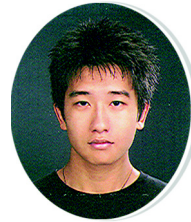


충격흡수시설 성능평가기준 개선방향 연구 (한국 · 유럽 · 미국 기준 비교분석을 중심으로)

A Comparison Study of the Performance Test Standards Among Korea, Europe and America for Crash Cushion



김기용



박준영



장명순

1. 서론

도로상에는 원활한 교통소통을 도모하고, 도로 이용자들의 교통안전을 위하여 다양한 도로안전시설이 설치된다. 주요 도로안전시설로는 방호울타리, 충격흡수시설, 과속방지시설, 시선유도시설 등이 있으며, 특히 충격흡수시설은 주행차로를 벗어난 차량이 주변의 고정된 구조물과 직접 충돌하는 것을 방지하여 교통사고의 치명도를 낮추는 역할을 한다.

우리나라의 최근 5년간 공작물 충돌사고 발생현황을 정리하면 사고건수가 연평균 17.4%, 사망자수가 8.6%, 사고건수 대비 사망자수가 17% 증가하고 있어(〈표 1〉 참조), 사고를 예방하는 노력과 함께 사고 이후 사고당자자의 치사율을 줄이기 위

한 노력이 필요하다.

현재 우리나라의 충격흡수시설은 “도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호안전시설편)”에서 규정하고 있는 성능평가기준에 따라 성능평가등급별로 설치하도록 하고 있다. 그러나 충격흡수시설의 성능평가기준이 우리나라에서 생산 또는 수입되어 도로상을 주행하는 자동차의 제원(중량)을 충분히 반영하고 있지 못하며, 외국의 기준과도 상이하어 이에 대한 개선이 시급한 실정이다. 따라서 도로이용자의 교통안전성을 개선하고, FTA체결 등 국가간의 자유무역이 활성화 되고 있는 무한경쟁 환경에 노출된 도로안전시설의 수출경쟁력을 제고하기 위해서도 충격흡수시설에 대한 성능평가기준을 경쟁국가들의 규격에 부합할 수 있는 수준으로 개선하는 것이 필요하다.

김기용 : 교통안전공단 안전연구실, kky@ts2020.kr, 직장전화:031-362-3705, 직장팩스:031-481-0491

박준영 : 한양대학교 교통공학과 석사, steaua93@paran.com, 직장전화:031-407-3540, 직장팩스:031-400-4239

장명순 : 한양대학교 교통공학과 교수, hytran@hitel.net, 직장전화:031-407-3540, 직장팩스:031-400-4239

〈표 1〉 차량단독(공작물충돌사고) 발생추세

구분	2005	2006	2007	2008	2009
사고 건수(건)	2,515	3,602	3,908	4,445	4,775
사망 자수(명)	489	614	664	729	681

이를 위해 본 논문에서는 외국과 우리나라의 충격흡수시설 성능평가기준을 비교 검토하고 우리나라 기준의 개선방향을 제시한다.

본 연구에서 규정한 세부 연구목표는 다음과 같다.

- (1) 우리나라와 외국(유럽, 미국)의 충격흡수시설 성능평가기준의 차이점을 분석하고,
- (2) 충격흡수시설의 성능평가를 위한 충돌시험 기준 충격량을 비교분석하고,
- (3) 우리나라의 충격흡수시설 성능평가를 위한 시험기준의 개선방향을 제시한다.

II. 이론적 배경

1. 충격흡수시설 기본개념

충격흡수시설은 운전자의 과실, 돌발상황 등에 의하여 주행차로를 벗어난 차량이 도로상의 고정된 구조물과 충돌을 방지하기 위한 안전시설로써 충격흡수시설이 갖춰야 할 주요기능으로는 ①정면 충돌시 충돌에너지를 충분히 흡수하여 차량이 위험지역으로 진입하는 것을 방지하기 위한 소요강성 확보, ②충돌이후 점진적인 속도감소를 유도하여 탑승자의 안전확보, ③측면 충돌시 차량의 궤적을 선회시켜 다른 차량과의 2차사고방지가 있다.

충격흡수시설은 일반적으로 다음의 두 가지 개념 중 하나가 적용된다. 첫 번째 개념은 재료의 파괴 혹은 소성변형을 통한 충돌차량의 운동에너지 소산과 관련이 있고, 두 번째 개념은 충돌차량의 운동량을 차량의 이동경로에 놓인 소모성 재료의 질량체에 전달하는 것과 관련 있다. 첫 번째 개념을 사용한 충격흡수시설을 일반적으로 비관성 충

격흡수시설이라고 하며, 차량충격력이 에너지소산 재료를 변형시켜 저항할 수 있도록 강성지지대를 필요로 한다. 두 번째 개념을 이용한 충격흡수시설은 일반적으로 관성 충격흡수시설이라 하며, 차량충격력을 다른 질량체로 전달시키기 때문에 강성지지대가 필요 없다.

1) 에너지 보존의 법칙

충격흡수시설은 에너지 보존의 원리를 이용하여 개발되었으며, 충돌차량의 충격에너지는 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$E_{veh} = \frac{1}{2}MV^2 \quad (1)$$

여기서, E_{veh} : 충격에너지(kJ)

V : 차량의 충돌속도(km/h)

M : 차량의 질량(kg)

주행중이던 차량이 충격흡수시설에 충돌하면서 충격흡수시설에 흡수된 에너지는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{cushion} = \sum_{d=0}^{d=D} F \cdot \Delta D \quad (2)$$

여기서, $E_{cushion}$: 충격흡수시설에 흡수된 에너지

F : 차량을 정지시키는 힘

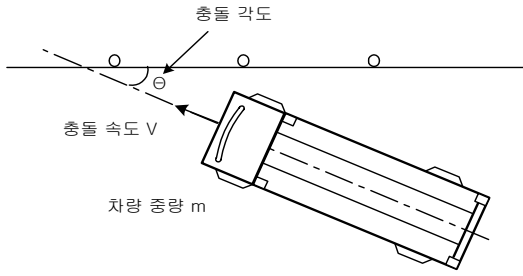
D : 충격흡수시설의 총변위

ΔD : 충격흡수시설의 미소변위

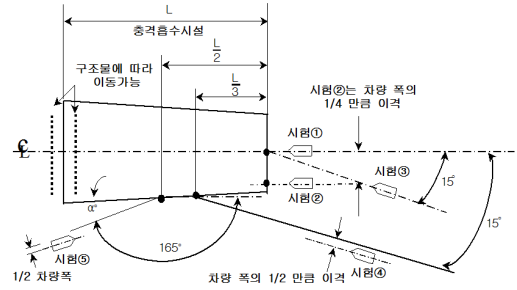
이와 같이 에너지 보존법칙에 의해 충격흡수시설에 충돌한 차량은 충돌당시 차량의 충격에너지와 충격흡수시설에 흡수된 에너지가 같아지는 지점에서 정지하게 된다.

2) 충격도 산정

충격흡수시설의 성능평가는 등급별 충격도에 따른



〈그림 1〉 충격도 산정



〈그림 2〉 충돌차량의 충돌위치 및 방향

변위정도를 실험차량 충돌시험을 통해 평가하는 것이며 여기서, 충격도(IS : Impact Severity)란 차량 충돌시 생기는 운동에너지의 의미한다. 〈그림 1〉과 같은 충돌조건에서 식(3)에 의해 계산되어지는 값이다.

$$IS = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3.6} \cdot \sin\theta \right)^2 \quad (3)$$

- 여기서, IS : 충격도(kJ)
- m : 충돌차량의 중량(kg)
- V : 충돌속도(km/h)
- θ : 충돌각도(°)

2. 충돌시험 방법

우리나라의 충격흡수시설에 대한 충돌시험은 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호안전시설편)에 규정되어 있다. 충돌시험은 〈그림 2〉에서 나타내고 있는 것과 같이 5개의 방법으로 실시하며, 3개 등급(CC1, CC2, CC3)으로 구분하여 실시한다.

시험 1은 충격흡수시설 정면의 중앙지점과 차량을 충돌시키는 방법이며, 시험 2는 차량폭의 1/4 만큼 이격된 지점에 엷셋 충돌시키는 방법이다. 시험 3은 시설 정면의 중앙지점에 15도 각도로 충돌시키는 방법이다. 시험 4, 5는 충격흡수시설의 측면에 각각 15도와 165도로 측면 충돌시키는 방법이다.

III. 국내외 충격흡수시설 시험기준 비교

우리나라의 충격흡수시설 성능평가 내용과 유럽과 미국에서 규정¹⁾하고 있는 평가기준 중 시험기준에 관련된 내용을 충돌시험방법, 충돌속도·각도·충돌시험기준차량으로 구분하여 다음의 세부 단락에 정리하였다.

1. 충돌시험방법

충격흡수시설 충돌시험방법은 앞서 충돌시험의 개요에서 설명한 〈그림 2〉와 같이, 기본적으로 5가지 충돌방향으로 시행되며, 우리나라와 유럽 및 미국이 동일한 충돌방향으로 시험을 실시한다. 그러나 평가등급별로 적용하는 시험방법은 다소 차이점이 있는데, 우리나라의 경우 CC 1등급에서 시험 ①과 시험 ④를 시행하고, CC 2와 CC 3등급에서 시험 ①~시험 ⑤를 모두 적용하고 있다. 유럽의 경우 TC 1부터 TC 5 등급까지 각 등급별로 시험 1부터 시험 5를 구분하여 적용하고 있으며, 미국의 경우 Test Level 1부터 Level 3 등급까지 시험 ①~시험 ⑤를 모두 적용하고 있다

여기서 주목할 점은 각 국가별로 평가등급별로 적용하는 충돌시험방법이 차이가 있으나 충돌시험 방법별(시험 ①~⑤)로 성능평가를 수행할 수 있도록 시험기준을 일치시키는 것이 필요하다는 점이다. 이를 위해 먼저 우리나라와 유럽, 미국의 시험기준을 정리하면 상기의 <표 2>와 같다.

1) 한국: 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호안전시설편), 유럽: European Standard(EN 1317-3), 미국: NCHRP Report 350

2. 충돌속도, 충돌각도 및 충돌시험기준차량

충돌시험에 적용하는 충돌속도, 충돌각도 그리고 충돌시험기준차량은 충격흡수시설의 성능평가를 평가등급별로 적용하는 충격도 산정에 직접적인 영향을 미치는 변수들이다.

충돌속도의 경우, 우리나라에서는 성능평가 3개 등급별로 각각 60km/h, 80km/h, 100km/h를 구분하여 적용하고 있으며, 유럽은 평가등급별로 차이는 있지만 충돌속도 범위를 최저 50km/h~최고 110km/h를 적용하고 있다. 미국은 3개 평가등급별로 50km/h, 70km/h, 100km/h로 각

각 적용하고 있다.

충돌각도의 경우는 각국이 다소간의 차이를 보이고 있는데 우리나라와 유럽은 적용하는 충돌각도 기준은 동일하나 평가등급별로 적용하는데 차이점이 있으며, 미국의 경우 시험 3, 시험 4, 시험 5에 충돌각도가 추가(20°)되어 시험하는 부분이 차이점이다.

충돌시험 기준차량은 우리나라와 유럽, 미국이 가장 큰 차이를 보이고 있는 시험기준인데 그 이유는 각국이 적용하는 차량중량간 차이가 커서, 국가간 충돌시험에 적용하는 충격도의 차이에 가장 큰 영향을 미치고 있기 때문이다. 유럽의 경우, 평가

〈표 2〉 우리나라와 유럽, 미국간 충격흡수시설 성능평가를 위한 시험기준 비교

구분	유럽					한국			미국		
	TC1	TC2	TC3	TC4	TC4	CC1	CC2	CC3	Test Level 1	Test Level 2	Test Level 3
시험방법	시험①	시험②	시험③	시험④	시험⑤	시험①,④	시험①,②,③,④,⑤		시험①,②,③,④,⑤		
충돌속도 (km/h)	50, 80, 100, 110	80, 100	80, 100, 110	50, 80, 100, 110	80, 100, 110	60	80	100	50	70	100
충돌각도 (°)	0	0	15	15	165	0, 15	0, 15	0, 15, 165	0, 15, 20(160)		
충돌시험 기준차량 중량(kg)	900, 1300, 1500	900		1300, 1500			900, 1300		700, 820, 2000		
유럽기준을 만족하기 위한 한국추가조건	- 충돌속도 추가 : 110km/h - 시험차량중량 추가 : 1500kg										
미국기준을 만족하기 위한 한국추가조건						- 충돌속도 추가 : 70km/h - 충돌각도 추가 : 20° - 시험차량중량 추가 : 700kg, 820kg, 2000kg					
유럽 및 미국 기준을 동시에 만족하기 위한 한국 추가조건	- 충돌속도 적용범위확대 : 70km/h, 110km/h - 충돌각도 추가 : 20° - 시험차량중량 적용범위확대 : 1500kg, 2000kg										
유럽기준을 만족하는데 필요 없는 한국조건	- 충돌속도 불필요 조건 : 60km/h										
미국기준을 만족하는데 필요 없는 한국조건						- 충돌속도 불필요 조건 : 60km/h - 충돌각도 불필요 조건 : 165° - 차량중량 불필요 조건 : 900kg					
유럽 및 미국 기준을 동시에 만족하는데 필요 없는 한국조건	- 충돌속도 불필요 조건 : 60km/h										

주 1. CC: Crash Cushion, TC: Test Condition

2. 미국의 시험 5는, 역방향 충돌각도를 20°(160°)로 적용하고 있음

등급별로 900kg, 1300kg, 1500kg 의 3가지로 구분하여 적용하고 있으며, 미국은 평가등급별로 700kg, 820kg, 2000kg으로 구분하여 적용하고 있는 반면, 우리나라는 평가등급별로 시험기준차량의 중량을 900kg, 1300kg으로 통일해서 적용하고 있다.

〈표 2〉를 통해 정리한 바와 같이 우리나라의 충돌시험기준이 유럽과 미국의 기준을 동시에 만족하기 위해서는 충돌속도에서 70, 110km/h, 충돌각도에서 20도(°) 그리고 시험차량중량은 1500kg, 2000kg을 추가하는 것이 필요하고, 유럽과 미국의 시험조건에 비해 불필요한 우리나라의 조건으로는 충돌속도 60km/h이다.

Ⅳ. 충격흡수시설 시험기준 개선방향

충격흡수시설의 성능평가를 위해 적용하는 시험기준간 차이는 국가간 성능평가 결과에 대한 공인성을 상호인정 하는데 장애요인으로 작용할 가능성이 크다. 따라서 각국의 여건이 달라 성능평가를 위한 충돌시험기준을 단기간에 동일하게 일치시키는 것은 많은 무리가 따를 것이나, 최소한 상호간에 합리적으로 인정할 만한 수준으로 충돌시험기준을 개선하는 것이 필요하다.

이를 위해 본 연구에서는 충격흡수시설의 충돌시험기준에 적용하는 충격도를 비교분석하여, 시험기준의 합리적인 개선방향을 제시하였다.

1. 충격도 분석

충격흡수시설 성능평가를 위한 시험에 적용하는 충격도(SI) 산정은 식(3)을 통해 산출할 수 있으며, 각국의 시험기준을 적용하여 충격도를 산출한 값을 〈표 3〉에 정리하였다. 성능평가등급 및 시험방법별 충격도는 최소값(Min)과 최대값(Max)으로 정리하였으며, 충돌시험 방법별로 국가간 비교

〈표 3〉 국가별 시험기준에 따른 충격도 산출값(kJ)

구분		시험1	시험2	시험3	시험4	시험5		
한국	CC1	Min	125.0	-	-	8.4	-	
		Max	180.6	-	-	12.1	-	
	CC2	Min	222.2	222.2	222.2	14.9	14.9	
		Max	321.0	321.0	321.0	21.5	21.5	
	CC3	Min	347.2	347.2	347.2	23.3	23.3	
		Max	501.5	501.5	501.5	33.6	33.6	
유럽	TC1	Min	86.8	-	-	-	-	
		Max	700.2	-	-	-	-	
	TC2	Min	-	222.2	-	-	-	
		Max	-	347.2	-	-	-	
	TC3	Min	-	-	321.0	-	-	
		Max	-	-	700.2	-	-	
	TC4	Min	-	-	-	8.4	-	
		Max	-	-	-	46.9	-	
	TC5	Min	-	-	-	-	21.5	
		Max	-	-	-	-	46.9	
	미국	1	Min	192.9	67.5	67.5	4.5	22.6
			Max	-	79.1	192.9	22.6	-
2		Min	377.9	132.3	132.3	8.9	44.2	
		Max	-	154.9	377.9	44.2	-	
3		Min	771.7	270.1	270.1	18.1	90.3	
		Max	-	316.4	771.7	90.3	-	

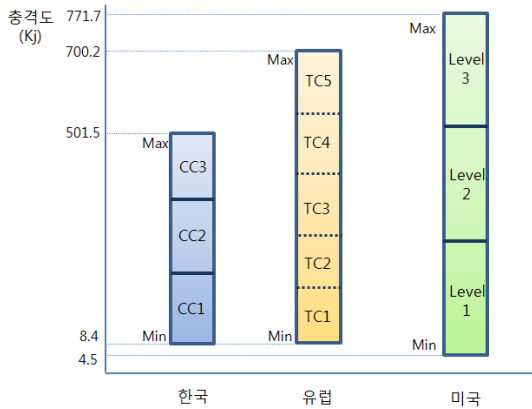
를 통해 충돌시험기준의 개선방향 도출에 활용하였다.

〈표 3〉에서 분석한 결과를 바탕으로 국가별로 시험기준에 적용하는 충격도의 범위(range)를 정리하면, 〈그림 3〉에서 도식화 하여 나타내고 있듯이 우리나라가 8.4kJ~501.5kJ이고, 유럽이 8.4kJ~700.2kJ, 미국이 4.5kJ~771.7kJ이다.

충격흡수시설의 성능평가 등급이 높다는 의미는 보다 높은 충격도에 대해 성능평가기준(THIV, PHD)²⁾을 충족한다는 의미이므로 우리나라 시험기준과 유럽, 미국의 시험기준과의 부합여부는 시험방법별(1~5)로 충격도의 최소값부터 최대값까지의 범위(range)와 일치 또는 포함여부를 통해 판단할 수 있다.

국가별 시험기준에 적용하고 있는 충격도 값의

2) THIV(Theoretical Head Impact Velocity)는 탑승자충돌속도를 의미하고, PHD(Post-impact Head Deceleration)는 탑승자 가속도를 의미하는 것으로 충격흡수시설 성능평가기준 지표임



〈그림 3〉 국가간 시험기준에 따른 충격도범위 비교

〈표 4〉 충격도 산출값을 통해 비교한 우리나라와 비교국가별 시험기준 부합비율

구분	시험기준에 따른 충격도 부합비율	비고
유럽	71.6%	충격도 Max값을 기준으로 비교
미국	65.0%	

범위를 기준으로 우리나라와 유럽 및 미국의 충격도 적용값 비교를 통해 부합하는 비율을 살펴보면 〈표 4〉에 정리한 바와 같다.

우리나라가 충격흡수시설의 성능평가등급을 3단계로 구분하고 있고 유럽은 5개, 미국은 3개의 등급으로 구분하여 시험기준을 적용하고 있다. 현재 우리나라의 시험기준을 적용한 충격도 값을 기준으로 국가간 비교를 해보면, 〈표 4〉에서 나타내고 있는 바와 같이 유럽기준과는 71.6%, 미국기준과는 65.0%가 부합하는 것으로 분석되었다.

국가별 충격도 비교분석에 따른 우리나라와 유럽 및 미국의 시험기준에 적용하는 충격도 값에 대한 부합율이 상당히 낮은 수준이라는 점은 우리나라의 시험기준을 적용한 충격흡수시설의 성능평가 인증서가 유럽과 미국에서는 인정받지 못 할 가능성이 높다는 의미로 해석될 수 있다. 이러한 문제는 앞서 언급한 바와 같이 시험기준 중 충돌시험 기준차량의 중량차이가 발생하는데서 기인하는 바가 크다.

2. 충돌시험기준 개선방향

1) 충돌시험 기준차량의 중량적용 기준 개선방향

국가간 충돌시험을 위한 충격도의 차이(Gap)를 줄이기 위해서는 시험기준차량에 대한 중량 차이를 줄이는 것이 가장 바람직하다. 우리나라의 충격흡수시설 성능평가시험에 사용하는 시험차량의 선정에 대해서는 “차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람(2008)”상에 다음과 같이 규정하고 있다.

차량에 의한 충돌시험은 시판되고 있는 차량을 사용하여 실시하며, 화물차는 운행중인 차량, 승용차는 시판된 후 10년 이내의 차량으로 한다.

업무편람상의 규정대로라면 국내에서 운행중인 차량을 대상으로 충돌시험차량을 선정하게 되는데, 현재 국내에서 생산 또는 수입되어 운행중인 차량의 중량을 정리하면, 〈표 5〉와 같다.

충격흡수시설 성능평가를 위한 시험차량의 중량기준이 900kg, 1300kg인데 비해, 실제 생산되어 운행중인 차량의 중량범위는 경형과 소형 승용차

〈표 5〉 국내 생산 및 수입차량의 중량범위

구분	중량범위 (kg)	비고
승용차	경형	900이하 아토스, 비스토, 마티즈, 모닝 등
	소형	900~1400 아반테, 클릭, 베르나, i30, 프라이드, 쏘울, SM3, 포르테 등
	중형	1400~1500 쏘나타, 레조, 로체, K5, SM5 등
	대형	1500~2000 그랜저, 에쿠스, 제너시스, 오피러스, K7, SM7, 체어맨, 수입승용차량(벤츠, 아우디 등)
RV	1700~2000	싼타페, 카니발, 스포티지, 쏘렌토, 코란도, 렉스턴, 카이론, 액티온 등
승합	2300~2500	스타렉스, 로디우스 등
소형트럭	1700~2000	포터 등

자료: 자동차제조사별 제원조사 결과

〈표 6〉 국내 차종별 자동차등록현황 및 점유율(대, %)

구분	승용	승합	화물	특수	계
경형	1,084,357 (6.14)	54,614 (0.31)	99,848 (0.57)	90 (0.00)	1,238,909 (7.02)
소형	1,648,142 (9.34)	74,828 (0.42)	2,028,870 (11.50)	4,993 (0.04)	3,756,833 (21.29)
중형	7,360,711 (41.71)	851,553 (4.83)	797,446 (4.52)	13,828 (0.08)	9,023,538 (51.13)
대형	3,247,387 (18.40)	82,348 (0.47)	262,845 (1.49)	35,939 (0.20)	3,628,519 (20.56)
계	13,340,597 (75.59)	1,063,343 (6.03)	3,189,009 (18.07)	54,850 (0.31)	17,647,799 (100.00)

주 1. 음영처리부분은 현재 기준(900kg, 1300kg) 적용시 해당부분임
 2. 굵은선 부분은 기준을 2000kg으로 적용시 해당부분임
 자료 : 국토해양부 통계자료(2010. 6 기준)

를 제외하고는 충돌평가시험에 적용할 수 없는 문제점을 내포하고 있다.

실제, 〈표 6〉에서 정리하고 있는 국내 차종별 자동차 등록현황을 기준으로 살펴보면, 전체 자동차등록대수의 약 16.4%만이 시험차량의 선정기준에 부합된다. ① 충격흡수시설의 성능평가 충돌시험에 주로 이용되는 차종인 승용차의 중량을 모두 포함할 수 있는 중량범위와 ② 국내 자동차 등록현황의 85%이상을 포함할 수 있는 중량이 2000kg이라는 점 그리고 ③ 유럽과 미국에서 적용하고 있는 시험차량 중량의 적용기준을 고려할 때, 국내의 충격흡수시설 성능평가를 위한 충돌시험 차량의 중량기준을 2000kg으로 상향조정하여 적용하는 것이 바람직할 것이다.

2) 시험차량 중량 변경시 국가간 시험기준 부합여부

앞서 검토한 필요성을 감안하여 충격흡수시설 성능평가를 위한 시험차량의 중량을 2000kg까지 상향조정할 경우, 현재 충돌시험기준의 충격도 적용값을 높일 수 있으며 국가별 시험기준에 적용하는 충격도 값의 일치 또는 다른 국가의 적용값을 포함할 수 있도록 우리나라의 기준을 개선하는 것이 시험기준 미달로 국가간 충격흡수시설의 성능평가결과에 대해 상호 인증하는 문제를 해결할 수 있는 방안일 것이다.

시험차량 중량변경에 따른 충격도 값을 기준으로

〈표 7〉 시험차량중량 변화에 따른 충격도값 비교

구분	한국		유럽	미국	
	기존값	변경값			
시험 1	Min	125.0	125.0	86.8	192.9
	Max	180.6	771.7	700.2	771.7
시험 2	Min	222.2	222.2	222.2	67.5
	Max	501.5	771.7	347.2	316.4
시험 3	Min	222.2	222.2	321.0	67.5
	Max	501.5	771.7	700.2	771.7
시험 4	Min	8.4	8.4	8.4	4.5
	Max	33.6	51.7	46.9	90.3
시험 5	Min	14.9	14.9	21.5	22.2
	Max	33.6	51.7	46.9	90.3

로 국가간 최소값과 최대값을 비교하여 정리하면 〈표 7〉과 같다. 충돌시험차량의 중량을 상향 조정하면 변경 이전에 비해 충격도의 최대값을 증가시키게 되며, 시험방법별로 충격도 값의 증가량을 보면 시험 ①이 591(kJ), 시험 ②와 ③이 270(kJ) 그리고 시험 ④와 ⑤가 18(kJ)이 증가하게 된다.

시험차량 중량의 상향적용에 따른 충격도 적용값의 변화는 충격흡수시설의 성능평가를 위한 우리나라의 적용기준이 유럽과 미국의 평가등급의 시험기준을 충족시키는 범위를 넓히게 된다. 충격도 변화량을 반영한 우리나라의 시험기준을 유럽 및 미국의 기준과 비교하여 시험방법별로 살펴보면, 시험방법 ①~③은 우리나라의 충격도 Max값이 유럽과 미국의 충격도 Max값을 충분히 충족하게 되며, 시험방법 ④와 ⑤의 경우는 우리나라의 충격도 Max값이 유럽의 기준을 충족하나 미국기준과 비교해서는 충격도 Max값의 52%수준에 부합하게 된다. 미국의 충격도 값을 충족하지 못하는 이유는 충돌각도의 차이에서 발생하는데, 미국기준의 경우 시험방법 ④와 ⑤에 한해서 충돌각도를 20°를 추가로 적용하고 있다.

3) 충돌각도 및 충돌속도에 대한 검토사항

충격도 산출식인 식(3)을 살펴보면, 시험차량의 중량과 함께 충격도에 영향을 미치는 변수로 충돌각도와 충돌속도가 있다.

충돌각도의 경우는 우리나라와 유럽은 동일하게 적용하고 있고, 미국과도 유사하다. 다만, 미국에서는 충격흡수시설의 측면충돌시험(시험 4, 5)에 적용하는 충돌각도를 15°이외에 20°를 추가로 적용하는 것이 차이점이다. 앞서 시험차량중량에 대해 검토한 바와 같이 시험기준차량의 중량을 상향조정(최대 2000kg)하게 되면, 유럽의 충격도 기준에는 모두 부합하지만, 미국의 충격도 기준에는 시험방법 ④와 ⑤의 경우에 한해 부분적으로 부합하지 못하기 때문에 미국의 충격도 기준에 부합하기 위해서는 충돌각도 20°를 추가 적용하는 것이 필요하다.

충돌속도는 기본적으로 각국의 도로기능별 설계속도를 참고로 하여 설정하는데, 충돌속도가 높아지면 상대적으로 높은 충격도(SI)를 적용하여 시험을 진행하게 되기 때문에 충격흡수시설의 기능을 강화하는 측면이 있지만, 일반적으로 높은 충격도에 대응하기 위해 충격흡수시설의 설치길이 길어지는 문제점이 발생한다. 따라서 충돌속도의 적용값은 각 국가의 도로운영조건과 도로환경을 고려하여 설정하는 것이 필요할 것이다. 또한 앞서 검토한 시험차량중량과 충돌각도 조정을 통해 유럽과 미국의 성능평가 시험기준을 모두 부합할 수 있는 만큼 충돌속도를 상향조정해야 하는 필요성은 다소 낮다고 할 수 있다.

V. 결론 및 정책제언

1. 결론

충격흡수시설의 성능평가는 평가기준에 의해 등급별로 시행하도록 하고 있으나, 현재 우리나라의 성능평가를 위한 시험기준이 시험차량의 중량을 충분히 반영하고 있지 못하고, 외국의 기준과도 차이를 보이고 있어 이를 합리적으로 개선하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 충격흡수시설 성능평가를 위한 시험기준의 합리적인 개선방향을 도출하기 위해 유럽 및 미국의 기준과 상호비교하고, 국내에서

생산 또는 수입되어 운행 중인 차량의 중량을 조사하여 국가간 시험기준의 차이를 줄일 수 있는 방안을 중심으로 진행하였으며, 개선방향은 아래와 같다.

- 각국의 시험기준에 따른 시험방법별(①~⑤) 충격도 비교분석결과, 우리나라의 충격도 적용값이 유럽과 미국에 비해 낮은 수준을 유지하고 있는 것으로 나타나, 이를 합리적으로 개선하기 위한 방안으로 시험차량중량을 상향 적용하는 것이 필요함
- 시험차량중량의 적용값은 시험방법별 충격도의 최대값, 최소값이 유럽과 미국의 기준과 동일 또는 이를 포함할 수 있는 수준과 국내에서 생산 및 수입되어 도로상에서 운행 중인 차량의 비율을 고려해 볼 때, 최대 2000kg까지 상향 적용하는 것이 적절한 것으로 도출됨
- 시험차량중량의 적용값을 2000kg으로 상향 조정할 경우, 유럽 및 미국의 성능평가를 위한 평가등급별 시험기준 비교하면, 충격도 기준 부합율이 유럽기준과는 모든 시험방법에 대해 충족하고, 미국의 경우는 시험방법 ①~③에 대해 충족하는 반면 시험방법 ④~⑤에 대해서는 부분적으로 충족하게 되는데 이는 충돌각도의 차이에서 기인함
- 충돌각도는 우리나라와 유럽은 동일하게 적용하고 있는 반면 미국의 경우에는 측면충돌에 15°이외에 20°를 추가로 적용하고 있어, 시험을 위한 충격도기준에 차이가 발생하게 되는데 이는 충돌각도 시험기준에 20°를 추가하는 것으로 해결 가능함
- 충돌속도는 우리나라와 미국이 최대 100km/h까지 동일하게 적용하고 있는 것에 비해 유럽은 최대 110km/h까지 적용하고 있는 차이가 있으나 시험차량중량을 상향조정할 경우 충돌속도에 의해 발생하는 유럽과의 충격도 차이는 해결 가능함

결론적으로 우리나라의 충격흡수시설 성능평가

기준이 유럽 및 미국의 시험기준과 부합하기 위해서는 우리나라의 시험기준에 적용하는 충격도 값을 높이는 것이 필요하며, 이를 위해서는 시험차량 중량과 충돌각도의 개선이 필요하다.

2. 정책제언

본 연구를 통해 충격흡수시설 시험기준 중 시험차량의 중량을 상향조정하는 것이 필요함을 제안하였는데, 실제 과거기준(도로안전시설 설치 및 관리지침 : 충격흡수시설편, 1998년)에는 시험기준차량의 적용기준이 1500kg까지 적용하도록 하였으나, 분명하지 않은 이유로 2001년 관련 기준이 개정되면서 1300kg으로 하향 조정되었다. 예컨대, 시험기준차량의 중량을 높이면 시설을 제작하는 업체의 기술개발부담이 발생할 것이나, 가까운 장래에 외국과 경쟁해야만 하는 환경변화 속에서 경쟁력을 갖추도록 정부차원에서 적극적인 관련 규정의 개정노력이 필요하다

따라서 유럽 및 미국의 기준에 부합하기 위해 우리나라의 충격흡수시설 시험기준의 개선방향을 정리하면 아래 <표 8>과 같다.

또한, 우리나라의 충격흡수시설 성능평가기준을 규정하고 있는 “도로안전시설 설치 및 관리지침”과 “차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람”의 내용상에는 충격흡수시설 시험기준과, 평가기준의 명확한 구분이 없이 기술되어 있는 문제가 있다. 시험기준은 충돌시험을 통해 성능평가를 수행하기 위한 제반조건인 충격 및 준비사항을 체크하는데 필요한 내용들로 구성되며, 평가기준은 충돌시험을 통해 나온 결과를 평가하기 위한 평가지표와 지표별로 판정기준에 관한 내용으로 구성된다. 따라서 관련 규정에 이들 기준을 구분하여 내용을 기술하는 것이 필요하다.

<표 8> 충격흡수시설 시험기준 개선항목 제안사항

구분	제안사항	비고
시험차량중량	2000kg 추가	유럽/미국기준충족
충돌각도	20° 추가	미국기준충족

참고문헌

1. 국토해양부(2010), 자동차 업종별 등록대수 통계 자료(<http://www.mltm.go.kr/USR/statistics>)
2. 김동성(2009), 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 관성과 마찰에너지를 이용하는 충격흡수시설의 개발, 한국방재학회 논문집, 제9권 2호, 한국방재학회.
3. 건설교통부(2008), 차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람.
4. 임재문(2008), 충격흡수시설의 탑승자보호 성능평가 기준에 관한 연구, 제16권 제2호, 한국자동차학회.
5. 국토해양부(2008), 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호안전시설편).
6. 한국도로공사 도로교통기술원(2006), 차량방호 안전시설 성능평가 및 개선연구.
7. 고만기(2004), 충돌차량 탑승자 안전을 고려한 충격흡수시설 설계법, 대한토목학회논문집(A), 제24권 제5호, 대한토목학회.
8. 한국건설기술연구원(2001), 차량방호 안전시설 성능기준 개선연구.
9. 박형원(2000), 차종별 구성비 변화에 따른 충격흡수시설 및 평가기준의 개선, 한양대학교.
10. 한국도로공사(2000), 실물차량 충돌시험을 통한 충격흡수시설 개선 연구.
11. J.M.Lim(2003), Consideration for the Vehicle Impact Test Results of Crash Cushion, Fall Conference Proceedings KSAE.
12. EN 1317-3(2002), Road restraint systems-Part 3: Performance classes, impact test acceptance and test methods for crash cushions, CEN.
13. MOCT(2001), Installation and Maintenance Guidelines for Roadside Safety Appurtenance : Vehicle Restraint Systems.

14. Miller, P., Carney, J. F(1997), Evaluation of Highway Features, TRB. Computer Simulation of Roadside Crash Cushion Impacts, Journal of Transportation Engineering.
15. NCHRP Report 350(1993), Recommended Procedures for the Safety Performance
16. Jone F. Carney III, NCHRP Report 350 Crash Test Results for Connecticut Truck-Mounted Attenuator, Transportation Research Record 1528.