

충격완화형 철재 중앙분리대의 개발



유 경 수*



윤 태 양**

1. 서 론

고속도로 교통사고는 매년 증가하고 있으며 이로 인한 피해가 속출하여 사회적 문제로 대두되고 있다. 우리나라 경제의 고속성장에 따른 물류 이동의 확대와 생활여건 향상으로 인한 레저인구의 증가로 이를 수용하기 위한 도로건설의 필요성은 날로 증가되고 있으며 이에 따라 고속도로는 2004년까지 3500km에 이르는 도로를 건설하여 전국을 격자망(9×7) 형상으로 연결하는 도로망을 구축하게 된다.

교통사고의 발생은 도로, 자동차 및 운전자와 교통환경의 복합적인 부조화에 의해 발생되고 있다. 우리나라는 교통 후진국의 지표가 되는 교통사고를 줄이기 위하여 각부에서 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 도로측면에서 도로구조나 포장 및 교통환경의 개선을 위하여 매년 많은 노력을 기울이고 있으며 일부에서는 교통사고를 줄

이는데 커다란 성과를 거두고 있다.

본 연구는 도로시설의 개량을 통하여 교통사고의 피해를 줄이기 위한 방안으로 도로 안전시설 중의 하나인 중앙분리대 방호울타리의 개량, 즉 새로운 형태의 철재 중앙분리대 방호울타리의 개발을 통해서 교통사고의 피해확대를 방지하고 결과적으로 교통사고로 인한 국민의 인명과 재산의 피해를 줄이고자 한다. 이는 국민의 생활수준 향상에 따른 인명존중 의식의 고양으로 도로방호시설에 있어서도 기존의 단순한 차량방어 기능보다는 인명피해를 줄일 수 있는 충격흡수형 방호시설이 요청되기 때문이다.

고속도로의 중앙분리대 방호울타리에 철재를 사용하므로써 방호시설에 소성변형에 의한 충격완화 기능을 부여하여 차도를 이탈한 차량이 중앙분리대 방호울타리의 승월과 파손에 의한 대향차로측의 진입을 방지하고 충돌시 탑승객이 받는 충격을 감소시켜 차량과 탑승객의 피해를 줄이고 대향방

* 한국도로공사 도로연구소, 연구위원, 공학박사

** 포항산업과학연구원 철강엔지니어링센터, 설계팀장, 공학박사

향 차량의 피해를 줄일 수 있는 새로운 재질과 형태의 충격흡수형 철재 중앙분리대 방호울타리를 설계하고 실물차량 충돌실험을 실시하고 그 결과를 분석하여 탑승객의 안전성을 검증하고자 한다.

2. 중앙분리대 방호울타리의 설계기준

2.1 중앙분리대 방호울타리 개념

중앙분리대는 "차로를 왕복방향별로 분리하게 하고, 측방여유를 확보하기 위하여 도로중앙부에 설치되는 띠모양의 분리대와 측대"를 말하고 있으며¹⁾, 방호울타리는 "주행중 진행방향을 잘못 잡은 차량이 길밖, 대향차로 또는 보도 등으로 이탈하는 것을 방지하여 차량 탑승자 및 차량, 보행자 또는 도로변의 주요시설을 안전하게 보호하기 위하여 설치하는 시설"이다²⁾.

위의 내용을 정리하여 보면은 중앙분리대 방호울타리라 함은 "중앙분리대에 설치되어 주행중 진행방향을 잘못 잡은 차량이 대향차로로 이탈하는 것을 방지하여 차량탑승자 및 차량을 안전하게 보호하는 시설이며 부가적으로 사고차량을 정상 진행방향으로 복원시키며 운전자의 시선 유도, 보행자의 무단횡단 억제 등의 목적을 가지고 있다고 볼 수 있다.

중앙 분리대 방호울타리와 차량의 충돌 위험은 항상 존재하고 있고 충돌시 차량의 전복, 급격히 이탈각도로 인한 추돌사고가 많이 나타나고 있다. 중앙분리대 방호울타리(median barrier)는 대체로 도로변 방호울타리와 유사하지만 자동차의 상, 하행 양방향의 충돌 가능성을 대비하여 설계되는 차이가 있다. 고속도로에서의 중앙 분리대 방호울타리의 기능적 특성을 살펴보면 다음과 같다.

■ 차량의 충돌시 충돌차량을 방어하고 원래의 진행방향으로 복귀하도록 한다.

■ 충돌로 인한 탑승자 및 차량의 피해를 최소화한다.

■ 상, 하행방향 차도의 교통분리

■ 다른 정상적인 차량의 안전확보(분리대 진입차가 대향차도에 돌입하는 것을 방지하여 정상

주행을 하고 있는 다른 차량과의 충돌 또는 교통장애가 되는 것을 방지)

■ 측방 여유 폭 확보(시설한계, 시거 확보 등에 필요한 여유 폭)

■ 배수시설 등 설치의 장소

■ U턴 방지

■ 대향방향 차량에 의한 현광 방지

고속도로와 중앙 분리대 방호울타리는 불가분의 관계가 있으며 그 기능과 역할이 교통소통과 안전에 미치는 영향은 막중하다. 중앙 분리대 방호울타리는 상, 하행 왕복차선을 완전분리함으로써 도로 중심축의 교통저항을 감소시키고 원활한 교통소통을 가능하게 하여 교통용량을 크게 한다. 또한 주행차량의 무단회차와 대향차선으로 이탈하는 것을 방지하여 사고를 미연에 막아주고 교통의 흐름을 바르게 잡아주어 도로의 안정성을 높이는 역할 등 고속도로의 안전시설물로서의 기능과 역할은 대단히 크다.

그리고 중앙 분리대는 도로의 경관조성 및 운전자의 시선을 유도하는 기능을 가진 안전시설물이기도 하다. 중앙 분리대는 폭원이 넓을수록 그 기능을 크게 발휘한다. 분리대가 넓으면 야간주행시 전조등에 의한 현광의 영향이 적으며 돌발사태시 정차나 진로회복의 여지가 크기 때문에 대형사고를 방지할 수 있으며, 유지관리 작업도 한결 용이하고 경관도 아름답게 가꿀 수 있다. 이에 비하여 분리대의 폭원이 좁을 경우에는 현광방지를 위하여 판이나 망 등을 별도로 설치하여야 한다.

2.2 방호울타리 설계를 위한 차량충돌실험 및 안전설계 기준

안전성이 높은 방호울타리의 설계를 위해서는 차량의 충격을 최대한 흡수, 확산시켜 탑승객의 안전을 확보하는 것이 이상적일 수 있다. 즉 충돌중 큰 변형을 갖을 수 있는 방호울타리의 재료나 구조를 생각할 수 있다. 그러나 도로가 제한적인 공간임을 감안할 때 무한정의 시설변형을 허용할 수는 없는 실정이다. 따라서 기본적인 도로공간에서 허용할 수 있는 최대변형량을 감안하여 방호울타리의 설계를 하여야 한다.

기존의 방호시설의 설계 및 안전기준은 이러한 도로와 교통조건을 만족시키는 범위 내에서 차량 탑승객의 안전과 시설의 구조적 안정성을 확보할 수 있는 기준이어야 한다. 우리나라의 중앙분리대 방호울타리의 설계기준은 <표 2-1>과 같다.

실물차량 충돌실험을 위하여 국내기준을 검토한 결과 차량중량 및 차량의 가속도 기준의 적용에 있어 현실성이 크게 떨어짐을 발견하였다. 따라서 그 동안 많은 연구를 통해 실물차량 충돌실험을 수행한 바 있는 미국의 기준을 추가로 검토하였다. 방호울타리에 대한 충돌시험 조건, 기준 및 평가기준은 아직 미국 내에서도 명확하게 범규화 되지는 않았다.

그러나 많은 연구를 통해서 정형화된 기준을 제시하고 있으며 FHWA (Federal Highway Administration)에서 발간한 연구 보고서 NCHRP Report 350은 도로상의 위험정도에 따라 방호수준을 여섯 수준으로 구분했다.

NCHRP report 350에서는 방호울타리의 안전성 평가 기준으로 충돌 후 구조적 적합성, 승객의 위험도, 차량의 궤적에 대하여 제시했다. 구조적 적합성에 관한 기준은 차량의 충돌 후 차량의 상태, 방호시설의 상태 등을 규정했고 승객의 위험도에 관한 기준은 승객의 안전에 영향을 주는 상대 충돌속도, 충돌 후 승객이 받게 되는 최대가속도를 규정하고 있다.

차량 안전기준에 관한 관련 규칙의 차량의 안전도 법규는 자동차 설계시 자동차가 주행 중에 도로 시설물이나 다른 차량과 충돌하였을 때 탑승객의 안전성을 확보하기 위하여 정한 기준으로 충돌

형태에 따라 인체의 각부위에 대한 충격을 가속도와 하중으로 환산한 것이다. 물론 이 기준을 방호울타리의 설계와 안전기준에 직접 적용하는 것에 논란의 여지가 있을 수 있을 것이다. 그러나 지금까지 수많은 차량 충돌실험을 수행하였고 그 결과로 안전한 차량을 개발하였던 것을 감안하면 국내 방호울타리의 안전기준을 설정하는데 있어서 많은 참고가 될 수 있을 것이라 판단된다.

앞에서 언급한 국내외의 방호울타리 설계와 안전기준 그리고 차량충돌 안전기준을 고려하여 본 연구에서는 중앙분리대 방호울타리와 차량의 충돌과 관련하여 실험 및 탑승객의 안전도를 평가하는 충돌실험 기준을 <표 2-2>, 안전도 평가하는 기준을 <표 2-3>과 같이 정리하였다

3. 철재 중앙분리대 방호울타리의 설계 및 방호작용

본 연구에서는 보다 차원 높은 교통 안전성을 확보할 수 있는 방호울타리의 개발을 위하여 재료의 특성상 높은 연성으로 차량충돌시 충격력 흡수가 뛰어난 철재를 이용한 중앙분리대 방호울타리의 새로운 설계를 제안하였다. 철재 중앙분리대 방호울타리는 운전자의 안전성을 위해 충격 흡수성 최대한 고려했고 인명과 차량 피해 최소화, 차량을 원래의 주행방향으로 복귀, 차량전복 방지, 철재 중앙분리대의 경제성과 시공성에 주안점을 두고 설계하였다.

기본적인 설계에 의거해서 새로 개발된 철재 중앙분리대 방호울타리의 구조적, 기능적 특징을 살펴보면 다음과 같다.

■ 경제성을 최대한 고려하여 기존 노측용 가드레일을 사용함.

표 2-1 중앙분리대 방호울타리 설계기준³⁾

구 분	설 계 조 건					
	차량의 충돌속도 (km/h)	차량의 중량 (ton)	충돌각도 (°)	차량이 받는 가속도 (g)	최대충돌 변형거리 (m)	
					지주를 흡수에 매입할 때	지주를 콘크리트에 매입할 때
고속국도, 자동차전용도로, 주요 일반국도	60	14 및 3.5	15	4이하	1.5이하	0.5이하
기타도로	40				1.1이하	0.3이하

표 2-2 중앙분리대 방호울타리 충돌실험기준

차량의 충돌 속도 (km/h)	차량의 중량 (ton)	차량의 충돌각도 (°)	비고
60	승용차	15	
80			
100			

표 2-3 차량과 중앙분리대 방호울타리 충돌시 탑승객 안전기준

상 해 기 준	
인체 모형	<ul style="list-style-type: none"> • 산식에 의하여 산출되는 인체모형 머리의 상해기준값이 1,000 이하일 것 a : 중력가속도의 배수로 표시되는 합성가속도 t₁, t₂ : 충돌중 36/1,000초 이하의 간격을 갖는 임의의 두순간 • 흉부의 가속도가 3/1,000초 이상 연속적으로 중력가속도의 60배를 초과하지 아니할 것 • 대퇴부의 압축하중이 1,020kg을 초과하지 아니할 것 • 인체모형의 어느 부분도 차실을 벗어나지 아니할 것
차량	<ul style="list-style-type: none"> • 충돌 후 차량이 인접 차로로 침범하지 않는 것이 바람직하다. • 차량이 시험 구조물과의 접촉이 없어지는 순간에 시험 구조물로부터의 탈출 • 각도는 시험 충돌각도의 60%보다 작아야 한다. • 차량의 가속도가 4g이하이어야 한다 • 알맞은 roll, pitching과 yawing이라도 차량은 충돌시 혹은 충돌 후에 바로 서있어야 한다.

■ 차량 충돌시 충격흡수와 차량 이탈방지를 위한 연결대를 설치함.

■ 레일 외면이 아래로 향하도록 연결대를 제작하여 차량의 전복방지 및 방향 유도

■ C형강 지주 채택 : 차량충돌시 차량과 지주의 2차 충돌방지, 지주간격은 4.0m, 2.0m, 1.33m 간격으로 설치가능, 지주 size 교통특성에 따라 C100, C125 설치

■ 연결대와 지주를 연결하는 조임쇠 설치 : 연결대와 지주 밀착가능.

■ 연결대와 C형강 지주의 채택으로 인한 종합적 거동

- 충돌에너지가 클 경우 조임쇠와 지주 사이에서 분리 발생

■ 연결대 없이 원형지주를 사용하였을 경우의 거동

- 지주의 강성이 커 차량과 지주의 2차 충돌 발생

■ 조립이 간단, 시공 편리

새로 개발한 철재 중앙분리대의 레일은 기존의 W형 보를 사용하였으며 지주는 C형강(100×50 20×5, 또는 125×60×30×4.5)을 사용하여 도로의 곡선반경이나 교통특성에 따라 4.0m, 2.0m, 1.33m 간격으로 설치한다. 이때 W형 보는 지주

의 앞면에 돌출하여 설치되도록 연결대를 사용하였다. 연결대는 <그림 3-1>과 같이 4mm두께의 철판을 가공하여 제작하였다.

연결대는 3개의 M16 볼트로 조임쇠와 견고하게 연결되어 있다. 그리고 조임쇠는 2개의 M12 볼트로 지주에 고정되어 있어서 차량의 충돌시 이곳에서 분리가 일어나게 하였다. 연결대의 상부 플랜지는 압축력을 바로 받을 수 있도록 되어 있는데 반하여 하부 플랜지는 그 끝부분이 W보의 뒷면에서 조금 떨어져 있다. 이것은 차량의 충돌이 있을 때 단계적으로 변형되면서 충돌에너지를 흡수할 수 있도록 제작하였다.

이 철재 중앙분리대의 방호작용은 2단계로 구분하여 설명할 수 있다.

■ 첫 번째 단계

W보는 <그림 3-3>과 같이 위쪽이 앞으로 1 : 10 만큼 기울어져 있다. 이로 인하여 뒷방향으

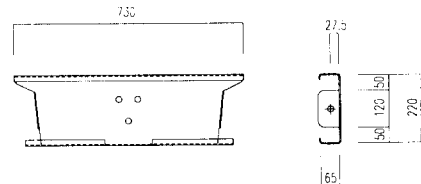


그림 3-1 새로 개발한 철재 중앙분리대의 연결대

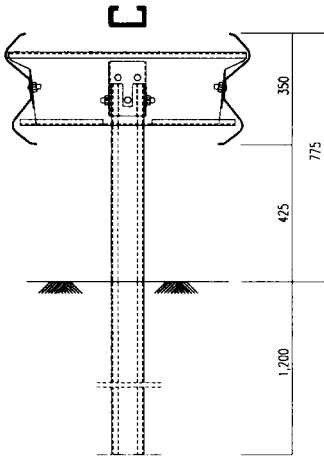


그림 3-2 새로 개발한 철재 중앙분리대의 모습

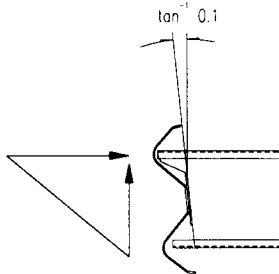


그림 3-3 가드레일과 연결대의 조립상태

로 작용하는 힘을 좀 더 확실하게 W보에 전달할 수 있으며 또한 차량의 윗부분에 반력이 작용하므로 차량의 방향을 유도하는데 유리하게 작용한다. 이렇게 기울어져 설치된 W보는 차량이 충돌하면 위로 들어올려지며, 이어서 연결대의 하부 플랜지가 변형된다. 따라서 방호울타리를 따라 미끄러져 가는 차량부분에 작은 힘이 작용하게 되며 순간적인 매우 큰 응력은 일어나지 않게 할 수 있다. 이때까지는 W보와 지주와의 분리가 일어나지 않고 지주만 조금 휘어지는 상태가 된다. 이때 충돌에너지는 반대편의 W보에도 전달된다.

▣ 두 번째 단계

충돌에너지가 클 경우에는 두 개의 M12 볼트가 파괴되면서 지주와 조임쇠 사이에 분리가 일

어난다. 지주로부터 분리된 W보는 충돌에너지의 크기에 따라 뒤쪽으로 변형된다. 이때 연결대는 <그림 3-4>와 같이 W보를 받쳐주며 차량의 반대편 차로의 이탈을 막아주는 역할을 한다. 이때 지주는 이미 휘어져서 차량 바퀴 밑으로 들어가 땅에 누워있게 된다. 충돌에너지는 W보와 연결대, 차량차체 등의 변형에너지와 마찰에너지 등으로 변하게 된다.

4. 철재 중앙분리대 방호울타리의 실물차량 충돌실험

4.1 소형차량 충돌실험 결과

철재 중앙분리대 실차충돌시험에서는 실제 도로 상황과 근접시키기 위하여 충돌속도를 고속도로 최고제한속도의 80%인 80km/h로 하였으며 보다 정확한 운전자의 안전도 데이터를 얻기 위하여 센서를 부착한 인체모형과 인체모형의 센서에서 데이터를 받는 충돌종합계측장비를 실험차량에 탑재하였다. 실험조건은 <표 4-1>과 같다.

실물차량 충돌실험에서는 인체모형을 이용해 차량의 중앙분리대 충돌시 인체모형의 머리상해치(HIC), 흉부가속도, 대퇴부의 압축하중, 차량의 최대가속도 한계치를 측정했다. 탑승객의 상해치를 측정하는 것은 철재 중앙분리대의 충격흡수력과 구조적인 안전성을 검증하는데 매우 중요

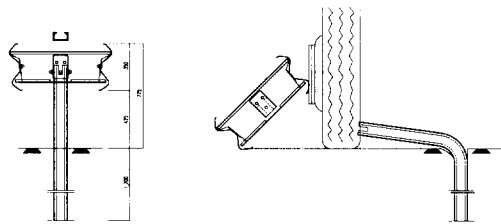


그림 3-4 차량충돌시 새로 개발한 철재 중앙분리대의 거동

표 4-1 실물차량 충돌실험 조건

구분	충돌속도 (km/h)	실험차량	충돌각도 (°)	인체모형
충돌조건	80	소형승용차	15	Hybrid II

한 요인이다. 인체모형의 두부상해치(HIC)를 측정하기 위해 인체모형의 머리속 무게중심점에 가속도 센서를 부착했고 흉부가속도, 대퇴부의 압축하중을 측정하기 위해 인체모형의 각부위의 무게중심점에 측정센서를 부착했다. 또한 현행 기준상의 차량 가속도 측정을 위하여 차량의 무게중심점에 가속도계를 장착하였다.

■ 고속카메라 촬영 결과 분석 및 차량상대

차량의 중앙분리대 충돌 후 철재 중앙분리대 방호울타리의 변형은 미소하였으며 충격력은 철재 중앙분리대의 탄성변형 영역에서 모두 흡수된 것으로 분석되었다. 고속카메라의 필름 분석결과 차량의 충돌시 철재 중앙분리대는 측면으로 큰 탄성변형을 보였다가 원래의 상태로 되돌아 왔다. 실험후 철재 중앙 분리대를 조사한 결과 충돌지점의 제 1 지주가 5도 정도 기울었을 뿐 다른 변형은 조사되지 않았다. 또한 철재 중앙분리대는 차량 원래의 주행방향으로 유도하는 기능이 아주 뛰어났다. 충돌차량은 충돌중 방호시설에 미끄러지면서 진행하다가 차량의 브레이크 작동과 동시에 이탈되어 정지하였다. 차량의 이탈각도가 거의 없을 정도로 시험차량은 방호울타리를 따라 진행되었다.

실험차량의 손상정도는 1차 접촉부위인 차량의 미등이 파괴되면서 미등 주위의 앞 범퍼가 찌그러지고 흠집이 생겼으며 방호시설에 미끄러지면서 차량 옆부분 바디가 약간 변형이 있을 뿐이었다.

충돌 후 차량의 운전석 앞문의 개폐가 자유로와 운전자의 탈출이 가능했으며 실제 사고시 추가적인 피해발생을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

■ 머리상해치

철재 중앙분리대의 충돌실험 차량에 탑승한 인체모형 머리상해치의 X, Y, Z축의 합성가속도에 의해 표현되는 HIC값은 안전기준에 훨씬 못 미치는 값으로 나타났다.

HIC값은 가속도를 측정한 다음 HIC를 구하는 방정식에 대입시켜 구하는데 이것은 머리상해치를 나타내는 대표적인 값이다. 충돌각도가 15도이므로 머리의 가속도값은 Y축값이 X축값보다 높게 나왔다. <그림 4-2>의 머리상해치의 가속도 그래프와 같이 충돌 0.1sec 부근에서 순간적인 40g이상의 높은 합성가속도를 나타냈지만 지속시간이 짧아 인체 피해를 주지 않을 것으로 판단된다. 그후에는 충돌시간중에 대체적으로 10g 이하의 합성가속도를 나타내고 있어 이로 인한 피해는 나타나지 않을 것으로 판단된다. 이 결과를 두부손상치를 나타내는 HIC값으로 환산한 결과 HIC치는 35가 나왔다. 본 실험의 결과 새로 개발한 철재 중앙분리대 방호울타리는 소형차 충돌실험에 대하여 운전자의 두부에 안전성은 확보되는 것으로 나타났다.

■ 흉부가속도

<그림 4-3>는 운전자의 흉부가속도를 나타내

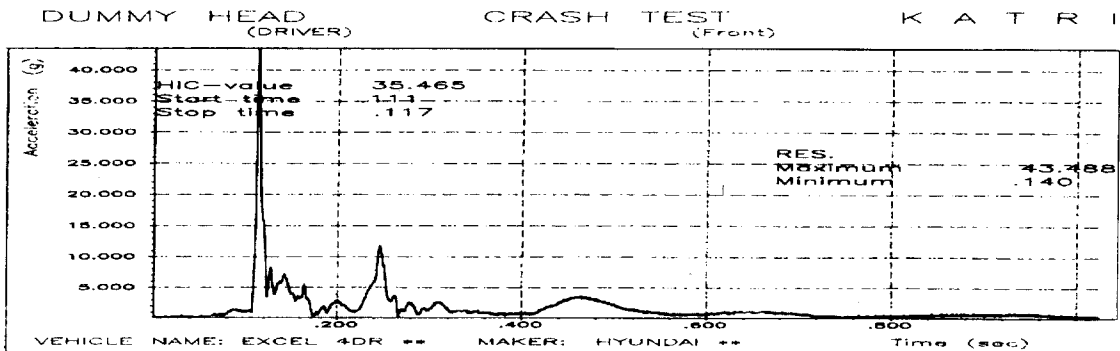


그림 4-2 인체머리 머리상해치의 합성가속도

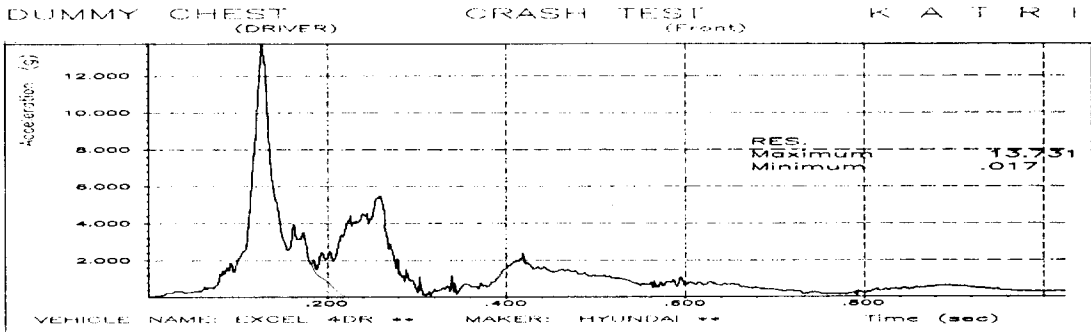


그림 4-3 인체더미의 흉부합성가속도

고 있다. 충돌후 0.14sec에서 가장 높은 13.7g 정도의 가속도를 나타내고 있으며 그후에는 4g이하의 비교적 안정적인 수준을 보이고 있다. 전체적으로 안전기준치 이하의 가속도를 보이고 있어 운전자의 안전을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

■ 대퇴부 압축하중

<그림 4-4>는 사고운전자의 우측 대퇴부에서의 압축하중을 나타내고 있다. 최대 충돌하중은 충돌후 0.14부근에서 700kg 정도를 보이고 있으나 전반적으로는 300kg이하의 충격하중을 보이고 있다. 좌우 대퇴부가 비슷한 위치에 있음을 감안하면 좌측도 비슷한 수준일 것으로 판단된다. 결과적으로 본 실험에 있어서 운전자의 대퇴부의 압축하중은 안전기준치 이하를 나타내고 있어 안전할 것으로 판단된다.

■ 차량의 가속도

충돌차량의 가속도에 대한 정보를 현행 우리나라 방호울타리의 안전기준을 평가하는 유일한 기준으로서 매우 중요한 평가요소이다.

<그림 4-5>는 충돌차량의 합성가속도를 보여주고 있다. 충돌후 0.5sec 부근에서 최대 가속도를 나타내고 있는데 이는 인체모형의 각종 측정데이터의 최대값과는 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 그 원인은 차량충돌시 차량은 곧바로 충격을 받는데 비하여 인체모형은 차량에 의해 간접적으로 충격을 받아 시간적인 경과가 있는 것으로 판단된다.

계측결과 합성가속도가 최대 3.16g를 나타내고 있어 충돌 전 과정에서 안전기준치 이하로 나타났다. 또한 차량은 충돌과정에서 감속과 가속이 순간적으로 나타나고 있음을 보이고 있다.

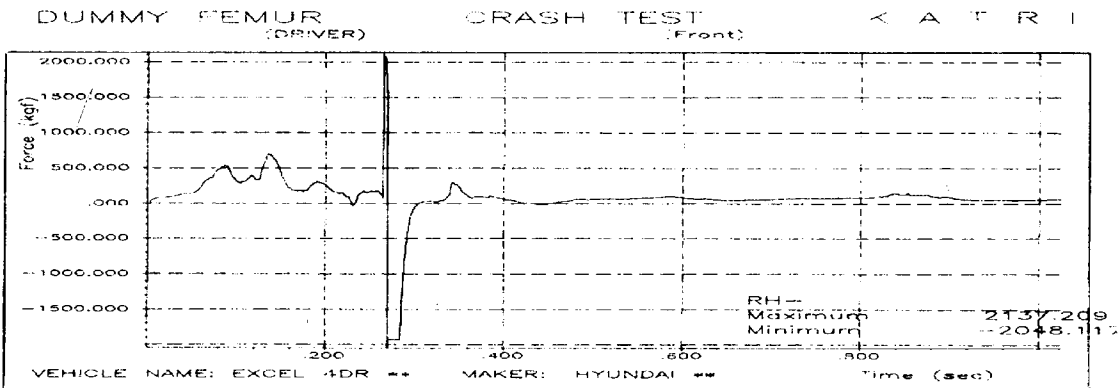


그림 4-4 인체더미의 오른쪽 대퇴부 압축하중

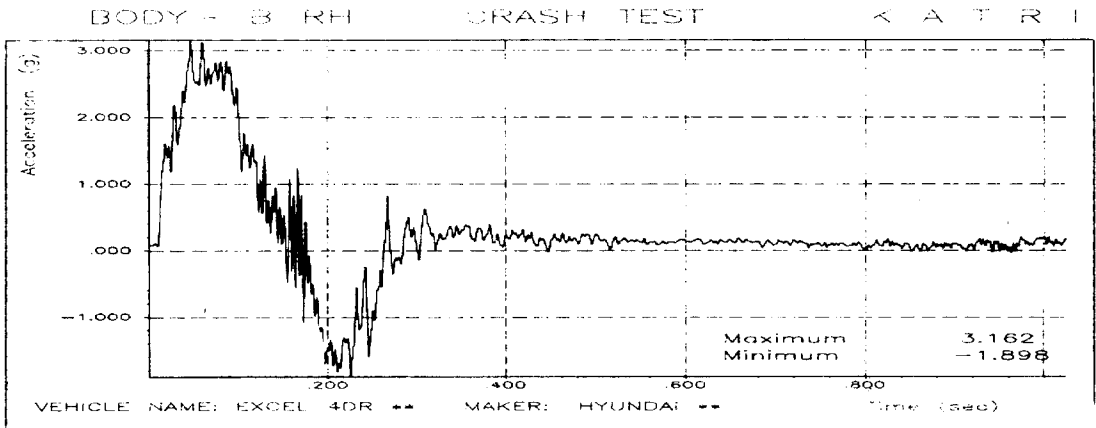


그림 4-5 충돌차량의 한계가속도

전체적으로 소형승용차의 충돌에 대하여 새로 개발한 철재 중앙분리대 방호울타리는 운전자의 안전을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. <표 4-2>는 4가지 계측결과와 방호울타리 설계안전기준을 비교하여 정리한 것이다.

4.2 대형차량 충돌실험 결과

국내에서의 실험장비와 실험장의 규모가 대형차량 충돌실험을 수행하기에는 시설 면에서 부족하여 충돌실험 경험이 많고 공신력이 있는 기관인 프랑스 국립교통안전연구소 충돌실험장에서 14,400kg급 대형트럭을 사용하여 충돌실험을 실시하였다. 대형차량 충돌실험은 철재 중앙분리대의 구조적 안정성을 확인하기 위해서 실시하는 것으로 소형차량 충돌실험과는 달리 인체더미와 같은 계측장비는 탑재하지 않았다. 실험조건은 <표 4-3>과 같다.

대형차량 충돌실험 결과 새로 개발한 철재 중앙분리대는 국내기준을 만족시키며 구조적 안정성이 우수하다는 것이 입증되었다. 대형차량 충돌실험 결과를 간단히 표로 정리하면 <표 4-4>와 같다.

5. 결 론

차량 충돌에 대하여 운전자의 안전확보를 위하여 새로 개발한 철재 중앙분리대에 대한 안전성

표 4-2 인체모형 상해치와 설계안전기준(안) 비교

구분	설계안전기준(안)	인체모형 측정치
머리상해치 (HIC)	HIC값 1000이하	X Maximum : 2.370 Minimum : -8.247 Y Maximum : 40.045 Minimum : -2.948 Z Maximum : 14.929 Minimum : -17.697 합성가속도 Maximum : 43.488 Minimum : 0.140 HIC : 35.465
흉부가속도	3/1000초 이상 연속적으로 60 g 이하	X Maximum : 2.020 Minimum : -3.490 Y Maximum : 1.367 Minimum : -13.683 Z Maximum : 2.370 Minimum : -8.247 합성가속도 Maximum : 13.731 Minimum : 0.017
대퇴부의 압축하중	1020kg 이하	Right : 700kg Left : 800kg
차량의 가속도	4 g 이하 (국내 현 설계기준)	Maximum : 3.162 Minimum : -1.898

분석을 위하여 인체모형을 탑재한 실물차량 충돌 실험을 실시하였다. 인체모형의 두부와 흉부, 대퇴부 및 차량의 무게중심점에서 가속도와 충격하중을 계측하여 철재 중앙분리대 방호울타리에 차

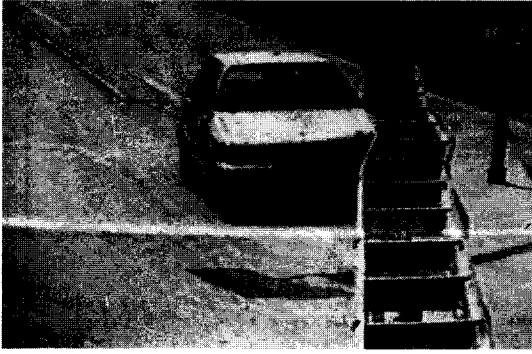


그림 4-6 소형차량 충돌순간의 모습

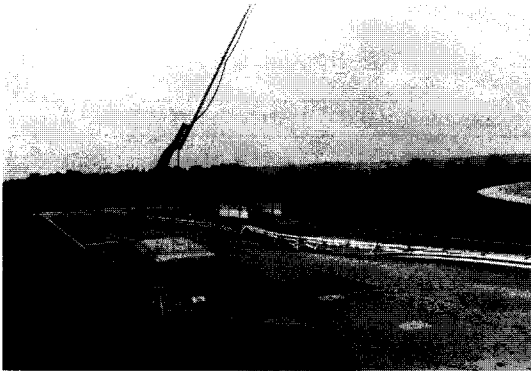


그림 4-7 대형차량 충돌실험 광경

표 4-3 실물차량 충돌실험 조건

구분	충돌속도 (km/h)	실험차량	충돌각도(°)
충돌조건	60	14.4톤 대형 트럭	15

표 4-4 대형차량 충돌실험 결과

구분	대형차량 충돌실험 내용
일시	1997년 5월 15일
장소	프랑스 국립교통안전연구소 충돌실험장
실험결과	- 철재 중앙분리대 충돌부위 28m의 보수 필요, 최대변형량: 122cm < 국내기준: 150cm - 차량피해: 충돌부위의 범퍼 파손, 타이어 펑크 발생 - 차량유도능력 우수

량충돌시 운전자의 안전성을 검증한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 철재 중앙분리대 방호울타리는 콘크리트 중앙분리대 방호울타리에 비해 운전자의 신체 상해치와 차량파괴 등에 있어서 뛰어난 충격흡수능을 보여 주었다.

둘째, 철재 중앙분리대 방호울타리는 콘크리트 중앙분리대 방호울타리의 경우 빈번히 발생하는 차량전복과 같은 2차사고의 유발 가능성이 전혀 없는 구조적 안정성을 보여주었다.

셋째, 경량의 차량충돌에 대하여 자체 탄성영역내에서 충격을 흡수하여 유지보수 측면에서 유리함을 나타냈다.

넷째, 충돌 후 충돌차량에 대한 차량유도성능이 뛰어났으며 차량의 충돌후 이탈각도는 충돌각도의 60% 이내로 나타났다.

다섯째, 철재 중앙분리대 방호울타리로 부터 분리된 파편이 거의 없어 도로소통에 지장을 초래하지 않는다.

참고 문헌

1. 건설교통부, "도로공사 표준 시방서", 1996년.
2. 한국도로공사, "도로설계요령 제6권 도로안전 및 부대시설", 1992년.
3. 한국건설기술연구원, 건설교통부 "도로안전 시설 설치 및 관리기준 연구 - 방호울타리 편 작성" 1996년 한국도로공사, "고속도로 교통사고 발생속보자료" 1995년.
4. H. E. Ross, JR. D. L Sicking, and R. A. Zimmer, "Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features", NCHRP Report 350, TRB, Washington, D.C., 1993년
5. 교통안전공단, "자동차 안전기준에 관한 규칙 및 사업용 자동차 구조 등의 기준에 관한 규칙" 1995년
6. 윤영한, 이종현, 김규현, 송진화, 이재완, "자동차 상해 그 대책에 대한 고찰", 안전부문 학술강연초록집, 한국자동차공학회, 1992년.

7. Raymond. M. Brach, "Energy Loss in Vehicle Collision", SAE, 1987년.
8. American Association of State Highway and Transportation Officials, "Guide for Selecting, Locating, and Designing Traffic Barriers", 1977년.
9. James A. Newman, "Head Injury criteria in Automotive Crash Testing", Society of automotive engineer, 1981년.
10. "FMVSS 208", National Highway Traffic Safety Administration.
11. 박현호, "승용차의 측면충돌시 승객 상해치 평가에 관한 연구", 안전부문 학술강연초록집, 한국자동차공학회, 1995년도.
12. "ECE 33(정면), ECE 32(후면)", Intereuro-pe.
13. 교통신문사, "交通年監", 1995년판, p85.
14. 한국도로공사, "고속도로 교통사고 통계", 1995년.
15. Takuya Seo, Kazuhiko Ando, Toshinobu Fukuya, and Satoru Kajī "Development of Guardrail for High-Speed Collision", Transportation research record 1500
16. 한국과학기술원 토목공학과 "충격완화시설의 Computer Simulation 및 효과분석", 1995년.
17. 포항산업과학연구원, "철재 중앙분리대의 구조적 안정성 연구 및 최적사양 개발", 1997년 