

다양한 충돌패턴에 따른 승용차 범퍼의 응답특성에 관한 연구

The response characteristics of various impact patterns on the front-bumper of a passenger car

홍동표†·홍 용*·왕고평*·황승호*·박현우*

Hong dong-pyo, Hong Yong, Wang gao-ping, Hwang seung-ho and Park hyen-woo

Key Words : 충돌패턴, 응답특성, NCAP, Smart bumper

ABSTRACT

In this paper, a pendulum system is constructed to perform the fundamental research which is concentrated on the various frequency pattern of impact-object simulation tests. Because to reduce injuries of pedestrians, and to satisfy the criterions of the EECV and Euro-NCAP. We analyze the frequency responses to recognize the impact objects. This study will be the basic data to development the smart bumper to protect the pedestrians.

기 호 설 명

NCAP : New Car Assessment Program

1. 서 론

OECD의 IRTAD(International Road Traffic and Accident Database)에 따르면 미국에서는 보행자사고에서 50%이상이 사망한 것으로 나타났다. 현재의 세계적인 추세는 차대 보행자의 접촉사고가 발생할시 보행자의 피해를 줄이는 방향으로 발전되고 있다. 특히 유럽지역에서는 그 관심이 크게 대두되면서 유럽 집행위원회와 자동차 메이커간의 보행자 보호의 자발적 이행 협약이 체결되었다. Euro-NCAP에서는 엄격한 보행자 보호 시험을 제시하여 점수를 합산하고 Star Rating으로 종합 평가하여 그 결과를 고객에게 공개하여 차량 구매시 선택의 한 기준이 되도록 하고 있다. 이러한 기준을 만족시키기 위해서 각국에서는 보행자 보호를 위한 차량 개발에 심혈을 기울이고 있다.

† 홍 동표: 전북대학교 정밀기계공학과
E-mail : hongdp@chonbuk.ac.kr
Tel : (063)270-2374, Fax : (063)270-2374

* 전북대학교 정밀기계공학과

차량과 보행자가 충돌할 때, 1차 충돌은 보행자의 다리와 차량의 범퍼 부위에서 발생하며, 이후 보행자의 머리와 차량의 보닛에 충돌하는 2차 충돌이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 차량과 보행자간의 1차 충돌이 발생하는 범퍼에서의 충격량에 따른 응답특성에 관한 실험 및 분석을 수행하여 보행자 안전을 위한 안전장치 개발의 기초자료로 활용하고자 연구를 수행 하였다.

2. 배경지식

2.1 NCAP

NCAP은 New Car Assessment Program의 약자로 관련기관에서 차량을 구입하여 정해진 실험 방법에 따라 충돌 테스트를 실시한 후 그 결과치를 스타(★)등급으로 구분하며 이를 공개함으로써 소비자에게 객관적인 데이터를 제공하도록 하는 것이다. 우리나라는 아직 NCAP와 같은 규제를 적용하고 있지는 않지만 국내의 자동차 회사들은 보행자 규제를 만족하기 위해 지속적인 노력을 하고 있다. 여러 NCAP 시험 중 유럽에서 실시하는 NCAP가 가장 까다로운 시험을

실시한다.

유럽에서 적용대상 차량은 9인승 이하의 승용차와 2.5t 이하의 화물차이며, 적용시점은 2005년 10월 1일부터 시작되었다. 테스트의 종류에는 정면 충돌 시험(Front Impact Test), 측면 충돌 시험(Side Impact Test) 그리고 보행자 시험(Pedestrian Test)이 있다

2.2 PZT 압전센서의 특징

본 연구에서 사용하게 되는 PZT 압전센서는 가공성이 용이하고 목적에 맞는 형상으로 제작 가능하며 고속 응답성이 우수하여 제어에의 응용이 가능하다. 또한 고주파수영역에서도 그 특성이 손실되지 않고 대상물에 부착하는 것으로 손쉽게 설치가 가능하다. 이러한 특성 때문에 의료분야에서 계측분야까지 폭넓게 사용된다. 이러한 특성을 활용하여 보행자 보호를 위한 스마트 범퍼에서 충격을 감지하는 역할을 수행토록 하였다.



그림 1 충격 시험을 위한 테스트 리그

범퍼의 내부에는 PZT센서를 부착하여 충격에 따른 신호를 검출하도록 하였다. 그림 2는 bumper 및 PZT 센서가 부착된 범퍼의 모습을 보여 준다.



그림 2 범퍼와 범퍼에 부착한 PZT 센서

3. 시험

3.1 시험 리그 구성 및 시험 방법

(1) 시험 리그(Test Rig) 구성

충돌 물체에 따라 변하는 범퍼의 주파수 특성 및 충격량에 따른 주파수 변화 경향을 측정하기 위하여 충돌 물체를 고정하여 차량 범퍼부에 충돌시킬 수 있는 테스트 리그(Test Rig)를 그림 1과 같이 구성하였다. 충격량의 변화는 펜들럼 장치(Pendulum System)로 구성된 테스트 리그의 높이를 조절하여 변화를 주었다.

펜들럼 장치와 함께 테스트 리그로 구성된 범퍼 시뮬레이션 장치는 시험 차량(기아 크레도스)의 앞 범퍼 어셈블리(Front Bumper Assembly)와 범퍼 어셈블리를 고정 시키는 차체 프레임을 절단하여 구성하였다.

데이터 측정 및 수집 장비로는 NI사의 동적 신호 수집기(PCI-4472)를 사용하였고, LabVIEW를 사용하여 Data의 수집 및 필터링을 실시하였다.

(2) 시험

이 논문의 목적은 범퍼의 충격에 따른 주파수의 특성 및 경향을 파악함으로써 향후 연구하게 될 패턴 인식 알고리즘에 따른 범퍼의 물체 감지와 ECU를 통한 액추에이터의 작동을 위한 기초연구이다. 이를 위한 실험 물체로는 야구공, 테니스공, 축구공, 골프공, 책, 500cc의 물통(물을 가득 채움), 크기가 다른 닭 2마리, 소 앞다리를 사용하여 충격에 따른 주파수를 측정하였다. 물체의 무게는 각각 92.15g, 55.19g, 454.44g, 45.7g, 1328.47g, 498.69g, 1422.55g(큰 닭), 935.29g(작은 닭), 1260.9g이다. 또한 동시충돌 현상을 재현하기 위하여 골프공과 테니스공을,

작은 닭과 소다리를 합하여 충돌을 시켰다. 각각의 물체는 무게와 크기가 다른 것을 사용하였고, 충돌 시 충격 가속도의 영향을 줄이기 위해서 지면과 수직인 위치에서 범퍼와 충돌이 발생하도록 실험을 실시하였다. 또한 물체의 충격력을 다르게 하도록 하기 위해서 리그의 높이를 135cm, 155cm, 175cm로 차이를 두면서 실험을 수행하였다.

3.2 실험 결과

(1) 충격력

물체의 충격시 속도는 $v = \sqrt{2gh}$ 로 에너지 보존 법칙에 의해 구해진다. 이 식에 의해서 물체의 속도는 135cm일 때, 5.147m/s이고, 155cm일 때, 5.515m/s 그리고 175cm일 때, 5.860m/s이다. 물체의 속도는 높이에 의해서 결정되기 때문에 3가지 높이에서 각각 같은 속도를 지니고 충돌함을 알 수 있다. 또한 충돌시 수평 방향이외의 작용 속도는 없는 것으로 가정한다. 이에 따른 물체의 충격력은 표1.과 같다.

충격력(높이)	1.35m	1.55m	1.75m
충격물체			
골프공	0.235N	0.252N	0.268N
책	6.838N	7.327N	7.785N
500cc 물통	2.567N	2.750N	2.922N
큰 닭	7.322N	7.845N	8.336N
작은 닭	4.814N	5.158N	5.481N
소다리	6.490N	6.954N	7.389N
골프공+테니스공	0.520N	0.557N	0.592N
작은닭+소다리	11.303N	12.110N	12.869N

표 1. 물체와 높이에 따른 충격력

(2) 주파수 영역에 따른 분석

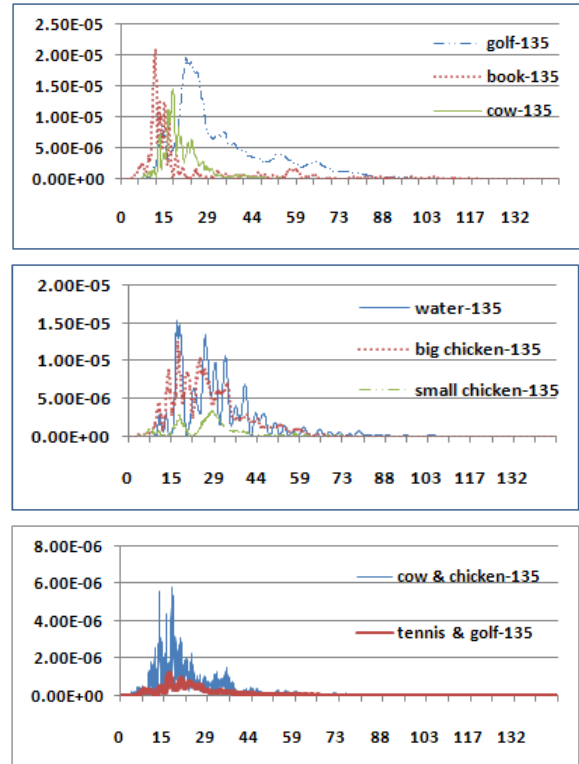


그림 3 충격물체에 따른 주파수 응답 특성

그림 3의 결과를 분석하게 되면 다음과 같은 형상으로 분류할 수 있다. 1.55m와 1.75m는 1.35m와 주파수 분포가 비슷하기 때문에 1.35m로 설명한다.

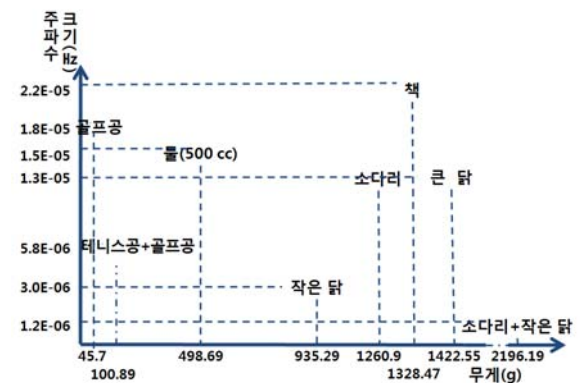


그림 4 충돌물체의 무게와 주파수 크기에 따른 분류

주파수 크기에 따라 물체를 나열하게 되면 책, 골프공, 물, 소다리, 큰 닭, 테니스공 + 골프공, 작은 닭, 소다리 + 작은 닭 순으로 나열된다. 이는 물체의 무게에 따라서 주파수의 크기가 결

정되는 것이 아니고 물체의 고유한 특성에 의해서 주파수의 크기가 결정됨을 의미한다.

또한 피크가 발생하는 주파수대역을 살펴보면 작은 닭, 골프공, 소다리, 소다리 + 작은 닭, 테니스공 + 골프공, 물, 큰 닭, 책 순으로 결정되었다. 이것은 진폭의 크기와는 다른 순서로서 그래프를 확인하게 되면 물체마다 고유의 주파수와 피크의 크기를 가짐을 확인할 수 있다. 이러한 특성을 활용하여 물체의 패턴인식알고리즘을 개발하여 본 연구에 활용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

각각의 물체마다 고유한 특성을 가지고 반복적인 주파수 파형을 형성함을 반복실험을 통하여 확인할 수 있었다. 또한 책, 닭, 소다리에서 주파수 파형이 매우 복잡한 형상을 지니며 형성되었다. 이러한 특징은 물체의 충돌 후 접촉시간이 다른 물체에 비해서 긴 물체에서 생성되었다. 반대로, 골프공, 야구공, 테니스공은 충돌 후 접촉시간이 상대적으로 짧은 탄성이 강한 물체로 비교적 간단한 파형을 형성하였다.

4. 결 론

본 논문을 통하여 여러 물체마다 각각의 충돌 패턴이 있으며 주파수 특성이 모두 다르게 나타남을 확인하였다. 이는 보행자 보호를 위한 범퍼의 센서 시스템과 패턴인식기법 그리고 차량의 ECU의 연계를 통한 액추에이터(본넷 리프트 업 시스템, 브레이킹 시스템등) 동작 시스템 설계에 중요한 역할을 수행할 수 있다. 향후 연구에서는 스마트 범퍼 개발의 가장 중요한 핵심이라 할 수 있는 약 30ms 의 빠른 시간 내에 충돌 물체 정보를 파악하여 액추에이터를 작동시킴으로써 보행자의 안전 및 최소의 손상을 유도하는 것이 목적 이므로 충돌물체의 정확한 분류와 물체에 따른 주파수 응답의 세밀한 분류와 패턴 인식기법의 적용을 통하여 액추에이터 시스템과의 인터페이스 연구에 대해서 연구를 수행할 것이다.

후 기

This work was supported by the Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea

government(MOST) (No. [R01-2007-000-10941-0]).

참 고 문 헌

- (1) A. Zanella, F. Butera and E. Gobetto, *European Workshop on Smart Structures in Engineering and Technology*, Proceedings of SPIE Vol.4763 (2003)
- (2) . Cruz, C. Mitjans and J. Vinyals, *ABAQUS User's Conference* (2004)
- (3) Padraig Naughton and Peter Cate, *Society of Automotive Engineers, Inc.*, (2001)
- (4) Yong Hong, Byeung-Hee Han, Byung-jin Kim, Dong-Pyo Hong, Young -Moon Kim, *Journal of Mechanical Science and Technology* 21 891~895 (2007)