

방호울타리 안전성능에 관한 충돌해석 연구

이영호^{1*}, 송재준¹, 이상윤¹
¹한국건설기술연구원 인프라구조연구실

A Study on the Safety Performance of Roadside Barriers by Collision Analysis

Youngho Lee^{1*}, Jae-Joon Song¹ and Sang-Yoon Lee¹

¹Structural Engineering Research Division, Korea Institute of Construction Technology

요 약 도로 방호울타리는 차량의 이탈을 방지하는 시설로, 도로의 형태나 제한속도 등을 기준으로 하여 7 종류의 방호울타리를 규정하고 있다. 하지만, 최근 차량의 성능이 향상되면서 과적, 과속의 위험이 있고, 국내의 방호울타리 관련 차량사고를 보면 추락사고가 빈번하게 발생하고 있어, 현재의 방호울타리 설계충격도가 다소 부족한 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서는 고속도로에 주로 적용하는 SB5 강재 방호울타리와 SB6 콘크리트 방호울타리의 차량방호 성능을 검증하기 위하여 차량충돌해석을 수행하여, 방호울타리의 파괴 및 차량전도 조건을 산출하였다.

Abstract Roadside barriers are facility for preventing cars from out of path, and 7 classes of barrier are prescribed in criteria of road grades and speed limit, etc. However, overload and overspeed are increased according to improvement of vehicle performance, and falling over frequently occur in vehicle accident related in barriers. Therefore, enhancement of the existing design criteria of roadside barriers is demanded. In this research, vehicle crash simulation was carried out, and the condition for fracture of roadside barriers and vehicle overturn was evaluated in order to verify the defence performance of the barriers, which are SB5 steel barrier and SB6 concrete barrier adapted mainly to highway.

Key Words : Barrier, Collision analysis, Safety performance

1. 서론

도로 방호울타리는 충돌차량이 추락하거나 반대 차선으로 전도되는 사고를 막아주는 도로 안전시설 중 하나이다. 우리나라에서는 국토해양부에서 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설편)을 제정하여, 도로 및 주변시설의 중요도에 따라 7종류의 방호울타리를 지정하여 사용하고 있으며, 등급별 충격도 분류는 표 1과 같으며 산정방식은 그림 1과 같다[1]. 고속도로 구간에서의 방호울타리 적용 예는 표 2에 나타내었다.

방호울타리의 등급은 표 1과 같이 시설물이 저항할 수 있는 충격도를 기준으로 7등급으로 구분하며, 설계속도

100 km/h 이상인 고속구간에서는 일반적으로 표 2와 같이 SB3 이상의 방호울타리를 적용한다. 표 2를 보면, 설계속도 100 km/h 이상인 도로에서 중앙분리대와 교량 구간에서는 SB5 이상의 방호울타리를 권장하고 있으며, 타 도로 등이 시설물과 교차하거나 중차량 통행이 잦은 곳은 SB6 등급의 방호울타리의 사용을 권장하고 있다. 도로 여건을 고려하여 최악의 경우에 SB7 등급 방호울타리를 사용하도록 권장되고 있지만, SB7 등급 강재 방호울타리는 아직까지 개발되지 않았고 콘크리트 방호울타리에 대해서도 명확한 규격이 제시되어있지 않은 상태이다. 즉, 현재 국내에서 적용하고 있는 최고 등급의 방호울타리는 SB6 등급 방호울타리이다.

*Corresponding Author : Young-Ho Lee

Tel : +82-31-910-0734 email : lyh205@kict.re.kr

접수일 12년 10월 23일

수정일 12년 11월 06일

게재확정일 12년 11월 08일

표 1에서 고속도로에 주로 적용하고 있는 SB5 등급과 SB6 등급 방호울타리의 충격도는 충돌각도 15°, 차량속도 80 km/h를 기준으로, SB5 등급과 SB6 등급 방호울타리에 각각 14 tonf와 25 tonf의 차량중량을 적용한 조건으로부터 산출된 것이다.

하지만, 최근에 차량무게가 30 tonf를 넘는 중차량이 빈번하게 통행하고 있으며, 차량 성능과 도로선형 개량으로 100 km/h 이상의 과속차량도 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 대형차량 교통사고 시 사고차량의 전도 또는 화물차의 추락 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 2006년 국내 교통사고 유형별 발생건수를 보면, 총 1,166건의 도로이탈사고 중 추락사고는 589건이 발생하였으며, 그 중 교량에서의 추락사고는 총 26건이 발생한 것으로 조사되었다[2]. 방호울타리는 교통사고 시 차량의 추락 또는 전도를 방지하여 2차적인 사고를 방지할 수 있어야 하나, 과속과 과적 차량에 의한 교통사고 시 안전을 담보할 수 없는 상황이며, 각 등급의 방호울타리가 어느 정도의 충격도에 저항할 수 있는지 명확한 자료가 제시되어 있지 않은 실정이다.

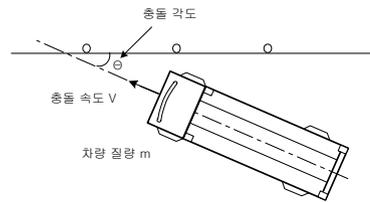
[표 1] 방호울타리 등급
[Table 1] Level of safety fence

등급	충격도 (kJ)	충격도 산출조건		
		차량무게 (tonf)	충돌속도 (km/h)	충돌각도 (°)
SB1	60	8	55	15
SB2	90		65	
SB3	130		80	
SB4	160	14	65	
SB5	230		80	
SB6	420	25		
SB7	600	36		

[표 2] 방호울타리의 등급 및 적용 예시
[Table 2] Level and examples of safety fence

등급		SB3	SB4	SB5	SB6	SB7
고속구간 (100km/h 이상)	기본 등급	◎	○			
	중앙분리대, 교량구간			◎	○	
	타 도로와 교차구역 특수 중차량 통행 많은 구간				◎	○

주) 1. ◎표시는 일반적으로 추천하는 등급
2. ○표시는 도로여건이나 시설물 개발수준에 따라 사용이 권장되는 등급



$$IS = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3.6} \cdot \sin\theta \right)^2$$

여기서, IS : 충격도 (kJ)
m : 충돌 차량의 질량 (ton)
V : 충돌 속도 (km/hr)
θ : 충돌 각도 (°)

[그림 1] 충격도 산정 방법
[Fig. 1] Calculation of impulse

본 연구에서는 현재 국내에서 적용하고 있는 방호울타리 중 고속구간에 주로 적용하고 있는 SB5 등급 강재 방호울타리와 SB6 등급 콘크리트 방호울타리에 대한 차량 충돌해석을 실시하여 차량이 전도 또는 추락할 것으로 예상되는 정량적인 파괴 및 차량전도 조건을 산정하고자 한다.

2. 차량 충돌해석 개요

2.1 충돌해석방법

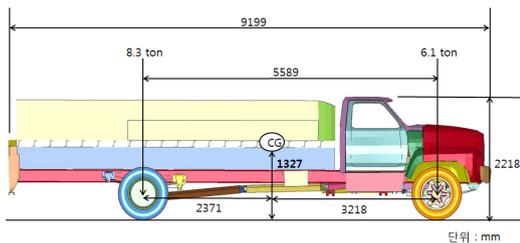
충돌해석을 통한 시뮬레이션은 실제 현상을 그대로 재현하는 것이 아니라 모사한다는 점이 실험시험과의 가장 큰 차이점으로, 실제 현상을 완벽하게 표현할 수 없지만 실제 현상에 영향을 미치는 요소들을 분석하고 그 개선점을 찾는 가장 효과적인 도구가 된다. 따라서, 충돌해석은 실제 현상에 가장 큰 영향을 미치는 인자들의 조합으로 이상화하고, 이상화된 모델을 적절한 방법을 이용하여 해석한 후 그 결과를 검토하는 일련의 과정으로 구성된다.

본 연구에서는 미국의 TTI(Texas Transportation Institute)에서 사용하는 Mechanical CAE 소프트웨어의 대표적인 프로그램인 LS-DYNA를 이용하여 3차원 충돌해석을 수행하였다.

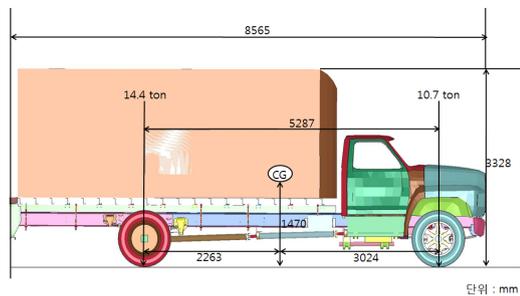
충돌해석에 사용되는 차량은 미국의 NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)에서 제안된 single unit truck 모델을 근간으로 모델링하였다. NCHRP에서 제안한 차량 형식을 바탕으로 적체함의 크기와 차량의 무게 및 크기를 국내적용 차량의 제원(축간격, 범퍼 위치, 축중배치 등)을 반영하여 수정하였다. 그림 2에 본 연구에서 적용한 차량 모델을 나타내고 있다. 그림 2(a)

는 SB5 등급 강재 방호울타리 충돌해석에 사용한 중량 14tonf의 차량 모델이고, 그림 2(b)는 방호성능이 우수한 SB6 등급 콘크리트 방호울타리 충돌해석에 사용한 중량 25tonf의 차량 모델이다.

차량충돌해석에 사용하는 접촉 모델은 shell 요소를 이용하는 충돌해석에서 일반적으로 사용하고 있는 “Contact_Automatic_Single_Surface_ID”를 적용하였다. 여기서 금속체 간의 마찰계수는 0으로 설정하였고, 고무재로인 차량의 바퀴와 지면, 그리고 바퀴와 빔 사이의 마찰계수는 0.3(AASHTO, 차량과 난간의 충돌시 마찰특성)을 적용하였다.



(a) 중량 14 tonf 차량
(a) 14 tonf-Vehicle



(b) 중량 25 tonf 차량
(b) 25 tonf-Vehicle

[그림 2] 충돌해석용 차량 모델
[Fig. 2] Vehicle model for the collision analysis

2.2 방호울타리 모델링

2.2.1 강재 방호울타리 모델링

강재 방호울타리는 일반적으로 국내에서 많이 적용되는 교량 방호울타리로서 실제 충돌 시험으로 검증한 SB5 등급 교량용 방호울타리를 대상으로 하여, 그림 3과 같이 가드레일 부분은 4절점 shell 요소로, 연석과 지주부는 8절점 solid 요소로 모델링하였다. 재료는 SS400 강재를 적용하였다.

강재 방호울타리의 모든 접합상세는 볼트로 구성되어 있다. 따라서 접합상세의 모델링은 원칙적으로 볼트로 모

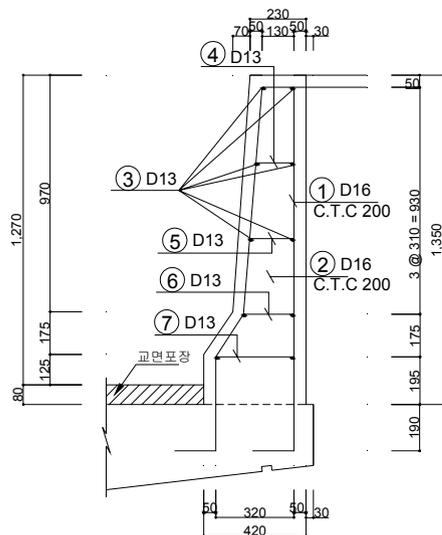
델링을 하여야 하나, 이 경우 전 부재를 solid 요소로 모델링해야 하는 소모적인 해석이 될 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 LS-DYNA의 요소 중에, 볼트 접합과 같은 기능을 수행하는 것으로 알려진 spot_weld 요소를 사용하여 연결부를 모델링하였다.



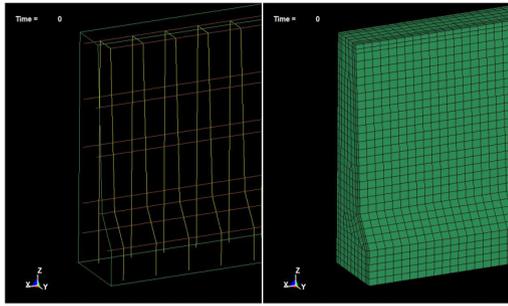
[그림 3] SB5 강재 방호울타리 모델링
[Fig. 3] SB5 steel safety fence model

2.2.2 콘크리트 방호울타리 모델링

충돌해석에 적용된 콘크리트 방호울타리는 현장에서 사용하는 교량 방호울타리 중 최고 등급인 SB6 등급을 적용하였다. 해석에 사용된 콘크리트 방호울타리의 제원은 그림 4와 같이 한국도로공사에서 제시한 단면을 준용하였으며, SD40 철근과 압축강도 24 MPa 콘크리트를 적용하였다. 그림 5와 같이, 콘크리트 방호울타리에 배근된 철근은 3절점 beam 요소로, 콘크리트는 8절점 solid 요소로 모델링하였다.



[그림 4] SB6 콘크리트 방호울타리 제원
[Fig. 4] Dimensions of SB6 concrete barrier



[그림 5] SB6 콘크리트 방호울타리 모델링
[Fig. 5] SB6 concrete safety fence model

2.3 충돌해석 변수

본 연구는 방호울타리의 파괴조건과 충돌차량의 전도 조건을 산정하기 위한 것으로, 각 등급별로 방호울타리의 설계 충격도 이상의 충격도에 대하여 해석을 실시하였다. 각 등급별 해석 조건은 표 3과 같다.

SB5 등급 강제 방호울타리에 대한 충돌해석 결과를 기존 충돌시험결과와 비교하기 위하여, 기존 충돌시험 조건과 동일한 조건인 SB5-1을 포함하여 표 3과 같이 충돌 각도와 충돌속도를 변화시키면서 3종류의 충격도에 대하여 해석을 실시하였다. 설계 충격도 420 kJ인 SB6 등급 콘크리트 방호울타리는 차량중량과 충돌각도를 동일하게 하고, 충돌속도를 변화시키면서 3종류의 충격도에 대하여 해석을 실시하였다.

[표 3] 충돌해석 변수
[Table 3] Parameters for the collision analysis

Cases	Vehicle weight (tonf)	Collision angle (°)	Collision velocity (km/h)	Impulse (kJ)
SB5-1	14	15	80	230
SB5-2	14	20	90	510
SB5-3	14	20	100	630
SB6-1	25	20	50	282
SB6-2	25	20	60	406
SB6-3	25	20	70	552

3. 차량 충돌해석 결과

3.1 SB5 등급 강제 방호울타리

SB5 등급 방호울타리에 대한 차량충돌해석은 표 3에 서와 같이 충돌각도와 충돌속도를 달리한 3가지 충격도에 대하여 실시하였다. 충돌해석결과는 표 4, 그림 6-그림 9와 같다.

표 4는 충돌해석에서의 초기 충돌속도와 해석 후 0.6 초 후의 충돌속도를 나타내고 있으며, 충돌차량의 이탈속도와 초기속도의 비를 보면 SB5-1, SB5-2는 80%를 SB5-3는 60%를 상회하고 있다. 그림 6은 SB5-2의 시간 별 충돌속도 변화를 나타낸 것이다.

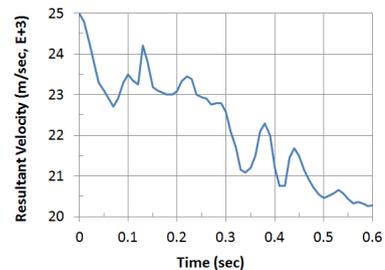
[표 4] SB5 해석조건 별 충돌 후 속도
[Table 4] Velocity of vehicle after collision for SB5

Case	SB5-1	SB5-2	SB5-3
Initial velocity	80	90	100
Final velocity (0.6sec)	65.3	73.2	64.9

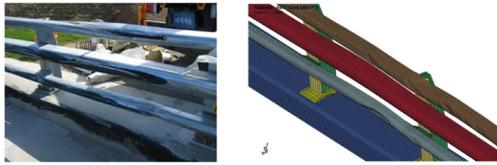
그림 7은, 충격도 230 kJ 인 SB5-1의 해석결과와 해석 과 동일한 조건으로 수행한 실차량 충돌시험 결과로[5], 충돌 후 방호울타리의 변형도를 나타내고 있다. 그림 7을 보면 해석과 실험에 의한 변형도가 상당히 유사한 형태를 나타내고 있다. 또한, SB5 강제 방호울타리의 충돌 후 국부적인 최대 변형은 해석에서 약 90 mm로 계산되었는데, 이는 충돌실험에서 얻는 최대 국부 변형 약 70 mm와 거의 일치하였다. 이러한 결과로, 본 연구에서 사용한 차량 모델과 차량충돌 해석모델은 적절한 것으로 판단된다.

그림 7(b)를 보면, 방호울타리의 변형은 충격에 의한 찌그러짐 정도의 손상만을 나타내고 있을 뿐 특별한 파괴 양상은 나타나지 않고 있다. 또한, 충돌 0.6초 후의 차량 상태를 나타낸 그림 8을 보면, 차량의 전도는 발생하지 않고 충돌 후 차량 진행방향으로 복귀하는 것으로 나타나, SB5 강제 방호울타리는 설계 충격도 230 kJ에 대한 차량충돌에 대해서 충분한 차량 이탈방지 성능을 가지는 것으로 나타났다.

SB5 등급 방호울타리의 설계충격도의 약 2배인 충격도 510 kJ에 대한 SB5-2의 해석결과는 그림 9와 같다. 그림 9(a)는 충돌해석 후 방호울타리의 변형상태를 나타낸 것이며, 그림 9(b), (c)는 충돌 0.6초 후 차량의 거동 상태를 나타낸 것이다.

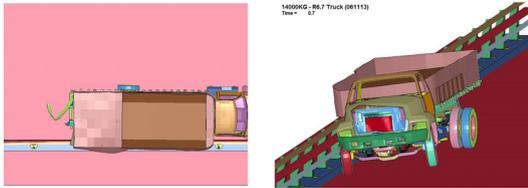


[그림 6] 시간별 충돌속도 변화(SB5-2)
[Fig. 6] Velocity of vehicle (SB5-2)



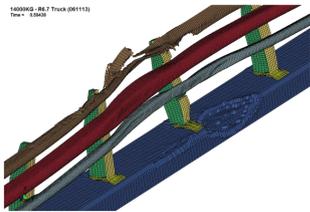
(a) 충돌실험
(a) Collision test
(b) 충돌해석
(b) Collision analysis

[그림 7] SB5-1 강재 방호울타리 변형도 비교
[Fig. 7] Comparison of deformation of SB5-1

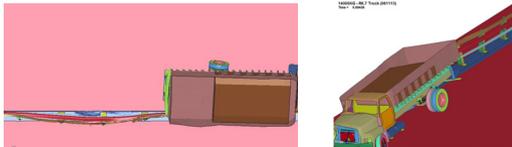


(a) 상면
(a) Top view
(b) 측면
(b) Side view

[그림 8] SB5-1 충돌해석 결과
[Fig. 8] Results of collision analysis for SB5-1



(a) 충돌 후 변형도
(a) Deformation after collision



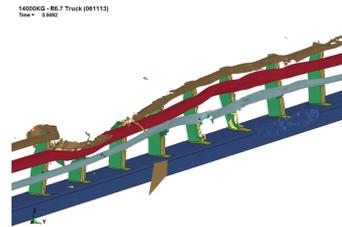
(b) 상면
(b) Top view
(c) 측면
(c) Side view

[그림 9] SB5-2 충돌해석 결과
[Fig. 9] Results of collision analysis for SB5-2

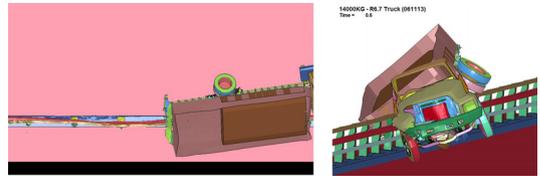
충돌해석 결과, 차량의 속도는 초기 속도 90 km/h에서 충돌후 0.6초 이후의 속도 73 km/h로 17km/h의 속도 차를 보인다. SB5 등급 강재 방호울타리의 변형도를 보면 적재함과 접촉하여 충돌하는 상단보의 파괴가 심해 레일 중간부분에 찢어짐이 발생하였고, 연석의 충돌부위에서도 일부 요소의 파단이 보였다.

시험차량과 동일한 재원의 대형차량을 이용하여 충돌 각도 20°, 충돌속도 90 km/h를 적용한 충격도 510 kJ의 조건에서 충돌 해석을 수행한 결과, 230 kJ로 설계된 SB5 등급 방호울타리를 적용할 경우 차량이 추락하는 일은 발생하지 않을 것으로 판단된다. 하지만, 앞축보다 뒤축의 충격량이 크게 작용하여 충돌직후 대형차의 거동이 불안하게 나타났다.

충격도 630 kJ 에 해당하는, 차량중량 14 tonf, 충돌각도 20°, 충돌속도 100 km/h인 SB5-3의 충돌해석 결과는 그림 10과 같다. 충돌속도의 변화는 차량 초기 속도 100 km/h에서 충돌 후 0.6초 이후의 속도 64.9 km/h로 35 km/h의 속도 차를 나타내었다.



(a) 충돌 후 변형도
(a) Deformation after collision



(b) 상면
(b) Top view
(c) 측면
(c) Side view

[그림 10] SB5-3 충돌해석 결과
[Fig. 10] Results of collision analysis for SB5-3

그림 10(a)에 나타난 변형도를 보면 적재함과 접촉하여 충돌하는 상단보의 파괴가 심해 일정구간이 파단되어 끊어져 있으며, 중간단보와 하단보의 변형도 크게 발생하였다. 연석의 충돌부위에서도 일부 요소의 파단이 보였다. 충돌 0.6초 후 차량의 상태를 나타낸 그림 10(b), (c)를 보면, 차량의 중심이 방호울타리를 넘어서는 형태를 나타내고 있어, 차량이 추락할 위험성이 높은 것으로 나타났다.

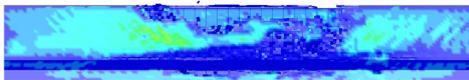
3.2 SB6 등급 콘크리트 방호울타리

SB6 등급 콘크리트 방호울타리에 대한 충돌해석은 표 3에서와 같이 차량중량 25 tonf, 충돌각도 20° 에 충돌속도 50 km/h, 60 km/h, 70 km/h 3종류에 대하여 실시하였

다. 충돌 후 속도변화는 표 5와 같으며, 충돌해석 결과는 그림 11-그림 12와 같다.

[표 5] SB6 해석조건 별 충돌 후 속도
[Table 5] Velocity of vehicle after collision for SB6

Case	SB6-1	SB6-2	SB6-3
Initial velocity	50	60	70
Final velocity (0.7sec)	30.4	7.0	12.0



(a) 응력 및 변형도
(a) Stress distribution with deformed shape



(b) 상면
(b) Top view



(c) 측면
(c) Side view

[그림 11] SB6-1 충돌해석 결과
[Fig. 11] Results of collision analysis for SB6-1



(a) 응력 및 변형도
(a) Stress distribution with deformed shape



(b) 상면
(b) Top view



(c) 측면
(c) Side view

[그림 12] SB6-2 충돌해석 결과
[Fig. 12] Results of collision analysis for SB6-2

Table 5는 충돌해석에서의 초기충돌속도와 해석 후 0.7초 후의 충돌속도를 나타내고 있으며, 충돌차량의 이 탈속도와 초기속도의 비를 보면 SB6-1는 약 60%의 속도를 유지하고 있으나, SB6-2와 SB6-3은 각각 11.7%, 17.1%로 급격히 속도가 줄어들었다. SB6-2와 SB6-3의 충돌 후 속도가 급격히 감소한 것은, SB6-1 보다 방호울타리의 손

상이 커서 차량이 충돌 후 본 차선으로 복귀하지 못하고 방호울타리를 넘어가기 때문인 것으로 판단된다.

SB6 등급 방호울타리의 설계 충격도보다 작은 282 kJ 충격도인 SB6-1의 해석결과는 그림 11과 같다. 그림 11(a)는 충돌 후 0.7초 후의 방호울타리의 응력도를 나타낸 것으로, 콘크리트 방호울타리 설계에서 적용하는 항복선 이론과 같은 결과를 보이고 있다. 적재함과 접촉하여 충돌하는 부위의 일부 콘크리트에 탈락이 나타났으나, 철근의 피복 두께 정도만 파괴된 것으로 철근에 의한 방호울타리의 방호성능은 유지하고 있는 것으로 판단된다. 그림 11(b), (c)를 보면, 충돌 후 차량과 적재함 모두 방호울타리를 넘어서지 않고 이탈하면서 차량각도가 거의 0°를 유지하고 있다. 따라서, 충격도 282 kJ에서는 차량 충돌에 의해 SB6 등급 콘크리트 방호울타리에 경미한 손상만 발생할 뿐, 방호울타리의 전체적인 파괴나 차량 추락의 위험은 거의 없는 것으로 나타났다.

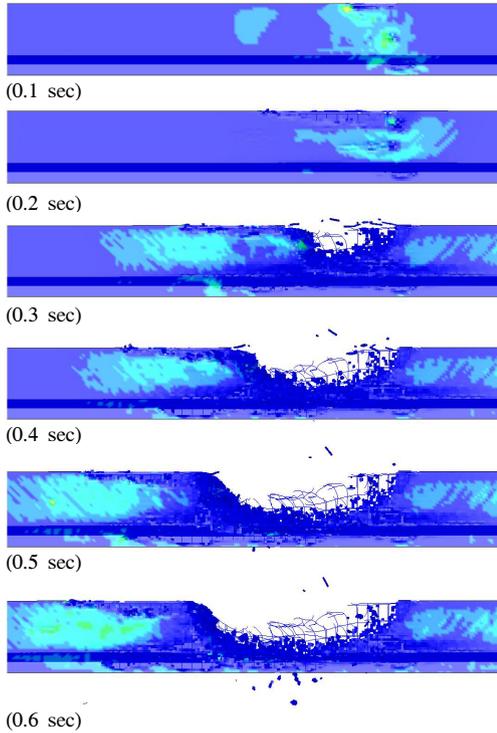
SB6 등급 콘크리트 방호울타리의 설계 충격도인 430 kJ에 근접한 상태에서의 거동특성을 검토하기 위하여 차량중량 25 tonf, 충돌각도 20°, 차량속도 60 km/h 인 경우에 대한 충돌해석을 실시하였다. 이때의 충격도는 406 kJ에 해당하며, 해석결과는 그림 12와 같다. SB6-2의 초기속도는 60 km/h이고 충돌후 0.7초 이후의 속도는 7 km/h로 차량이 충돌 후 0.7초 후에는 거의 정지 상태에 도달한다.

그림 12는 충돌 후 0.7초 후의 방호울타리의 응력도 및 차량의 거동을 상부와 측면에서 본 상태를 나타낸 것으로, 적재함의 직접적인 충격으로 충돌위치의 콘크리트가 상당 부분 파괴가 될 것으로 나타났다. 하지만, 철근의 영향으로 차량 추락은 발생하지 않는 것으로 나타났다.

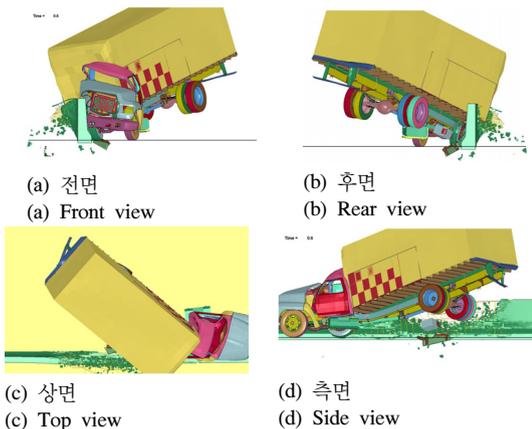
SB6-3는 SB6 등급 콘크리트 방호울타리 설계 충격도인 430 kJ 보다 더 큰 충격도인 552 kJ에 대하여 충돌해석을 실시하였다. 이때의 해석조건은 차량중량 25 tonf, 충돌각도 20°, 차량속도 60 km/h이다.

SB6-3의 해석결과는 그림 13, 그림 14와 같다. 충돌 후 시간별 응력도를 나타낸 그림 13을 보면, 충돌 직후 차량 전면부와 충돌하면서 방호울타리 상면에 균열이 발생하였고, 이 후 적재함이 콘크리트 방호울타리에 박히면서 콘크리트의 파괴가 시작되었다. 시간이 경과하면서 적재함과 충돌면적이 넓어지면서 콘크리트 파손부위도 증가하고 일부 철근도 끊어지는 것으로 나타났다. 충돌 후 0.6초에서의 차량거동 상태를 나타낸 그림 14를 보면, 차량 전면부는 본 차선으로 복귀하지만 적재함은 방호울타리를 넘어가는 양상을 보여주고 있다. 충격도 552 kJ에서의 SB6 등급 콘크리트 방호울타리 해석결과, 차량 적재함의 직접 충돌에 의해 콘크리트 방호울타리가 상당

부분 파손되는 것으로 나타나, 충격도 552 kJ에서는 SB6 등급 콘크리트 방호울타리의 방호성능이 충분하지 않은 것으로 나타났다.



[그림 13] 충돌 후 시간별 응력도 (SB6-3)
 [Fig. 13] Stress distribution with deformed shape after collision in each time increment (SB6-3)



[그림 14] SB6-3 충돌해석 결과
 [Fig. 14] Results of collision analysis for SB6-3

4. 결론

본 연구에서는 도로 방호울타리 중 고속도로에 주로 적용하는 SB5 등급 강재 방호울타리와 SB6 등급 콘크리트 방호울타리에 대한 충돌해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- (1) SB5의 설계기준 충격도인 230 kJ에서의 충돌해석 결과는 동일한 조건에서의 실차량 충돌실험결과와 거의 유사한 충돌거동을 나타냈다. 이러한 결과로부터, 충돌해석에 사용한 차량과 해석 모델의 타당성을 검증할 수 있었다.
- (2) SB5 등급 강재 방호울타리는 설계기준 충격도인 230 kJ에서는 충분한 방호성능을 확보하는 것으로 나타났으나, 충격도 510 kJ(충돌각도 20°, 충돌속도 90 km/h)에서는 방호울타리에 큰 손상이 발생하고, 충격도 630 kJ(충돌각도 20°, 충돌속도 100 km/h)에서는 차량이 방호울타리를 넘어갈 가능성이 높은 것으로 나타났다.
- (3) SB6 등급 콘크리트 방호울타리는 설계기준 충격도인 406 kJ에서 상당한 규모의 손상이 발생하나 추락은 발생하지 않으나, 충격도 552 kJ(충돌각도 20°, 충돌속도 70 km/h)에서는 차량이 추락할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다.
- (4) SB5, SB6 등급 방호울타리 모두 기준 속도를 넘는 속도에 대해서는 방호울타리의 파손 및 대형차량의 추락이 발생할 가능성이 매우 높은 것으로 나타나, 철도와의 교차구간 등 확실한 방호성능이 요구되는 구간에 대해서는 설계기준의 재설정이 필요할 것으로 사료된다.

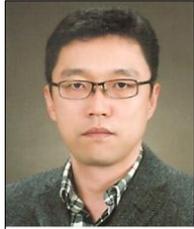
References

- [1] Ministry of Construction and Transportation, "Road safety facilities installation and management guide (Vehicles protection safety facilities part)", Seoul, Korea, 2001.
- [2] National Police Agency, "Traffic accident statistics", Seoul, Korea, 2006.
- [3] LS-DYNA, "LS-DYNA User's Manual" Vol I, 2007.
- [4] NCHRP, "Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features", Report 350, 1993.
- [5] S. K. Lee, "A study on development and stability of

the steel bridge-barrier", KSCE, No. 47, Vol 9, pp. 37-44, 1999.

이 영 호(Young-Ho Lee)

[정회원]



- 1995년 2월 : 고려대학교 대학원 토목환경공학과 (공학석사)
- 1999년 3월 : 오사카대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2000년 8월 ~ 2001년 12월 : 고려대학교 연구교수
- 2001년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

토목구조, 내진설계

송 재 준(Jae-Joon Song)

[정회원]



- 1993년 1월 : Aachen 공대 대학원 토목공학과(공학석사)
- 2002년 10월 : Darmstadt 공대 대학원 토목공학과(공학박사)
- 1993년 2월 ~ 1995년 9월 : 삼우기술단
- 1995년 12월 ~ 1998년 10월 : 포스코건설/포항산업과학연구원
- 2003년 6월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

합성구조, 강구조, 안전시설

이 상 윤(Sang-Yoon Lee)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한양대학교 대학원 건설환경공학과 (공학석사)
- 2003년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

강-콘크리트 합성구조, 구조신뢰성