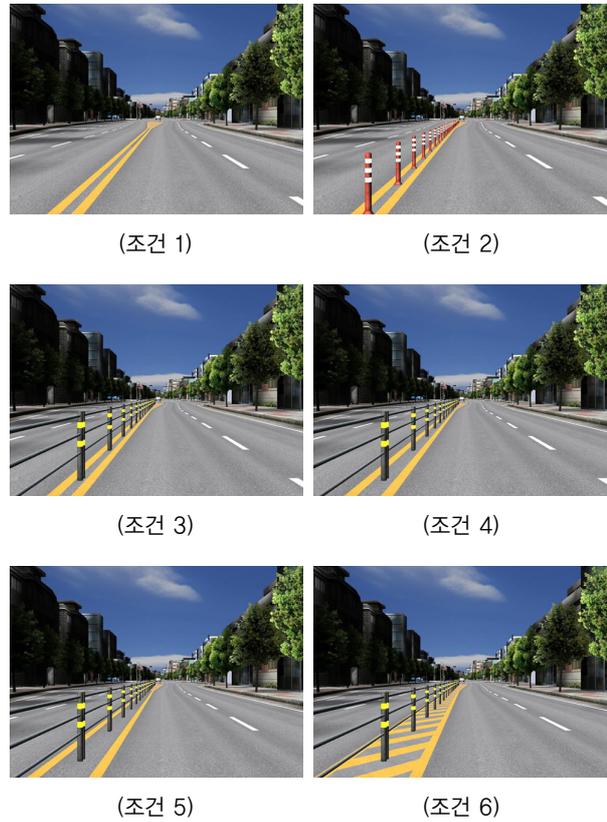
- 과속방지시설을 이용한 도로안전성 향상 연구
- 장대터널 내에서 운전자 특성 연구(한국도로공사)
- 이용자중심의 도로설계기법 개선 연구(국가 R&D)
- 안전지향형 교통환경개선 기술개발 연구(국가 R&D)



그림 3. 가상도시의 구성

가상도로 내에 설치하는 도심형 중앙분리대는 서울시의 도심형 중앙분리대와 동일한 형상이다. 기존 설치기준에 따른 도로는 중앙선을 설치한 것, 중앙선 위에 시선유도봉을 설치한 것, 중앙선 위에 도심형 중앙분리대를 설치한 것, 그 밖의 중앙분리대의 폭을 조절한 3가지 형태를 제작하였다. 실험에 참여하는 피험자는 20대~60대 이상의 다양한 연령대의 운전면허증 소지자를 대상으로 남녀 30명이었다. 실험차량은 승용차를 대상으로 하며, 실험에서 피험자는 중앙분리대 측 1차로를 주행하며 이때 피험자에게 심리적 압박감을 줄 수 있도록 2차로에 2대의 대형차(버스)가 같은 속도로 주행하도록 하였다.

표 3. 시나리오 구성



구 분	노면표시 간격(cm)	설치시설	설 명
조건 1	30	없음	기존 중앙선 (복선)
조건 2	30	시선유도봉	시선유도봉 설치사례
조건 3	30	도심형 중앙분리대	서울시 설치사례
조건 4	45	도심형 중앙분리대	중앙선간격 2배 사례
조건 5	60	도심형 중앙분리대	측대 25cm설치 기준
조건 6	100	도심형 중앙분리대	중앙분리대 최소폭 기준

4.1.2. 주행안전성 평가

도심형 중앙분리대 설치시 적정한 중앙분리대 폭에 대한 주행안전성 평가는 중앙분리대 폭 축소에 따른 운전자들의 중앙분리대 침범 주행거리 및 차로이탈 주행거리를 평가 기준으로 하였다. 본 실험은 가상도로 800m 주행 중 피험자 30명의 주행행태를 총 피험자의 합으로 표현한 것이다. 초보운전이나 고령운전자의 경우 심리적 압박감에 의해 차로를 이탈하면서 주행하는 경우가 많이 발생하였다. 특히 복선 중앙선의 경우 보다 중앙선 위에 시선유도봉 또는 도심형 중앙분리대를 설치한 경우가 운전자의 심리적 압박감 때문에 오른쪽으로 편향 주행하면서 우측차로를 넘어가는 경우가 많이 발생하였다.

표 4. 시뮬레이터 주행결과

조건	설명/노면표시간격(cm)	중분대 침범거리(m)	우측차로 이탈거리(m)
1	중앙선(복선) / 30	105	44
2	시선유도봉 설치사례 / 30	20	215
3	서울시 설치사례 / 30	22	153
4	중앙선간격 2배 사례 / 45	45	38
5	측대 25cm 설치기준 / 60	21	24
6	중분대 최소폭 기준 /100	0	3

* 총 주행거리 : 피험자 30명이 가상도로 800m를 주행한 총 거리 (30×800m=24,000m)

* 중분대 침범거리 : 중앙분리대를 충돌/침범하면서 주행한 거리

* 우측차로이탈거리 : 좌측 시설물로 인해 우측차로를 침범하면서 주행한 거리

4.1.3. 실험 후 설문조사

실험 후 설문조사 결과는 다음과 같다. 피험자는 총 30명으로 남녀비율은 50:50이다. 연령대는 20대부터 40대까지 남녀 성비를 골고루 갖추어 각각 5명씩 구성하였으며 사회적, 신체적으로 운전 환경 변화가 심한 50대 층 및 60대 노인층을 각 8명, 9명으로 더 구성하였다. 피험자들의 운전경력은 10년 미만이 50%를 넘으며, 20년 이상의 경력자도 4명 있다. 또한 운전 빈도는 월 2~3회 이상 운전하는 피험자가 60% 이상이었다. 다음은 중앙선침범 교통법규위반의 주된 이유로 운전자 실수를 11명이 가장 높게 선택하였고, 그다음으로 잘못된 도로상황(4명), 추돌회피(3명), 서두름(3명)을 선택했으며, 졸음운전(1명), 음주운전(0명)의 순으로 선택하였다. 또한 실험에서 주행한 도로에서 도심형 중앙분리대에 대한 의견을 묻는 다음과 같은 질문(5점 척도)에 중앙선이 잘 보일 것이라는 질문은 4.1점으로 악천후의 경우 시선유도측면에서 효과가 높을 것이라 판단하고, 도로가 좁아 보인다는 질문은 3.1점으로 보통으로 생각하며, 주행성에 관한 질문은 2.6점으로 운전하기 어렵게 생각하고 있다. 반면 무단횡단금지의 효과에 대해서는 4.2점으로 높은 점수를 받았고, 기존의 빨간색 시선유도봉보다 경관이 효과적인가에 대해서 4.1점, 중앙선만 있을 경우보다 안전감이 있는가에 대해서도 4.0점을 받아 전체적으로 도심형 중앙분리대로 기존의 중앙선만, 시선유도봉만 설치하는 것보다 효과가 있을 것이라 생각하였다. 그리고 도심형 중앙분리대의 설치위치에 대해 의견을 묻는 다음과 같은 질문(5점 척도)에서 설치위치와 관계없이 심리적 압박이나, 운전의 어려움에 대해서는 피험자마다 의견이 다르지만, 정상적인 주행가능성에 대한 질문은 “그렇다”에 가깝게 답을 한 피험자가 많다. 반면, 시설이 가까울수록

발생할 심리적 부담, 차량파손, 주행속도 등에서는 “그렇다”라 답을 한 피험자가 많았다. 충돌가능성으로 인한 운전의 어려움에 대해서는 피험자마다 의견이 달랐다. 마지막으로 도시부 도로에서 중앙선침범 교통사고를 줄이고 보행자 무단횡단금지를 위해 가장 효과적으로 생각되는 시설을 선택하라는 질문에서 중앙분리대(1m) 내에 설치(19명), 최소 측대범위 25cm만 확보한 중앙선(4명), 측대 10cm로 축소된 중앙선(3명), 현재 중앙선 폭원 내에 설치(3명), 시선유도봉(1명), 중앙선만 설치(0명)의 순으로 가장 효과적이라 생각하고 있다. 이상의 실험 후 설문조사에서 중앙분리대 1m 내에 도심형 중앙분리대를 설치한 안이 주행안전성 측면에서 가장 좋은 안으로 분석되었다. 도심형 중앙분리대는 주행안전성 측면에서 중앙분리대 폭 1.0m 이상 확보해야만 시설물 파손이나 차로 이탈을 방지할 수 있다. 단, 부득이 도로폭이 좁아 용지 확보가 곤란한 경우 0.5m 이상 노면표시만 설치한 경우에 한해 도심형 중앙분리대의 설치를 검토할 수 있다. 그리고 현재 중앙선 위에 시선유도봉이나 도심형 중앙분리대를 설치하는 것은 운전자 실수에 의한 중앙선 침범을 유발할 가능성이 높고 이로 인해 시설물 파손의 가능성이 높아 중앙선 위에는 표지병 이외의 시설물 설치를 금하는 것이 바람직하다.

5. 도심형 중앙분리대(I) 시뮬레이션

5.1 프로그램 개요

LS-DYNA는 1976년부터 다양한 충돌하중에 대한 해석을 위해 LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory)에서 John O. Hallquist 박사에 의해 최초로 개발되기 시작하여, 1988년에 LSTC사의 설립과 함께 다양한 접촉문제의 해결과 충돌해석 등의 분야에 광범위하게 적용되고 있다. 주요 활용 분야로는 비선형 충돌 해석, Acoustic 해석, 열해석, 유체해석 등의 분야에서 쓰이고 있으며 특히 도로안전시설분야에서 활용하기 위한 차량 모델의 검증 및 도로안전시설물과의 다양한 충돌 시뮬레이션이 실시되어 높은 신뢰도를 보여주고 있다. 계속된 프로그램의 보완으로 다중 프로세서 시스템에 대한 지원과 컴퓨터 시스템의 비약적 발전으로 복잡하고 방대한 시뮬레이션이 가능하게 되어 활용범위가 더욱 커지고 있다.

5.2. 도심형 중앙분리대(I) 모델링

5.2.1. 차량모델

국내 도로안전시설 평가기준 차량과 가장 유사한 차량모델인 NCAC (National Crash Analysis Center at George Washington University)에서 개발한 Neon 차량 모델(NCAC, 2000)을 사용하였고 차량의 중량은 1.3 ton이며 차량제원은 표 5와 같다.

표 5. Neon 차량의 제원

구 분	제 원
Weight(kg)	1,333
Engine Type	2.0L I4
Tire size	P185/65R15
Wheelbase(mm)	2,648
CG(mm), Rearward of front wheel C/L	1,046

5.2.2. 도심형 중앙분리대 (I) 모델

도심형 중앙분리대(I)는 그림 4 및 그림 5와 같이 중앙분리대의 높이는 지면에서 1m이고 지간 1.5m의 본체 프레임으로 구성되며, 본체 프레임 내부는 와이어 매쉬로 구성되어 있다. 본체 프레임 지주간은 0.5m의 간격으로 와이어 매쉬 프레임으로 연결되며 재료는 구조용 강재(SS400)를 사용하였다. 도심형 중앙분리대(I)의 기초는 지주가 아스콘 포장면에 매입되어 강결된 경우와 Breakaway기능을 갖는 지주에 대하여 검토하였다. Breakaway기능은 충돌시 지주가 분리되도록 고안된 장치로 철재 지주 내부에 노치가 있는 플라스틱 파이프가 삽입된 형태이고 도심형 중앙분리대(I)의 실제 형상은 그림 6과 같다.

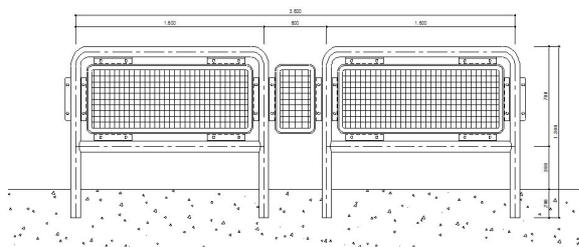


그림 4. 도심형 중앙분리대 (I) : 강결 기초

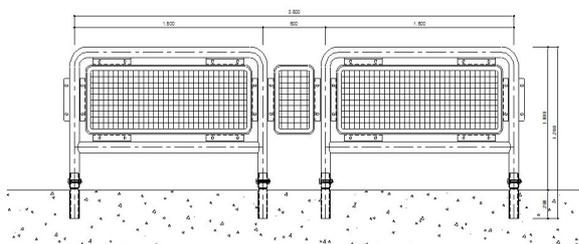


그림 5. 도심형 중앙분리대 (I) : Breakaway 기초



그림 6. 도심형 중앙분리대 실제 형상

5.2.3. 충돌조건

차량의 충돌조건은 표 6과 같이 차량은 1.3ton 중량의 모델을 사용하였으며, 충돌속도는 60km/h일 때는 충돌각도를 15°로 설정하였고, 충돌속도가 30km/h일 때는 충돌각도를 15°와 20°로 설정하였다. 충돌 중 차량과 도심형 중앙분리대(I)과의 힘의 상호 전달을 위해 Contact을 적용하였으며, 차량 바퀴와 지면과의 마찰 계수는 0.9를 적용하였고, 전체 모델에 대해 Z방향 중력가속도 1g(9810mm/sec²)를 적용하였다. 지중에 근입되는 Breakaway 지주는 지면 이하를 SPC 구속조건을 사용하여 구속하였다.

표 6. 충돌조건

조 건	차량중량	충돌속도	충돌각도	비 고
A	1.3ton	60km/h	15°	Breakaway지주
B			15°	Fix 지주
C		30km/h	15°	Fix 지주
D			20°	Fix 지주

5.3. 도심형 중앙분리대 (I) 충돌시뮬레이션 결과

도심형 중앙분리대(I)에 차량 충돌에 따른 탑승자 안전도를 확인하기 위해 도로안전시설 설치기준 및 관리 지침(2002, 건설교통부)의 탑승자 안전도 평가 기준을 적용하였다. 또한 탑승자 안전도는 미국 TTI에서 개발한 TRAP(Test Risk Assessment Program)을 사용하여 계산하였다.

TRAP은 충돌시험이나 시뮬레이션을 통해 얻어진 데이터를 분석하여 탑승자의 안전도를 측정하는 프로그램으로 미국 HCHRP Report 350에 규정되어 있는 OIV(Occupant Impact Velocity)와 ORA(Occupant Ridedown Acceleration)뿐만 아니라 유럽표준위원회(CEN, European Committee for Standardization)에 규정되어 있는 THIV(Theoretical Head Impact Velocity)와 PHD(Post-impact Head Deceleration) 그리고 ASI(Acceleration Severity Index)도 분석 가능하다.

5.3.1. 차량 거동 분석

도심형 중앙분리대(I) 충돌시뮬레이션 결과 차량을 50ms Average로 구한 최대가속도는 X축의 경우 A, B, C, D조건이 각각 -1.5g, -2.3g, -5.3g, -3.2g로 나타났으며 Y축의 경우에는 -2.3g, -2.6g, -4.2g, -2.4g로 나타났다. 차량의 Yaw축 변화는 A, B, C, D조건이 각각 최대 13.5°, 19.4°, 4.5°, 2.5° 회전하였고, 차량은 A, B, C, D조건이 각각 5.4km/h, 8.5km/h, 26.4km/h, 15.3km/h의 감속을 보였다. 도심형 중앙분리대(I)의 최대변형은 A, B, C, D조건이 각각 0.09m, 0.17m, 0.51m, 1.77m 발생하였다. A, B조건에서의 차량거동은 도심형 중앙분리대(I)과 충돌 후 방향을 선회하여 이탈하였고 충돌중 구조부재의 비산은 발생하지 않았으며, 제3자에게 피해를 줄 수 있는 거동은 관찰되지 않았다. C조건에서는 해석상 오류로 인하여 0.26sec까지 거동을 관찰하였다. C조건에서의 차량거동은 도심형 중앙분리대(I)과 충돌 후에 충돌한 측면의 바퀴가 도심형 중앙분리대(I)를 타고 상승하는 거동을 보이며 약간의 방향 선회가 관찰되었고 충돌중 구조부재의 비산은 발생하지 않았다. 마지막으로 D조건에서의 차량거동은 차량충돌로 인해 Breakaway 지주는 충격에 의해 정상적으로 절단되었으며, 연속적으로 절단이 진행되는 거동을 보였고 도심형 중앙분리대(I)로 인한 차량의 방향 선회는 미미하였다.

표 7. 충돌 해석 결과

조 건	최대 가속도(50ms Moving Average, g)		각도(°)	ΔV (km/h)	변 형(m)
	X	Y			
A	-1.5	-2.3	13.5	5.4	0.09
B	-2.3	-2.6	19.4	8.5	0.17
C	-5.3	-4.2	4.5	26.4 * 0.26 sec	0.51
D	-3.2	-2.4	2.5	15.3 * 0.26 sec	1.77

5.3.2. 탑승자 안전도 분석결과

탑승자 충격속도(THIV)는 표 6의 충돌조건 A, B, C, D에서 각각 10.2km/h, 11.8km/h, 16.1km/h, 12.3km/h로 나타났고, 탑승자가속도(PHD)는 각각 4.2g, 4.2g, 10.6g, 3.9g로 나타났다. 이탈속도는 A, B, C, D조건이 각각 충돌속도의 82.7%(24.8km/h), 21.0km/h(70%), 34.0km/h(56.7%), 44.7km/h(74.5%)이며, 이탈각도는 A조건과 B조건만 이탈하였는데 각각 충돌각도의 21.3%(3.2°), 15.5%(3.1°)로 탑승자 안전 성능을 모두 만족하여 충격에 따른 탑승자 상해는 미미한

것으로 분석되었다.

또한, A, B, C조건에서는 충돌 중 차량의 전도 등 이상거동은 관찰되지 않았으며, 도심형 중앙분리대(I) 부재의 비산은 발생하지 않아 탑승자 및 2차사고의 위험 요소는 관찰되지 않았다. 하지만 D조건에서는 해석 종료 시점의 속도는 44.7km/h로 충돌속도의 75.5%로 나타났으나, 차량의 방향 선회는 이루어 지지 않아 반대차로로 충돌차량이 진입하여 반대차로 차량과의 충돌 가능성이 나타났다.

도심형 중앙분리대(I) 충돌시뮬레이션 결과를 종합하면 다음과 같다. 시뮬레이션 결과 강결된 지주를 사용한 도심형 중앙분리대(I)는 충돌속도 30km/h의 조건에 대해 충돌각도 15° 및 20°에서 충돌차량을 방호하여 반대차로로 침범을 허용하지 않았으며 차량은 부드럽게 방향을 선회하여 이탈하였다. 또한 도심형 중앙분리대(I)의 변형은 각각 0.09m 및 0.17m로 나타나 중앙선 시설한계가 협소한 구간에 설치되어도 반대차로로 시설의 침범은 발생하지 않을 것으로 판단된다. 그리고 충돌속도 60km/h 및 충돌각도 15°의 경우 충돌 차량이 도심형 중앙분리대(I)를 승월하는 거동을 보였지만, 반대차로로 차량이 진입할 가능성은 낮은 것으로 분석되었다. 마지막으로 충돌속도 60km/h 및 충돌각도 15°의 경우 도심형 중앙분리대(I)의 변형이 0.51m 발생하여 반대차로로 도심형 중앙분리대(I)의 부재의 침범 가능성이 나타났다. Breakaway 지주를 사용한 경우 차량충돌에 대해 Breakaway기능은 정상적으로 수행하였으며, 도심형 중앙분리대(I)는 차량의 방향을 선회시키지 못하는 것을 확인하였고, 도심형 중앙분리대(I)의 변형은 1.77m

표 8. 탑승자 안전도 분석결과

측정항목	성능 기준	시험결과			
		A조건	B조건	C조건	D조건
탑승자 보호성능	탑승자 충격속도(THIV) 33km/h 이하일 것	10.2km/h	11.8km/h	16.1km/h	12.3km/h
	탑승자 가속도(PHD) 20g's 이하일 것	4.2g	4.2g	10.6g	3.9g
충돌 후 차량거동	차량의 전도 등이 없을 것	없음	없음	-	없음
	이탈속도는 충돌속도의 60% 이상	24.8km/h (82.7%)	21.0km/h (70%)	34.0km/h (56.7%)	44.7km/h (74.5%)
	이탈각도는 충돌각도의 60% 이하	3.2° (21.3%)	3.1° (15.5%)	-	-
구성 부재 비산 억제 성능	구성부재가 도로상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해를 주지 않을 것	없음	없음	없음	대향차로 침범 가능성

발생하여 반대차로로 시설이 침범하여 반대차로로 운행 중인 차량과의 충돌 가능성을 보였다.

충돌 시뮬레이션 결과 강도 및 충돌거동에 대한 기준 없이 임의로 제작·설치되는 도심형 중앙분리대의 경우 2차사고 위험이 매우 큰 것을 알 수 있다. 특히, 지주와 지면과의 고정방법에 대해 강결 및 Breakaway 지주에 대한 시뮬레이션을 통하여 지주가 지면과 완전 고정된 경우와 완전 고정되지 않거나 강성이 약한 접합에 대해 검토한 결과 지주의 고정방법에 따라 2차사고 위험성과의 연관성이 높은 것으로 나타났으며, 지주 구조의 선정 및 시공방법을 명확히 할 필요가 있다. 결론적으로 도심형 중앙분리대는 설치 위치, 차량 주행 환경 및 설치 목적이 기존의 차량방호울타리와 상이하여 기존의 차량방호울타리 등급을 적용하기 곤란하므로 시설의 목적에 맞는 별도의 차량방호울타리 등급이 필요한 것으로 분석되었다.

6. 결론

도심형 중앙분리대는 도시부 보행자 및 이륜차의 무단 횡단과 차량 및 이륜차의 불법유턴으로 인한 대형 교통사고를 예방하며, 야간 및 악천후 시 운전자의 시선을 유도하여 안전주행을 도모하기 위해 설치하는 시설이다. 경찰청은 중앙선(차선거리 30cm)위에 설치하는 새로운 형태의 도심형 중앙분리대에 대한 기준 마련을 국토해양부에 요구하였다. 이에 도심형 중앙분리대 설치기준마련을 위한 연구가 매우 시급한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내·외 관련 기준검토, 도로주행 시뮬레이터를 활용한 중앙분리대 최소 이격거리 실험, 도심형 중앙분리대 충돌시뮬레이션을 통한 연구를 수행하였다. 도심형 중앙분리대에 대한 연구결과 설치효과 보다는 안전적인 측면에서 차량용 방호울타리의 강한 방호기능을 가질 수 없기 때문에 차량과의 충돌 후 파손되어 부재이탈이 발생하게 된다. 이를 통해 2차사고 등을 유발하게 되어 교통안전에 부(-)의 효과를 가져 올 수 있다는 결론을 얻었다. 이에 향후에는 2차 사고를 최소화 할 수 있는 중앙분리대의 소재에 대한 개발이 필수적으로 이루어져야 한다고 판단된다. 이에 본 연구에서 제안한 도심형 중앙분리대(I)은 수많은 대안 중 하나를 제시한 것이다. 또한 주행안전성 측면을 고려해 볼 때 도심형 중앙분리대를 설치할 경우 중앙분리대 폭 1.0m 이상을 확보해야만 시설

물 파손이나 차로이탈을 방지할 수 있는 것으로 분석되었다. 단, 부득이 도로 폭이 좁아 용지확보가 곤란한 경우 0.5m 이상 노면표시만 설치한 경우에 한해 도심형 중앙분리대의 설치를 할 수 있다. 또한 현재 중앙선 위에 시선유도봉이나 도심형 중앙분리대를 설치하는 것은 운전자 실수에 의한 중앙선 침범을 유발할 가능성이 높고 이로 인해 시설물 파손의 가능성이 높아 중앙선 위에는 표지병 이외의 시설물 설치를 금하는 것이 바람직하다.

참고 문헌

- 국토해양부(2009), "도로법 전부개정 법률안-부처 의견조회용" 및 설명자료.
- 건설교통부(2001), "도로안전시설 설치 및 관리지침-차량방호안전시설편".
- 건설교통부(2001), "차량방호안전시설성능기준 개선연구"
- 건설교통부(2001), "차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람".
- 김경석, 김승림(2003), "중앙분리대 사고감소효과 분석연구", *대한교통학회지*, 제21권 제2호, pp 45~60
- 도로교통공단(2008), "교통사고통계분석"
- 도로교통공단(2009), "교통사고통계분석"
- 문영주(2001), "중앙선침범사고 예측모델 개발 연구", 전남대학교 석사학위청구논문.
- 여운웅(1999), "중앙선 침범사고 예방대책 연구", 도로교통공단
- 유기열, 장영채, 유충섭, 최석훈(2010), "보행자 교통사고 특성분석에 관한 연구", *제62회 대한교통학회 학술발표회 논문집*
- 정봉조, 장명순(2003), "콘크리트 중앙분리대 방호울타리 형식별 성능비교 연구", *대한교통학회지*, 제21권 제1호, pp 115~125
- 하태준, 김성호, 박제진(2002), "지방부 2차로 도로의 중앙선침범 예방시설물 설치기준 개발 연구", *대한교통학회지*, 제20권 제7호, pp 59~67
- 한국도로교통협회(2008), "도로안전시설 정비 및 지침개정 연구 최종보고서", 국토해양부
- AASHTO(1996), "Roadside Design Guide", 1996.
- European Committee for Standardization(1997), "Road Restraint System".
- H.E.Ross, JR., D. L. Sicking, and R. A. Zimmer (1993), "Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features", NCHRP Report 350, TRB, Washington, D.C..
- (접수일 : 2011. 10. 10 / 심사일 : 2011. 10. 13 / 심사완료일 : 2011. 12. 7)