행정간행물 등록번호
11-1500000-000654-14

차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람

2008. 12.

국토해양부
Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

- 목 차 -

Ⅰ. 총 론 ····· 1

1. 목적 ····· 1
2. 적용 범위 ····· 1
3. 관련 기준 및 법규 ····· 1
4. 용어의 정의 ····· 1

Ⅱ. 시험 기준 ····· 4

1. 일반사항 ····· 4
1.1 충격도의 산정 ····· 4
1.2 시험조건 ····· 5
1.2.1 시험 대상물 선정 ····· 5
1.2.2 시험 차량 중량 ····· 5
1.2.3 충돌 속도 ····· 5
1.2.4 충돌 각도 ····· 5
1.2.5 충돌 지점 ····· 6
1.2.6 지반 조건 ····· 6
1.3 탑승자 안전 평가 요소 ····· 6
1.3.1 탑승자 충돌 속도 ····· 6
1.3.2 탑승자 가속도 ····· 11
1.3.3 THIV와 PHD의 계산 절차 ····· 11
1.3.4 OIV와 ORA의 계산 ····· 13
1.4 측정 오차 ····· 13

1.5 충돌시험 시스템 ····· 13
1.5.1 시험시스템의 구성 ····· 14
1.5.2 시험시설의 규격 ····· 14
2. 방호울타리 ····· 17
2.1 충돌시험 조건 ····· 17
2.2 성능 평가 기준 ····· 19
3. 충격흡수시설 ····· 21
3.1 충돌시험 조건 ····· 21
3.2 성능 평가 기준 ····· 24

Ⅲ. 시험 방법 ····· 28

1. 지반 조건 ····· 28
2. 시험 대상물의 설치 ····· 28
2.1 시험 대상물의 설치 ····· 28
2.2 충돌 지점의 설정 ····· 29
3. 시험차량의 준비 ····· 30
3.1 시험차량의 선정 ····· 30
3.2 시험차량의 인수 및 검사 ····· 30
3.3 시험차량의 준비 ····· 31
3.4 차량 중량 ····· 32
3.5 계측기 및 센서 설치 ····· 33
3.6 기타 준비사항 ····· 34
4. 측정 항목 및 측정 방법 ····· 37
4.1 측정 항목 ····· 37
4.2 차량 관련 측정 ····· 39
4.3 시험 대상물 관련 측정 ····· 42
4.4 촬영 ····· 42

5. 보고서 작성 ····· 44
5.1 보고서 ····· 45
5.2 시험성적서 ····· 45

부록 ····· 55

부록 1. 계측기기의 특성에 관한 요건 ····· 57
부록 2. 계측기기의 특성 상세 ····· 59

- 표 차례 -

표 2.1 시험항목에 대한 오차 ····· 13
표 2.2 차량방호안전시설 평가 시험시스템 ····· 14
표 2.3 시험시설의 규격 ····· 16
표 2.4 강도 성능 평가를 위한 시험 조건 ····· 18
표 2.5 탑승자 보호 성능 평가를 위한 시험 조건 ····· 18
표 2.6 탑승자 보호 성능 평가 기준 ····· 20
표 2.7 충격흡수시설 충돌시험 조건 ····· 22
표 2.8 탑승자 안전성능 평가 기준값 ····· 24
표 2.9 충격흡수시설의 변형 정도에 따른 등급 ····· 25
표 2.10 충격흡수시설 탈출 박스 경계선 ····· 27
표 2.11 차량의 탈출 범위에 따른 충격흡수시설 Z의 등급 ····· 27
표 3.1 방호울타리 계측항목 및 계측방법 ····· 37
표 3.2 충격흡수시설 계측항목 및 계측방법 ····· 38
표 3.3 이탈측 속도측정 위치 ····· 39
표 3.4 충돌・이탈 속도의 검출 방법 ····· 40
표 3.5 시험차량 및 시설물의 손상상태에 관한 육안 관찰항목 ····· 42
표 3.6 카메라의 기종 및 촬영부위(방호울타리 기준) ····· 43
표 3.7 카메라의 기종 및 촬영부위(충격흡수시설 기준) ····· 43

- 그림 차례 -

그림 1.1 Rolling, Pitching, Yawing ····· 3
그림 1.2 충돌 차량의 이탈 속도와 이탈 각도 ····· 3
그림 2.1 충격도 산정 ····· 4
그림 2.2 지면에서 차량의 구성 ····· 7
그림 2.3 머리가 왼쪽 벽에 충돌하는 경우 ····· 10
그림 2.4 충돌 차량의 충돌 위치 및 충돌 방향(시험 ①~시험 ⑤) ····· 23
그림 2.5 충격흡수시설의 변형 한계 ····· 25
그림 2.6 가상의 탈출 박스 ····· 26
그림 3.1 방호울타리 충돌 지점(예) ····· 30
그림 3.2 방호울타리 충돌시험 기록을 위한 카메라의 배치도 ····· 44
그림 3.3 충격흡수시설 충돌시험 기록을 위한 카메라의 배치도 ····· 44
그림 3.4 방호울타리 성능평가 충돌시험성적서(예시) ····· 46
그림 3.5 방호울타리 성능평가 충돌시험 결과 총괄표 ····· 47
그림 3.6 충격흡수시설 성능평가 충돌시험성적서(예시) ····· 49
그림 3.7 충격흡수시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표 ····· 50

Ⅰ. 총 론

1. 목적

본 편람은 차량의 주행로 이탈, 정면 충돌 등과 같은 치명적인 교통사고의 피해를 감소시키기 위해 설치하는 차량방호 안전시설의 성능 시험에 관한 전반적인 업무내용을 기술한 것으로, 차량방호 안전시설의 성능을 공정하고 객관적으로 평가할 뿐만 아니라 품질 및 안전성이 검증된 차량방호 안전시설의 설치를 유도함으로써 도로 이용자의 안전성 향상 도모 및 공공 복리 증진을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

본 편람은 도로안전시설 중 노측용 방호울타리, 중앙분리대용 방호울타리, 교량용 방호울타리, 충격흡수시설 등과 같은 차량방호 안전시설을 대상으로 하여 그 성능에 대한 시험 기준, 시험 방법 등에 관련된 사항을 규정한다.

3. 관련 기준 및 법규

- 도로안전시설 설치 및 관리 지침 - 차량방호 안전시설 편(국토해양부, 2008)

4. 용어의 정의

본 편람에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

- 차량방호 안전시설 : 도로법 제3조 및 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제37조에 규정된 시설 중 차량의 이탈이나 정면 충돌

등과 같은 치명적인 교통사고의 피해를 줄이기 위해 설치하는 노측용 방호울타리, 중앙분리대용 방호울타리, 교량용 방호울타리, 충격흡수시설 등을 말함

- 차량 방호울타리 : 차량이 주행 중 정상적인 주행 경로를 벗어나 길밖, 대향차로 또는 보도 등으로 이탈하는 것을 방지하는 동시에 탑승자의 상해 및 차량의 파손을 최소한도로 줄이고 차량을 정상 진행 방향으로 복귀시키는 것을 주목적으로 설치하는 시설물을 말함
- 가요성 방호울타리 : 방호울타리를 강성에 따라 구분한 것으로, 차량의 충돌시에 구성 부재가 일정 한도 내에서 변형되는 방호울타리
- 강성 방호울타리 : 방호울타리를 강성에 따라 구분한 것으로, 차량의 충돌시에 구성 부재가 거의 변형되지 않는 방호울타리
- 실물차량 충돌시험 : 일정 충돌조건에서 실물차량을 차량방호 안전시설에 충돌시킨 후, 탑승자, 차량, 차량방호 안전시설의 거동을 분석함으로써 그 성능을 평가하는 시험
- 충격도(Impact Severity ; IS) : 방호울타리의 충돌 면에서 직각으로 얻어지는 차량의 운동 에너지를 말하며, 본 편람에서는 차량방호울타리 등급 강도를 정의하기 위해서 사용함
- Rolling, Pitching, Yawing : 그림 1.1에서와 같이 Rolling은 고정좌표계 X축에 관한 차량의 회전을 말하고, Pitching은 고정좌표계 Y축에 대한 차량의 회전이며, Yawing은 고정좌표계 Z축에 대한 차량의 회전을 의미함

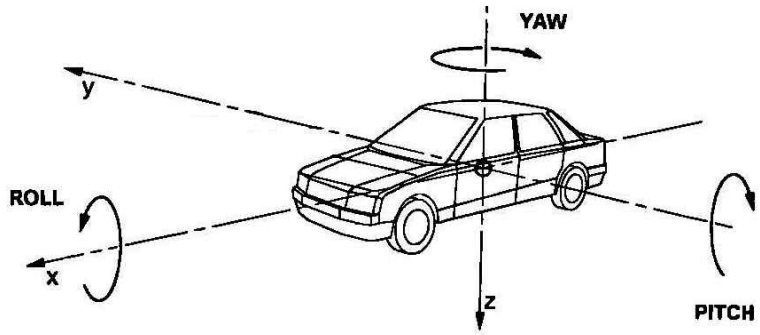


그림 1.1 Rolling, Pitching, Yawing

- 충격흡수시설 : 주행 차로를 벗어난 차량이 고정된 구조물 등과 직접 충돌하는 것을 방지하여, 교통사고의 치명도를 낮추는 시설
- 주행 복귀형(redirection type) 충격흡수시설 : 차량 충돌시 본래의 주행차로 방향으로 복귀시켜 정상 주행이 가능하게 하는 기능을 가진 충격흡수시설을 말함
- 주행 비복귀형(non-redirection type) 충격흡수시설 : 차량의 충격을 시설이 흡수하여, 차량이 정지하도록 하는 기능을 가진 충격흡수시설을 말함
- 이탈속도, 이탈각도 : 다음 그림 1.2에서 안전시설물에 충돌 할 때의 속도와 각도를 충돌속도와 충돌 각도라 말하며, 충돌 후 발생되는 차량의 속도와 각도를 이탈속도, 이탈각도라 함

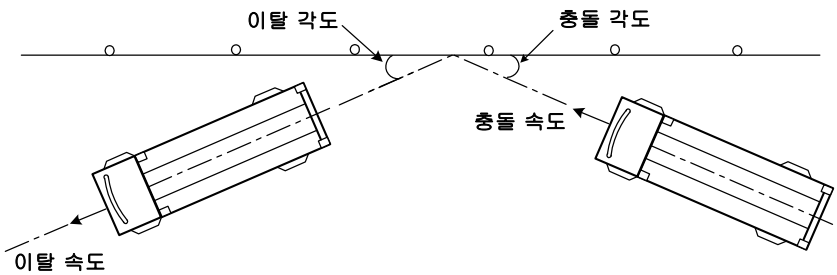


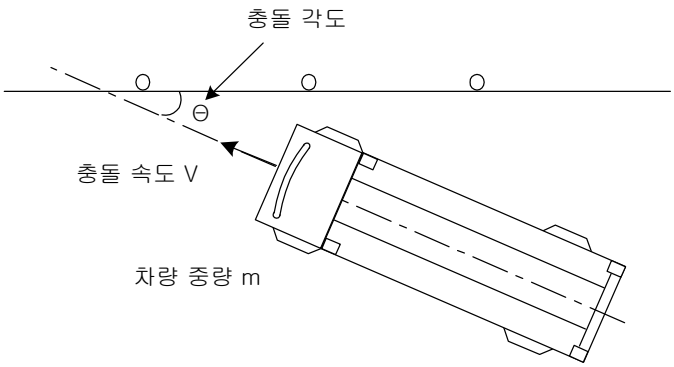
그림 1.2 충돌 차량의 이탈 속도와 이탈 각도

Ⅱ. 시험 기준

1. 일반사항

1.1 충격도의 산정

차량방호 안전시설의 성능 확인은 등급에 따른 충격도를 실물차량 충돌시험을 통해 평가하는 것으로 한다. 충격도(IS ; Impact Severity)란 차량 충돌시 생기는 운동에너지이다. 충격도는 그림 2.1과 같은 충돌 조건에서 다음 식에 의해 계산되어지는 값이다.



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

여기서, IS : 충격도 (kJ)

m : 충돌 차량의 중량 (ton)

V : 충돌 속도 (km/시)

Θ : 충돌 각도 (。)

그림 2.1 충격도 산정

1.2 시험조건

1.2.1 시험 대상물 선정

시험 대상물은 개수는 각 시설물의 충돌 조건에 대하여 1개씩으로 한다.

1.2.2 시험 차량 중량

방호울타리의 충돌시험에 사용되는 차량의 중량은 강도성능 평가시험용으로 화물차 8,000kg을 표준으로 하고, 특수한 경우 14,000, 25,000 또는 36,000kg의 차량을 사용하며, 탑승자 보호성능 평가 시험용으로는 승용차 1,300kg의 차량을 사용한다.

충격흡수시설의 충돌시험에 사용되는 차량의 중량은 승용차 900 및 1,300kg으로 한다.

1.2.3 충돌 속도

충돌속도는 대상 시설의 시험 기준에 따라, 방호울타리의 강도성능 평가를 위한 시험인 경우에는 50, 65, 80km/시의 속도를 적용하며, 탑승자 보호성능 평가를 위한 시험인 경우에는 60, 80, 100km/시의 속도를 적용한다. 강도성능 평가를 위한 화물차 충돌속도의 기준은 사고차량의 브레이크 작동과 차로별 이용차량의 구분 및 감속을 감안하여 설계속도의 80% 정도를 적용한 것이다. 충격흡수시설의 시험에는 60, 80, 100km/시의 충돌속도를 적용한다.

1.2.4 충돌 각도

충돌각도는 충돌시험 조건에 따라 방호울타리 시험인 경우, 강도성능 평가시험에는 15°, 탑승자 보호성능 평가 시험에는 20°로 한다. 충격흡수시설 시험인 경우에는 정면, 혹은 측면으로 해당 시험 기준을 적용한다.

1.2.5 충돌 지점

충돌지점(Impact Point)이란 시험차량이 시험 대상물에 접촉하는 초기 지점을 말하며, 일반적으로 방호울타리는 접합부 등 강도의 변화점이나 취약점에 충돌 중 가장 큰 힘이 모아지도록 충돌지점을 설정한다.

1.2.6 지반 조건

시험시 지반조건은 차량방호 안전시설이 설치되는 곳의 표준적인 현장 조건과 같도록 한다.

1.3 탑승자 안전 평가 요소

1.3.1 탑승자 충돌 속도

탑승자 충돌 속도(THIV ; Theoretical Head Impact Velocity)란 차량이 차량방호 안전시설에 충돌할 때 탑승자의 충돌 위험도를 평가하기 위한 지수들 중에 하나로서, 탑승자의 머리를 자유 비행하는 물체로 보고, 차량이 시설물과 충돌하여 머리가 차량 내부공간의 가상 면에 부딪칠 때까지 이동하는 속도를 말한다.

차량이 구조물에 접하는 순간, 차량은 병진(竝進) 운동을 하기 때문에 차량과 탑승자의 머리는 같은 평면상에서 일정속도 V_0를 갖는다고 가정할 수 있다. 충돌이 진행되는 동안 충돌 차량은 평면상에서만 운동한다고 가정할 수 있다. 차량이 전복되지 않는 한 차량의 Rolling, Pitching, Yawing은 안전시설의 성능평가에 있어 주된 관심사항이 아니며, 극단적인 수직운동은 육안 혹은 필름 분석으로도 합격 여부를 판단할 수 있다.

THIV의 계산에는 그림 2.2와 같은 두 가지 좌표를 사용한다. Cxy는 차량 좌표계로 x는 종방향, y는 횡방향을 나타낸다.

C는 차량 중심 부근점으로 두개의 가속도계와 각속도계(yaw rate sensor)를 부착하여, $\ddot{x}_c$, $\ddot{y}_c$, $\dot{\psi}$ 를 계측한다.

OXY는 지상 좌표계로, X축은 속도 V_0와 동일한 방향이고, O는 C의 초기 위치와 일치한다.

$X_c(t)$와 $Y_c(t)$는 C의 지상 좌표이고, $X_b(t)$, $Y_b(t)$는 머리의 지상 좌표이다.

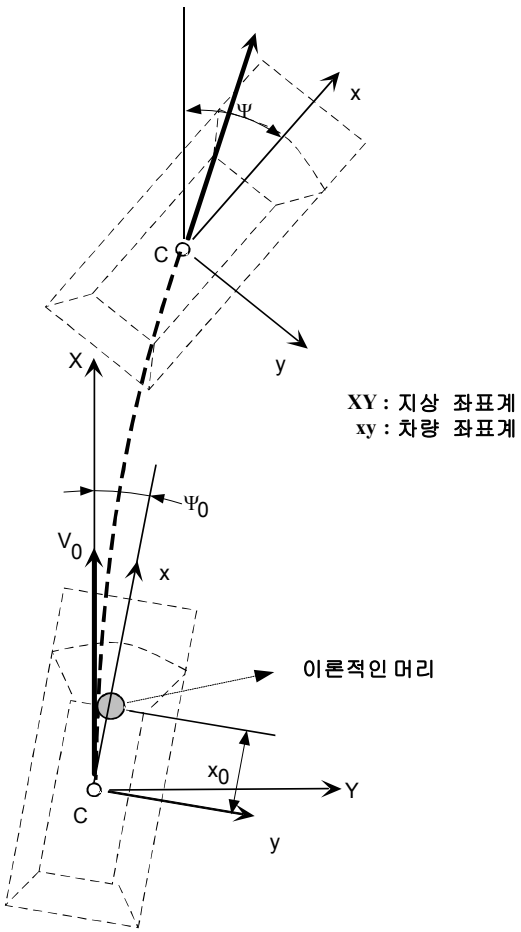


그림 2.2 지면에서 차량의 구성

(1) 차량의 운동

시간 t = 0 에서의 초기 조건은 다음과 같이 표현된다.

$$X_c = 0 \qquad Y_c = 0 \qquad \psi = \psi_0$$

$$\dot{X}_c = V_0 \qquad \dot{Y}_c = 0 \qquad \dot{\psi} = 0$$

요각(Yaw angle) ψ를 지상에 설치한 수직카메라의 기록으로부터 구하거나, 측정한 각속도 $\dot{\psi}$를 적분하여 구한다.

$$\psi(t) = \int_0^t \dot{\psi} dt + \psi_0$$

그 다음 ψ를 이용하여 차량가속도 $\ddot{x}_c$, $\ddot{y}_c$를 다음과 같이 지상좌표계 XY의 가속도로 바꿀 수 있다.

$$\ddot{X}_c = \ddot{x}_c \cos\psi - \ddot{y}_c \sin\psi$$

$$\ddot{Y}_c = \ddot{x}_c \sin\psi + \ddot{y}_c \cos\psi$$

시간 t에서의 차량 속도와 위치는 다음과 같이 적분으로 구한다.

$$\dot{X}_c = \Delta \dot{X}_c + V_0 \ , \ \Delta \dot{X}_c = \int_0^t \ddot{X}_c dt$$

$$\dot{Y}_c = \Delta \dot{Y}_c \ , \ \Delta \dot{Y}_c = \int_0^t \ddot{Y}_c dt$$

$$X_c = \int_0^t \Delta \dot{X}_c dt + V_0 t$$

$$Y_c = \int_0^t \Delta \dot{Y}_c dt$$

여기서, $\dot{X}_c$, $\dot{Y}_c$: 차량의 속도, X_c , Y_c : 차량의 위치

(2) 지상좌표계에 대한 이론적인 머리(Theoretical head)의 운동

시간 t = 0 에서의 초기 조건은 다음과 같이 표현된다.

$$X_b = x_0 \cos\psi_0 = X_0 \ , \quad Y_b = x_b \sin\psi_0 = Y_0$$

$$\dot{X}_b = V_0 \ , \quad \dot{Y}_b = 0$$

머리가 등속운동을 계속한다면, 시간 t에서 머리의 위치는

$$X_b = V_0 t + X_0$$

$$Y_b = Y_0$$

(3) 차량 좌표계에 대한 이론적인 머리의 운동

차량 좌표계에 대한 머리의 상대속도는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$v_x(t) = -\Delta X_c \cos\psi - \Delta Y_c \sin\psi + y_b \dot{\psi}$$

$$v_y(t) = \Delta X_c \sin\psi - \Delta Y_c \cos\psi - x_b \dot{\psi}$$

차량 좌표계에 대한 머리의 위치 좌표는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x_b(t) = \Delta X_b \cos\psi + \Delta Y_b \sin\psi$$

$$y_b(t) = -\Delta X_b \sin\psi + \Delta Y_b \cos\psi$$

여기서, $\Delta X_b = X_0 - \int_0^t \Delta X_c dt$,

$$\Delta Y_b = Y_0 - \int_0^t \Delta Y_c dt$$

(4) 비행시간

차량 안에서 머리가 충돌하는 면은 xy면에 수직이라고 본다.

최초 머리의 위치로부터 충돌면까지의 거리(Flail 거리)는 종방향을 D_x, 횡방향 D_y로 하여, 각각 $D_x = 0.6$m, $D_y = 0.3$m로 한다.

머리의 비행시간은 머리가 그림 2.3에서처럼 가상의 충돌면 3곳 가운데 어느 한 지점에 부딪친 시간으로, 다음 식을 만족하는 T중 최소값이 된다.

$$x_b(T) = D_x + x_0 \quad , \quad y_b(T) = D_y, \quad \text{또는} \quad y_b(T) = -D_y$$

(5) THIV의 계산

위에서 계산한 머리 비행시간 T로 부터 THIV는 다음과 같이 구한다.

$$THIV = \left[v_x^2(T) + v_y^2(T) \right]^{1/2}$$

여기서, v_x, v_y는 차량 좌표계에 대한 머리의 상대속도

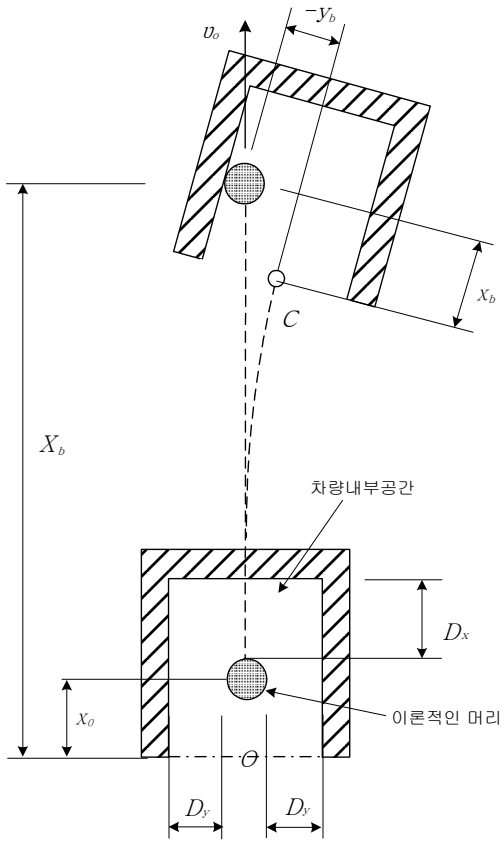


그림 2.3 머리가 왼쪽 벽에 충돌하는 경우

1.3.2 탑승자 가속도

차량이 구조물에 충돌한 직후, 탑승자는 순간적인 2차 충돌을 받게 된다. 여기서 탑승자 가속도(PHD ; Post-impact Head Deceleration)란 1차 충돌로 인해 발생되는 2차 충돌, 즉 탑승자가 차량 내부공간의 가상 면에 부딪힐 때 머리가 받게 되는 가속도 중에서 최대값을 의미한다.

탑승자의 머리가 차량 내부의 벽에 부딪힌 후 차량의 충돌이 끝날 때까지 벽에 밀착되어있다고 가정한다면, ($t > T$)이후의 차량이 받는 가속도를 탑승자의 머리가 받는다고 볼 수 있다.

따라서, PHD는 충돌 후 ($t > T$)로 계측된 $\ddot{x}_c$, $\ddot{y}_c$의 10ms(millisecond) 평균 가운데 최대값을 구하며, 다음과 같이 계산한다.

$$PHD = MAX(\langle x_c \rangle^2 + \langle y_c \rangle^2)^{1/2} \quad , \quad t > T$$

여기서, $\langle x_c \rangle$, $\langle y_c \rangle$는 10ms 평균 가속도

1.3.3 THIV와 PHD의 계산 절차

(1) 절차 1 : 차량 가속도($\ddot{x}_c$, $\ddot{y}_c$) 및 각속도($\dot{\psi}$)를 초당 S회 계측하여 저장한다. 기록된 자료를 ${}^k\ddot{x}_c$, ${}^k\ddot{y}_c$ 및 ${}^k\dot{\psi}$ ($k = 1, 2, \cdots, N$)라 정한다. 파일의 자료간 시간 간격 $h = {}^kt - {}^{(k-1)}t = 1/S$ 이다. 예를 들어, S가 500이면 h는 2ms가 된다.

(2) 절차 2 : 계측된 $\dot{\psi}$를 적분하여 ψ를 얻는다.

$${}^1\psi = \psi_0 \ ; \quad {}^2\psi = {}^1\psi + h\frac{{}^1\dot{\psi} + {}^2\dot{\psi}}{2} \ ; \ \ldots \ ; \quad {}^{k+1}\psi = {}^k\psi + h\frac{{}^k\dot{\psi} + {}^{k+1}\dot{\psi}}{2}$$

(3) 절차 3 : 지상 좌표계 XY에 대한 차량 가속도를 구한다.

$${}^kX_c = {}^k\ddot{x}_c \cos {}^k\psi - {}^k\ddot{y}_c \sin {}^k\psi$$

$${}^kY_c = {}^k\ddot{x}_c \sin {}^k\psi + {}^k\ddot{y}_c \cos {}^k\psi$$

(4) 절차 4 : 지상 좌표계에 대한 차량 가속도를 적분한다.

$$^{1}\Delta X_c = 0, \quad ^{k+1}\Delta X_c = {}^{k}\Delta X_c + h\frac{^{k}X_c + {}^{k+1}X_c}{2}$$

$$^{1}\Delta Y_c = 0, \quad ^{k+1}\Delta Y_c = {}^{k}\Delta Y_c + h\frac{^{k}Y_c + {}^{k+1}Y_c}{2}$$

$$^{1}\Delta X_b = X_0, \quad ^{k+1}\Delta X_b = {}^{k}\Delta X_b - h\frac{^{k}\Delta X_c + {}^{k+1}\Delta X_c}{2}$$

$$^{1}\Delta Y_b = 0, \quad ^{k+1}\Delta Y_b = {}^{k}\Delta Y_b - h\frac{^{k}\Delta Y_c + {}^{k+1}\Delta Y_c}{2}$$

(5) 절차 5 : 탑승자 머리의 상대 위치와 상대 속도의 시간 이력을 계산한다.

$$^{k}x_b(t) = {}^{k}\Delta X_b \cos {}^{k}\psi + {}^{k}\Delta Y_b \sin {}^{k}\psi$$

$$^{k}y_b(t) = -{}^{k}\Delta X_b \sin {}^{k}\psi + {}^{k}\Delta Y_b \cos {}^{k}\psi$$

$$^{k}V_x(t) = -{}^{k}\Delta X_c \cos {}^{k}\psi - {}^{k}\Delta Y_c \sin {}^{k}\psi + {}^{k}y_b \, {}^{k}\dot{\psi}$$

$$^{k}V_y(t) = {}^{k}\Delta X_c \sin {}^{k}\psi - {}^{k}\Delta Y_c \cos {}^{k}\psi - {}^{k}x_b \, {}^{k}\dot{\psi}$$

여기서, $^{k}x_b(t)$, $^{k}y_b(t)$: 상대위치 , $^{k}V_x(t)$, $^{k}V_y(t)$: 상대 속도

(6) 절차 6 : 아래 세 식을 만족시키는 j중 최소값을 구한다.
{j=min(j)}

$$^{j}x_b = D_x + X_0 \quad \text{또는} \quad ^{j}y_b = D_y \quad \text{또는} \quad ^{j}y_b = -D_y$$

(7) 절차 7 : THIV를 계산한다.

$$THIV = [\ ^{j}v_x^2 + {}^{j}v_y^2\ ]^{1/2}$$

(8) 절차 8 : 10ms의 평균 $\langle {}^{k}\ddot{x}_c \rangle$ 및 $\langle {}^{k}\ddot{y}_c \rangle$를 계산하여, 다음과 같이 최대값을 PHD로 한다.

$$PHD = MAX(\langle \ddot{x}_c \rangle^2 + \langle \ddot{y}_c \rangle^2)^{1/2}, \quad t > T$$

1.3.4 OIV와 ORA의 계산

본 편람에서는 탑승자 보호 성능 평가 요소로 THIV와 PHD를 사용하였으며, 미국에서 사용하는 유사 평가 항목인 OIV(Occupant Impact Velocity)와 ORA(Occupant Ridedown Acceleration)의 계산은 1.3.3절의 계산 절차에서 절차 2를 생략하고, 그 이후의 식에 $\psi = 0$으로 놓아 간단하게 할 수 있다.

1.4 측정 오차

표 2.1 시험항목에 대한 오차

항 목	허용 오차	
	방호울타리 시험	충격흡수시설 시험
차량 중량	±5%	
충돌 / 이탈 속도	0.0% ~ +7.0% / ±5km/시	
충돌 및 이탈 각도	±1.5°	
충격도	· 승용차 : ±8% · 화물차 이상 : 기준 충격도 이상	
충돌 지점	· 시설물 : ±30cm, · 차 량 : ±0.05W	· 시설물 : ±30cm(측면충돌) · ±0.05W(정면충돌 혹은 옵셋) · 차 량 : ±0.05W

주) W : 차량폭

1.5 충돌시험 시스템

시험기관은 충돌시험을 수행하기 위해 필요한 시설을 비롯한 충돌시험 시스템을 구비해야 한다. 이에 대해서는 본 편람에서 기술하는 시스템 구비 조건을 갖추고, 시험기관으로서 국제적인 요건에 부합하도록 하기 위해서는 ISO 17025에 규정된 시험 및 교정 기관의 자격에 대한 일반 요구사항을 만족할 필요가 있다.

1.5.1 시험시스템의 구성

차량방호 안전시설의 충돌성능 평가를 위한 시험시설로는 옥외 충돌시험장, 충돌차량 가속 및 유도시스템, 데이터 계측 및 분석장비, 고속카메라, 일반카메라, 데이터 계측용 센서, 시험속도 측정장치, 차량중량 측정장치 등이 필요하며 각 장비별 용도 및 규격은 표 2.2와 같다.

1.5.2 시험시설의 규격

차량방호 안전시설의 충돌성능 평가를 위한 시험시설인 충돌시험장과 각종 장비의 규격은 표 2.3과 같으며, 이들은 기준에서 정한 최소한의 규격을 나타낸 것이다.

데이터 계측 및 분석에 관한 사항은 차량방호 안전시설의 탑승자 안전 등 충격도를 측정하고 그 결과를 산출하는 것으로 SAE J211에서 규정하고 있으며 이들 규정에서 요구하는 계측기기의 특성에 대한 요건은 <부록-표 1>과 같다. 계측장비로는 <부록-표 1>을 만족하는 장비를 확보하는 것이 필요하다.

표 2.2 차량방호안전시설 평가 시험시스템

시험시스템	용도 및 규격	비 고
① 충돌 시험장	방호울타리, 충격흡수시설 등 차량방호 안전시설을 평가하기 위한 옥외 충돌시험장으로서 시험 대상물을 설치하고 차량을 시험 대상물에 충돌시켜 충돌 후 그 궤적 등을 평가하기 위한 충분한 공간의 충돌시험장과 충돌차량을 시험속도까지 가속시키기 위한 주행로로 구성	

표 2.2 차량방호안전시설 평가 시험시스템(계속)

시험시스템	용도 및 규격	비 고
② 충돌차량 가속 및 유도시스템	충돌차량 가속시스템으로 견인차량 이용, 대규모 전기모터 사용, 또는 윈치(winch)시스템 사용 방법 등이 있으며, 차량 유도 장비로 가속주행로에 고정레일을 설치하는 방법과 케이블을 사용하는 방법이 있음. 차량 가속시스템과 유도장비의 조합에 따라 다양한 시스템의 구성이 가능하며, 시험장의 규모에 적합한 시스템 설치. 속도, 조향, 기어변속을 원격조정하는 구동장비를 사용하는 방법도 있음	
③ 데이터 계측 및 분석장비	차량방호 안전시설의 충돌시험시 탑승자 안전도를 측정하기 위하여 탑재용 데이터 계측장비를 차량에 설치하고 가속도계 및 각속도계로부터의 신호 데이터를 계측하고 분석하기 위한 장비 - 차량탑재 데이터 계측장비	
④ 고속카메라	매우 짧은 시간에 일어나는 시험 대상물의 차량 충돌 순간을 고속으로 촬영하는 장비	
⑥ 일반카메라	시험 대상물 및 충돌차량 등을 시험전·후에 촬영하기 위한 카메라	
⑦ 데이터 계측용 센서류 등	차량 또는 인체모형에 설치하여 충격량을 계측하기 위한 가속도계와 차량의 각속도를 측정하기 위한 각속도계 등 센서류	
⑧ 시험속도 측정장비	레이저 또는 테이프스위치 등에 의해 시험차량의 속도를 측정하는 장비	
⑨ 중량측정 장치	시험차량, 시험 대상물 등의 축중 및 중량을 측정하는 장비	

표 2.3 시험시설의 규격

장 비 명	세 부 사 항	규 격
① 충돌 시험장	· 충돌시험장 · 충돌차량 가속주행로	· 시험 대상물 설치와 차량의 궤적 등을 평가하기 위한 충분한 공간 · 경사 : 2.5% 이하로 평평한 포장면일 것 · 충돌차량을 필요한 속도로 가속시킬 수 있을 것
② 충돌차량 구동장비	· 용량	· 시험차량을 기준에서 정한 시험속도로 구동할 수 있을 것
③ 데이터계측 및 분석장비	· 계측 채널수 · 데이터채널 선형오차 · 채널 주파수 등급 · 디지털 데이터 처리 - 견본 추출율 - 해상도 · 탑승자안전 분석 소프트웨어 · 기타	· 4채널 이상 · 채널 증폭 등급 값의 2.5% 이하 · Class 1000 또는 Class 180 이상 · 2,000Hz 이상 · 8 Bit 이상 · THIV, PHD 등의 산출을 위한 소프트웨어를 갖출 것 · 부록 2. '계측기기의 특성 상세'를 만족할 것
④ 고속카메라	· 수량 · 촬영 속도	· 3대 이상 · 초당 500장 이상
⑥ 일반카메라	· 수량	· 1대 이상
⑦ 데이터 계측용 센서	· 가속도계 - 수량 · 각속도계 - 수량	 · 3개 이상 · 1개 이상
⑧ 시험속도 측정장치	· 설치위치 · 수량 · 정도	· 충돌지점 전 6m 이내 · 2대 · 1% 이내
⑨ 중량 측정장치	· 총용량 · 정도	· 25톤 이상 · ±0.5% 이내

2. 방호울타리

차량 방호울타리의 실물차량 충돌시험은 크게 방호울타리의 구조적인 안전성을 평가하기 위한 강도 성능 시험조건과 탑승자의 안전성을 평가하기 위한 탑승자 보호성능 시험조건으로 나눈다.

방호울타리는 강도가 높아질수록 대형차의 방호에 효과적이지만, 충격흡수 능력이 상대적으로 저하되어 탑승자의 안전성 측면에서는 바람직하지 못하다. 따라서, 적절한 등급을 선정하여 차량의 방호와 탑승자의 안전을 균형 있게 고려한 시험을 실시하는 것이 필요하다.

교량구간 및 추락 혹은 차로 이탈시 심각한 사고가 예상되는 위험구간에서의 사고는 일반구간의 사고에 비해 상대적으로 사고 피해의 정도가 크므로 등급의 선택에 유의해야 하며, 자동차 전용도로 등 설계속도가 높은 도로의 교량에는 사고 시 피해의 정도 등을 감안하여 강도가 큰 방호울타리의 설치를 고려해야 한다.

방호울타리를 설치할 때는 운전자의 안전 운전 의무 수행을 기본으로 하여, 사고 시 피해의 정도에 따라 적절한 안전성을 확보할 필요가 있다. 각 등급에 부합하는 시설의 적용은 도로 및 지형 조건과 기술 수준 등을 종합적으로 고려하여 결정하는 것으로, 구체적인 적용 방법은 차량방호안전시설 설치 및 관리 지침에 따른다.

2.1 충돌시험 조건

방호울타리의 성능 평가를 위한 충돌시험은 각 시설의 강도 성능을 평가하기 위한 시험과 탑승자의 안전성을 평가하기 위한 시험으로 구분하여 실시한다.

(1) 강도 성능 평가를 위한 시험 조건

방호울타리의 강도 성능을 평가하기 위한 시험 조건은 표 2.4와 같이 7

개의 등급으로 구분되며, 각 시설의 성능에 적합한 등급의 조건에 따라 시험한다.

표 2.4 강도 성능 평가를 위한 시험 조건

<table>
<tr><th>등 급</th><th>충돌 속도
(km/시)</th><th>차량 중량
(kg)</th><th>충돌 각도
(°)</th><th>기준 충격도
(kJ)</th></tr>
<tr><td>SB1</td><td>55</td><td rowspan="3">8,000</td><td rowspan="7">15</td><td>60</td></tr>
<tr><td>SB2</td><td>65</td><td>90</td></tr>
<tr><td>SB3</td><td>80</td><td>130</td></tr>
<tr><td>SB4</td><td>65</td><td rowspan="2">14,000</td><td>160</td></tr>
<tr><td>SB5</td><td rowspan="4">80</td><td>230</td></tr>
<tr><td>SB6</td><td>25,000</td><td>420</td></tr>
<tr><td>SB7</td><td>36,000</td><td>600</td></tr>
</table>

주) SB : Safety Barrier

(2) 탑승자 보호 성능 평가를 위한 시험 조건

탑승자의 안전성을 평가하기 위한 시험 조건은 표 2.5와 같으며, 각 시설의 성능에 적합한 등급의 조건에 따라 시험한다.

표 2.5 탑승자 보호 성능 평가를 위한 시험 조건

<table>
<tr><th>등 급</th><th>충돌 속도(km/시)</th><th>차량 중량(kg)</th><th>충돌 각도(°)</th></tr>
<tr><td>SB1</td><td>60</td><td rowspan="4">1,300</td><td rowspan="4">20</td></tr>
<tr><td>SB2, SB4</td><td>80</td></tr>
<tr><td>SB3</td><td rowspan="2">100</td></tr>
<tr><td>SB5, SB6, SB7</td></tr>
</table>

충돌시에 차량이 받는 가속도는 차량의 중량 등과 관련하여 일반적으로 작은 차일수록 커지고 위험하므로, 탑승자의 안전성은 승용차로 평가하도록 한다.

따라서, 성능 평가를 위한 시험 조건에서도 탑승자의 안전성을 고려하여, 1,300kg 차량을 평가 대상차량으로 한다. 차량의 충돌 각도는 일반적으로 20°내외이므로 탑승자의 안전성 측면과 외국의 기준을 참고하여 20°를 기준으로 한다. 충돌속도는 탑승자의 안전도를 높이기 위해서 설계속도를 그대로 적용하여 시험을 하도록 한다.

2.2 성능 평가 기준

실물 차량 충돌시험 후 방호울타리의 성능은 구조 성능, 탑승자 보호성능, 충돌 후 차량의 거동 등의 3가지 항목에 대해 객관적이고 공정한 평가를 실시한다.

(1) 구조 성능

실물차량 충돌 시, 가요성 방호울타리의 경우는 최대 충돌 변형 거리가 1.1m 이하이어야 하고, 강성 방호울타리는 주요 부재에 소성 변형이 발생하지 않아야 한다. 자세한 내용은 관련 지침을 참고한다.

가요성 방호울타리는 설계 시에 방호울타리를 구성하는 주요 부재의 탄성과 소성 변형을 예상하는 방호울타리이다. 차량 충돌시의 충격을 차량과 방호울타리 양쪽의 변형으로 완화시키기 때문에, 완충성이 뛰어나다. 따라서, 과다한 변형이 발생했을 경우 차량이 도로에서 밀려져 나와 밖으로 떨어지거나 보도로 침범할 우려가 있기 때문에 허용할 수 있는 최대 충돌 변형 거리를 규정한다. 시험대상인 가요성 방호울타리의 최대 충돌 변형 거리는 최대값 내에서 설치 장소의 특성에 부합하는 한계값을 만족시키는 것이어야 한다.

여기서, 최대 충돌 변형 거리란 차량이 방호울타리와 충돌할 때 차량의 충돌로 인해 방호울타리 면이 원위치로부터 바깥 방향으로 밀려나온 거리(차도와 직각 방향)중 최대값을 말한다.

강성 방호울타리는 설계 시에 방호울타리를 구성하는 주요 부재의 탄성 한계 내에서의 변형밖에 허용하지 않는 방호울타리이다. 따라서, 차량 충돌시 방호울타리가 거의 변형되지 않는 것으로, 강성이 높아 차량이 교량 바깥으로 떨어지는 것을 효과적으로 막을 수 있다. 따라서, 강성 방호울타리의 강도 성능은 주요 부재에 소성 변형이 발생하지 않는 것을 성능 기준으로 규정한다.

차량 방호울타리는 차량 충돌시에 큰 하중이 작용하는데, 방호울타리의 구성 부재가 도로 상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해를 주는 일이 없도록 차량 충돌시에 방호울타리의 구성 부재가 크게 비산하지 않아야 한다.

(2) 탑승자 보호 성능

탑승자의 보호 성능은 탑승자 보호 성능 평가를 위한 시험 조건을 적용하여 표 2.6의 기준에 따라 평가한다.

표 2.6 탑승자 보호 성능 평가 기준

기준 항목	단 위	한계 값
탑승자 충돌속도(종・횡방향) THIV	km/시	33
탑승자 가속도(종・횡방향) PHD	g	20

주) g : 9.8 m/s^2

또한, 차량 충돌시 방호울타리의 구성 부재가 탑승자에게 어떠한 피해도 주지 않음을 확인한다.

(3) 충돌 후 차량의 거동

차량이 방호울타리에 충돌했을 때, 충돌 차량의 거동이 후속차량에 미치는 영향은 충돌 차량과 후속 차량과의 차간 거리나 회피할 수 있는 측방 여유의 유무 등에 따라 다르다. 이때 충돌 차량이 방호울타리와 충돌하여 급정지하거나, 전도되어 차도 안에 정지하지 않아야 하며, 또한 대향차나 병행하여 주행하는 차량에 큰 영향을 미치는 거동도 일어나지 않도록 다음을 만족해야 한다.

- 차량 충돌 중이나 충돌 후에 차량의 전도가 없을 것
- 차량 충돌 후의 이탈 속도는 충돌 속도의 60% 이상일 것
- 차량 충돌 후의 이탈 각도는 충돌 각도의 60% 이하일 것

3. 충격흡수시설

충격흡수시설은 탑승자와 충돌차량을 효과적으로 보호할 수 있는 기능을 가져야 하며, 이러한 기능은 실물 충돌시험에 의해 평가된다.

충격흡수시설의 실물차량 충돌시험은 3개의 시험등급으로 분류하여 이에 적절한 충격흡수시설을 설치하고자 하는 도로에 맞는 시험을 할 수 있도록 한다. 그리고 충돌시험 후, 성능 평가 기준에 따라 시설물의 성능을 확인해야 한다.

3.1 충돌시험 조건

충격흡수시설에 대한 충돌시험은 그림 2.4, 표 2.7과 같이 3개의 등급으로 구분하여 충돌시험을 실시한다.

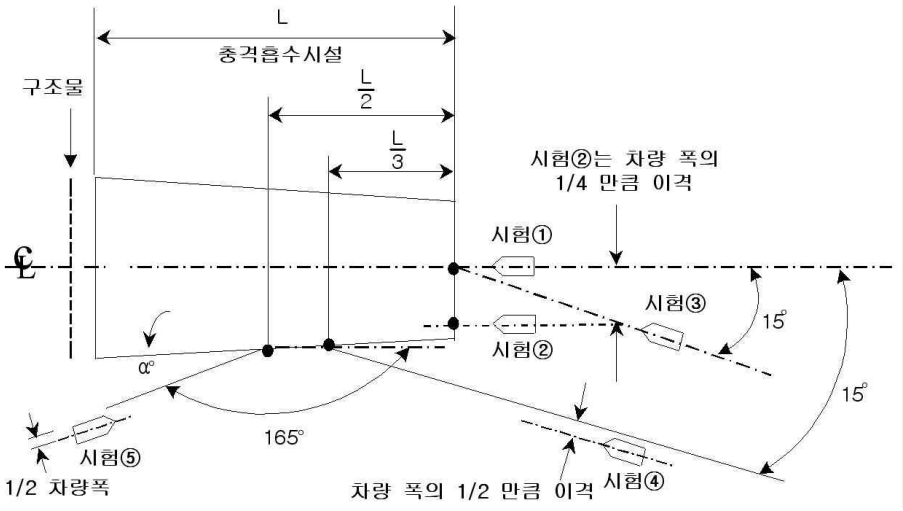
시험 ①, ②는 각각 충격흡수시설 정면의 중앙지점과 이격된 지점에 충

돌시키는 방법이며, 시험 ③은 시설 정면에 15°각도로 충돌하는 시험 방법이다. 그리고 시험 ④, ⑤는 충격흡수시설의 측면에 각각 15°와 165°로 충돌시키는 방법이다.

표 2.7 충격흡수시설 충돌시험 조건

등 급	충돌 속도 (km/시)	차량 중량 (kg)	충돌 방법
CC1	60	900	시험 ①
		1,300	시험 ④
CC2	80	900	시험 ①
		1,300	시험 ①
		900	시험 ②
		1,300	시험 ③
		1,300	시험 ④
		1,300	시험 ⑤
CC3	100	900	시험 ①
		1,300	시험 ①
		900	시험 ②
		1,300	시험 ③
		1,300	시험 ④
		1,300	시험 ⑤

주) 1. CC : Crash Cushion
2. 위 표는 주행복귀형 충격흡수시설에 해당하며, 주행 비복귀형 충격흡수시설은 시험 ④, ⑤를 생략하지만 측면 충돌 고려시에는 시험 ④를 수행한다.
3. 대향차로 주행차량이 중앙선을 넘어올 수 없는 구간에 설치할 경우에는 시험 ⑤를 생략한다.



*α<5°인 경우 시험 ⑤ 생략

그림 2.4 충돌 차량의 충돌 위치 및 충돌 방향(시험 ①~시험 ⑤)

충격흡수시설의 설치장소와 위치에 따라 표 2.8과 같이 조건을 달리하여 시험을 수행한다. 시험 조건 중 충돌속도는 탑승자의 안전을 중요시하여 설계속도를 그대로 적용하며, 차량 중량을 설정함에 있어 승용차의 구분은 승차자의 안전이 가장 우려되는 소형 승용차, 일반 승용차 군으로 이분하여 차량의 중량을 선정하였다.

표 2.8의 시험조건은 주행 복귀형 충격흡수시설에 대한 시험 조건이며, 주행 비복귀형 충격흡수시설에 대해서는 충돌방법 ④, ⑤를 생략한다. 그러나 주행 비복귀형 충격흡수시설로서 측면 충돌을 고려할 때에는 시험 ④를 수행한다.

또한, 주행 복귀형 충격흡수시설이라 할지라도 중앙분리대가 설치되어 대향 차로를 주행하고 있는 차량이 중앙선을 넘어올 수 없는 구간에 설치하고자 하는 경우에는 시험 ⑤를 생략한다.

주행 복귀형 충격흡수시설은 차량을 본래의 주행차로로 복귀시켜 주행의 연속성이 유지되도록 해주는 기능을 가진 시설을 말하며, 주행 비복귀형 충격흡수시설은 차량 충돌시 차량의 충돌에너지를 흡수하여 안전하게 정지하도록 하는 기능을 갖는 시설이다.

3.2 성능 평가 기준

(1) 탑승자 보호 성능

충격흡수시설은 탑승자의 안전을 위하여 탑승자 충돌속도(THIV) 및 탑승자 가속도(PHD)를 계산하여 표 2.8과 같은 기준을 만족하여야 한다.

표 2.8 탑승자 안전성능 평가 기준값

기준 항목	단위	한계 값
탑승자 충돌속도(종・횡방향) THIV	km/시	44 (시험 ①, ②, ③)
		33 (시험 ④, ⑤)
탑승자 가속도(종・횡방향) PHD	g	20

주) g : 9.8 m/s^2

(2) 충격흡수시설의 거동

충격흡수시설의 거동은 다음의 평가 기준을 만족하여야 한다.

- 충격흡수시설의 어느 부분도 차량의 내부공간을 관통하지 말아야 한다. 또한, 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량 내부공간의 변위도 없어야 한다.
- 기능상 요구되는 경우를 제외하고는, 시설물의 주요 부분이 분리되거나 인접 차로를 침범해서는 안된다. 차량과의 충돌 후, 중량 2kg 이상의 충격흡수시설 부재가 분리되거나, 다른 차로에 침범할 수 있는 최종 위치 D_a, D_d의 범위에 따라, 충격흡수시설의 변형등급을 D1~D4까지 구분한다(그림 2.5, 표 2.9 참조). 시험보고서에는 이 등급을 기록함으로써 도로관리자가 현장 여건에 부합하는 수준의 시설을 선택하여 설치한다.

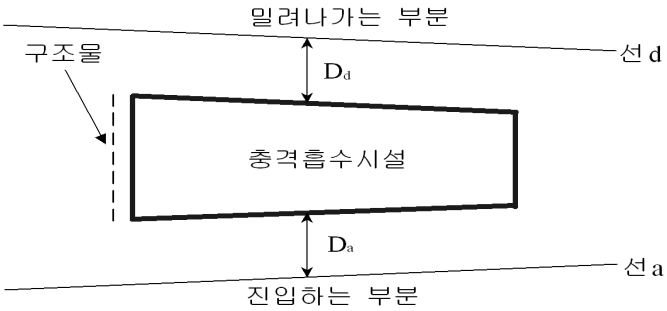


그림 2.5 충격흡수시설의 변형 한계

표 2.9 충격흡수시설의 변형 정도에 따른 등급

변형 등급	변형 거리(m)	
	D_a	D_d
D1	0.5	0.5
D2	1.0	1.0
D3	2.0	2.0
D4	3.0	3.0

또한, 충격흡수시설은 차량 충돌시에 구성 부재가 도로 상이나 도로 밖으로 비산하여, 탑승자나 제3자에게 피해를 주는 일이 없도록 해야 한다.

충돌 후, 비산 부재의 양과 비산 상황을 확인한 후, 후속 차나 도로밖에 있는 제3자에게 영향을 미칠 수 있는 내용을 시험 결과표에 기록하고 도면과 사진을 첨부하여 도로관리자가 도로여건 등을 판단하여 적정 시설을 선택할 수 있도록 한다.

(3) 충돌 후 차량의 거동

차량이 충돌 중에는 약간의 Rolling, Pitching, Yawing이 있더라도 충돌 후에는 지면에 바로 서 있어야 한다. 충돌 후 차량의 거동에 대한 평가는 그림 2.6과 같이, 충격흡수시설의 외곽과 외곽에서 일정 거리를 두고 그은 경계선(가상의 탈출 박스)을 통해 이루어진다.

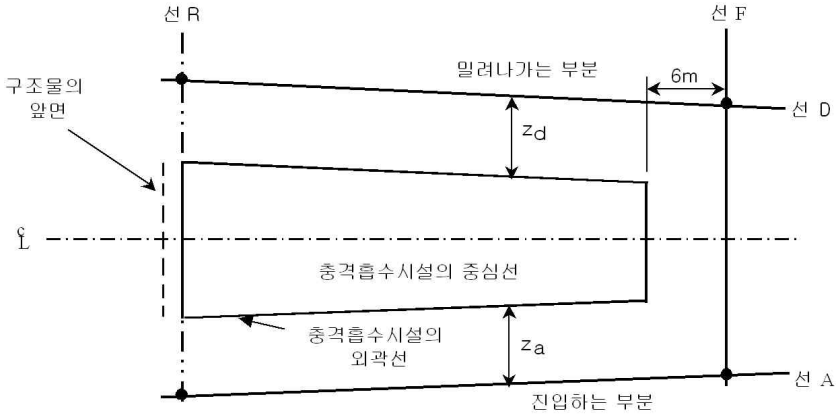


그림 2.6 가상의 탈출 박스

그림에서, 충격흡수시설의 외곽 경계선 'F'는 충격흡수시설의 중심선에 수직하고, 충격흡수시설 박스 앞 6m에 위치한다. 경계선 'A'와 'D'는 충격흡수시설 외곽의 양 측면에 수평한 선으로, 충격흡수시설 외곽과 이 선 사이의 거리인 Z_a와 Z_d도 평가 항목에 포함되어 있다. 경계선 'R'은 충격흡수시설의 중심선에 수직하고, 충격흡수시설의 끝을 나타낸다.

차량의 충돌 후 거동에 대한 평가는 다음과 같다.

- 어느 경우라도 구조물의 앞면을 나타내는 점선으로 충돌 차량이 진입해서는 안된다.
- ①~⑤시험에 있어, 어느 경우에도 차량의 바퀴가 표 2.10에 제시된 충격흡수시설 외곽 주위의 경계선 A, D, F, R에 접근해서는 안

된다(단, 차량바퀴 중 어느 하나라도 경계선에 통과할 때 차량 무게중심의 접근속도가 충돌 속도의 10% 이하일 때는 제외).

표 2.10 충격흡수시설 탈출 박스 경계선

시험 종류	탈출 박스 경계선
시험 ①	F, A, D, R
시험 ②, ③, ④	F, A, D
시험 ⑤	A

- 충격흡수시설의 외곽에서 경계선 A와 D까지의 거리인 Z_a와 Z_d의 거리에 따라 차량의 탈출 범위에 따른 충격흡수시설 Z의 등급을 다음 표 2.11과 같이 Z_1, Z_2로 구분한다(그림 2.6 참조). 시험보고서에는 이 등급을 기록함으로써 도로관리자가 현장 여건에 부합하는 수준의 시설을 선택하여 설치한다.

표 2.11 차량의 탈출 범위에 따른 충격흡수시설 Z의 등급

Z의 등급(m)	Z_a	Z_d
Z_1	4	4
Z_2	6	6

Ⅲ. 시험 방법

1. 지반 조건

충돌시험의 각 시험 지반의 일반적인 설정 방법에 대하여 기술한다. 실물 충돌시험의 조건과 실제 방호울타리를 설치하는 현장 조건은 반드시 일치하는 것은 아니지만, 일반적인 조건을 설정하여 시험 결과의 보편성을 도모하는 것이 필요하다.

지반 강도는 가요성 방호울타리 지주의 꺽임점 위치 변화 또는 이에 따른 차량의 이탈 방지 성능 및 충돌 후 차량의 거동에 영향을 미친다. 그리고 강성 방호울타리에서는 구조의 안전성에 영향을 미치게 된다. 이로 인해 시험 지반의 토질 조건은 시험에 있어서 필요한 조건을 만족하도록 설정·관리한다.

시험 대상이 되는 방호울타리가 교량용 빔형 방호울타리일 경우에는 시험용 콘크리트 기초 구조를 이용한다.

시험용 콘크리트 기초 구조는 상판과 동일한 강도를 갖고 충돌 하중에 대해 안전을 유지해야 한다. 안전성 확인을 위해 기초 구조의 동적인 변형을 계측하는 것을 추천한다.

시설물 설치 및 시험 수행의 편의를 위하여 앵커기초를 설치할 수 있으며, 이때의 기초 조건은 현장지반 조건의 수준에 부합하는 지지를 할 수 있어야 한다.

2. 시험 대상물의 설치

2.1 시험 대상물의 설치

- 시험 대상물은 설치면에 대해 수평으로 설치하는 것을 원칙으로 한다. 단, 교량용 방호울타리는 시험용 콘크리트 기초에 준한다.

- 시험 대상물의 설치 길이는 충돌에 의한 소성(塑性) 변형이 단부까지는 미치지 않는 정도의 여유가 있고, 충돌 후 차량의 거동을 확인할 수 있는 정도의 길이를 확보한다(충격흡수시설은 제외). 이러한 설치 길이는 충돌 시뮬레이션이나 과거 유사한 사례의 시험을 검토하여 추정하는 것이 좋다.
- 설치 연장은 일반적인 가요성 방호울타리의 경우, SB1, SB2등급은 30~50m이상, SB3등급 이상에서는 30~80m로 하고 변형이 크게 예상되는 방호울타리에서는 50~100m 정도 확보한다. 또 교량용 방호울타리나 강성 방호울타리에서는 30~60m이상을 목표하되 가능하면 차량의 거동을 확인할 수 있는 충분한 길이를 확보하는 것이 바람직하다.

2.2 충돌 지점의 설정

- 방호울타리는 현장 타설 강성 방호울타리를 제외하고 몇 개의 부재로 구성되는 연속체인데, 부재간의 접합부 등은 다른 부분보다 강도가 저하되어 방호울타리 변형시 불연속점이 될 가능성이 높다. 따라서 변형이 예상되는 가요성 방호울타리는 사전 시뮬레이션 검토, 과거 유사한 시험사례 및 충돌시험 경험 등을 통해 충돌과정 중 변형이 가장 크게 예상되는 최약점 부분에 가장 큰 힘이 모아지도록 충돌지점을 설정함으로서 방호울타리에 대해 가장 엄격하게 평가를 한다.

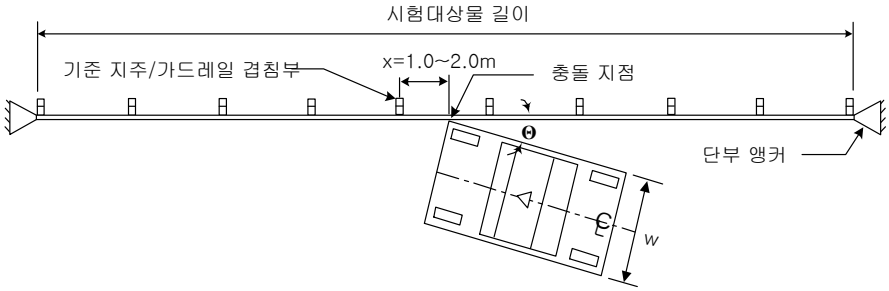


그림 3.1 방호울타리 충돌 지점(예)

- 강성 방호울타리는 특별히 변형이 크게 되는 부분은 예상하기 어렵지만, 시험 대상물에 이음 부분 등 강도 변화를 예상할 수 있는 부분이 있다면 그 곳에 충돌 지점이 오도록 설정한다.

3. 시험차량의 준비

3.1 시험차량의 선정

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

충돌시험에 사용하는 차종은 Ⅱ장의 각 시설물의 시험조건에 가장 부합한 차량을 선정하여 적용한다.

3.2 시험차량의 인수 및 검사

- 차량 주행시 좌우 균형 상태는 정상이어야 한다.
- 차량 주행시 직진 안전성은 정상이어야 한다.
- 도어, 앞 유리, 본네트 등의 결점이 없어야 한다.
- 범퍼는 차량 자체의 표준 사양으로 한다.
- 안전벨트 이외의 탑승자 안전설비(에어백, 사이드백 등)는 작동용 휴즈를 떼어내고 충격이 가해져도 작동하지 않는 상태이어야 한다.

- 대형 차량에서 짐받이 부분의 손상이 심한 경우, 동등한 강도를 갖는 재료로 보수한 상태이어야 한다.

3.3 시험차량의 준비

- 화물차

  화물차는 자력으로 주행 가능하여야 한다. 배터리는 충전된 것을 탑재한다. 화물차의 준비 사항은 다음과 같다.

  - 운전석 지붕 적화물 받침 철거
  - 가이드의 철거
  - 스페어 타이어나 연결 볼트 철거
  - 도료 도포
  - 타이어 마모 상황 및 연결 나사 확인
  - 공기압 조정(후에 조정하게 되므로 다소 많이 설정)
  - 차량 중량 측정(전축, 후축의 축 중량과 합계)

- 승용차

  승용차의 준비 사항은 다음과 같다.

  - 타이어 마모 체크
  - 공기압 조정(후에 조정하므로 다소 많이 설정).
  - 도료 도포
  - 차량 중량 측정
  - 센서 및 계측기 부착을 위한 브라켓 제작

3.4 차량 중량

차량중량, 최대적재량, 차량총중량, 적재물중량, 계측기중량 등 각각의 중량 특성은 다음과 같다.

(1) 차량중량

차량중량이란 차량의 공차상태에서의 중량을 나타낸다.

공차상태란 차량의 연료, 윤활유, 냉각수 등은 충돌시험 전에 실시하는 예비 주행시험이나 충돌시험 중에 엔진 시동상태(약 1시간)를 계속할 수 있는 것만큼의 양을 탑재해 두어야 한다. 탑승자나 적재물, 도구, 스페어 타이어 등의 부속물의 중량은 포함하지 않는다.

(2) 차량총중량

차량총중량이란 차량에 정원이 승차하고 최대 적재량을 쌓았을 때의 전체 중량이다.

(3) 시험차중량

시험차중량이란 충돌시험에서 충격도의 산정에 사용하는 중량이다. 시험차중량에는 차량중량, 적재물중량, 계측기기, 브레이크 장치가 포함된다.

(4) 중량 측정 방법

적재시의 차량총중량은 축중 계측기를 이용하여 계측하고, 이것을 중량으로 다시 판독한다. 중량의 오차는 다음과 같다.

- 차량총중량의 허용차=시험 차량의 바퀴 수×50㎏(대형차)
- 차량총중량의 허용차=시험 차량의 바퀴 수×1㎏(소형차)

(5) 중량 조정 방법

차량 총중량이 충돌 조건의 중량을 만족하도록 다음에 나타내는 조건에서 적재한다.

- 적재물 : 충돌시험시에 차량에 탑재되는 적재물에는 중량조절용 적재물(모래, 철재, 물 등) 이외에 적재물이 움직이지 않도록 하는 적재물 고정시설, 브레이크장치, 계측기기 등이 있다.

  적재물로는 승용차를 이용한 시험에는 철재 또는 모래 등을 사용하고, 일반 화물차를 이용한 시험에는 철재, 콘크리트, 모래 등을 사용하며, 탱크로리와 같은 36,000kg의 화물차 시험에는 물을 사용한다.
- 적재물 적재 방법 : 차량 주행 중에 짐받이로부터 적재물의 비산을 억제하기 위해 적재물 전체를 고정한다. 계측기기 등을 적재할 때에는 차량의 충돌시 차체에서 이탈되거나 파손되지 않도록 고정한다.

3.5 계측기 및 센서 설치

시험 차량에 차량 중심 가속도계 및 각속도계와 계측용 기기를 탑재한다.

(1) 부착 위치 및 부착 방법

- 승용차의 경우

  차량 내부의 운전석과 조수석 중앙 부근이 차량 중심 위치가 되며, 차량 중심 위치가 결정되면 카페트류를 벗기고 철판 부분에 붙인다.

  계측용 기기는 뒷 트렁크 속 브라켓 등 차체에 설치한다. 이 때 기기가 충돌시 충격으로 손상되지 않도록 완충재 등을 설치한다.
- 화물차의 경우

  화물차의 경우는 충돌측과는 반대 짐받이 아래 프레임 측면 중심

위치에 X, Y, Z 방향 성분을 계측하기 위한 가속도계를 붙여 가속도 계측용 기기를 운전석 후방에 설치한다. 측정기기 보호 방법은 승용차의 경우와 동일하다.

(2) 가속도계 부착시 주의사항

가속도계의 부착 위치는 수평면을 확보한다. 차량 중심 위치의 차체 강판부는 요철이 있으므로 그 부분을 수평으로 하기 위해 박강판을 용접하여 수평으로 한다. 박강판을 중심 위치에 용접할 때에는 차체 하부의 연료탱크나 오일배관 등의 인화성이 있는 부분을 확인하고, 용접시 가열로 인한 변형이나 손상을 주어 인화·폭발 위험성이 없도록 특별히 주의하여 작업한다.

가속도계 부착시에는 볼트 및 순간 접착제 등을 이용하여 고정하고 시험시 충격에도 떨어지지 않아야 한다. 가속도계를 떼어낼 때에는 가속도계에 손상을 가하지 않도록 한다.

3.6 기타 준비사항

(1) 속도 측정장치 설치

시험 전·후 시험차량의 속도 측정을 위해 광전관식 속도계나 테이프스위치식 속도 측정장치 등 속도를 측정할 수 있는 장치를 설치한다.

(2) 시험 전·후 차량 및 시설물의 일반사진 촬영

시험 전·후 시험차량이나 시설물의 파손과 변형량 등을 기록·보존하기 위해 일반 카메라 또는 디지털 카메라로 촬영을 한다.

(3) 차량 및 시설물 주위의 표시

시험차량의 속도 등을 고속 카메라로 측정시 차량 움직임을 측정할 수

있는 표시를 시험차량의 상부, 전면, 측면, 후면 등에 일정한 간격으로 표시하거나 부착마크를 차량에 부착한다. 그리고 시험 전·후 차량의 거동, 시설물의 변형 정도를 확인·측정하기 위해 시설물 주위에 페인트나 락카, 테이프 등으로 표시를 한다.

(4) 차량 접촉자국

시험 차량 전후와 앞뒤바퀴에 차량 충돌시 시험 대상물과의 접촉 흔적을 관측하기 위해 전후에 다른 색의 페인트를 도장한다.

(5) 브레이크 장치

시험차량이 충돌 후 이탈하여 어느 정도의 위치에서 멈출 수 있도록 탑재 브레이크 장치를 부착한다.

에어브레이크 장치를 갖는 대형화물차 등은 브레이크를 밟기 위해서는 엔진이 걸려있어야 하므로 시험 시에는 엔진을 가동시킨 상태로 한다.

(6) 시험 차량의 주행시험

시험 차량은 직진 안전성과 원격 브레이크 시험을 위해 충돌시험 전에 주행 시험한다. 그 때에는 다음과 같이 타이어 공기압, 스티어링 여유, 오일 밸런스 등을 사전에 체크한다.

- 브레이크 : 원칙적으로 브레이크는 안전이 확보되는 범위 내에서 가능한 한 늦게 브레이크를 밟지 않은 상태에서의 차량 움직임을 관측한다. 브레이크 작동시점은 충돌 종료 후 약 1초 이후에 작동하며 시험 전에 브레이크를 점검한다.
- 타이어 : 차량에 사용하는 타이어의 크기는 회사지정 표준크기로 하고, 외관상 측면 부분 등 고무의 노화 정도가 심하고 시험 주행 중에 파손의 위험성이 있는 타이어는 사용하지 않는다.

(7) 연료・배터리

에어브레이크를 갖는 시험차량은 시험 중에는 엔진을 켠 상태로 하기 위해 연료 탱크에는 시험준비부터 시험종료까지 필요한 최저한의 연료를 넣어 둔다. 전장계 작동에 필요한 배터리도 전기 용량을 확보해 둔다. 단, 견인구동의 경우는 그러하지 아니한다.

(8) 충돌순간 섬광전구 설치

충돌 개시시에 고속 필름상에서 충돌순간을 포착하기 위한 섬광전구를 차량의 내부나 차체 또는 시설물 주위에 설치한다.

4. 측정 항목 및 측정 방법

4.1 측정 항목

방호울타리 및 충격흡수시설의 충돌시험 계측항목 및 계측방법은 표 3.1 및 표 3.2와 같다.

표 3.1 방호울타리 계측항목 및 계측방법

<table>
<tr><th colspan="3">계측목적</th><th>계측항목</th><th>계측방법</th></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="4">충돌 조건 확인</td><td>차량의
형식・형상
치수(중심 높이)</td><td>방호울타리 강도성능 평가시 적재물의 적재 방법 및 차량설계자료를 기초로 차량의 중심 높이를 구한다.</td></tr>
<tr><td>차량중량</td><td>하중계 등으로 차량총중량을 측정한다.</td></tr>
<tr><td>충돌속도</td><td>광전관식 속도계, 테이프스위치식 속도 검지기,고속 촬영 필름 해석 등으로 측정한다.</td></tr>
<tr><td>충돌각도</td><td>차륜의 궤적으로 측정한다.</td></tr>
<tr><td rowspan="7">기준에 기초한 성능확인</td><td rowspan="4">구조성능</td><td rowspan="2">방호
울타리의
강도 성능</td><td>방호울타리 손상</td><td>차량의 위치별로 페인트를 칠하고 고속촬영, 비디오촬영 및 육안 등으로 기록한다.</td></tr>
<tr><td>강성
방호울타리의
소성 변형</td><td>확대경을 이용하여 육안으로 균열을 관찰 기록한다. 상황에 따라 중심부를 채취하여 강도시험을 한다.</td></tr>
<tr><td>방호
울타리의
변형 성능</td><td>최대충돌
변형거리</td><td>실측 또는 고속촬영 필름 해석 등으로 측정한다.</td></tr>
<tr><td>구성
부재의
비산 방지
성능</td><td>부재의 비산 상황</td><td>육안으로 확인한 사항을 기록하고, 도면과 사진을 첨부한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">탑승자
보호 성능</td><td>탑승자 충돌속도
(THIV)</td><td>수평 2성분의 차량중심 가속도를 사용하여 최대값을 구한다.</td></tr>
<tr><td>탑승자
가속도(PHD)</td><td>0.5ms 간격으로 수평 2성분의 차량 중심 가속도를 측정하고 10ms 이동 최대 평균값을 구한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">충돌 후
차량의 거동</td><td>차량의 거동</td><td>차량의 상부, 전면, 측면, 후면에 페인트 등을 사용하여 1m 간격으로 표시하고 고속 촬영, 비디오 촬영 및 육안으로 확인한 사항 등을 기록한다.</td></tr>
<tr><td>이탈속도</td><td>테이프 스위치식 속도 검지기, 고속 촬영 필름 해석 등으로 충돌 속도를 측정한다.</td></tr>
<tr><td>이탈각도</td><td>차륜의 궤적으로 측정한다.</td></tr>
</table>

표 3.2 충격흡수시설 계측항목 및 계측방법

계측 목적		계측 항목	계측 방법
충돌 조건 확인		차량중량	하중계 등으로 차량총중량을 측정한다.
		충돌속도	광전관식 속도계, 테이프 스위치식 속도 검지기, 고속 촬영 필름 해석 등으로 측정한다.
		충돌각도	차륜의 궤적으로 측정한다.
기준에 기초한 성능확인	충돌 후 충격흡수 시설의 거동	시설물의 차량에의 관통	고속촬영, 비디오촬영 및 육안 등으로 기록한다.
		시설물의 주요부분 분리 정도	고속촬영, 비디오촬영 등으로 확인하여 실측을 통하여 기록한다.
		변형정도에 따른 등급	실측을 통해 정적 최대 변형량을 측정하여 등급을 산정한다.
		부재의 비산 상황	육안으로 확인한 사항을 기록하고, 도면과 사진을 첨부한다.
	탑승자 보호 성능	탑승자 충돌속도 (THIV)	수평 2성분의 차량중심 가속도를 사용하여 최대값을 구한다.
		탑승자 가속도 (PHD)	0.5ms 간격으로 수평 2성분의 차량 중심 가속도를 측정하고 10ms 이동 최대 평균값을 구한다
	충돌 후 차량의 거동	차량의 거동	차량의 상부, 전면, 측면에 부착마크 등을 사용하여 1m 간격으로 표시하고 고속 촬영, 비디오 촬영 및 육안으로 확인한 사항 등을 기록한다.
		차량의 정지 위치에 따른 등급	차량이 멈춘 위치를 실측을 통하여 측정하고 등급을 산정한다.
		이탈궤적	차륜의 궤적으로 측정한다.

4.2 차량 관련 측정

(1) 차량의 제원 측정

차량의 형식 및 제원을 확인하고 치수를 측정한다.

차량의 중심 위치는 차량 검증에 기재되어 있는 형식을 기초로 차량제원표에 나타나 있는 수치는 그 형식의 표준적인 구조를 나타내는 것이며, 차량의 개조 등이 이루어질 경우에는 그에 따라 차량 중심을 구해야 한다.

(2) 충돌속도 및 이탈속도 측정

충돌속도는 광전관식 속도계, 테이프 스위치식 차량 검지기로 구한다. 또 이탈 속도를 측정하기 위해 차량의 이탈시 속도를 테이프 스위치 또는 시험차량의 이탈속도를 측정할 수 있는 시험장비로 계측한다.

이탈속도는 시험 차량이 시설물에 충돌한 후에 궤적이 크게 바뀌어 테이프 스위치를 밟지 않거나 시험 차량의 통과시에 손상 부품 등으로 테이프 스위치가 절단되는 등으로 계측할 수 없는 경우가 있다. 이러한 경우에는 고속 카메라를 이용한 고속 판독으로 보완한다.

이탈 속도 계측시 유의점은 표 3.3과 같으며 계측 방법은 표 3.4와 같다.

표 3.3 이탈측 속도측정 위치

구 분	주 의 점
①	이탈속도 측정 위치는 충돌 교차점으로부터 20m 지점에서 측정한다.
②	테이프 스위치식 차량검지기를 사용하여 이탈속도를 측정할 시에는 과거 유사한 충돌시험에서 이탈각을 추정하여 여유를 갖고 설치할 것. 특히 소형차의 고속 충돌은 이탈각도가 크게 나오는 경향이 있으므로 테이프 스위치의 측정범위를 충분하게 고려할 것.

표 3.4 충돌·이탈 속도의 검출 방법

구 분	계측기	검출 방법
①	광전관식 속도계	2점의 광전관을 시험차량이 노출하는 시간 차이에서 속도를 검출
②	테이프 스위치식 차량 검지기	충돌 전후 바퀴가 통과한 지체 시간과 거리로 구함
③	고속 촬영 카메라	필름 프레임수와 시험차량의 이동량으로 구함

(1) 타이밍 표시

- 충돌 순간부터 출력되는 타이밍 표시는 데이터 판독 또는 고속 촬영 필름을 다른 데이터 채널에 상관시키기 위해서는 필수적이다. 타이밍의 동조 오차는 ±1ms 이내이어야 한다.
- 스트로보(stroboscope)/타이밍 표시 채널을 이용하여 기록한다. 차량 내부 등에 부착된 섬광전구를 차량이 방호울타리에 접촉한 순간에 플래시를 터뜨려 충돌 개시를 표시한다.

(2) 충돌각도 및 이탈각도 측정

충돌각도 및 이탈각도는 트랜싯 및 줄자를 이용하여 시험 차량의 차륜 궤적으로부터 구한다. 시험 차량의 궤적은 타이어의 미끄럼 자국이나 궤적으로 이루어지고 미끄럼 자국이나 바퀴자국 등을 분필이나 페인트 등으로 표시한다.

충돌각도는 충돌 개시시점에 대하여, 이탈각도는 방호울타리에 대한 차량의 충돌이 종료하고 1초 후의 차체 전·후 바퀴 자국 등을 근거로 차체 중심 진행 방향으로 구한다.

또는 상부에 설치하는 고속촬영 카메라의 측정 결과를 이용하여 구한다.

(3) 최대 충돌 변형 거리 또는 차량의 최대 진입거리 측정

방호울타리의 최대 충돌 변형 거리 또는 충격흡수시설의 최대 진입거리는 시설물의 변형 거리로부터 구하거나, 또는 고속촬영 카메라의 측정 결과를 이용할 수 있다.

최대 충돌 변형 거리란 차량이 방호울타리와 충돌할 때 차량의 충돌로 인해 방호울타리 면이 원위치로부터 바깥 방향으로 밀려나온 거리(차도와 직각 방향)중 최대값을 말하며 영구변형량을 측정한다. 충격흡수시설에서는 차량의 최대 진입거리로 시험 전·후 시설물의 변형량으로 측정한다.

(4) 가속도 계측

원칙적으로 차량 중심의 가속도를 대상으로 한다. 가속도 데이터는 시험차량에 탑재한 계측기기를 통하여 계측한다.

차량 중심 가속도는 2개 이상의 계측센서로 차량 축 방향(X), 차량 축 직각방향(Y), 차량 축 연직방향(Z) 각각의 성분의 가속도 검지기를 차량의 중심 위치에 부착하여 계측한다. 데이터 기록에는 일반적으로 CFC 60의 저주파(Low pass) 필터를 이용한다.

가속도 계측장치는 가속도 계측앰프 및 데이터 수집부로 구성되며, 데이터의 계측 및 분석은 '부록. 계측기기의 특성'을 따른다.

(5) 충돌 후 차량 상태 측정

차량의 거동(Rolling, Pitching, Yawing의 경향)과 최종적인 유도상황(정상적인 모습을 회복하여 원활하게 유도되거나 복귀 경향을 나타내면서 유도됨)을 고속카메라나 비디오카메라로 기록한다.

충돌시 기록된 차량의 거동에서 시설물의 구조상 문제점이나 차량의 충격흡수 특성을 파악한다. 시험 차량의 손상은 충돌 후의 차량의 거동에 영향을 미치므로 차체 외부 및 내부 손상상태를 관찰한다. 또한 시설물의 충돌 후 비산 상태 등을 기록 관찰한다.

표 3.5 시험차량 및 시설물의 손상상태에 관한 육안 관찰항목

구 분	관 찰 항 목
①	차체 외부 및 내부 손상상태
②	시설물의 파손상황 및 파편의 비산상태
③	전면 및 측면 유리 파손상태
④	시험차량의 자력 주행, 또는 견인 주행 (차축, 타이어 서스펜션 손상상태)

4.3 시험 대상물 관련 측정

(1) 충돌 후 시설물의 상태 측정

충돌 후 차량 및 시설물의 변형량을 측정하고 차량의 최종위치와 시설물 파편 일부의 최종위치를 측정하여 기록한다.

차량 충돌시에 구성 부재가 크게 비산하지 않는지를 본다. 또 시험 대상물 부재 등이 차량의 실내로 진입하는지를 확인한다. 부재 파편의 비산이 있는 경우에는 비산 부품의 재질, 중량, 비산거리, 주변도로 이용자에게 영향이 있는지를 조사하고, 도면 및 사진과 함께 기록으로 남겨서 도로관리자가 도로여건 등을 판단하여 적정 시설을 선택할 수 있도록 한다.

4.4 촬영

(1) 영상에 의한 충돌시험 기록

실차 충돌시험의 영상 기록 항목은 크게 3단계로 나눈다.

시험 전 단계에서는 시설물의 설치 상황, 시험 차량의 상황을 촬영한다. 충돌시험 직전 상황은 비디오카메라, 일반카메라 등으로 정해진 장소를 촬영한다.

충돌시험 중에는 시설물과 시험차량의 동적인 거동을 비디오카메라, 고

속카메라, 일반카메라(측면 및 정면에서 연속 촬영)로 정확하게 촬영한다. 특히 비디오카메라는 시험 대상물, 시험차량 등의 전체를 촬영한다.

시험 종료 후에는 시설물과 시험 차량이 받은 손상상태를 충돌시험 전과 동일하게 비디오카메라, 일반카메라로 영상 및 사진 기록으로 남긴다.

충돌시험에서 사용하는 고속카메라와 비디오카메라의 성능과 촬영범위, 카메라 배치는 방호울타리와 충격흡수시설별로 각각 표 3.6 및 표 3.7과 같다. 또한 촬영장비의 배치도는 각각 그림 3.2와 3.3과 같다.

표 3.6 카메라의 기종 및 촬영부위(방호울타리 기준)

번호	사용 촬영기	최소 촬영 속도 (프레임/초)	촬영 범위	카메라 배치 위치	설치 기호
1	고속카메라	200	상부	시설물 상부	b
2	고속카메라	200	후방에서 시설물 전체	시설물 연장 진입측	c
3	고속카메라	200	전방에서 시설물 전체	시설물 연장 이탈측	d
4	비디오카메라	24	시설물, 시험차량 전체	-	a

표 3.7 카메라의 기종 및 촬영부위(충격흡수시설 기준)

번호	사용 촬영기	최소 촬영 속도 (프레임/초)	촬영 범위	카메라 배치 위치	설치 기호
1	고속카메라	200	상부	시설물 상부	b
2	고속카메라	200	정면	시설물 정면	d
3	고속카메라	200	측면	시설물 측면	c
4	비디오카메라	24	시설물, 시험차량 전체	-	a

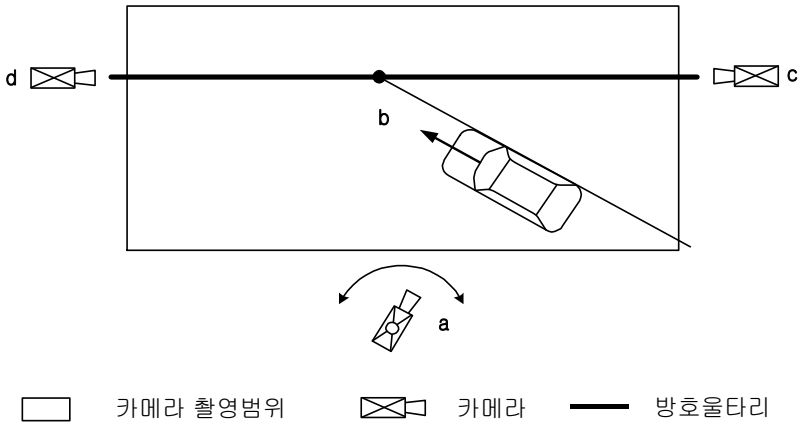


그림 3.2 방호울타리 충돌시험 기록을 위한 카메라의 배치도

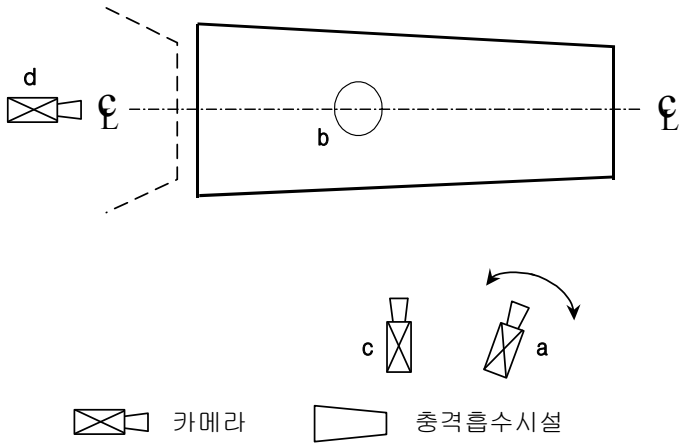


그림 3.3 충격흡수시설 충돌시험 기록을 위한 카메라의 배치도

5. 보고서 작성

충돌시험 후에는 시험결과를 정리하여 보고서를 작성한다. 시험결과는 차량방호 안전시설 시험성적서에 첨부되는 성능평가 충돌시험 결과 총괄표에 필요한 상황을 기재한다.

5.1 보고서

차량방호 안전시설의 보고서 항목과 기술 내용은 다음과 같다.

- 시험 목적과 개요 : 시험의 목적, 전체적인 평가와 해당 시험의 위상 등을 기술한다.
- 시험 조건 : 대상 시설물의 종별, 설치할 도로 규격, 적용 장소 등을 기술한다.
- 시험 시설 : 충돌시험에 이용한 시설, 충돌방법 등을 기술한다.
- 기본 조건
  - 시험차량 : 시험에 이용한 차량에 대해 기술한다.
  - 시설물 : 시험에 이용한 시설물에 대해 기술한다.
- 시험 항목
  - 시험항목 : 시험 목적에 따라 시험항목에 대해 기술한다.
  - 시험 및 계측방법 : 시험방법, 계측방법에 대해 기술한다.
- 시험 결과 : 차량방호 시험성적서에 첨부되는 성능평가 충돌시험 결과 총괄표에 시험결과를 기술한다.
- 정리 : 시험 목적에 대한 달성도, 문제 등을 총괄한다.

5.2 시험성적서

충돌시험이 끝나면 그림 3.4 및 그림 3.6과 같이 시험성적서를 작성한다.

차량방호 안전시설 성능기준에 따른 성능평가 충돌시험은 그림 3.5 및 그림 3.7과 같이 '차량방호 안전시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표'를 정리한다. 총괄표의 작성은 기입 예를 참조하여 정리한다.

그림 3.4 방호울타리 성능평가 충돌시험성적서(예시)

시 험 성 적 서

발급 번호 :

신청자

회 사 명 :

주 소 :

대 표 자 :

시험 제품

1. 시설물의 명칭 : ○○○방호울타리
2. 형식 및 규격 : 보형 가드레일, ○○○
3. 시설물 종류 / 등급 : 가요성 방호울타리 / SB2
4. 시험 방법 : 탑승자 보호성능 평가를 위한 충돌시험

적용 기준

국토해양부 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설 편)

상기 제품에 대하여 위 적용 기준의 방호울타리 성능평가 항목과 충돌시험조건에 따라 충돌시험을 실시한 결과, 시험 성적서를 발급합니다.

첨부 : 방호울타리 충돌시험 결과 총괄표 1부,
충돌차량의 궤적 및 시설물의 구성 부재 분리·비산 상황 도면 혹은 사진

발 급 일 자 : 2001. ○. ○

○○시험소장 관인

그림 3.5 방호울타리 성능평가 충돌시험 결과 총괄표

시설물의 명칭	○○○방호울타리	신청자명			
방호울타리 제원					
종류		등급		적용 장소	
높이	m	재료		기초 형식	
기본 형식		최소 설치길이	m	지반 조건	
비고	* 방호울타리의 구조적인 특성을 기술한다. 기존에 설치된 방호울타리와 동일한 경우에는 구체적인 이름을 들고 그 취지를 기술한다. 최소 설치 연장이 방호울타리의 어떤 부재인지를 나타낸다.				

충돌시험 수행기관

시험 기관명		시험 시설명	
시험일자		시험번호	

시 험 조 건

강도성능 평가 충돌시험 (시험일 년 월 일)				
시험차량 중량(kg)	충돌속도(㎞/h)	충돌각도(°)	충격도(kJ)	차량중심 높이(m)
( )	( )	( )	( )	차량 총 중량시
지반 조건			기초 형식	
시설물 길이	상부 몸체 m 하부 몸체 m		시공 방법	
탑승자 보호성능 평가 충돌시험 (시험일 년 월 일)				
시험차량중량(kg)	충돌속도(㎞/h)	충돌각도(°)		
( )	( )	( )		

주) ( )는 설정 조건값을 나타내고 충돌시험 결과가 설정 조건에 대해 정규적으로 이루어지는지를 나타낸다.

그림 3.5 방호울타리 성능평가 충돌시험 결과 총괄표(계속)

시 험 결 과(기입예)			
측정 항목		기 준	시 험 결 과
강도성능 평가 충돌시험			
구조성능	방호 울타리의 강도 성능	강도를 유지할 것	○ 화물차가 돌파하지 않는 강도를 갖는다. · 이음부나 부재의 파손 유무를 기입한다. · 각 구조 부재의 안전성에 대해 기입한다.
	방호 울타리의 변형 성능	최대 충돌 변형거리가 1.1m 이하	○ 최대 충돌 변형거리 m 주) 강성방호책은 소성 변형 유무를 기입한다.
	구성 부재 비산 방지 성능	구성부재가 도로상이나 도로밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것	○ 차량 충돌시에 구성 부재의 큰 비산은 볼 수 없다. 주) 비산물의 형상과 비산 거리를 기입한다.
충돌 후 차량의 거동		차량의 전도 등이 없을 것	○ 차량은 방호울타리 충돌 전복·급정지하지 않고 원활하게 유도되었다.
		이탈속도는 충돌속도의 60% 이상일 것	○ 충돌속도의 %(㎞/시)
		이탈각도는 충돌각도의 60% 이하일 것	○ 충돌각도의 %(°)
탑승자 보호성능 평가 충돌시험			
탑승자 보호 성능		탑승자 충돌속도(THIV) 9m/s 이하일 것	○ 탑승자 충돌속도 m/s
		탑승자 가속도(PHD) 20g 이하일 것	○ 탑승자 가속도 g (10ms 이동 평균 가속도)
		구성 부재가 도로상이나 도로밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것	○ 차량 충돌시에 구성 부재의 큰 비산은 볼 수 없다. 주) 비산물의 형상과 비산 거리를 기입한다.
충돌 후 차량의 거동		차량의 전도 등이 없을 것	○ 차량은 방호울타리 충돌 전복·급정지하지 않고 원활하게 유도되었다.
		이탈속도는 충돌속도의 60% 이상일 것	○ 충돌속도의 %(㎞/시)
		이탈각도는 충돌각도의 60% 이하일 것	○ 충돌각도의 %(°)
평가결과 종합			

그림 3.6 충격흡수시설 성능평가 충돌시험성적서(예시)

시 험 성 적 서

발급 번호 :

신청자

회 사 명 :

주 소 :

대 표 자 :

시험 제품

1. 시설물의 명칭 : ○○○충격흡수시설
2. 형식 및 규격 : 단부처리용 충격흡수시설, ○○○
3. 시설물 종류 / 등급 : 주행 비복귀형 / CC1
4. 시험 방법 : 정면충돌(시설중앙, 중앙에서 차량 폭의 1/4) 및 측면 15°

적용 기준

국토해양부 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설 편)

상기 제품에 대하여 위 적용 기준의 충격흡수시설 성능평가 항목과 충돌시험조건에 따라 충돌시험을 실시한 결과, 시험 성적서를 발급합니다.

첨부 : 충격흡수시설 충돌시험 결과 총괄표 1부,
충돌차량의 궤적 및 시설물의 구성 부재 분리·비산 상황 도면 혹은 사진

발 급 일 자 : 2001. ○. ○

○○시험소장 관인

그림 3.7 충격흡수시설 성능평가 충돌시험 결과 총괄표

시설물의 명칭	○○○ 충격흡수시설	신청자명	
충격흡수시설 제원			
종 류	□ 주행 복귀형 □ 주행 비복귀형	등 급	
규 격			
재 료			
기초형식		기본 형식	
비 고	* 충격흡수시설의 적용 장소 및 구조적인 특성을 기술한다. 기존에 설치된 충격흡수시설과 동일한 경우에는 구체적인 이름을 들고 그 취지를 기술한다.		

충돌시험 수행기관			
시험 기관명		시험 시설명	
시험일자		시험번호	

시 험 조 건					
충돌방법	□ 정면충돌(시설중앙) □ 정면충돌(중앙에서 차량폭의 1/4) □ 정면(단부) 15。 충돌 □ 측면 15。 충돌 □ 측면 165。 충돌				
시험기준	시험차량중량(kg)		시험조건	시험차량중량(kg)	
	속도(km/시)			속도(km/시)	

시 험 결 과		
가. 탑승자 보호 성능		
측정항목	기 준	시 험 결 과
탑승자 충돌속도(THIV)	≤12m/s(시험①,②,③) ≤9m/s(시험④,⑤)	m/s
탑승자 가속도(PHD)	≤20g (g=9.8m/s^2)	g

주) ▣ : 적용된 종류 및 시험 표시

그림 3.7 충격흡수시설 성능평가 충돌시험결과 총괄표(계속)

시 험 결 과(기입예)	
나. 충격흡수시설의 거동	
기 준	시 험 결 과
(1) 시설물이 차량 내부공간을 관통해서는 안됨.	○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부공간의 관통상황을 기입한다.
(2) 탑승자에게 큰 부상을 줄 수 있는 차량의 내부공간의 변형 금지	○ 시설물의 구성부재가 차량의 내부공간 침입을 기입한다.
(3) 시설물의 주요부분 분리 금지. 충격흡수시설의 변형정도에 따른 등급 구분 (D1등급 : 0.5m, D2등급 : 1.0m, D3등급 : 2.0m, D4등급 : 3.0m)	○ 시설물의 구성부재 분리여부와 거리를 기입한다. ○ 시설물의 변형량을 측정하고 등급을 산정한다. · 등급 :
(4) 구성 부재가 도로상이나 도로밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해주지 않을 것	○ 차량 충돌시에 구성 부재의 큰 비산은 볼 수 없다. 주) 비산물의 형상과 비산 거리를 기입한다.
(5) 참고사항	○ 시설물의 후방이동량 등 참고사항을 기록한다.
다. 충돌 후 차량의 거동	
(1) 차량은 충돌 후 지면에 바로 서 있어야 함	○ 차량이 지면에 바로 서 있는지를 기입한다.
(2) 충돌차량이 보호하고자 하는 구조물의 전면으로 진입해서는 안됨	○ 차량이 보호구조물의 전면 진입하는지를 기입한다.
(3) 차량의 바퀴가 시설물 외곽선으로부터 일정간격 떨어진 가상의 탈출박스 경계선을 밟아서는 안됨 (단, 경계선 접근속도가 충돌속도의 10% 이하일 때는 제외) (전방 : 6m, 좌우 : 4m 혹은 6m 후방 : 시설물 단부의 연장선)	○ 차량의 바퀴가 정지한 거리를 측정하여 기입한다. ○ 필요시 경계선 접근속도를 측정한다.
(4) 시설물 좌우 경계선 폭에 따라 등급 구분 (Z1 등급 : 4m , Z2 등급 : 6m)	○ 시설물의 경계선 폭에 따라 등급을 산정한다. · 등급 :
평가결과 종합	

총괄표에 기입되는 내용은 실물 충돌시험에 의해 성능이 확인된 차량방호 안전시설의 명칭, 사양, 지반 조건 및 충돌시험 결과 등이다.

시험을 효율적으로 수행하기 위해서는 시험시설물의 특성을 명확히 해두어야 한다. 이를 위해 총괄표에 나타나는 제원(종류, 등급, 적용 장소, 재료, 기본 형식 등)은 미리 명확하게 해두는 것이 좋다.

(1) 방호울타리

- 방호울타리의 명칭 : 신청자가 등록한 차량방호 안전시설의 상품명 등
- 신청자명 : 신청자의 단체/개인명
- 종류 : 가요성 방호울타리/강성 방호울타리
- 등급 : SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7 중
- 적용 장소 : 노측용, 중앙분리대용, 보차도 경계용, 교량·고가용 등
- 높이 : 노면에서 방호울타리 상단까지의 높이
- 재료 : 차량방호 안전시설의 강도 부재에 이용되는 재료(빔, 지주, 브래킷, 볼트 등), 소형차의 충돌 거동에 영향을 미치는 장식 재료도 포함한다. 구체적인 재료명, 재료를 특정할 수 있는 규격 번호(KS) 등
- 기초 형식 : 흙 기초, 콘크리트 기초(매입형, 앵커형) 등의 종류 및 지주 길이
- 기본 형식 : 보형 방호울타리, 케이블형 방호울타리, 교량용 보형 방호울타리, 콘크리트벽형 방호울타리 등. 특별히 나타내야 하는 형상 표기가 있으면 이를 기입
- 최소 설치 길이 : 시험 시설물이 일정 능력을 발휘하기 위해서 필요한 최소 설치 길이. 이 연장 이상을 확보하지 않으면 차량용 방호울타리로서의 기능은 기대할 수 없다고 판단되는 연장.
- 지반 조건 : 지반의 표준적인 토질 조건

- 시험 기관명/시험 시설명/시험 번호 : 시험을 실시한 기관명, 시설명, 시험(정리) 번호 등
- 시험 일자 : 시험한 년/월/일
- 시험 차량 중량/충돌 속도/충돌 각도/충격도/차량 중심 높이 : 시험시 조건 설정과 시험결과 설정조건 및 시험결과가 크게 다르면 다시 시험할 필요가 있는 경우도 생기므로 유의
- 기초 형식 : 지주 기초(직접 타설 등), 직접 기초, 구조물 형태 등
- 시설물 길이 : 시험 시설물의 설치 길이. 시험에서 설치한 연장은 시험방법의 기본 설치 길이를 참고
- 시공방법 : 시험 시설물의 시공방법. 일반적인 방호울타리의 시공방법과 동일한 경우에는 그 방호울타리의 시공방법을, 새로운 시공기술을 요할 경우에는 별도 설명자료를 첨부
- 방호울타리의 손상 : 방호울타리의 성능에 관여하는 손상 상황에 대해 기술
- 최대 충돌 변형거리 : 시설물의 최대 변형 거리를 기록
- 구성부재 비산 방지 성능 : 부재의 비산 상태 및 최종 상황을 기술. 최종 결과에 대해서는 별도 도면 및 사진 자료 첨부

(2) 충격흡수시설

- 충격흡수시설의 명칭 : 신청자가 등록한 차량방호 안전시설의 상품명 등
- 신청자명 : 신청자의 단체/개인명
- 종류 : 주행 복귀형 충격흡수시설/주행 비복귀형 충격흡수시설
- 등급 : CC1, CC2, CC3 중
- 규격 : 충격흡수시설의 길이/폭/높이
- 재료 : 차량방호 안전시설의 강도 부재에 이용되는 재료(빔, 지주, 브래킷, 볼트 등), 소형차의 충돌 거동에 영향을 미치는 장식 재료

도 포함한다. 구체적인 재료명, 재료를 특정할 수 있는 규격 번호(KS) 등

- 기초 형식 : 지주 기초(직접 타설 등), 직접 기초, 구조물 형태 등
- 기본 형식 : 일반적인 충격흡수시설, 단부처리용 충격흡수시설, 특수목적용 충격흡수시설 등. 특별히 나타내야 하는 형상 표기가 있으면 이를 기입
- 적용 장소 : 교각·교대, 연결로 출구 분기점, 방호울타리 단부, 요금소, 터널 및 지하차도 입구, 옹벽·곡선부 내리막 경사 구간 등
- 시험 기관명/시험 시설명/시험 번호 : 시험을 실시한 기관명, 시설명, 시험(정리) 번호 등
- 시험 일자 : 시험한 년/월/일
- 충돌 방법/시험 기준/시험 조건 : 시험시 조건 설정과 시험결과 설정조건 및 시험결과가 크게 다르면 다시 시험할 필요가 있는 경우도 생기므로 유의
- 탑승자 안전/충격흡수시설의 거동/충돌 후 차량의 거동 : 각 기준에 대해서 명확하게 시험결과 값을 기록. 구성 부재의 비산 상태 및 최종 상황을 기술하고 최종 결과에 대해서는 별도 도면 및 사진 자료 첨부

부 록

부록 1. 계측기기의 특성에 관한 요건

부록 2. 계측기기의 특성 상세

부록 1. 계측기기의 특성에 관한 요건

<부록-표 1> 계측기기의 특성에 관한 요건

항 목	특성 요건
선형오차 (Linearity error)	- 데이터채널 선형오차의 절대값은 채널증폭등급(CAC[1]) 값의 2.5% 이하
상지연시간 (Phase delay time)	- Fh와 0.03×Fh 사이에서 1/10Fh 초를 초과해서 변하지 않을 것
시간 기초 (Time base)	- 최소한 $\frac{1}{100}$ 초의 분해도, 정밀도 1% 이하
상대시간지연 (Relative time delay)	- 2개 이상의 데이터채널 신호사이의 상대시간지연은 1ms 이하 - 신호가 결합된 2개 이상의 데이터채널은 같은 주파수 등급을 가져야 하며 상대지연시간이 1/10Fh 초 이하일 것 - 적용대상 : 아날로그 신호, 동기 펄스, 디지털 신호
변환기 횡 감응비	- 어느 방향에서도 5% 미만일 것
교 정	- 데이터채널은 표준장비로 최소한 1년에 한번은 교정할 것 - 채널 증폭등급의 오차율은 표준장비와 비교하여 1% 이하일 것
데이터 채널 등급 (CFC[2])	- CFC1,000(데이터 처리시 CFC180 디지털 필터링)
변환기 설치	- 측정축 각도는 5°이하 - 한 점에서 다중축 가속도 측정시 각각의 변환기 축은 10mm 이내에 위치 - 각 가속도계의 관성질량중심은 그 점에서 30mm 이내에 위치

주) 1) Channel Amplitude Class, 2) Channel Frequency Class

<부록-표 1> 계측기기의 특성에 관한 요건(계속)

항 목	특성 요건
데이터 추출 이전 필터링	- 기록계의 동적 영역의 최소한 50%를 사용하고 높은 주파수가 기록계에 포화 또는 데이터 추출과정동안 거짓(Aliasing) 오차의 위험 감소를 위해 CFC1,000이상에서 아날로그 필터링 - 디지털 필터링은 데이터 채널당 실시 - Fh 주파수에서 거짓(Aliasing)에 의한 최대오차는 CAC의 1% 이하
견본 추출률 (Sampling frequencies)	- 최소한 8Fh (Class1,000 : 초당 8,000 데이터 추출)
해상도 (Amplitude resolution)	- 부호 포함하여 최소 10비트 - 최소 중요 비트는 CAC의 0.2% 정도
시간표시	- 시간주기 오차는 1% 미만 - 시간동시성은 ±1ms 이내
충돌속도	- 정밀도 1% 미만
충돌각도	- 정밀도 ±0.5°
충돌지점	- 측면 접근 시 변위의 정밀도 ±5cm(충격흡수시설)
차량궤적	- ±30cm
차량의 Roll, Pitch, Yaw 비율	- 전체 크기의 ±1%
시설물 동적변형	- ±5cm

부록 2. 계측기기의 특성 상세

제 1 장 - 전자 계측

1. 개요

본 장의 목적은 충돌시험에 사용되는 측정기술을 설명 및 추천하며, 계측할 때와 시험 결과를 보고할 때 균일성을 갖추게 하기 위함이다.

2. 정의

2.1 데이터 채널

단일 변환기 또는 출력이 어떤 방법으로든 연관되어지는 다중 변환기를 비롯하여, 데이터의 주파수나 증폭 또는 자료의 시간적 조절을 변경할 수 있는 분석과정을 포함하는 모든 계측기를 의미하며 모든 케이블과 상호연결장치도 포함한다.

2.2 변환기

데이터 채널내에 있는 1차 기구로서 물리량을 측정해서 전기적인 전압과 같은 나머지 데이터 채널의 장치로 분석될 수 있는 2차적인 량으로 변환하는데 사용된다.

2.3 측정 최대치

데이터 채널의 사용 가능한 최대 선형영역이다.

2.4 데이터 채널 측정 최대치

가장 낮은 측정 최대치 수준에서의 채널 구성품에 의해서 결정되는 데이터 채널의 값이며, 이 값은 측정되는 변수(입력)로 표현된다. (예 : 측정 최대치 = 50G, 1,000N, 100cm/s 등)

2.5 채널 증폭등급, CAC

본 계측기기의 특성에서 규정한 어떤 증폭 특성을 만족하는 데이터 채널에 대한 구분이다. 채널 증폭 등급번호는 측정영역의 상한선과 같다(즉 데이터 채널 측정 최대치와 같다).

2.6 주파수 특성, Fl, Fh, Fn

이들 주파수는 <부록-그림 1>에서 규정한다.

2.7 채널 주파수등급, CFC

채널 주파수 등급은 채널주파수 응답이 <부록-그림 1>에 규정된 범위 내에 놓여있는 것을 지시하는 숫자로 구분된다. 주파수 Fh의 Hz 값은 이 숫자와 동일하다.

2.8 교정값

데이터 채널을 교정하는 동안 측정하고 읽은 값을 의미한다(3.6항 참조).

2.9 감응계수

채널 증폭 등급 내에서 최소 자승법에 의해서 정해진 교정값을 가장 적합하게 나타낸 직선의 기울기이다.

2.10 데이터 채널의 교정인자

Fl과 Fh/2.5 사이에 로그 치수로 균등하게 배분된 초과 주파수를 평가하는 감응계수의 산술평균값이다.

2.11 선형오차

교정값과 채널 증폭등급(데이터 채널 측정 최대치)의 최대 한계에서 2.9항에 규정한 직선으로 읽은 상당값과의 최대 차이의 비율(백분률)이다.

2.12 감응성

기전력이 변환기에 가해졌을 때 출력신호(동일한 물리적 단위)와 입력신호(물리적 기진력)의 비율(예 : 스트레인 게이지 가속도계에서 10.24mV/G/V)이다.

2.13 상 지연시간

데이터 채널의 상 지연시간은 그 신호(Radian/sec)의 각도 주파수로 나눈 정현파 신호의 상 지연(Radian)과 같다.

2.14 환경

주어진 순간에서 데이터 채널에 가해지는 모든 외부 조건과 영향의 집합체이다.

2.15 횡 감응(직선 변환기에서)

감응축의 직각 방향에 대해 자극하는 감응이다. 횡 감응성은 일반적으로 선택된 축에 대한 공칭방향의 함수이다.

2.16 횡 감응도(직선 변환기에서)

감응 축에 대한 감응성과 횡 감응성의 비율이다.

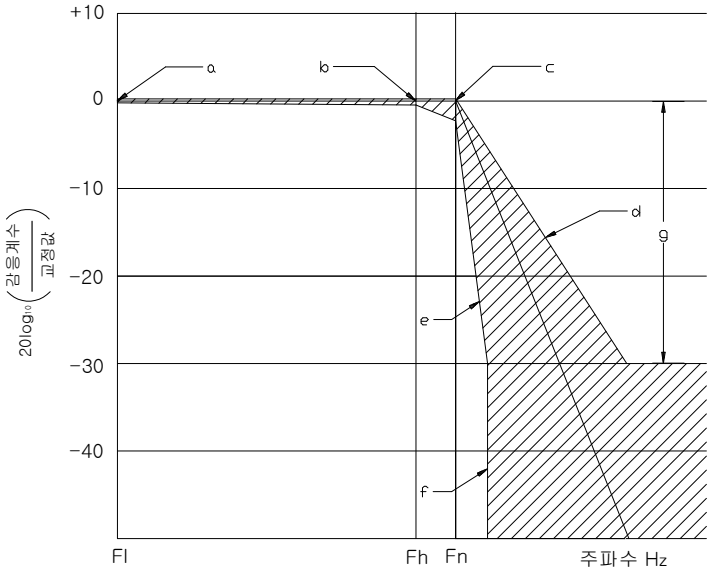
3. 데이터 채널 성능요건

3.1 선형 오차

채널 주파수 등급 안에 있는 어떤 주파수에서든 데이터 채널 선형오차의 절대값은 모든 계측 영역에서 채널 증폭 등급값의 2.5% 이하이어야 한다. 일반적으로 관심사 영역에서(즉 Fl과 Fh 사이) 선형성을 확신하기 위해서는 수많은 계측을 하여야 한다. 변환기의 경우 직류에서의 선형성이면 충분하다.

3.2 주파수에 대한 증폭

데이터 채널의 주파수 응답은 <부록-그림 1>의 빗금친 부분 내에 있어야 한다. 0(Zero) 데시벨 선은 교정인자에 의해 결정된다.



CFC	Fl(Hz)	Fh(Hz)	Fn(Hz)
1,000	<0.1	1,000	1,650
600	<0.1	600	1,000
180	<0.1	180	300
60	<0.1	60	100

대수크기
a : ±0.5dB
b : +0.5, -1dB
c : +0.5, -4dB
d : -9dB/octave
e : -24dB/octave
f : ∞
g : -30dB

<부록-그림 1> 데이터 채널의 동적 정확도

3.3 상 지연시간

데이터 채널의 입력과 출력사이에서의 상 지연시간은 결정되어야 하며, 0.03×Fh와 Fh 사이에서 1/(10×Fh)초를 초과해서 변해서는 안된다. 이것은 변환기에도 해당된다. 즉, 입력이 변환기에 대한 기진력이다.

3.4 시간

3.4.1 시간 기초

시간 기초는 최소한 1/10,000초 미만의 오차로 1/100초의 분해도를 가져야 한다.

3.4.2 상대 시간지연

주파수 등급에 관계없이 2개 이상의 데이터 채널 신호사이의 상대 시간지연은 상 이동에 의해서 야기되는 상 지연을 제외하고는 1ms 이하이어야 한다. 신호가 결합된 2개 이상의 데이터 채널은 같은 주파수 등급을 가져야 하며, 상대 시간지연이 1/(10×Fh)초 이하이어야 한다. 이 요건은 아날로그 신호 뿐만 아니라 동기 펄스와 디지털 신호에도 적용된다.

3.5 변환기 횡 감응비

모든 변환기의 횡 감응비는 어느 방향에서도 5% 미만이어야 한다.

3.6 교정

데이터 채널에서 계측된, 즉 그 성능이 결정된 값을 기준장비 또는 “표준”에 비교한 값이다.

3.6.1 일반사항

데이터 채널은 표준장비로 최소한 1년에 한 번은 교정을 받아야 한다.

표준장비와 비교하는 방법은 채널 증폭등급의 오차률이 1% 이하이어야 한다. 표준 장비의 사용은 표준장비가 교정된 주파수 영역으로 제한된다. 데이터 채널의 하부계통은 개별적으로 평가할 수 있으며 그 결과는 데이터 채널 전체의 정도에 한 인자로 나타난다. 예를 들면 변환기를 제외한 데이터 채널의 게인이 설정되는 것이 점검 가능한 변환기의 출력신호를 모의한 알려진 크기의 전기신호에 의해 수행될 수 있다.

3.6.2 교정용 표준장비의 정확도

표준장비의 정확도는 공인된 도량형 기관(예 : 표준연구소)의 확증과 보증을 받아야 한다.

(1) 정적 교정

- 가속도 - 오차는 채널 증폭등급의 1.5% 미만이어야 한다.
- 힘 - 오차는 채널 증폭등급의 1.0% 미만이어야 한다.
- 변위 - 오차는 채널 증폭등급의 1.0% 미만이어야 한다.

(2) 동적 교정

- 채널 증폭등급의 백분률로 표시되는 표준가속도의 오차는 400Hz 이하에서 1.5% 미만, 400Hz에서 900Hz 사이는 2%, 900Hz와 표준가속도가 유용한 최대주파수 사이에는 2.5% 이하이어야 한다(3.6.4 참조).
- 힘과 변위 - (힘이나 변위가 포함된 데이터 채널의 교정을 하는 동안 동적 응답의 값을 구하는 방법은 현재까지 만족할만한 방법이 없다.)
- 시간 - 표준 시간의 오차는 0.00001초 미만이어야 한다.

3.6.3 감응계수와 선형오차

감응계수와 선형오차는 이 신호의 다양한 값에 대해 알고있는 입력신호에 대한 데이터 채널의 출력신호를 측정함으로써 결정되어야 한다(입력신호는 물리적인 값, 즉 전압이 아닌 하중이나 가속도 등과 같이 잘 알려져 있는 값을 참고한다). 데이터 채널의 교정은 증폭 등급의 모든 영역에서 실시하여야 한다(이것은 Fl과 Fh/2.5 사이에 있다). 양방향 채널에 대해서는 즉 '+' 값과 '-' 값 모두를 평가해야 한다.

만일 교정장비가 측정되는 양이 과도하게 높은 값으로 인해서 필요한 입력을 산출할 수 없을 경우에는 교정은 이러한 교정 표준의 한계내에서 수행하며 이러한 한계점을 보고서에 기록한다. Fl과 Fh/2.5 사이에 포함된 중요한 값을 갖는 어떤 주파수나 주파수들에 대한 스펙트럼에서 모든 데이터 채널을 교정해야 한다.

3.6.4 주파수 응답의 교정

데이터 채널의 주파수 응답에 대한 상과 증폭의 반응곡선은 Fl과 채널 주파수 등급의 10배 또는 3,000Hz중 작은 값 사이에서 변화하는 이 신호의 다양한 값에 대해서 알고 있는 입력신호에 대해서 상이나 증폭의 데이터 채널의 출력 신호를 측정함으로써 결정한다.

3.7 환경 영향

어떤 환경 영향이 있는지 확인한다(즉, 전자속 또는 자속, 전선 속도 등). 이것은 예를 들어 인체모형 변환기에 장착된 여분의 채널의 출력을 기록함으로써 확인할 수 있다. 만일 출력신호가 예상되는 최고 값보다 2%를 초과해서 클 경우, 예들 들어 전선의 재할당이나 교환을 함으로써 수정한다.

3.8 데이터 채널의 선택과 구분

채널 증폭 등급과 채널 주파수 등급은 데이터 채널을 규정한다. <부록-표 1>의 계측기기의 특성 기준에 따라 구성된 데이터 채널은 다음의 약호로 구분한다.

CAC ... - (채널 증폭 등급)

CFC ... - (채널 주파수 등급)

만일 증폭 응답이나 주파수 응답의 교정이 교정장비의 특성으로 제한을 받아 CAC나 CFC를 완전히 포함하지 못한다면 CAC나 CFC는 별표로 표시한다.

예 : CAC 200m/s^2

CFC 1,000Hz

이 의미는

- 채널 증폭 등급은 200m/s^2 이다.
- 채널 주파수 등급은 1,000Hz 이다.
- 증폭 응답의 교정은 모든 CAC 영역을 포함하지 않는다.

시험 보고서에 교정한계를 나타내야 한다.

4. 데이터 채널의 선택

주파수 응답등급의 선택은 충분히 고려해야 한다. 어떤 경우에는 특정 시험에 유일한 것도 있다. 데이터의 궁극적인 사용과 훌륭한 공학적인 판단으로 어떤 주파수 스펙트럼이 중요하고 유용한지 결정해야 한다. <부록-그림 1>의 다양한 주파수 응답등급은 다른 공학적 요구의 적절한 선택을 할 수 있게 해준다.

서로 다른 주파수 응답등급을 사용해서 믿을만한 비교를 한다는 것이 어렵다는 사실에 주목해야 한다. 서로 다른 근거로부터 시험결과를 비교할 때 일정한 주파수 응답 계층을 확립해 두는 것은 유용하다. <부록-표 2>에 있는 주파수 응답 등급은 그 목적으로 권장하고 있다. 이러한 권장은 현재의 실행과 장비를 반영하고 있다. 예를 들어, 생체공학과 같은 다른 고려사항이 특정한 계측요건을 필요로 할 수 있다는 것을 인식해야 한다.

특별한 적용을 위한 채널 등급의 권장은 그 채널을 통과하는 모든 주파수가 적용을 위해서 중요하다는 의미는 아니다. 탑승자 머리 가속도, 머리 모형 가속도, 대퇴부 하중과 같은 여러 경우에 있어서 권장사항은 필요 이상으로 높을 수 있으나 현재의 생체공학적 지식은 이 정도 밖에 안되기 때문이다. 모든 데이터는 어떤 목적에서든지 Class 1,000 또는 그 이상으로 집약된다.

5. 변환기 설치

변환기 설치와 관련된 기계적인 응답은 읽어내는 데이터를 왜곡시켜서는 안된다. 인체모형에 장착되는 변환기는 이 목적으로 특별히 준비된 지지대를 사용한다. 비 기계적인 시험특성에 단단한 변환기 설치를 배제하는 경우에는 데이터에 설치효과로 인한 분석적이고 시험적인 평가를 제공해야 한다.

특히 가속도 변환기는 수집된 데이터에 대해서 장착효과에 대한 분석적이고 시험적인 평가를 하는 경우가 아닌한 표준 축 시스템의 상당 축에 대해서 실제 측정 축의 초기 각도가 5°이하가 되도록 장착해야 한다. 한 점에서 다중 축 가속도를 측정할 때에는 각각의 변환기 축은 그 축을 10mm 이내로 통과해야 하며, 각각의 가속도계 관성 질량중심은 그 점에서 30mm 이내에 위치하여야 한다.

<부록-표 2> 주파수 응답 등급

전형적인 시험측정	채널 등급
(다음에 사용되는 차량 구조 가속도)	
총 차량 비교	60
충돌 모의 입력	60
구성품 분석	600
속도 적분 또는 변위	180

주) 1. 필터링을 함으로써 상당한 시간지연이 있을 수 있다(예를 들면, Class 60 채널에서 대략 2.5ms의 시간지연). 필름과 전기적인 데이터와 비교할 때나 적분할 때 이러한 효과를 고려해야 한다.

2. 주어진 방향에서 프레임이나 차체의 모든 가속도가 요구될 때에는 높은 주파수 응답 등급이 요구되며, 데이터의 출력을 기록하기 앞서 다른 위치에서 2 개 이상의 변환기로부터 얻어진 출력의 평균을 냄으로써 데이터를 읽는 능력을 개선할 수 있다.

6. 부호 협정

시험용 차량, 대차뿐만 아니라 인체모형이나 다른 시험대용물의 주된 몸체부분에 대한 표준좌표계와 축에 대한 결정이 충돌시험기관 상호간에 필요하다. 서로 다른 좌표 사용과 부호약정으로 인해 컴퓨터 모델링과 생체공학적 연구시험 결과를 비교하기가 어렵기 때문이다.

또한, 인체모형과 다른 시험대용물에 대한 부호약정은 적용계측에 대해 일치해야 한다.

차량과 대차는 차량과 대차가 전방으로 움직이는 방향이 '양방향' X-축이다. '양방향' Z-축은 연직방향(+G)이고, 즉 수직방향이고 오른손 법칙에 따라서 '양방향' Y-축은 오른쪽 방향이다.

내부 좌표계는 양방향 Z-축이 연직방향(+G)이고, 선택된 X-축으로부터 오른쪽 방향이 '양방향' Y-축이다. X-축의 방향(기준)을 보고서에 기록해야 한다.

7. 기록

7.1 선형 자기기록계

테이프 속도는 사용 테이프 속도의 0.5%이내로 안정되어야 한다. 기록계의 신호대 잡음비는 최고 테이프 속도에서 42dB 미만이어야 한다.

총 고조파(Harmonic Distortion)는 3% 미만이어야 하며, 선형오차는 계측영역의 1%미만이어야 한다.

사용 기준 테이프 속도는 다음과 같다 : 초당 각각 23.8mm, 47.6mm, 95.3mm, 190.5mm, 381mm, 1,524mm, 3,048mm 상호영역 계측 그룹(IRIG)의 규격을 준수하는 것이 바람직하다.

7.2 디지털 자기기록계

테이프 속도는 사용 테이프 속도의 10% 이내로 안정되어야 한다. 사용 기준 테이프 속도는 다음과 같다 : 초당 1,905mm, 2,540mm 테이프는 폭이 12.7mm 이고, 7 또는 9 트랙 포멧에 기준 800, 1,600, 6,250bpi로 기록되어야 한다.

7.3 종이 테이프 기록계

직접 데이터를 기록하는 경우에는 초당 mm 속도로 표시되는 종이 속도는 Hz단위로 표시된 Fh 숫자의 최소한 1.5배가 되어야 한다. 다른 경우에는, 종이 속도로부터 균일한 분석을 할 수 있어야 한다.

8. 디지털 데이터 처리

8.1 데이터 추출이전 필터링

데이터 채널등급의 주파수에 관련된 필터링은 데이터의 처리과정에 수행되어야 한다.

그러나 기록하기 전에, 기록계의 동적영역의 최소한 50%를 사용하고 높은 주파수가 기록계에 포화되는 위험을 감소시키기 위해서는 CFC1,000 보다 높은 수준에서 아날로그 필터링이 되어야 한다. 충돌시험 데이터는 채널 등급 Fh보다 높은 고주파 성분이 있으므로 데이터 추출이전 필터링은 데이터 추출 과정 동안에 거짓(Aliasing) 오차를 야기하는 성분으로부터 실시하여야 한다. 사용자는 신호 과부하에 대한 필터링 되지 않은 데이터를 검토해 보아야 한다. 왜냐하면, 필터링 과정에 어떤 과부하 조건이 사라질 수도 있기 때문이다. Class 1,000 데이터는 일반적으로 충돌시험시 필요한 최고 주파수이기 때문에 많은 시험실에서 Class 1,000에서 데이터 추출이전 필터링하고, 낮은 Class에 대해서는 디지털 필터링을 사용하고 있다. 디지털 필터링은 데이터 채널당 실시해야 한다. 즉, 디지털로 필터링 되는 신호에 디지털 필터를 사용하지 않는다. Fh 주파수에서 거짓에 의해서 야기되는 최대오차는 CAC의 1%를 초과해서는 안된다.

8.2 견본 추출률

최소 허용 가능한 견본 추출률은 많은 변수가 있으며 특히 데이터 처리 소프트웨어에 사용되는 재결합 방법에 고도의 지식이 요구된다. 단지 단순한 재결합 소프트웨어를 이용하는 그러한 설치는 데이터 추출률이 최소 Fh의 8배는 되어야 한다. Class 1,000 추출 데이터 이전 필터를 설치하는 경우에 이것은 대략 각 체널당 초당 8,000 데이터 추출의 최소 데이터 추출률과 일치한다. 아날로그 기록의 경우에는 기록과 되감겨지는 속도가 다를 때 데이터 추출 주파수는 속도비로 나누어질 수 있다.

8.3 해상도

디지털 단어 길이는 부호를 포함하여 처리과정동안 합리적으로 정확도를 확실히 하기 위하여 최소한 10Bit가 사용되어야 한다. 데이터의 동적

영역이 A/D 변환기 측정 최대치의 50% 이하인 그러한 시스템에서는 더 높은 해상도가 요구된다. 최소 중요 Bit는 대략 CAC의 0.2% 정도이다.

8.4 데이터 처리

처리 소프트웨어는 전형적으로 데이터를 비교하고 필터링하고, 제로 레벨을 결정하고, 수학적인 연산과 데이터 그리기 형식을 준비하는데 사용된다.

8.4.1 디지털 필터링

필터링은 상-이동 또는 무상이 될 수 있다. 상-이동 필터는 시간 치우침의 원인이 되고 무상 필터는 시간 불확실성의 원인이 되기도 한다. 둘 다 만일 필터등급이 다르다면 필름에서 데이터를 비교하거나 데이터와 데이터를 비교하는데 문제가 야기될 수도 있다. 필터링은 벡터 합이나 상해지수의 계산과 같은 모든 비선형적 작업보다 선행되어야 한다. 어떤 필터링 알고리즘은 결과가 데이터 채널 성능요건에 부합되는 한 사용할 수 있다. 사용된 디지털 필터의 형식을 보고서에 기록해야 한다.

8.4.2 척도와 영점 맞추기

소프트웨어는 이득값을 설정하거나 영점 이동이 없기를 기대하기보다는 제로 레벨과 교정인자를 결정하는데 사용되어야 한다. 직각성분에서 제로의 치우침 오차는 종종 발견하기 어려운 합계산의 상당한 오차의 원인이 된다.

8.4.3 상해지수 계산

상해지수 계산은 모든 추출된 데이터 포인트를 사용해야 한다. 머리 상해치 계산은 적분시 모든 데이터 포인트를 사용해야 한다. 그러나, 최대 시간 간격은 1ms 이상 정밀할 필요는 없다.

9. 시간 표시

시간 표시는 다른 데이터 채널간에 데이터 분석과 고속 필름의 상호관계에 필수적이다. 시간주기 오차는 선택한 주기 또는 설계주기의 1% 미만이어야 한다. 시간 동시성은 ±1ms 이내이어야 한다.

10. 접촉시간

초기 접촉시간(실제 또는 모의시험)은 ±1ms 이내로 규명되어야 하고 충돌에 의해서 또는 시험 가속도가 미리 결정된 값(예 : 0.5g)을 넘는 순간에 작동되는 스위치를 사용함으로써 얻을 수 있다. 접촉시간은 또한 섬광 빛이나 타이밍 마크 채널을 통해서 필름상에 기록해야 한다.

11. 특정계측

11.1 충돌속도

충돌속도는 충돌시험 이전에 알고있는 일정 거리를 통과하는데 소요되는 시간을 측정함으로써 얻을 수 있다. 충돌 속도의 결정은 실제 속도에 대한 오차율이 1% 미만이어야 한다.

11.2 시험 시편 압착

11.2.1 잔여 압착

잔여 압착은 선정된 참고점에 따라 하나 또는 그 이상의 단일 값 데이터 포인트로 규정한다. 잔여 압착결정은 실제 압착에 대한 오차율이 5% 미만이어야 한다.

11.2.2 동적 압착

최대 동적 압착은 충돌시 시편에 최대 변형이 측정되는 상태이다. 이

것 또한 하나 또는 그 이상의 선정된 참고점에 따라서 측정한다. 시편 크기에 대한 부수적인 것과 예상 동적 압력의 크기에 대해서 측정 가능한 방법은 다음과 같다.

① 고속촬영 사진

② 가속도 데이터의 이중적분

③ 특정변위 변환기의 사용

오차는 실제 값에 대해서 5% 미만이어야 한다.

12. 결과 제시

시험 결과를 보고할 때, 데이터 표와 시간 이력 궤적 등과 함께 다음의 정보를 포함해야 한다.

① 데이터 채널 명칭

② 지정된 참고점(기준점)의 언급 및 차량 가속도계의 위치

③ 만일 필요한 경우, 변환기 설치 분석

④ 사용한 디지털 필터의 형식

⑤ 교정을 위해 하부계통을 결합한 방법

⑥ 관성 좌표계 정의

결과는 A4 용지(210×297mm) 또는 216×279mm 용지에 기록한다. 그림으로 표시되는 결과는 좌표축에 한 계측단위의 크기(예 : 1, 2, 5, 10, 20mm와 같이 선택한 단위의 적합한 곱에 해당하는)로 기록해야 한다. SI 단위를 사용하되, 차량 속도를 km/시로 사용하는 곳과, 충돌로 인한 가속도를 g(9.801m/s^2)로 사용하는 곳은 예외로 한다.

제 2 장 – 사진 계측

1. 개요

본 장의 목적은 충돌시험 결과를 분석하기 위해 숫적인 시간과 공간 데이터를 영상으로부터 얻을 때 광학 데이터 채널에 대한 성능기준을 정하기 위함이다.

2. 정의

2.1 광학 데이터 채널

영상을 취할 수 있는 기구(예 : 카메라와 랜즈), 이러한 영상을 기록하는 매개물(예 : 필름, 디스크, 자기 테이프 등), 광학로(예 : 광섬유)와 데이터의 내용물을 변경하는 어떤 분석 과정을 포함한 영상의 분석을 위한 장치로 구성된 시스템이다.

2.2 왜곡지수

왜곡지수는 광학 데이터 채널의 질 변수이다.

2.3 분석 시스템

분석 시스템은 영상 포인터를 시간의 함수로 좌표를 측정하고 선택하는 시스템으로 구성되어 있다.

2.4 시간 근원 시스템

어떤 두 개의 기록된 시간 사이에 경과된 시간 간격을 결정할 수 있는 장치이다.

2.5 시작시간 규명장치

시작순간으로 선택된 순간, 일반적으로 충돌의 시작시간을 규명하기 위한 장치이다.

2.6 영상비율

영상의 모든 점이 동시에 재생되었을 때, 초당 재생 한 것 또는 초당 영상으로 표현되는 주어진 점에 대한 정보의 재생 주파수이다.

3. 성능

광학 데이터 채널의 성능은 초기 성능수준을 설정하기 위해 평가를 해야 하고 시스템이 정확도에 변화를 가져올 수 있는 정도까지 변경되었을 때마다 반복되어야 한다.

3.1 광학 성능

광학 성능은 40배율(직경)의 명백한 길이의 변화를 분석함으로써 결정한다.

3.1.1 왜곡지수

사진 표적과 부록에 있는 절차로 평가되어지며 1%를 초과해서는 안된다.

3.2 시간 근원

시간 근원이 필요하다. 이는 영상율의 역수 또는 1%의 실제시간중 큰 값 미만의 오차로 기록된 사건들의 시간을 결정해 주어야 한다.

3.3 시작시간 규명장치

장치의 정확도는 영상율의 역수를 초로 표현되는 값과 같아야 한다.

3.4 영상율

영상율은 다음의 주된 3가지 요소를 고려해서 사용자의 권한으로 한다.

- 획득해야 할 목표
- 비로 인한 제한(흐릿함 등)
- 영상을 취할 수 있는 기구와 충돌시험의 전기적인 기록으로부터 데이터를 합성할 필요

사용자는 2개의 분석된 영상사이에 움직이는 기록된 점의 거리를 참고해서 영상율을 선택한다. 이 거리는 이것의 위치를 결정하는데 요구되는 정확도를 초과하지 않아야 한다.

3.5 길이 참고

길이 교정은 길이의 정확도가 있는 어떤 요건내에서 길이의 결정을 해야 한다. 그러한 요건 대신에 길이의 결정은 사진의 대각선 방향으로의 1% 미만의 오차로 수행할 것을 권장한다.

4. 광학성능 결정 절차

광학 데이터 채널의 광학 성능을 결정하기 위한 절차이다.

4.1 시험장비

<부록-그림 2>와 같은 치수의 직사각형 표적을 사용한다.

이 표적은 두 반대 면의 중심점과 연결함으로써 4등분된다. 그렇게 해

서 생긴 각각의 1/4 부분과 표적 중심에서 지름 400±1mm의 원을 그린다. 16개의 동일한 공간 참고 표시로 그 주위에 5개의 원을 표시한다. 그래서 각각 8개의 직경을 규정하고 모든 표적에 40개의 직경을 규정한다.

4.2 시험 절차

표적은 시험하는 데이터 채널의 한 요소를 구성하는 카메라에 "최대 프레임"으로 노출해야 한다. 교정용 필름이나 테이프는 충돌시험에 사용되는 것과 같은 형태와 품질이어야 한다. 이는 분석장치를 사용해서 분석할 수 있다.

직경표시, d_{ij} 의 좌표는 다른 직경표시의 좌표가 일련의 분석된 영상에서 측정되어야 할 때 같은 프레임에서 측정되어야 한다.

각각의 원에 대해서, j, j=1～5, 16개의 마크를 i, i=1～16 원에 따라 연속적으로 표시를 한다. 그러면 40개의 직경(d_{ij})은 다음과 같이 측정될 것이다.

$$d_{ij} = [(X_{ij} - X_{i+8,j})^2 + (Y_{ij} - Y_{i+8,j})^2]^{1/2}$$

여기서 $i = 1,2,...8, \quad j = 1,2,...5$

평균직경(D)와 참고편차(S)는 40개의 직경 값(d_{ij})을 고려하여 계산할 수 있다.

$$D = sum^{8}_{i=1}(sum^{5}_{j=1}\ d_{ij}/N) \qquad N = 40\text{일 때,}$$

$$S = [sum^{8}_{i=1}\{sum^{5}_{j=1}((d_{ij} - D)^2)/(N-1)\}]^{1/2}$$

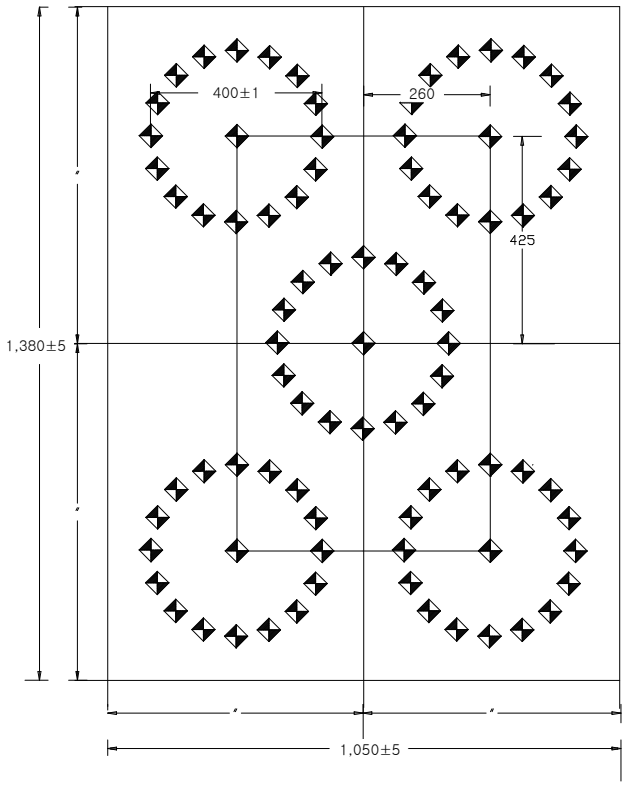
왜곡지수는 평균직경(D)에 대해 참고편차(S)의 비(S/D)와 같다.

4.3 다른 절차

사용자가 간접적인 방법으로 왜곡지수를 결정해야 하는 경우에는 크기와 모양이 다른 참고 마크를 갖는 위와 다른 표적을 사용해도 좋다.

그 경우에는 간접적인 방법이 본 부록에 규정된 모양을 사용한 것과 동일한 결과를 주는 방법임을 보여주어야 한다.

예를 들어 광각 렌즈의 경우 필요한 렌즈 교정을 결정하는데 참고 마크의 직사각형 모양의 표적이 사용될 때 이 방법이 유리할 수도 있다.



(단위 : mm)

<부록-그림 2> 광학 데이터 표적