

도어 플레이트 모듈의 SLAM 해석

Slam Analysis of Door Plate Module

김찬중† · 권성진* · 이동원* · 신진용** · 윤근하**

Chan-Jung Kim, Seong-Jin Kwon, Dong-Won Lee, Jin-Yong Shin and Gun-Ha Yoon

1. 서 론

도어 모듈의 SLAM 시험은 플레이트 전문 생산 기관 혹은 완성차 업체에서 시행중인 모듈 단위 내구 시험으로써, 양산화 이전의 시작품을 활용하여 운전자가 자동차 도어를 열고 닫는 행위를 모사하여 반복 운동을 진행하여 도어 모듈 전체 혹은 국부 부품의 내구성을 평가한다. SLAM 시험은 양산화 직전에 수행되는 최종 내구성 평가 방법 중 가장 보편적으로 활용되는 방법일 뿐만 아니라 플레이트 강성 시험, 내진동 시험 및 크리프 시험 등의 시험과 비교하여 시작품의 내구 취약성이 가장 많이 발견되는 시험이기 때문에 양산화 이전에 많은 시행착오를 거칠 수밖에 없다. 최근 Visteon 등의 외국 선진 업체는 도어 모듈의 개발 기간을 단축시키기 위해 SLAM 시험을 유한요소 모델 단계에서 예측할 수 있는 해석 기법을 개발하여 시작품의 SLAM 시험에서 발생할 수 있는 설계변경을 최소화하는 노력을 하고 있다. 대부분의 연구 내용은 모듈 전체 모듈을 구성한 다음, 도어를 열고 닫는 동작을 천이해석(Transient Analysis)을 통해 수행한 후 응답 데이터를 통해 내구성을 예측하였다. 그러나 본 접근 방법은 모듈 전체 모델을 구성하는데 많은 노력이 필요할 뿐만 아니라 관심 부분이 도어 플레이트 등과 같이 하부 부품의 개발에 한정될 경우 주변 부품의 모델 정보를 확보하는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 모듈 전체 SLAM 시험에서 얻어진 응답 데이터를 활용하여 도어 플레이트 모듈의 내구성을 평가하는 방법을 제안하였다. 내구성 예측 결과는 모듈 전체 SALM 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 수행하였으

며, 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(#1, #2, #3, #8)를 장착하였다. 아래 Fig. 1은 센서 장착 부위를 각각 보여준다.

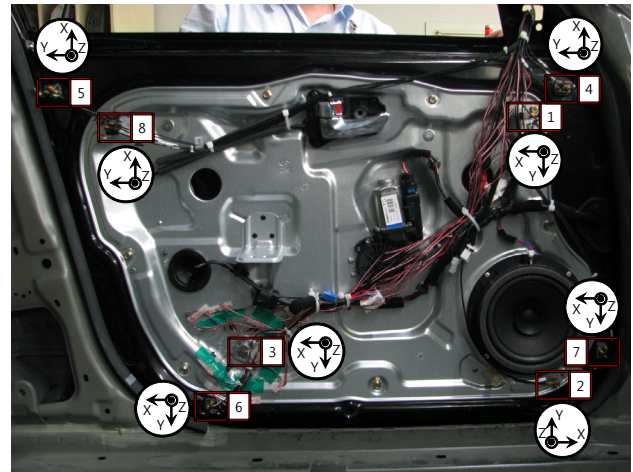


Fig. 1 Sensing location at door module

내구시험은 취약 부위에서 크랙 등이 발생할 때까지 반복 시험을 수행하였으며, 약 70,000 반복 횟수에서 크랙이 발생하였다. 아래 Fig. 2는 SLAM 시험 후 취약 부위에서 크랙이 발생한 사진이다.

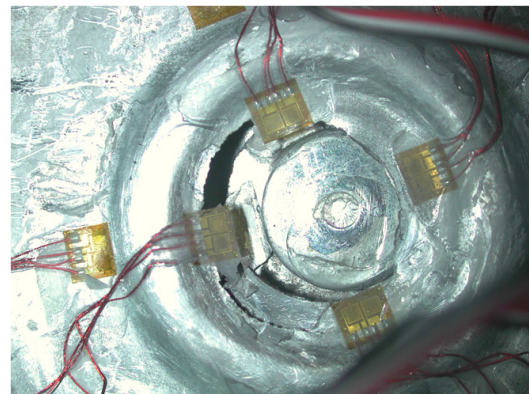


Fig. 2 Hot spot derived from slam testing

† 교신저자: 자동차부품연구원 소음진동연구팀
E-mail : cjkim@katech.re.kr
Tel : (041) 559-3124, Fax : (041) 559-3070

* 자동차부품연구원 소음진동연구팀

** 평화정공(주) 기술연구소

3. 도어 플레이트 모듈 SLAM 해석

관심 대상인 도어 플레이트 모듈의 내구성 평가를 직접 수행하기 위해 도어 트림과 연결되는 부분의 6자유도를 구속한 다음 SLAM 시험에서 획득한 4개의 3축 가속도 데이터를 가진 인자로 선정하였다. 가속도 데이터의 주파수 성분을 분석한 결과 100(Hz) 미만에서 주요 주파수 성분들이 발견되었으나, 대상 도어 플레이트의 1차 공진점이 72(Hz) 근방에서 측정되었기 때문에 일반적인 정적 내구해석 방법을 배제하고 모달 기여 인자(Modal Participation Factor)를 활용한 동적 내구해석 방법을 도입하였다. 도어 플레이트 모듈의 내구해석 관련 순서는 다음과 같다.

- (1) 도어 플레이트 모듈의 유한요소 모델 생성
- (2) 정규모드 해석(Normal Mode Analysis)을 통한 모달 정보를 획득
- (3) 랜덤 진동 해석(Random Vibration Analysis)를 통한 입력 가속도에 대한 모달 기여 인자 계산
- (4) 변형 주기 접근방법(Strain-Life Approach)을 활용한 대상 부품의 내구수명 예측

내구해석은 열려진 상태의 도어가 닫히고 다시 원래의 상태로 돌아오는 1회전 측정 데이터를 활용하여 내구해석을 진행한 다음 해석 결과를 통해 전체 내구수명을 예측하는 방법을 사용하였다. 아래 Fig. 3은 내구해석에 활용된 대상 차량의 유한요소 모델을 보여준다.

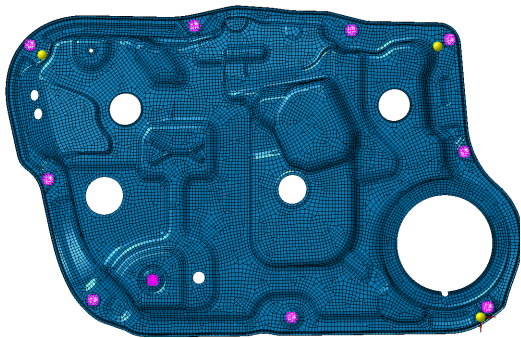


Fig. 3 Configuration of door plate model

내구해석을 수행하기 위한 경계조건은 트림과 연결되는 볼트 부분의 6자유도를 구속하였으며, 실제 시험에서 부가적으로 장착되었던, 스피커와 모터 부분은 본 대상물에 동적으로 큰 영향을 주지 않는다는 가정하에 집중질량 형태로 등가 위치에 부여하였다. 가진 시험에서 측정된 4개의 가속도 측정 위치(Fig. 1 참고)와 근접한 위치의 노드점을 각각 선정하여 가속도 가진을 주었다.

정규모드 해석을 통해 모달 정보를 확보한 다음 측정된

가속도 데이터를 활용하여 해당 가진 노드에 랜덤 가진을 통해 진동 해석이 수행되었다. 또한 수행된 진동해석 결과로부터 도출된 모달 기여 인자 결과를 이용하여 변형 주기 접근 기반 내구해석을 진행하였으며, 해석 결과 실제 시험에서 발견된 국부 응력 집중 부위와 유사한 부분에서 최대 응력이 발생함을 확인할 수 있었다. 아래 Fig 4는 대상 부품의 예측된 응력 집중 부위이다.

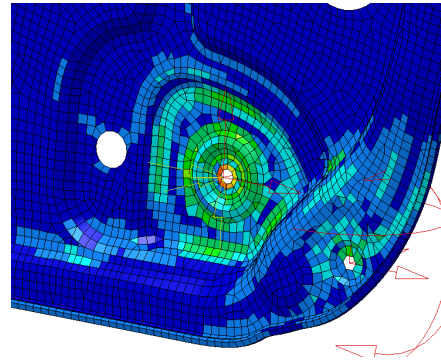


Fig. 2 Vibration fatigue result of door plate module

해석 결과 최대 응력 집중 부위의 내구수명은 실제보다 가혹한 10,000 시간 미만의 값으로 예측되었다. 이는 대상 부품의 해석에 활용된 내구 관련 물성치를 재료의 대표 값으로 사용한 것이 가장 주요한 오차 원인을 제공하였다고 판단된다. 또한 실험의 경우 스윙 모션을 통해 (실차 상태) SLAM 행위가 모사된 경우와 달리, 본 연구에서는 측정된 가속도 응답 데이터를 활용하여 대상물 해석이 진행되었기 때문에 사료된다.

3. 결 론

도어 플레이트 모듈에 대한 랜덤 진동 해석 기반 SLAM 해석 방법론을 제안하였다. 도어 모듈을 활용한 SLAM 시험 결과를 도어 플레이트 모듈만을 활용한 내구해석 기법으로 유사한 부분에서 응력집중을 예측할 수 있었다. 다만, 응력 집중 부위의 정확한 예측을 위해서는 전체 모듈과 플레이트 하부 부품간의 물리적 연관성의 고찰이 좀더 필요할 것으로 판단되며, 이에 따라 경계조건 수정이 요구된다.

후 기

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