

■ 論 文 ■

### S2급 교량용 방호울타리의 성능비교 연구 (F형 콘크리트와 철재 교량용 방호울타리를 중심으로)

A Study on the Performance Comparison of S2 type Bridge Rails

**정 봉 조**

(한국도로공사 도로연구소 책임연구원)

**이 성 관**

(한국도로공사 도로연구소 연구원)

**주 재 응**

(한국도로공사 도로연구소 연구원)

**장 명 순**

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

#### 목 차

- |                      |              |
|----------------------|--------------|
| I. 서론                | 1. 컴퓨터 모의시험  |
| II. 설계조건             | 2. 실물차량 충돌시험 |
| III. 교량용 방호울타리의 구조특성 | V. 결론        |
| IV. 성능평가             | 참고문헌         |

Key Words : 교량용 방호울타리, 컴퓨터 모의시험, 실물차량 충돌시험, 충돌가속도, 설계기준

#### 요 약

새로 개발한 철재 교량용 방호울타리는 기존 시설에 비해 충격흡수기능과 조망권 확보, 용설작업, 유지보수가 용이하도록 설계되었다. 본 연구는 새로 개발한 철재 교량용 방호울타리를 건설교통부의 「도로안전시설 설치 및 관리지침 - 교량용 방호울타리편, 1999」의 설계기준에 따라 기존 고속도로에 사용하고 있는 F형 콘크리트 교량용 방호울타리와 성능비교를 통해 평가하고자 하였다. 비교평가는 S2급 교량용 방호울타리의 시험기준으로 실시하였으며 결과는 다음과 같이 나타났다. 첫째, 소형승용차를 대상으로 한 운전자의 안전도 평가에서는 두가지 시설 모두 강도성능, 충돌 후 차량 안전성능, 구성 부재 비산 억제 성능 등 세 가지 기준을 만족하였으나, 가속도 기준에 있어서는 철재 교량용 방호울타리는 기준인 20g 이하인 18.2605g로 나타나 안전기준을 만족하였고, F형 콘크리트 교량용 방호울타리는 20.1791g로 나타나 기준을 약간 상회하는 것으로 나타났으나 안전기준의 범위에 있는 것으로 평가하였다. 둘째, 대형차량을 대상으로 한 방호울타리의 구조적 안정성 평가에 있어서는 F형과 철재 교량용 방호울타리 모두 평가기준에 적합한 것으로 나타났다. 새로 개발한 철재 교량용 방호울타리는 국내 최초로 모의충돌시험과 실물차량 충돌시험을 통해 개발하였다는 의의를 가지고 있으며 성능측면에서도 기존의 시설에 비해 충분히 안전하다는 것을 증명하였다. 그러나 측정시설의 미비로 충돌후의 차량의 이탈속도나 이탈각도에 대하여 만족할 만한 수준의 결과를 제시하지는 못하였다.

## I. 서론

교량용 방호울타리는 교량 위에서 차량이 차도로부터 교량바깥이나 보도 등으로 벗어나는 것을 방지하는 차량용 방호울타리와 보행자와 자전거가 교량바깥으로 떨어지는 것을 방지하기 위한 난간을 총칭하는 것이다.

본 연구에서는 교량용 방호울타리를 구성하는 재료나 형식의 차이로 인한 성능을 비교하여 검증하고자 한다. 비교대상의 시설은 현재 대부분의 고속도로에서 사용하고 있는 F형 콘크리트 교량용 방호울타리(이하, F형 방호울타리)와 충격흡수기능을 부가하여 개발한 철재 교량용 방호울타리(이하, 철재 방호울타리)를 대상으로 하였다. F형 방호울타리는 고속도로의 중앙분리대 방호울타리로 사용하고 있는 F형 중앙분리대의 형상에 강성을 높이기 위하여 내부 철근을 보강한 것으로 초기에는 중앙분리대의 높이와 같은 81cm를 사용하였으나 1m로 개선하였고 최근에는 다시 높이를 1.27m로 상향조정하여 서해대교를 비롯한 장대교량에 1.27m 높이의 F형 방호울타리를 설치하고 있다.

이와 같이 교량용 방호울타리의 규격이 대형화됨에 따라 교량 사하중 증가와 주변경관에 대한 운전자 조망권의 불량, 제설작업의 곤란 등이 발생하고 있어 이들의 문제점을 해소하기 위하여 보다 경량이고, 조망권 확보 및 제설작업이 용이하며 충격흡수의 성능이 있어 사고자의 피해를 줄일 수 있는 철재 방호울타리를 개발하였다.

본 연구에서는 1999년 9월(건설교통부)에 개정된 「도로안전시설 설치 및 관리 지침-교량용 방호울타리편」(이하, 지침)의 기준에 의거 컴퓨터 모의시험과 실물 차량 충돌시험을 통하여 기존의 F형 방호울타리와 철재 방호울타리의 성능을 비교 평가하였다.

## II. 설계조건

교량용 방호울타리는 지침의 조건에 맞게 설계되어야 한다. 지침에는 교량용 방호울타리를 충격도에 따라 종별을 B급에서 SS급까지 6가지로 구분하고 있다.

자동차 전용도로인 고속도로의 경우 교량용 방호울타리는 최저 S1등급에서 S2, S3, SS등급까지 사용하게 되어 있으며, 새로 개발한 철재 방호울타리는

〈표 1〉 S2급 교량용 방호울타리의 성능평가기준

구분	평가기준
구조적 안정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>최대충돌변형거리 : 가요성-0.3m, 강성-소성 변형 없음</li> <li>차량전도 없을 것</li> <li>이탈속도는 충돌속도의 60%이상</li> <li>이탈각도는 충돌각도의 60%이하</li> <li>기타 주요 구성부재의 비산이 없을 것</li> </ul>
탑승객 안전성	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량이 받는 가속도 : 20g 이하(g:중력가속도)</li> </ul>

고속도로에서 중대한 피해발생 우려구간으로 지정되는 지점에 설치하는 S2급 교량용 방호울타리로서 충격도는 280KJ 이상이다. 그리고 방호울타리의 구조적 안정성 평가를 위한 충돌 시험조건은 차량중량 25ton, 충돌각도 15°, 충돌속도 65km/h이며, 탑승객의 안전성 평가를 위한 충돌시험조건은 차량중량 1ton, 충돌각도 20°, 충돌속도 100km/h이다. 이 충돌조건에 따라 충돌시험을 수행한 후 「도로안전시설 설치 및 관리 지침-교량용 방호울타리편」의 평가기준인 〈표 1〉을 만족해야 한다.

## III. 교량용 방호울타리의 구조특성

F형 방호울타리는 앞에서 언급한 바와 같이 기존 고속도로 중앙분리대 방호울타리로 사용하던 F형 콘크리트 중앙분리대 방호울타리의 내부에 철근을 삽입하여 강성을 높여 개량시킨 것이다. 시험대상으로는 최근 고속도로에서 사용되고 있는 높이 1.27m 규격의 F형 방호울타리를 선정하였다. F형 방호울타리의 구성재료와 규격은 〈표 2〉, 〈그림 1〉과 같다.

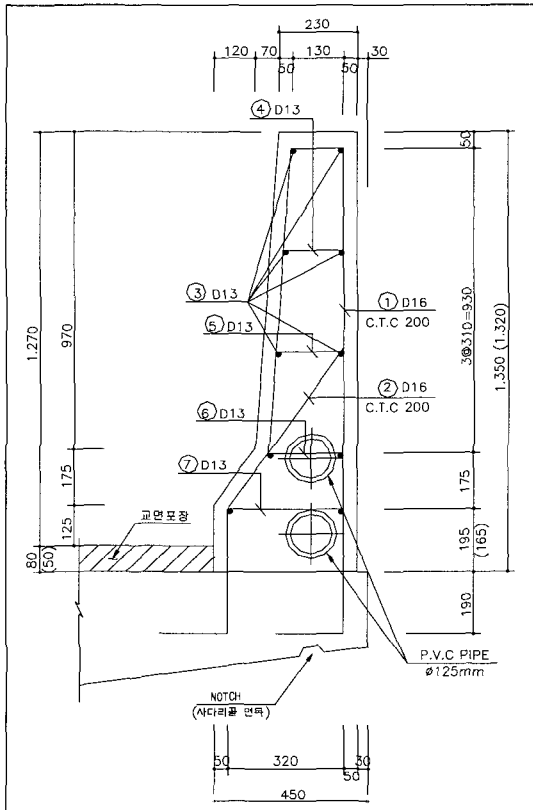
철재 방호울타리는 가요성의 교량용 방호울타리로서 철재 지주와 보로 구성되었으며 차량충돌시 일정량의 소성변형에 의해 차량의 충격력을 흡수하여 탑승객의 안전성을 높이고, 주변경관에 대한 운전자의 조망권을 확보하여 쾌적한 도로환경을 제공하고, 콘크리트에 비하여 경량의 자중으로 교량설계에서 사하

〈표 2〉 F형 방호울타리의 재료 특성

재료	물리적성질	규격
콘크리트	240kgf/cm <sup>2</sup>	2종
철근	SD-30	①,② - D16 ③,④,⑤,⑥,⑦ - D13

〈표 3〉 철재 방호울타리의 재료특성

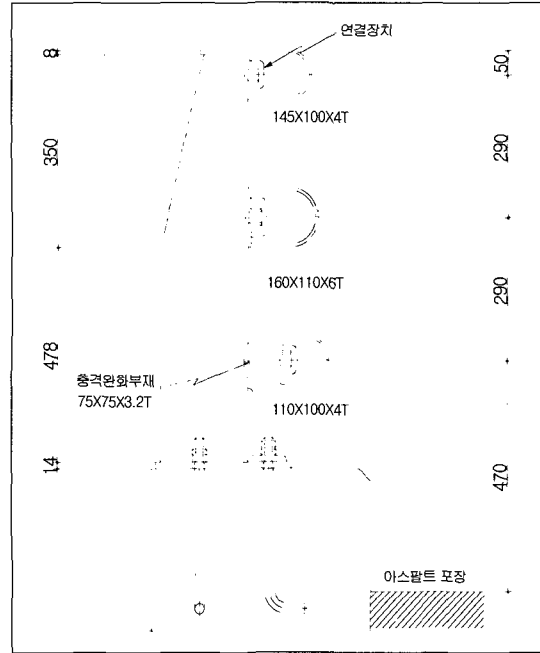
구성부재	규격
지주	SM 400
상단, 중간, 하단보	SS 490
충격완화장치	SPSR 400
고정고리, 연결대	SS 400



〈그림 1〉 F형 방호울타리의 규격

중의 감소를 특징으로 하고 있다. 보와 보, 보와 지주의 연결이 클립을 이용한 볼트형식으로 되어있어 설치나 보수가 용이하며 보의 단면이 곡면으로 되어있어 미려한 외관을 제공하고 있다.

철재 방호울타리는 충격흡수와 차량의 추락 및 이탈방지를 위하여 하단보, 중간보, 상단보 등 3개의 보로 구성되었고 소형차량 충돌시 탑승자의 안전을 위하여 처음 접촉하는 하단보에는 각형 충격흡수재를 배치하였으며 재료의 특성상 강성과 인성을 가지고 있어 F형 방호울타리에 비해 탑승자의 안전성 면에서 우월한 재료의 물성치로 설계되었다. 철재 방호울타리의 구성재료와 규격은 〈표 3〉, 〈그림 2〉와 같다.



〈그림 2〉 철재 방호울타리 규격

## IV. 성능평가

### 1. 컴퓨터 모의시험

컴퓨터 모의시험은 구조계산과 실내시험 결과로 도출된 기본설계에 대하여 지침에서 정한 충돌시험조건으로 컴퓨터 상에서 차량충돌시험을 수행하여 그 결과에 따라 기본설계를 수정하거나 보완하여 최종 실물차량 충돌시험 시 발생할 우려가 있는 기본설계상의 결함을 사전에 검토함으로써 도로안전시설 개발에 따른 시간과 비용을 절감하는데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구에서도 철재 방호울타리의 기본설계를 대상으로 수회의 모의시험을 수행하였으며 본 내용은 최종 모의시험 결과를 나타낸 것이다.

컴퓨터 모의충돌시험의 기본 목적은 차량과 방호울타리의 동적인 문제에 대하여 정확하고 경제적인 해결책을 제공하는데 있다. 본 연구에서는 차량과 방호울타리 모의충돌시험 프로그램으로 유한요소법을 기초로 차량과 방호울타리의 구조적인 거동을 3차원 해석으로 파악할 수 있는 팜크래쉬(PAM\_CRASH)를 사용하였다.

팜크래쉬는 비선형거동체의 동적 거동을 해석할 수 있는 범용 프로그램으로 주로 자동차, 선박, 열차 등

의 충돌해석에 사용된다. 팜크래쉬는 elastic-plastic의 기본적인 소성거동에서 폼(foam), 고무, 하니콤(honeycomb), 복합재료 등의 복잡한 거동에 이르기까지 57개에 달하는 재료모델을 지원한다.

### 1) 모의시험조건

모의충돌시험을 위한 시험조건은 건설교통부의 지침에 제시된 충돌조건을 따랐다. 시험차량은 소형승용차와 대형차의 2가지로 나누어 모델링을 하였다. 지면은 강체로 모델링했으며 차량과 지면은 서로 접촉되어있으나 차량과 지면의 마찰력은 존재하지 않는 것으로 가정하였다. 충돌시 차량이 공중으로 뜨게 될 가능성이 많으므로 중력가속도를 부여해 차량의 거동이 현실화되도록 하였다.

차량들의 앞 바퀴축, 뒷 바퀴축, 서스펜션 등은 타이어와 연결되어 있기 때문에 집중질량으로 모델링하기에는 무리가 있어 보요소를 사용하여 모델링하였으며 축 중간에 있는 메커니즘의 무게를 표현하기 위해 축 중심에 집중질량을 가하였다.

트럭모델의 경우 Chassis 부분은 모델링 하지 않았고 엔진을 비롯한 잡다한 부품들은 트럭의 프레임 중간에 위치하고 있어 방호울타리와의 충돌시 직접 접촉하지 않기 때문에 모델링을 하지 않았다. 대신 이들의 무게는 프레임의 두께를 조정하여 충돌해석에 고려하였다. 실제 모델에서 프레임은 변형되지 않는다는 가정 하에서 강체로 모델링 하였기 때문에 프레임의 밀도를 높이거나 두께를 조정하면 단지 프레임의 무게만 증가할 뿐 모델에 다른 영향을 주지는 않는다.

〈표 4, 5〉, 〈그림 3, 4〉는 충돌시험에 이용된 대형차와 소형승용차 모델을 나타낸 것이다.

### 2) 시험결과

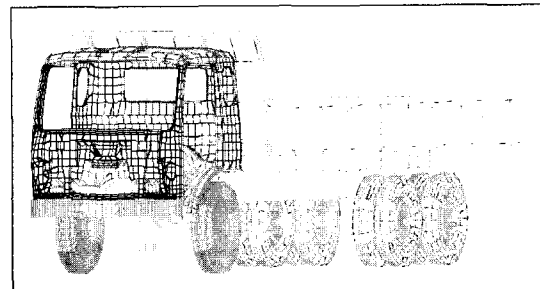
소형승용차에 대한 모의 충돌시험은 탑승객의 안전성을 평가하기 위한 것으로 이를 위하여 차량의 무게 중심점에 가속도계를 부착하여 차량의 가속도를 측정하였다. X, Y축에 대한 가속도를 측정한 다음 10ms 이동 평균한 합성가속도를 계산에 의하여 산출하였다. 〈그림 5, 6〉은 F형과 철재 방호울타리에 충돌하는 차량이 받는 가속도를 그래프로 나타낸 것이며 〈표 6〉은 가속도의 최대값을 각각의 경우에 대해 정리한 것이다. 지침에서 제시한 10ms 이동 평균 합성가속도의 기준인 20g와 비교하여 F형 방호울타리는 11.0396g,

〈표 4〉 대형차량 모델링 요소

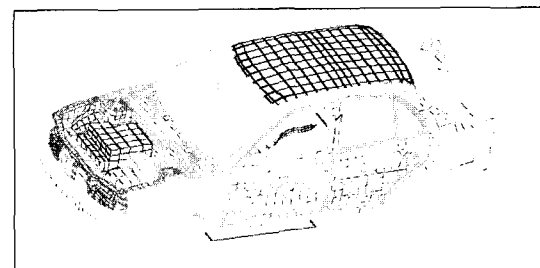
비고	대형차량의 모델정보
부품의 수	109
절점(Nodes)의 수	16,339
셸(Shell)의 수	17,380
보(Beam)의 수	68
바(Bar)의 수	8
트럭의 총중량	25,000kg

〈표 5〉 소형차량 모델링 요소

비고	소형차량의 모델정보
부품의 수	193
절점(Nodes)의 수	15,783
셸(Shell)의 수	16,502
보(Beam)의 수	91
차량의 전장	3,934mm
승용차의 총중량	1,000kg



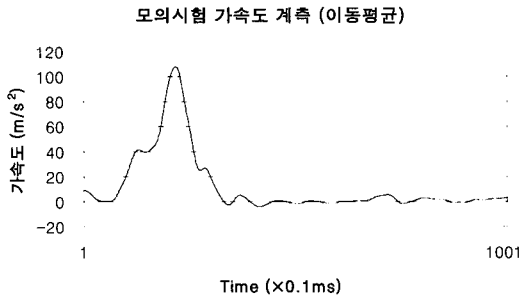
〈그림 3〉 대형차량 모델링



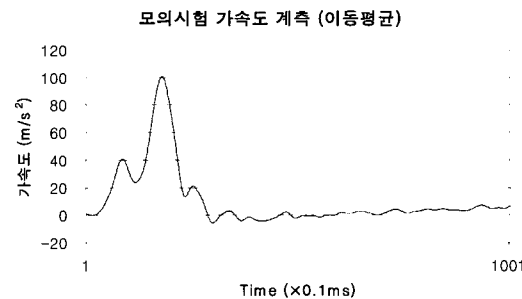
〈그림 4〉 소형차량 모델링

철재 방호울타리는 10.2963g로 나타나 두 가지 방호울타리 모두 지침을 만족하고 있다.

차량의 충돌거동은 전복이나 이탈각도에서 지침을 만족하는 것으로 나타났으며 방호울타리들을 파손시키거나 뛰어넘는 추락사고의 위험은 없는 것으로 나타



〈그림 5〉 F형 방호울타리에 충돌하는 승용차가 받는 가속도



〈그림 6〉 철재 방호울타리에 충돌하는 승용차가 받는 가속도

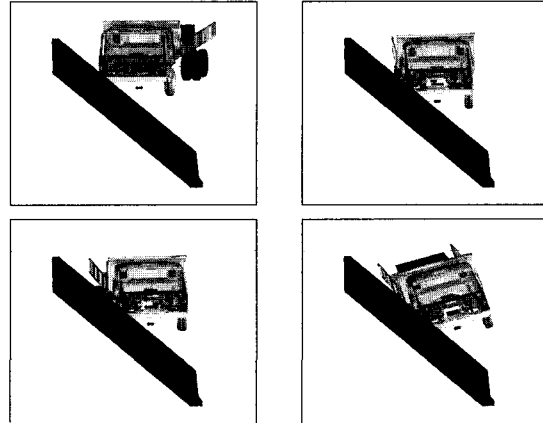
〈표 6〉 차량이 받는 충돌가속도 비교  
(단위: 중력가속도, g)

구 분	F형 방호울타리	철재 방호울타리
X	25.6916	26.4918
Y	6.1448	3.4415
합성	53.5771	36.3392
10ms 이동평균	11.0396	10.2963

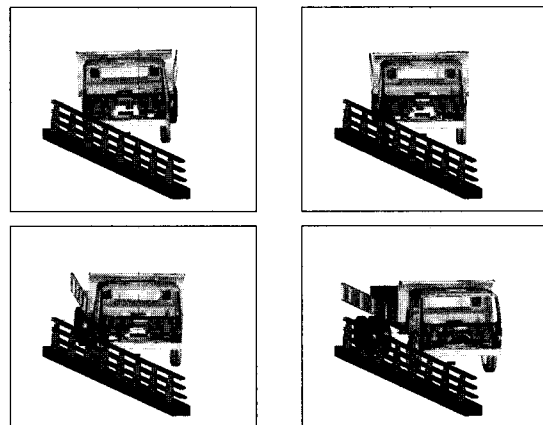
났다. 차량의 파손은 충돌부위에서 경미하게 보였으며 철재 방호울타리의 최대변형거리는 경미한 변형량이 측정되었으나 F형에서는 변형이 없었다.

대형차량에 대한 모의 충돌시험은 충돌로 인한 차량의 거동과 방호울타리의 구조적 안정성을 검토하기 위하여 실시하는 시험이다.

충돌시험은 지침의 기준에 따라 실시하였다. 〈그림 7〉은 차량이 F형 방호울타리와 충돌하는 형상을 연속해서 나타낸 것이다. 충돌은 0.5sec동안 이루어졌으며 충돌시 방호울타리의 변형은 없었으나 차량의 변형은 주로 범퍼와 Cabin의 아래쪽에서 일어났으나 차량에 큰 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단되었다. 〈그림 8〉은 철재 방호울타리와 충돌하는 형상을 연속해서 나



〈그림 7〉 F형 방호울타리에 대한 대형트럭 충돌 거동



〈그림 8〉 철재 방호울타리에 대한 대형트럭 충돌 거동

타낸 그림이다. F형과 마찬가지로 차량의 변형은 주로 범퍼와 Cabin의 아래쪽에서 일어나고 있으나 그 정도는 크지 않았다. 방호울타리 레일의 변형은 매우 자연스러우며 변형이 골고루 분산되어 국부적인 변형만이 발생하였다. 대형차량의 충돌시험에서는 F형과 철재 방호울타리 모두 차량을 안전하게 보호하여 차량의 거동과 구조적 안전성 측면에서 지침의 기준을 만족하는 것으로 평가받았다.

## 2. 실물차량 충돌시험

### 1) 실물차량 충돌시험 조건

실물차량 충돌시험의 수행을 위해 본 연구에서는 한국도로공사에서 운영하고 있는 실물차량 충돌시험장을 사용하였다. 이 시험장은 견인방식의 충돌시험 시설과 충돌가속도 측정을 위하여 차량 탑재형 MDS

32 차량충돌종합계측기를 갖추고 있다. 견인방식의 시험법은 간편하고 적은 투자비용으로도 비교적 정확한 시험결과와 도출이 가능하기 때문에 중소형 차량의 충돌시험을 실시하는데 있어서 선진 외국에서도 주로 사용하고 있는 방법이다.

소형 충돌시험용 차량으로는 엑셀승용차가 사용되었으며 차량의 뒷좌석을 제거하고 MDS 32를 설치하였고 가속도 측정기는 차량의 전면 중심축 선상인 사이드브레이크 지점에 가속도 측정센서를 부착하였다. 차량의 중량은 1ton으로 조정하였으며 충돌후 제동을 위하여 무선 제동장치를 장착하였다.

대형차량은 11ton 카고트럭을 사용하였고 화물적재함에 모래백을 적재하여 총중량 25ton을 맞추었다. 초기 견인속도를 높이기 위하여 견인과 동시에 시험 차량의 후면에서 Push Car를 이용하였고 모래백의 유동을 막기 위하여 튼튼한 와이어로 결속하였으며 충돌후 제동을 위하여 무선 제동장치를 장착하였다. 시험대상이 되는 F형 방호울타리와 철재 방호울타리는 도면에 따라 현장시공방법으로 설치하였다.

2) 시험결과

컴퓨터 모의시험에서와 마찬가지로 소형승용차에 대한 충돌시험은 탑승객의 안전성을 평가하기 위한 것이다. 이를 위하여 차량의 전면 중심축선상에 부착한 가속도 측정센서에서 차량이 받는 가속도를 측정하였다. X, Y축에 대한 가속도를 측정하였고 이를 토대로 합성가속도와 10ms 이동 평균 합성가속도를 계산에 의하여 산출하였다. 측정결과는 <표 7>과 같이 나타났다.

철재 방호울타리는 가속도가 지침의 기준인 20g에 미치지 못하는 18.2605g로 나타났고, F형 방호울타리는 20.1791g로 나타나 기준을 약간 상회하는 것으로 나타났으나 미국의 기준인 NCHRP 350의 경우 IS(Impact Severity)의 허용오차를 약 +13%까지

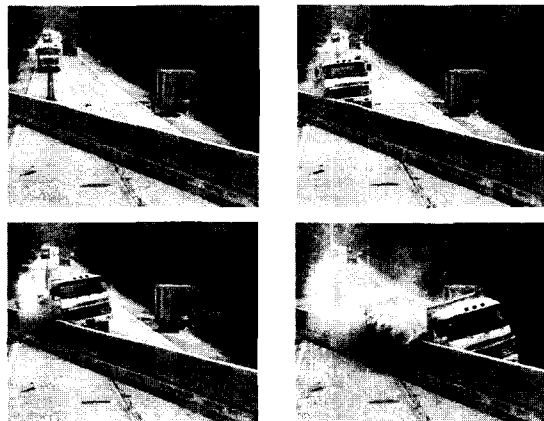
<표 7> 차량이 받는 충돌가속도 비교 (단위: 중력가속도, g)

구 분	F형 방호울타리	철재 방호울타리
X	34.4440	32.3767
Y	28.9765	57.7671
합성	35.7757	58.8452
10ms 이동평균	20.1791	18.2605

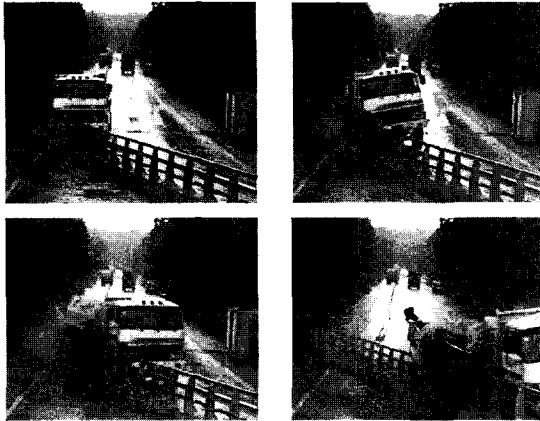
인정하고 있는 것을 감안하여 안전기준의 범위에 있는 것으로 평가하였다. 소형승용차의 충돌거동은 전복이나 과도한 Rolling, Pitching이 발생하지 않았다. 실물차량 충돌시험과 컴퓨터 모의충돌시험의 충돌가속도 결과가 차이가 있으나 두 시험 모두 철재 방호울타리가 F형 방호울타리에 비해 다소 낮은 가속도값이 측정되는 동일한 경향으로 나타났다.

대형차량의 충돌시험은 차량의 거동과 방호울타리의 구조적 안정성을 평가하기 위한 시험이다. F형 방호울타리에 대한 대형차량 충돌시 차량의 충돌측 전륜이 약간 들리는 현상이 나타났으나 위험한 수준으로 평가되지 않았으며 아주 작은 차량의 이탈각도를 나타내어 기준에 만족하는 것으로 평가되었다. 이탈속도는 측정하지 않았고 충돌로 인한 시험체의 파손은 없었다. 시험장면은 <그림 9>와 같이 나타났으며 대형차량의 충돌거동은 전복이나 과도한 Rolling, Pitching이 발생하지 않았다.

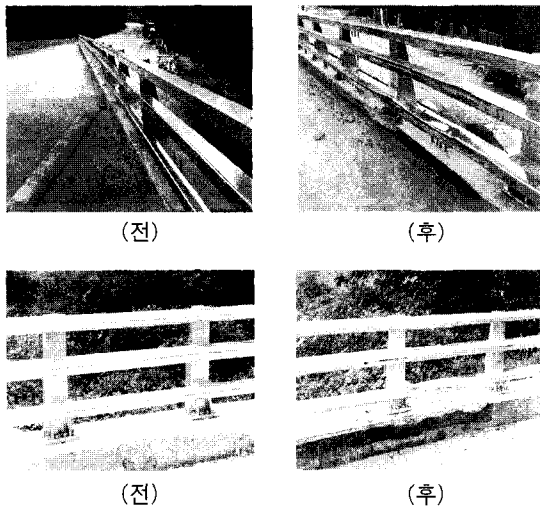
철재 방호울타리에 대한 대형차량충돌 시험장면은 <그림 10>과 같이 나타났다. 대형차량의 충돌거동은 전복이나 과도한 Rolling, Pitching이 발생하지 않았으며 충돌 내내 방호울타리와 접촉하면서 진행하였다. 변형은 <그림 11>과 같이 충돌지점의 하단보에서 변형이 약간 발생하였고 콘크리트 연석은 구조적 안정성에 영향이 없을 정도의 미미한 파손이 발생하였다. 충돌로 인한 교량부의 변형은 발생하지 않았다. 앞에서도 설명했듯이 실물차량 충돌시험 결과와 모의 충돌시험 결과를 비교해 보면 교량용 방호울타리의 변형과 차량의 거동이 유사함을 알 수 있다.



<그림 9> F형 방호울타리 실물차량 충돌시험시 대형차량의 거동



<그림 10> 철재 방호울타리 실물차량 충돌시험시 대형 차량의 거동



<그림 11> 대형차량 충돌시험 전후 철재 방호울타리 비교

### V. 결론

기존 고속도로에서 일괄적으로 설치하는 F형 방호울타리의 문제점을 보완하고 보다 개선된 성능의 교량용 방호울타리 개발을 위하여 본 연구를 실시하였다. 새로 개발한 교량용 방호울타리는 철재 소재를 기본으로 빔형의 구조적 형태를 가지고 있으며 성능 평가를 위하여 도로안전시설 설치 및 관리지침(교량용 방호울타리편, 1999, 건설교통부)중 고속도로의 일반구간에 적용할 수 있는 S2급 성능기준에 따라 기존의 F형 방호울타리를 비교대상으로 하여 컴퓨터 모의시험과 실물차량 충돌시험을 수행하였다.

지침에서 제시한 강도성능, 탑승자 보호 성능, 충

돌 후 차량 안전 성능, 구성 부재 비산 억제 성능 등 네 가지 성능 평가 기준에 따라 비교 평가하였고 시험에 따른 결과는 다음과 같이 나타났다.

첫째, 소형승용차를 대상으로 한 운전자의 안전성 평가에서는 두가지 시설 모두 강도성능, 충돌 후 차량 안전성능, 구성 부재 비산 억제 성능 등 세 가지 기준을 만족하였으며 철재 방호울타리는 가속도가 지침의 기준인 20g에 미치지 못하는 18.2605g로 나타나 안전기준을 만족하였고, F형 방호울타리는 20.1791g로 나타나 기준을 약간 상회하는 것으로 나타났으나 미국기준의 허용오차범위를 감안하여 안전기준의 범위에 있는 것으로 평가하였다.

둘째, 대형차량을 대상으로 한 방호울타리의 구조적 안정성 평가에 있어서는 철재 방호울타리와 F형 방호울타리 모두 평가기준에 적합한 것으로 나타났다.

새로 개발한 철재 방호울타리는 국내 최초로 모의 충돌시험과 실물차량 충돌시험을 통해 개발되었다는 의의를 가지며 성능측면에서도 철재 방호울타리가 기존의 시설에 비해 충분히 안전하다는 것을 증명하였다. 그러나 차량모델의 부정확성과 입력준비과정(Pre-Process)의 노하우 부족으로 컴퓨터 모의시험결과가 실제 충돌시험결과와 다소 차이가 있었고 측정시설의 미비로 충돌후의 차량의 이탈속도나 이탈각도에 대하여 만족할 만한 수준의 결과를 제시하지는 못하였다. 이를 위해 정확한 표준차량의 모델을 국가 기관에서 제공한다면 그리고 숙련된 전문가에 의해 모의충돌시험이 수행된다면 더 정확한 모의충돌시험의 결과도 도출될 것이다. 한국도로공사는 고속도로를 이용하는 이용객의 도로교통안전과 검증된 도로안전시설의 개발을 위해 새로 건설되는 도로기술연구원에 충돌시험 시 차량의 이탈속도 및 이탈각도를 정확히 측정할 수 있는 충돌시험장을 마련할 예정이다. 끝으로 도로안전시설물은 사람의 생명을 다루는 매우 중요한 시설물임을 인식하고 개발과정에서 안전시설의 구조적 안정성과 탑승자 안전성을 검증하는 노력을 기울여야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 건설교통부(1999), "도로안전시설 설치 및 관리지침(교량용 방호울타리편)".
2. 한국도로공사(2001), "고속도로 건설공사 표준도".

3. 포항산업과학연구원(1998), "교량 및 도로용 철재 방호시설물 실용화 연구".
4. 한국도로공사(1998), "고속도로공사 전문시방서 (토목편)".
5. 한국도로공사(1996), "도로설계실무편람(부대공)".
6. 한국도로공사(1992), "도로설계요령 - 제6권 도로안전 및 부대시설".
7. 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.

♣ 주 작 성 자 : 정봉조

♣ 논문투고일 : 2002. 1. 28

논문심사일 : 2002. 3. 12 (1차)

2002. 3. 21 (2차)

심사판정일 : 2002. 3. 21

♣ 반론접수기간 : 2002. 8. 30