

충돌시험시 가속도 센서의 접착방법이 감도 변화에 미치는 영향

장 원 호 · 김 기 오 · 범 현 균* · 권 성 은

지엠대우오토엔테크놀러지

Effect of Sensitivity Variation for Mounting Methods of Accelerometer in Crash Test

Wonho Jang · Kioh Kim · Hyenkyun Beom* · Sungeun Kwon

GM Daewoo Auto & Technology Co., 199-1 Cheongcheon-dong, Bupyeong-gu, Incheon 403-714, Korea

(Received 14 March 2008 / Accepted 7 July 2008)

Abstract : There are many types of accelerometer sensor. There was mainly used high-g accelerometer to obtain data for vehicle in crash test. Accelerometer was mounted on test vehicle with mounting blocks. Test result can be influenced by condition of mounting i.e. bonding material and type of block. These influences can be evaluated to variation of sensitivity in calibration test.

In this paper, Calibration test were carried out for 3 types of bonding material i.e. stud, beewax and double side tape. Other factor was taken into consideration by 3-types for mounting block. All test was conducted by sinusoidal signal vibrator up to 4500Hz. In order to investigate influence for sensitivity from different input voltage in the calibrator, the same test was repeated. Test results were compared with standard accelerometer data. Relative sensitivities and phases were showed small difference in sensitivity for bonding materials with one block, but significant one for another block and different input voltage below 1000Hz.

Key words : Sensitivity(감도), Mounting block(고정 블록), Mounting method(고정 방법), Vehicle crash test(차량 충돌 시험), Stiffness(강성), Phase(위상), Vibration exciter(가진기), Stud(스터드), Beewax(비왁스), Tape(양면접착테이프)

Subscripts

M1, M2, M3 : mounting material

B1, B2, B3 : mounting block

1. 서론

차량충돌사고에서 탑승한 승객의 상해는 차량과 승객의 상대가속도에 의해 발생하는 것이 주요 원인이며, 상대가속도를 감소시키기 위해서는 차체구조의 변형에 의한 운동에너지 흡수로 승객에 전달

되는 충돌에너지를 최대한 감소시켜야 한다.

이와 관련하여 차량개발을 위한 여러 가지 형태의 차량충돌시험을 실시하게 된다. 이때 차량에 탑재하는 인체모형의 상해값 측정과 차체구조의 변형 상태, 하중 전달 경로 등을 측정하기 위하여 가속도 센서가 주로 사용되며, 차량충돌 특성상 강한 충격에 견딜 수 있도록 고안된 하이지(High-g) 가속도 센서가 사용된다. 가속도는 가속도 센서가 저항 변화를 전압변화로 인식한 값에 감도를 곱하여 물리량인 가속도값으로 환산하여 산출된다. 이때 사용되는 감도는 100Hz에서의 감도를 대표값으로 사용한

*Corresponding author, E-mail: hyenkyun.beom@gmdat.com

다. 그러나 실제 실험에서는 검교정 상태¹⁻³⁾와는 다른 조건 상태에서 사용되게 된다. 즉, 측정하고자 하는 위치에 따라 여러가지 접착 재질과 다양한 형태의 보조 블록을 사용하여 차량에 가속도 센서를 고정하게 된다. 이때 센서의 고정 강성이 충분하지 못할 경우 가속도 결과에 영향을 줄 수 있으며, 보조 블록을 사용하여 차체에 고정시키는 경우에는 고정 강성뿐만 아니라 보조 블록의 질량도 감도에 영향을 미칠 수 있다. Wilson⁴⁾은 센서접착재질 변화에 따라서 감도변화를 연구하였으며, 저주파 영역에서의 감도변화보다는 공진주파수의 변화가 뚜렷하게 관찰된다. Mahindrakar et al⁵⁾은 차량에 가속도 센서 부착 위치에 따라 측정 결과를 비교하였다. 그러나 이 결과는 차량의 국부 진동 특성을 반영한 결과이기 때문에 일반적인 결과로 보기에는 무리가 있다.

본 연구에서는 차량충돌 시험에서 차체구조에 고정되는 가속도 센서의 여러 가지 고정 방법, 가속도 센서의 비교 교정 시 인가전압에 대한 감도 특성으로부터 영향도를 파악하여 차량충돌 시험에서 얻어지는 가속도 데이터의 신뢰성을 검증하기 위함이다.

2. 실험 방법

가속도 센서의 여러 가지 고정 방법과 인가전압에 대한 감도 및 위상에 대한 특성 파악을 위하여 표준 가속도 센서에 대한 비교 교정시험기를 이용하여 실험을 실시하였다.

2.1 센서의 고정 방법

차량의 가속도 데이터를 측정하기 위해서는 측정하고자 하는 차체구조에 가속도 센서를 고정시켜야 한다. 이때 정확한 가속도 데이터를 얻기 위해서는 여러 가지 인자가 고려되어야 하며, 대표적으로 센서의 고정 재료에 의한 강성, 센서의 고정 블록 유형에 의한 영향을 고려할 수 있다.

강성에 대한 사항은 접착방법 즉, 고정 방법에 따른 영향을 검토하였으며, 본 연구에서 고려한 방법은 Table 1과 같다. 참고로 Stud와 BeeWax는 센서 제조사가 제공하는 것을 사용하였으며, 접착테이프는 3M Serial No. 5344를 사용하였다. Fig. 2, 3의 M1+

Table 1 센서 접착 방법

M1 유형	M2 유형	M3 유형
Stud	Beewax	Tape

Table 2 센서 고정 블록 유형

B1 유형	B2 유형	B3 유형
Sensor Only	Sensor + 3axis fixture 1	Sensor + 3axis fixture 2



Fig. 1 M1+B1 시험

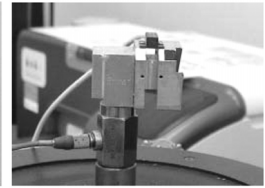


Fig. 2 M1+B2 시험



Fig. 3 M1+B3 시험

B2, M1+B3 조합은 고정 방법에 의한 강성과 고정 블록 유형에 의한 질량 효과를 검토하기 위하여 Stud로 연결된 보조 블록에 3축 가속도 센서 블록(3axis fixture)을 접착제(제품명 LOCTITE 420)로 고정하였다.

가속도 센서를 이용한 차량충돌 시험에서 가속도 센서는 다양한 위치에 다양한 방법을 통하여 고정되며, 이때 고정 위치, 고정 방법, 가속도 센서의 종류에 따라 각기 다른 종류의 센서 고정 블록을 사용하게 된다. 따라서 Table 2는 현재 당사에서 사용되는 단축 가속도 센서 고정 방법과 3축 가속도 센서 데이터를 얻고자 하는 경우에 사용되는 센서 고정 블록에 대하여 차체구조의 고정 위치를 고려한 시험 조건이며, Fig. 1, 2, 3은 실험을 수행한 센서 접착 방법과 블록의 조합을 예시하였다.

2.2 실험장비

가속도 센서의 고정 재료와 고정 블록 유형에 대한 감도 및 위상 특성을 파악하고 가진 주파수에 대한 시험 결과를 얻기 위하여 각 실험 조건에서 Table 3,

Table 3 실험 장비

가진기	B&K Model 4808
교정용 가속도 센서	Endevco Model 2270
실험 가속도 센서	Endevco Model 7264B-2000



Fig. 4 가진기

Fig. 4의 정현파 발생기(Sinusoidal signal vibrator)인 가속도 센서 비교 교정시험기를 이용하여 실험을 실시하였다.

2.3 실험 조건

본 연구에서 고려한 고정 방법(M1, M2, M3)에 대하여 고정 블록(B1, B2, B3)의 고정 위치에 따라 각 항목을 조합하여 Table 4의 입력 및 출력 조건으로 실험을 실시하였다.

3. 실험 결과

3.1 센서의 고정 방법에 의한 감도 특성

가속도 센서의 감도는 100Hz(SAE2570)에서 측정된 표준 가속도 센서의 감도 값과 실험 가속도 센서의 상대 값으로 정의함에 따라, 본 실험에서 실험 가속도 센서의 감도는 100Hz에서 M1+B1 조합(가속도 센서의 비교 교정에 사용되는 방법)의 실험으로 얻어진 감도를 기준하여 분석을 하였다. 또한 차량충돌 시험에서 얻어지는 가속도 센서의 주파수 영역 및 획득한 가속도 데이터의 활용 영역이 대부분 200Hz이하인 점을 고려하여 1000Hz이하에서만 검토하였다. 각 주파수에 대한 감도는 100Hz, 500Hz, 1000Hz에서 측정된 감도를 100Hz에서 측정된 감도와의 상대적인 값으로 나타내어 비교하였다. 즉, 상

대감도는 다음과 같은 무차원화된 식으로 정의한다.

$$\text{상대감도} = \frac{\text{특정 주파수에서의 감도값}}{\text{센서감도값}} \quad (100\text{Hz에서 검교정 조건하에서 감도값})$$

Table 5는 100Hz에서 측정된 감도로 각 실험 조건에 대하여 일정한 값이 얻어지는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 고정 재질, 고정 블록 유형에 따른 감도의 변화는 거의 없으며 기준 감도와 비교하여 100Hz이하 주파수 영역에서 1% 미만의 차이를 나타내었다. 이를 통하여 교정 성적서와 실제 차량 상태에 사용되는 조건에서 감도의 차이는 미미하며, 가속도 센서의 고정 재질 및 고정 블록의 유형에 따른 영향은 매우 적음을 알 수 있다.

Table 6은 500Hz에서 얻은 상대 감도이며, 각 실험 조건에서 대하여 측정된 값이 최대 5.7%의 차이를 나타내었다. 또한, Fig. 6, 7의 상대 감도 곡선을 통하여 각 실험 조건에 따라 500Hz미만에서 최대 7.6%의 차이를 나타내며, 측정된 전체 주파수 범위에서 고정 블록 B3, 고정 재질 M3가 포함된 실험 조건은 다른 조건과 비교할 때 상대적으로 편차가 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

1000Hz에서 측정된 상대 감도를 Table 7에 나타내었다. 100Hz, 500Hz에서 측정된 값과 비교하여 크게 변화된 값을 나타내고 있으며, 1000Hz에서 최대

Table 5 100Hz에서의 상대감도 결과

상대감도	M1 유형	M2 유형	M3 유형
B1 유형	1.000	0.998	0.997
B2 유형	0.999	0.997	0.997
B3 유형	1.003	1.004	1.009

Table 6 500Hz에서의 상대감도 결과

상대감도	M1 유형	M2 유형	M3 유형
B1 유형	0.998	0.997	0.994
B2 유형	1.004	1.010	1.023
B3 유형	1.015	1.019	1.057

Table 7 1000Hz에서의 상대감도 결과

상대감도	M1 유형	M2 유형	M3 유형
B1 유형	0.997	0.988	0.990
B2 유형	1.002	1.002	1.021
B3 유형	0.902	0.997	1.060

9.8%의 차이를 보인다.

Fig. 5에 나타난 B1 유형에 대한 감도 결과는, 각 실험 조건에 대한 상대 감도가 1000Hz이하에서 1% 미만, 4500Hz의 전체 주파수 범위에서 5%미만의 일정한 값을 유지하고 있다. 즉, 고정 블록 없이 가속도 센서만을 차체구조에 고정하고 시험을 실시할 경우 실험 방법에서 제시한 각각의 고정 방법(M1, M2, M3)은 시험 결과에 거의 영향이 없음을 알 수 있다.

B2 유형에 대한 감도 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 상대 감도의 변화가 크게 나타난다. M1, M2는 1000Hz까지 2%미만의 차이를 나타내며, 특히 B1 유형의 경우와 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 1000Hz이상에서 급격히 변화하는 상대 감도는 B1+의 경우와 비교하여 고정 방법의 강성에 대한 고정 블록의 질량 효과가 반영된 것으로 판단되며, Fig. 6 B2+M3의 결과를 통하여 M3(접착테이프) 고정 방법의 특성을 확인할 수 있었다.

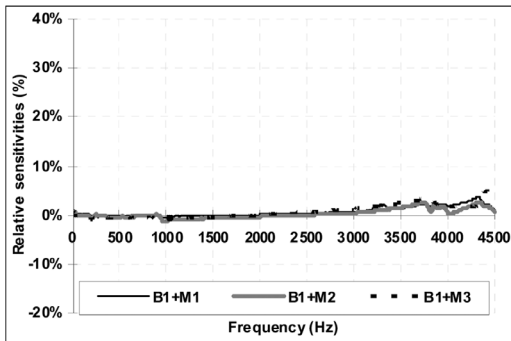


Fig. 5 B1 유형에 대한 상대 감도 결과

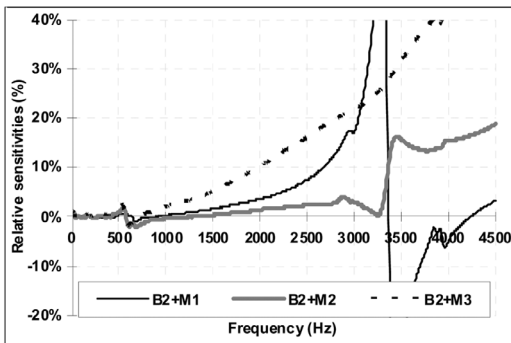


Fig. 6 B2 유형에 대한 상대 감도 결과

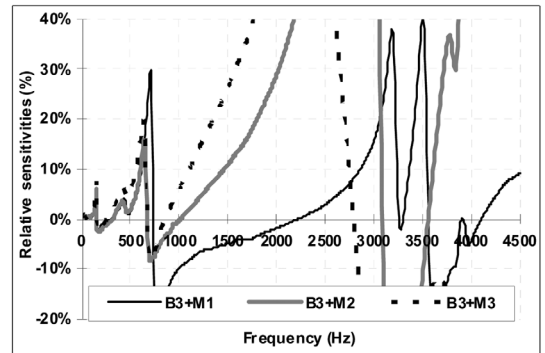


Fig. 7 B3 유형에 대한 상대 감도 결과

Fig. 7에 나타난 B3 유형에 대한 상대 감도 결과는 150Hz 이상에서 감도가 급격히 변화하기 시작하며, 전체 주파수 범위에서 일정하지 않은 감도를 나타내고 있다. 즉, B3 유형 고정 방법으로 가속도 센서를 시험에 적용할 경우 품질 높은 시험 결과를 얻기 위해서는 가속도 센서 고정 블록의 질량에 대한 영향, 고정 방법에 의한 강성, 충격 방향에 대한 고정 위치 등 중요 인자에 대한 많은 고려가 필요하다. 다만, 차량충돌 시험에서 가속도 센서 고정을 위하여 고정 블록을 사용할 때 각 인자에 대한 영향을 충분히 고려한다면 Fig. 7에서 보여지는 감도 차이에서 발생할 수 있는 가속도 결과의 차이를 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

3.2 센서의 고정 방법에 대한 위상 특성

가속도 센서의 각 주파수에 대한 위상(Phase) 특성은 감도 특성과 함께 가속도 데이터를 구성하는 주요 인자이다. 본 논문에서 사용한 상대 교정기에서 측정되는 위상은 표준 가속도센서와 시험시편 가속도 센서 사이의 위상차이다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 표준 가속도센서의 위상 변화를 무시한다면, 측정된 위상은 센서 고정 블록과 접촉 재질에 의한 영향으로 생각된다.

본 실험을 통하여 얻은 위상 특성에서 고정 방법에 의한 감도 변화 곡선과 위상 변화 곡선은 유사한 경향을 보이고 있으며, 각 실험 조건에 대하여 B1 유형의 방법으로 조합된 실험의 경우 가장 적은 위상의 변화를 나타내었다.

접착테이프 고정 방법인 M3의 경우 감도 특성과

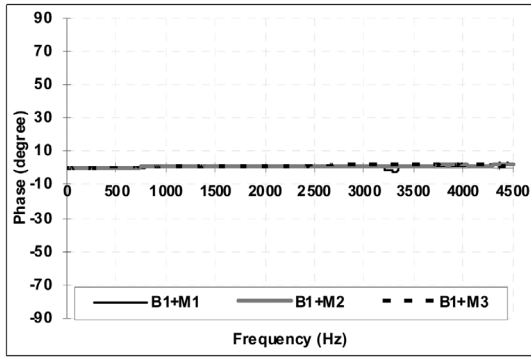


Fig. 8 B1 유형에 대한 위상 결과

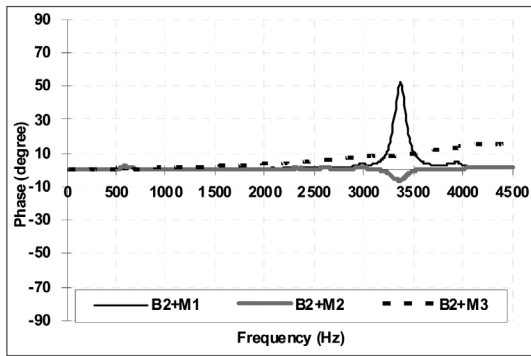


Fig. 9 B2 유형에 대한 위상 결과

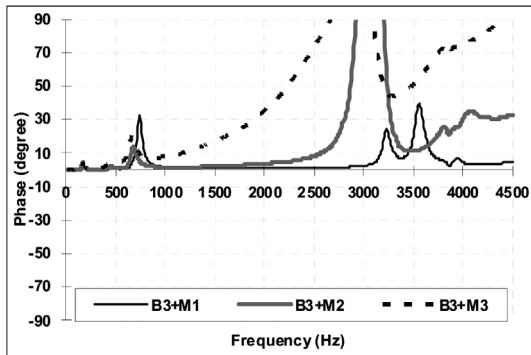


Fig. 10 B3 유형에 대한 위상 결과

위상특성이 M1, M2와 비교하여 큰 변화를 나타내고 있다. 이는 가속도 센서 고정 블록의 질량에 대한 접착테이프가 가지는 재료 특성으로 감쇠 효과가 시험 결과에 나타나고 있다.

3.3 센서의 교정 시 인가전압에 의한 감도 특성

본 실험에서 사용된 가속도 센서는 Endevco 7264B-2000 모델로 실험 조건에 대하여 전압을 5V, 10V로 인가하여 각각의 인가전압 조건에 대한 감도를 분석하였다.

또한 5V 인가전압 조건으로 얻은 감도를 가속도 센서 제조사에서 제공된 교정 성적서 기준으로 Table 8과 같은 상대 감도를 얻을 수 있었다. 이때 상대감도는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\text{상대감도} = \frac{\text{특정 전압에서의 센서감도값}}{\text{센서감도값}(100\text{Hz에서 검교정 조건하에서 감도값}, 10\text{V})}$$

Table 8과 Fig. 11의 결과에서 10V 인가전압에 대한 5V인가전압의 상대 감도가 각 시험조건에 대하여 공통적으로 약 6% 낮은 값을 나타내고 있다. 상기 결과를 통하여 가속도 센서 교정 시 인가전압은 가속도 센서의 감도에 영향을 미치는 중요한 인자임을 확인 할 수 있었다. 이것은 가속도 센서 감도값이 인가 전압 5V와 10V 사이에서 무시할 수 없는 비선형 특성을 나타냄을 의미한다.

센서의 감도는 물리량을 환산하기 위한 비례상수로 사용되기 때문에, 이러한 감도값의 차이는 실험 결과의 신뢰성을 떨어 뜨리게 된다. 따라서 인가전

Table 8 100Hz, 5V에서의 상대감도 결과

상대감도	M1 유형	M2 유형	M3 유형
B1 유형	0.940	0.938	0.936
B2 유형	0.938	0.937	0.938
B3 유형	0.941	0.943	0.945

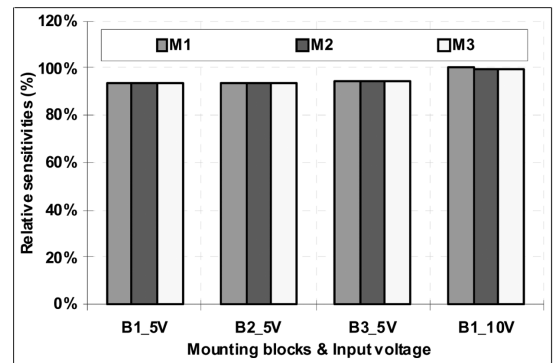


Fig. 11 인가전압 변화(5V & 10V)에 대한 감도 결과

압에 대한 센서의 특성을 고려하여 가속도 센서의 구입 및 교정을 실시해야 하며, 가속도 센서로부터 시험 결과를 얻고자 사용되는 시험 장비는 가속도 센서의 교정 인가전압과 동일한 조건으로 시험에 적용해야 한다.

4. 결론

앞 절에서 살펴본 바와 같이, 첫째 접착 재질에 의한 감도 변화는 교정 감도와 거의 유사한 결과를 보였다. 둘째, 센서 고정 블록 B1과 B2 유형에서는 차량충돌 시험에서 주로 사용되는 주파수 영역에 대하여 감도 변화가 크지 않았으나, B3 센서고정 블록의 경우 감도 변화가 큰 차이를 나타내었다. 그러므로, 상기 실험 방법에서 B3 센서 고정 블록을 이용한 센서 고정 방법은 감도 및 위상 변화를 통하여 실제 시험에서 가속도 데이터를 획득하기 위한 방법으로 부적절한 결과를 보였다.

결과적으로 차량충돌 시험에서 시험 결과의 오류를 방지하고 신뢰성 높은 시험 결과를 획득하기 위해서는 시험 준비 과정에서 가속도 센서의 고정 방법에 대한 충분한 고려가 필요하다.

마지막으로 가속도 센서의 인가전압 조건에 대한 실험 조건에서, 현재 차량충돌시험에서 많이 사용되고 있는 Endevco 7264B-2000 모델의 경우 6% 정도의 감도값 차이를 나타내고 있다. 이를 통하여 가속도 센서의 교정 인가전압은 가속도센서 감도값에

무시할 수 없을 정도의 영향을 미치는 인자로 판단된다. 즉, 가속도센서는 시험 장비의 인가전압 특성 및 사용 조건을 고려하여 교정하고 시험에 적용해야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구의 시험을 도와주신 지엔대우오토엔테크 놀리지 박세우씨와 ㈜지엔브이의 황상호 대표이사에게 감사드립니다.

References

- 1) Instrumentation for Impact Test - Part 1: Electronic Instrumentation, SAE J 211-1, 2007.
- 2) Performance Specifications for Anthropomorphic Test Device Transducers, SAE J 2570, 2001.
- 3) W. Tustin, Random Vibration & Shock Testing Measurement, Analysis & Calibration, Equipment Reliability Institute Santa Barbara, California, 2005.
- 4) JS Wilson(ed), Sensor Technology Handbook, Elsevier, p.155, 2005.
- 5) R. Mahindrakar, P. Khare and C. A. Kumar, "Evaluation of Accelerometer Transducer Mounting as per ISO 6487-A Case Study," SAE 2007-26-066, 2007.