

도어 슬램 시험의 상사 예측방법 연구

Study on a Similarity Prediction Method of the Slam Testing of a Door Module

김찬중†·이봉현*·배철용*·김현중*·김효성*

Chan-Jung Kim, Bong-Hyun Lee, Chul-Yong Bae, Hyoun-Jung Kim, Hyo-Sung Kim

1. 서 론

도어 모듈플레이트는 탑승자 승하차시 도어 개폐에 의해 지속적인 반복 하중을 받게 된다. 이러한 도어 모듈의 특징으로 자동차의 도어 모듈은 양산화 이전에 SLAM 시험을 통하여 운전자의 도어 열고 닫는 동작을 근사적으로 모사하여 설정된 목표에 도달할 때 까지 전체 혹은 국부 부품의 내구성을 평가 한다. 프레스 가공에 의해 소재의 두께보다 얇아지거나 유리 연결부의 관성력 등에 의해 발생된 특정부분의 변형 및 균열은 차량의 소음, 진동 발생, 도어의 오작동으로 연결된다. 또한 모듈 소재의 특성상 함께 결합되어 있는 부품들에 의한 반복적인 하중에 의하여 내구적인 결합을 나타낼 수 있게 된다. 이와 같은 문제를 모듈 SLAM 시험을 통하여 개발단계에서 문제 부분을 도출하고, 수정 보완하기 위한 실험이다. 그러나 이러한 SLAM 시험을 하기 위해서는 모든 부품의 시작품이 제작 되어야만이 가능하기 때문에 플레이트 전문 생산업체에 있어서 시간과 노력이 그만큼 많이 소비 되며 과정상 많은 시행오차를 겪게 된다. 본 연구에서는 도어 모듈 대한 전체 SLAM 시험 응답 데이터를 이용 하여 CAE 기반 유한 요소 모델을 구성하여 실제 도어 모듈 SLAM 시험을 해석적으로 예측하기 위한 방법론을 제안하였다. 내구성 예측 결과는 모듈 전체 SLAM 시험 결과와 비교 평가하여 제안된 방법의 신뢰성을 확보하였다.

2. 도어 모듈 SLAM 시험

전문 생산 업체에서 보유중인 도어 모듈 SLAM 시험기를 활용하여 대상 부품(H사, 2,700CC)의 시험을 수행하였으며, 도어의 열고 닫음은 유압 실린더를 활용하여 동일한 도어의 회전 속도 및 궤적이 반복되도록 하였다. 도어의 스윙 운동 시 발생하는 응답을 얻기 위해 서로 다른 8개의 3축

가속도 데이터를 획득하였으며, 특히 관심 부분인 도어 플레이트 모듈에는 4개의 3축 가속도(#4, #5, #6, #7)를 장착하였다. 아래 Fig. 1은 센서 장착 부위를 각각 보여준다.

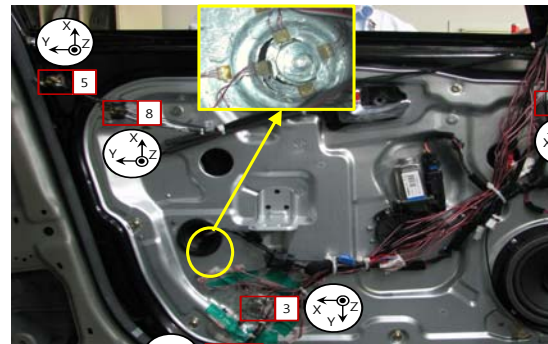


Fig. 1 Sensing location and hot point

슬램 시험기를 활용한 반복 시험 결과 70,000(회)에서 아래 Fig.1의 파손이 확인되었다. 본 시험 결과는 관측 시점에서 나온 결과이기 때문에 정확한 결과 분석을 위해 동일차종의 다른 도어 모듈에 대해 SLAM시험을 반복적으로 진행하였으며, 결과적으로 크랙이 발생하는 시점은 20,000(회)에서 30,000(회) 중간 지점에 대부분 결과가 보였다. 그러므로 향후 본 개발 부품에 대한 SLAM시험 내구 목표는 30,000(회)로 잠정적으로 결정하였다,

3. 유한 요소 모델을 활용한 도어 SLAM 해석

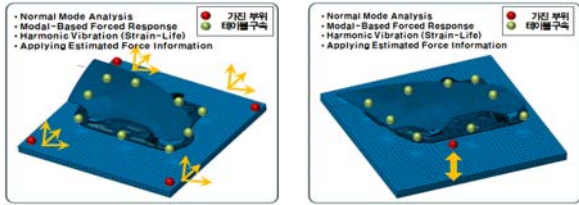
도어 슬램 시험을 해석적으로 예측하기 위해 CAE 기반 유한요소 모델을 구성하였다. 도어 플레이트는 빔 요소로 모델을 구성하였으며, 유리의 경우 유리 승하강 레일에 부착되어 있는 유리 고정부와 유리 유한요소 모델을 고정시킴으로써 다축/단축 진동시험 조건과 유사하게 구성하였다

다축의 경우 Fig 2. (a)와 같이 가진 테이블과 플레이트 부분을 강체 빔으로 연결하고 가진은 가진 테이블에서 서로 다른 4개의 포인트를 선정하여 각각 3축 방향으로 하중이 입력되도록 하였다. 단축의 경우는 Fig. 2 (b)에서처럼 다축의 경우와 동일한 테이블을 가지며, 서로 다른 9개의

† 교신저자: 자동차부품연구원 ICE/EV 구동융합연구센터
E-mail : cjkim@katech.re.kr
Tel : (041) 559-3124, Fax : (041) 559-3340

* 자동차부품연구원 ICE/EV 구동융합연구센터

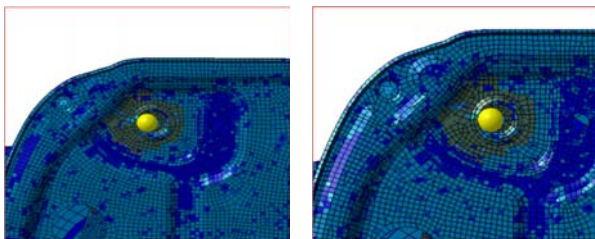
부분에서 6자유도가 구속되어 있다. 테이블 중간 부분에서 가진 방향이 상하 방향으로 가진력을 줌으로써 해석을 진행 하였다.



(a) Multi-axis (b) single-axis

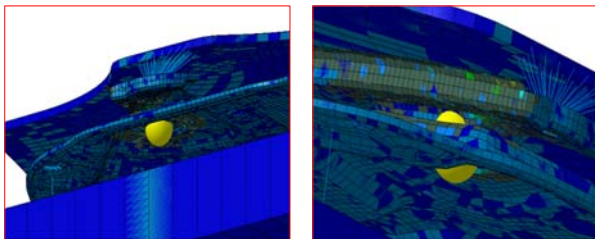
Fig. 2 Analysis condition of Vibration durability testing

해석 모델을 구성하는 과정에서 대상 부품의 동적 특성을 모두 알 수 있는 CAE 해석상의 특성을 발휘하여 측정된 가속도 데이터를 활용하여 하중 데이터를 얻어내었다. 얻어낸 하중 응답 기반 내구해석을 활용하여 내구해석을 진행하였으며, 초기 NASTRAN을 활용한 모드 추출에서 시작하여 마지막 스트레인 수명식에 근거한 내구해석을 순차적으로 진행하였다. 해석 결과는 일단 피로 손상도를 계산하여 취약 부위를 찾아낸 다음 동 부위에 대한 허용 수명을 계산하는 식으로 진행되었다. Fig. 3은 각각 다축 및 단축 취약 부위를 도출한 그림이며, Fig. 4는 각각 취약 부위를 확대하여 내구수명을 예측한 결과이다.



(a) Multi-axis (b) single-axis

Fig. 3 Results of Vibration durability testing (Hot point)



(a) Multi-axis (b) Single-axis

(durability life : 2400 times) (durability life: infinite)

Fig. 4 Results of durability life prediction

본 시험 결과를 통해 다축 진동내구 해석 및 단축 진동내구 해석이 모두 실제 도어 플레이트 SLAM시험과 동일한 위치에서 응력 집중으로 인한 취약성을 예측함을 알 수 있었다. 다축 진동내구 시험의 결과는 SLAM시험의 내구수명 결과와 유사한 결론에 도달하였기 때문에 본 해석 기법을 바탕으로 내구해석을 진행할 경우 실제 시작품을 제작하여 내구시험을 진행한 결과와 유사한 결과를 도출하기 때문에 해석 모델 과정에서 슬랩 시험에 강건한 모델을 얻어낼 수 있다.

단축 해석의 경우 내구수명이 무한수명으로 나타났으며, 이는 다축 진동시험의 경우 11개의 다른 가진 조건에서 나타날 수 있는 피로 특성이 반영되지 못하였기 때문에 가속도 면에서 낮은 수치를 나타낸 것으로 판단된다. 더구나 가속도 스펙트럼을 구성하는 과정에서 유리의 1차 및 2차 모드에 해당하는 성분만을 활용하여 진동 해석을 진행하였기 때문에 가속도 면에서 모든 주파수 성분을 고려한 경우에 비해 낮은 피로도를 나타낼 수 있다. 본 해석 결과는 다축 진동시험을 수행한 결과와 비교하여 해석 결과에 대한 정확성을 판정할 수 있을 것이다. 해석 결과만을 활용하여 예측할 경우, 실제 측정된 진동 데이터의 응답 특성과 유사한 레벨의 가진을 줄 경우 대상 부품의 피로손상은 슬랩 시험의 경우보다 매우 낮은 수준이기 때문에 기대수명이 매우 늘어날 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 도어 모듈 대한 전체 SLAM 시험 응답 데이터를 이용 하여 CAE 기반 유한 요소 모델을 구성하여 실제 도어 모듈 SLAM시험을 해석적으로 예측하기 위한 방법론을 제안하였다. 하중 응답 내구 해석 기법을 활용한 결과 다축 및 단축 모두 실제 SLAM 시험과 유사한 응력집중에 의한 취약 부위를 예측할 수 있었다. 다축의 경우 내구해석 결과와 실제 SLAM의 내수 수명이 유사한 결론을 도출하였기 때문에 모델 구성과정에서 SLAM시험의 강건한 모델을 얻어낼 수 있다. 단축의 경우는 내구수명이 무한으로 나왔는데 이는 11개의 다른 가진 조건의 피로 특성을 반영하지 못한 점과 가속 스펙트럼 구성 과정 중 모든 주파수 성분이 아닌 유리의 1차, 2차 성분만을 고려하였기 때문에 낮은 피로도를 보인 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 지식경제부가 주관하는 부품소재 신뢰성기반 기술확산사업(과제명 : 도어 플레이트 모듈의 가속내구 수명평가 기법 개발을 통한 신뢰성 향상)의 성과물로서 관계자 여러분께 감사드립니다.