

# 보행자 보호를 위한 차량평가시스템 개발

용부중\*, 조현덕#, 이재완\*\*

## Development of Vehicle Evaluation System for Pedestrian Protection

Boo-Joong Yong\*, Hyun-Deog Cho<sup>#</sup>, Jae-Wan Lee\*\*

### ABSTRACT

IHRA Pedestrian Working Group has investigated and analyzed the current status of pedestrian-vehicle accidents in IHRA member countries. According to the results, European countries and Japan are working on new regulations to improve passive pedestrian protection on passenger cars significantly. Although IHRA proposed pedestrian test procedures, which may provide a basis of technical regulations in the future, further research and development are necessary to refine the procedures. In order to prepare and satisfy the pedestrian protection requirements, domestic passenger vehicles also should be tested. Among various safety-related studies based on accident data analysis, dealing with pedestrian head injury would be considered one of the keen interests. In this study, the pedestrian headform impact test system is developed. The developed system will be useful to carry out validation study of the test procedures through actual tests using sample vehicles, and to explore the car feasibility level prior to the use of the test methods in legislation.

**Key Words** : Pedestrian-vehicle(차대보행자), Headform(머리모형), HIC(머리상해값), Impact Control System(충격제어장치), 계측처리장치(Data Acquisition System)

### 1. 서 론

보행자 사고는 전형적인 후진국 교통사고 유형으로서 보행자에 대한 안전도 향상을 위해 시급히 개선되어야 할 과제이다. 우리나라의 경우 차대보행자 사고는 전체 교통사고 사망자의 40% 이상으로 매년 수 천 명의 사상자가 발생하고 있어 차대보행자 충돌 시

보행자 상해를 최소화하여 사회적 비용과 문제점을 해결해야 할 필요가 있다.<sup>[1-2]</sup> 최근 국제기준조화연구(IHRA, International Harmonized Research Activities)는 차대보행자 사고를 분석하고, 유럽·일본 등의 국가를 중심으로 이를 반영한 보행자 안전기준을 마련하고자 노력하고 있다.<sup>[3-4]</sup> 또한 유럽 의회는 유럽의 자동차제작사연합회가 제시하는 보행자 안전기준을 바탕으로, 국제기준조화연구와 세계기술규정이 제시하는 새로운 기준을 유럽에서 판매되는 자동차에 곧 적용할 예정인 것으로 알려지고 있다.<sup>[5]</sup>

이에 따라 우리나라도 차대보행자의 안전 기준을

\* 경일대학교 기계자동차학부

# 교신저자 : 경일대학교 기계자동차학부

E-mail : hdcho@kiu.ac.kr

\*\* 교통안전공단 자동차성능연구소

마련하여 보행자보호 국제안전기준법규 제정에 우리나라의 입장을 반영함으로써, 국산 자동차의 차대보행자 안전기준 기술 향상을 바탕으로 국내 자동차산업의 수출 경쟁력 강화가 요구된다. 이를 위해 자동차 안전기준 관련 법규 확보의 필요성에 대한 업계 및 국민적 공감대를 형성하고, 안전기준에 적합한 첨단안전차량을 개발해야 할 것이다. 또한 자동차 안전성을 객관적으로 평가하여 국민들에게 차량에 대한 정보를 제공하고, 아울러 자동차 제작사도 안전도 개선에 더욱 노력이 필요하다.

본 연구는 차대보행자 충돌 시 보행자의 상해도를 평가하는 데 필요한 시험장비 및 평가 시스템을 개발함으로써, 보행자에 대한 보호 평가 기술 기반을 확보하고자 한다. 이와 관련하여 충격제어장치, 데이터 계측 및 처리 장치를 구축하고, 시운전 및 비교 검증 평가 시험에 필요한 교정 장비를 구축하였다. 특히 이 연구에서 개발된 장비는 IHRA가 제시하는 절차에 따라 보행자의 머리부분 충격도를 확인하는 데 유용하게 활용될 것이다.

## 2. 시험 장비의 구성

보행자 보호를 위한 차량평가 시험장비는 Fig. 1과 같이 크게 충격제어장치와 계측처리장치로 구분할 수 있다.<sup>[6]</sup>

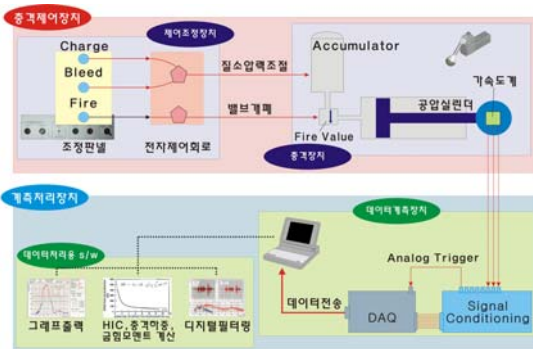


Fig. 1 Scheme of Experimental Apparatus

여기서 충격제어장치는 제어조정장치와 충격장치를 분류된다. 제어조정장치는 전자제어회로를 제어하

는 조정스위치와 조정상태 등을 확인할 수 있는 인디케이터로 구성된다. 충격장치는 머리모형과 다리모형을 발사시키는 액츄에이터로서, accumulator, fire value, 실린더 등으로 구성되어 있다.

한편 계측처리장치는 signal conditioning, DAQ(데이터수집장치), 컴퓨터로 구성된 데이터 계측장치와 수집된 데이터를 처리하여 원하는 결과를 추출해 내는 데이터처리용 소프트웨어로 구성된다. 데이터계측장치는 독일 HBM 사가 개발한 MGCplus 를 모듈화하여 사용하였다.

## 2. 충격제어장치

### 2.1 Impactor의 개발

머리모형의 발사속도는 accumulator의 질소압력으로 조정되며, 질소압력 대 발사속도를 비교하면 Table 1과 같다.

Table 1 Test Condition

시험조건	압력(bar)	속도(km/h)
머리모형무게 : 4.8kg 발사각도 : 45°	48.13	33.721
	50.74	41.23
	50.64	40.98
	50.58	40.79
	50.34	40.32
	50.07	39.53
	50.22	39.78
	50.34	40.04
	50.34	40.07
	50.34	40.34

머리모형의 발사속도는 실린더 축 방향으로 설치된 가속계에서 측정된 값을 적분하여 얻으며, impactor 내에서의 머리모형의 속도는 실린더 축 방향으로 설치된 변위계에서 측정된 값을 미분하여 얻는다. 여기서 변위를 미분한 값과 가속도를 적분한 값을 비교하여 속도측정의 정확성을 확인하게 된다. Impactor의 구성도와 각 부의 명칭은 Fig. 2와 같다.

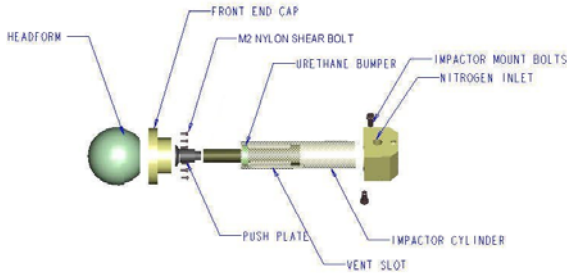


Fig. 2 Structure of Impactor

피스톤 로드는 impactor cylinder 내에서 가속하는 중에 회전을 방지하기 위해 기존의 외국 MGA 장비에서는 사각으로 제작되었으나, 본 연구 개발에서는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같이 피스톤 로드의 진행을 원활히 하기 위한 베어링 기능의 support guide 의 재질인 테프론에 대한 가공성을 고려하고 발사 속도의 재현성과 정도를 높이기 위해 원형으로 제작되었으며, 회전 방지를 위한 키홈을 추가하였다.



Fig. 3 Piston Rod



Fig. 4 Impactor Cylinder

Impactor 실린더의 전방선단에 설치된 우레탄 범퍼는 피스톤의 진행을 중지시켜 머리모형이 자유비행할 수 있도록 해 준다. 머리모형을 impactor 에 고정시키기 위해 front end cap 에 M2 Nylon Shear Bolt 로 고정하여, 피스톤이 우레탄 범퍼에 의해 정지되었을 때 M2 Nylon Shear Bolt 가 전단되면서 머리모형이 impactor 로부터 분리되어 자유비행 한다. 머리모형은 자유 비행할 때 중력에 의해 직선으로 날아가지 않고 포물선을 그리며 비행하며, 실제 충격위치는 초기 목

표지점 보다 아래쪽에 위치하게 된다. (Fig. 5~Fig. 6)

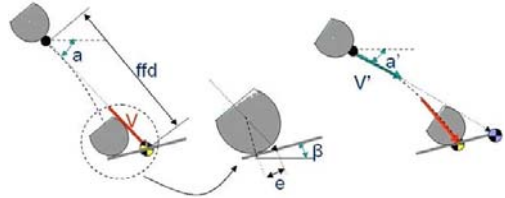


Fig. 5 Initial Contact Point by Headform

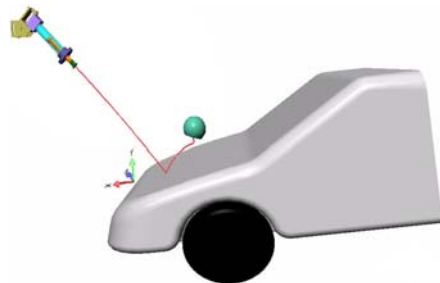


Fig. 6 Free-fall Path of Headform

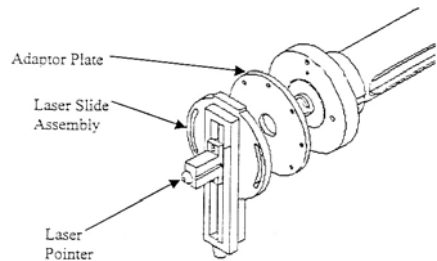


Fig. 7 Laser Pointer

목표지점과 충격위치 사이의 거리를 보정하기 위해 목표지점을 충격위치 보다 상단에 맞추어 머리모형을 발사하며, 이 거리를 산정할 수 있는 프로그램(충격위치 설정 프로그램)이 별도 개발되었다. 여기에 Fig. 7 과 같이 레이저 포인터를 이용하면 머리모형을 충격 위치에 정확히 충돌시킬 수 있도록 impactor의 초기 위치를 설정할 수 있게 된다.

머리모형은 질소가스를 1800psi 이상의 고압으로 압축한 후 순간적으로 압축된 질소가스를 배출하여 impactor를 순간 가속하여 추진하며, 이러한 동작을

수행할 수 있도록 fire value, solenoid valve 및 각종 게이지 등으로 구성된 공압제어회로를 Fig. 8과 같이 개발하였다.

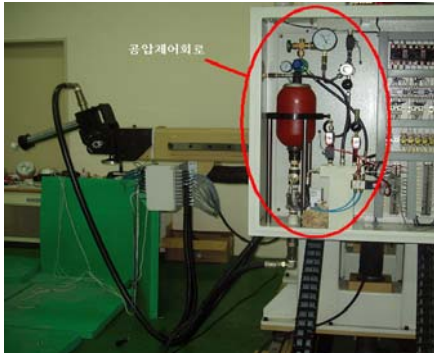


Fig. 8 Pneumatic Control System

## 2.2 제어조정장치 및 프레임의 개발

제어조정장치는 조정판넬(조작스위치 및 인디케이터)과 전자제어회로로 구성하였고, 프레임은 머리모형을 충격위치에 정확히 설정하기 위하여 프레임의 상하좌우전후 이동을 진동화할 수 있도록 Fig. 9와 같이 설계하였다.

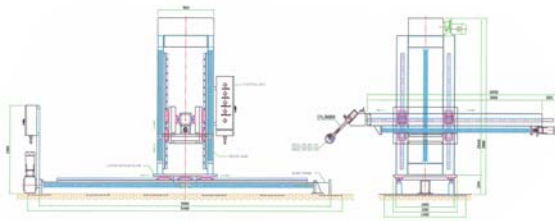


Fig. 9 Design of Test Frame

프레임 제원은 길이 4,003mm, 폭 1,400mm, 높이 2,794mm이며, 프레임 조정범위는 좌우방향 2,030mm, 전후방향 785mm, 상하방향 712mm까지 조정할 수 있도록 설정하였다.

## 2.3 시험장비의 동작

시험장비의 동작은 크게 제어조정부분, 충격장치(impactor) 구동부분, 데이터 계측부분, 데이터 처리부

분 등의 동작으로 구분할 수 있다. 여기서 데이터 계측부와 데이터 처리부에 대해서는 다음 절에서 다시 자세히 설명하도록 한다.

제어조정장치는 충격장치(impactor)를 동작시키기 위해 질소가스 압력을 조절하여 원하는 속도(질소압력조절)를 설정한 후에 질소가스 밸브를 열어 impactor를 동작하도록 신호를 보내는 역할을 한다.

충격장치(impactor) 구동부분은 제어조정장치로부터 온 동작신호를 받아 Fire Value를 열어 impactor를 구동시키는데 필요한 압축된 질소가스를 실린더로 보내게 된다. 또한 실린더의 동작에 따라 impactor에 설치된 변위계, 가속도계 등으로부터 신호를 발생하게 한다.

데이터계측장치는 충격장치에서 발생된 각종 신호를 계측하여 컴퓨터에 저장하는 역할을 하고, 정확한 데이터계측이 되기 위해 적절한 필터링, Gain 설정 등의 작업 수행한다.

데이터처리장치는 데이터계측장치로부터 저장된 데이터를 가지고 디지털 필터링을 거친 후 HIC, 충격하중, 곁힘모멘트 등 원하는 데이터를 얻기 위하여 데이터를 가공하게 된다.

## 3. 계측처리장치

### 3.1 데이터 계측장치

데이터 계측장치는 DAQ, Signal Conditioning, 계측용 컴퓨터로 Fig. 10과 같이 구성하였다. 기본적으로 계측 장치는 ISO (International Standard Organization)의 "Road Vehicles Measurement Techniques in Impact Instrumentation"에서 요구하는 기준을 만족시켜야 한다. 이에 따라 데이터계측장치 중에서 데이터수집장치(DAQ) 및 signal conditioning은 계측장치에 요구되는 요구조건, 규격 및 연구개발에 필요한 스트레인 게이지 공급 및 기술지원 여부, 계측장치의 확장성 등을 종합적으로 검토하여 HBM의 모델의 MGCplus로 선정하였다.

MGCplus에 구성된 DAQ는 최대 10,000 채널까지 확장할 수 있으나, 본 연구에서는 16 채널로 구성하였다. MGCplus에 구성된 signal conditioning unit은 최

대 2,000Hz 의 presample filtering 을 할 수 있으며, 채널당 19,200Hz 의 속도로 Sampling할 수 있도록 하였다. 또한 머리모형시험용 계측기로는 머리모형의 감속도를 측정하기 위하여 x, y, z 세 방향으로 단축 가속도계를 설치하였다.



Fig. 10 Data Acquisition System

### 3.2 데이터처리용 소프트웨어

시험 전 충격각도 및 속도 결정용 소프트웨어는 시험에 필요한 요구 조건을 반영한 시험조건이 계산될 수 있는 기능이 필요하다. 머리상해 평가 시험을 수행하기 위해서는 머리상해 평가시스템의 올바른 시험을 위하여 반드시 필요한 항목이 세 종류가 있다. 즉 시험조건에 맞는 충격속도를 위한 피스톤의 charging압력이 결정되어야 하고, headform과 목표 지점의 거리가 계산되어야 하며, 목표한 지점에 충격시험을 위한 각도계산이 이뤄져야 한다. 또한 시험조건 계산용 소프트웨어의 개발에는 앞에서 언급한 세 가지의 요구조건을 계산하기 위한 예비시험 소프트웨어의 개발이 필요하다.

시험결과 처리용 소프트웨어는 머리상해 평가시스템으로 시험되는 차량의 시험조건 등을 포함한 필요한 항목들이 시험 데이터에 반드시 포함될 수 있도록 해야 한다. 그 항목들은 시험차량에 대한 기본정보, 충격 위치, 충격시험 방법, 시험 환경, 데이터 기록 간격 및 시험 데이터 등이 포함될 수 있다.<sup>[6]</sup>

운용 소프트웨어는 데이터 처리용 소프트웨어로 구성되고, 일반적으로 한번의 머리상해 평가시험에서 총 20개 정도의 ASCII 파일이 작성된다. 따라서 이들 20개 정도의 파일에 대한 데이터베이스 구축 및 처리가 필요하게 된다. 그 구성을 보면, 시험 데이터의 종류에 따른 분류 및 데이터베이스 구축 기능, 머리 가속도 값인 x, y, z 축의 합성 기능, 가속도데이터에 대한 연산 기능, 머리상해 평가지수인 머리상해값(HIC) 계산 기능 등을 꼽을 수 있다. HIC (Head Injury Criteria)의 계산은 식(1)과 같이 얻어 질 수 있다.

$$HIC = \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

여기서 가속도  $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$  이고,  $t_1$  과  $t_2$  는 각각 시험 초기 및 종료 시간을 의미한다.

## 4. 결 론

우리나라의 보행자 교통사고는 OECD 회원국으로서의 국가 위신과 신뢰도에 매우 부정적 영향을 끼칠 만큼 심각한 수준이다. 자동차 선진국은 차대보행자 사고를 줄이고, 사고 시 보행자의 피해를 최소화하고자 다양한 노력을 기울이고 있다. 이에 따라 ISO 및 세계기술규정을 중심으로 차대보행자 충돌안전관련 국제기준이 곧 마련될 예정이다. 우리나라도 이러한 국제적 추세에 맞춰 이에 관한 국산 자동차의 보행자 보호 실태를 파악하고, 자동차 제작사별 기준 대응정도를 확인할 필요성이 대두 되었다.

본 연구는 국제 기준에 대한 기초 자료가 확보되면, 국산 자동차의 대외 경쟁력 향상과 보행자 보호를 위하여 안전도 평가 기술에 필요한 시험장비 및 평가 시스템을 개발하였다. 이 장비를 활용하여 GTR에서 제시하는 성인 및 어린이 머리모형 시험을 실시하고 국내 자동차의 안전도 검사 등에 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 차대보행자 사고는 머리 충격과 다리 충격이 있으나, 본 연구에서는 머리 충격에 중심을 두었다. 아울러 이 연구에서 개발된 장비는 향후 세계기술 규정의 규정이 확정되면 그 성능이 일부 개선 보완될 필요성이 있음을 밝히고자 한다.

## 참고문헌

1. 도로교통안전관리공단, “교통사고 통계분석,” 2004.
2. 도로교통안전관리공단, “OECD회원국 교통사고 통계분석,” 2004.
3. International Harmonized Research Activities, “Pedestrian Safety Working Group 2001 Report,” IHRA Pedestrian Working Group Report, Dec., 2002.
4. World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP 29) Working Party on Passive Safety (GRSP), Agenda item A.1, 37th session, May 2005.
5. Commission of the European Communities, “Directive 2003/102/EC of the European Parliament and Amending Council Directive 70/156/EEC,” 2003.
6. National Transportation Technology Development (MOCT), “Pedestrian Friendly Vehicle Development (II),” Annual Report, KOTI, KATRI, HYU, KTEU, Hyundai Motor Co., 2004.