

# 중주파수 대역의 주파수 응답함수를 이용한 박판의 파워흐름

## Power flow on a thin plate estimated from frequency response function in the medium frequency ranges

허영철\* · 정태영\*\* · 길현권\*\*\* · 김재관†

Young-Cheol Huh, Tae-Young Chung, Hyun-Gwon Kil and Jae-Kwan Kim

### 1. 서 론

외부하중에 의해 구조물에 전달되는 진동 파워의 전파 경로를 파악하기 위한 연구가 처음 시도된 이후(Noiseux, 1970) 다양한 접근방법에 의해 진동 파워를 추정하는 해석 및 실험적 연구가 수행되어 왔다. 대부분의 연구수행 결과는 진동에너지 흐름의 방향 및 크기 예측을 통한 구조물의 방진, 방음대책 수립에 활용되었다. 2000년대 이후 손상을 입은 단순 평판 및 보 구조물의 진동 파워 특성을 분석하려는 연구가 새롭게 시도되었다. Li 등은 전달 행렬법을 이용하여 균열이 있는 원형 평판 및 보 구조물에 대한 진동 파워의 수치적인 계산 결과를 보여주었다. Lee 등은 상용 유한요소해석 프로그램을 이용하여 균열이 있는 평판에 대한 진동 파워를 계산하고 균열 주변에서 기진원의 위치에 따른 파워흐름의 특성 변화를 비교 검토하였다. 그러나 선행된 연구의 대부분은 파워흐름의 특성 변화만을 제시하였고 이러한 변화를 이용하여 손상탐지 등에 적용할 수 있는 구체적인 방법은 제시하지 않았다. 또한 실험적 방법으로 접근한 연구는 보고된 바 없다.

본 논문에서는 측정 가속도로부터 추정된 진동 파워를 이용하여 손상이 있는 박판에서 손상을 탐지할 수 있는 방법과 그 결과를 제시한다. 대상 모델은 네 변의 길이가 1.2m인 정사각형 박판이며 판의 중앙으로부터 일정한 위치에 6cm 길이의 인위적 손상을 가한다. 박판의 중앙에 가진기를 설치하여 랜덤하중을 가하고 일정한 간격으로 배치한 가속도계로부터 손상 주변의 가속도 응답을 측정한다. 측정된 가속도 응답으로부터 주파수 응답 함수를 구하고 이로부터 진동 파워를 추정한다. 동일한 재료의 손상이 없

는 박판에서 추정된 진동 파워를 기준으로 손상이 있는 박판에서 추정된 진동 파워의 변화를 비교한다. 이러한 변화를 이용하여 손상을 식별할 수 있는 적절한 지수를 제안하고 대상 박판의 손상 탐지에 적용한다. 수치 해석 및 실험 결과로부터 손상에서 가장 가까운 위치의 손상지수 값이 최대임을 확인하고 본 논문에서 제안하는 손상탐지 방법의 유효성을 검증한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 실험 모델의 개요

실험 모델은 네 변의 길이가 1.2m인 알루미늄 재질의 박판이다. 재료의 탄성 계수는 70GPa 그리고 밀도는 2,710kg/m<sup>3</sup> 과 같다.

박판의 네 변은 반사파에 의한 간섭을 줄이기 위하여 경계 변으로부터 각각 30cm 정도의 위치까지 모래를 채운 공간 내에 묻히도록 하였다. 박판의 정중앙에는 가진기를 설치하고 가진기와 박판 사이에는 임피던스 헤드를 설치하였다. 가속도계는 PCB 352C22, signal analyzer는 LMS SCADAS 그리고 가진기는 B&K 4826을 이용하였다.

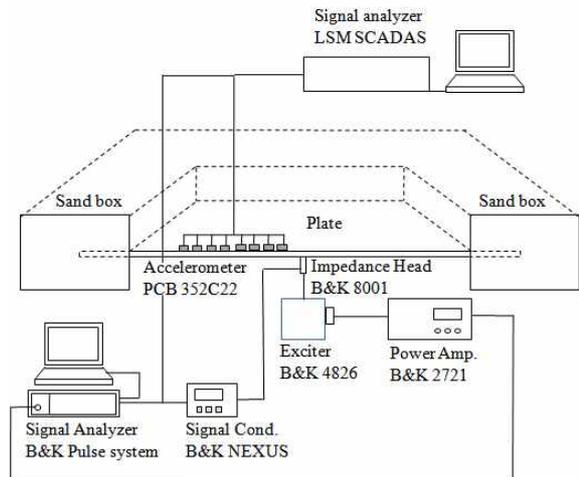


Fig. 1 측정 시스템

\* 정희원, 한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부  
E-mail : ychuh@kimm.re.kr  
Tel : (042) 868-7468, Fax : (042) 868-7418

\*\* 정희원, 한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부

\*\*\* 정희원, 수원대학교 기계공학과

† 정희원, 서울대학교 건설환경공학부  
E-mail : jkwankim@snu.ac.kr  
Tel : (02) 880-9214, Fax : (02) 884-3976

박판의 중앙에 2~6.4kHz 주파수 범위의 랜덤하중을 가하고 손상 주변에서 일정한 간격으로 수직방향 가속도 응답을 측정하였다. 이 때, 하중 크기의 RMS 값이 0.4N을 유지하도록 가진기에 입력되는 증폭신호를 제어한다. 가속도 신호는 51.2kHz의 샘플링 주파수로 취득하였고 주파수 영역에서 200회의 평균을 취하여 주파수 응답 함수를 얻는다. 실험 모델에 대한 측정 시스템을 Fig. 1에 보였다.

## 후 기

본 연구는 산업기술연구회의 지원으로 수행된 한국기계연구원 연구의 주요사업인 “함정 통합 생존성 설계해석 기술개발”의 결과이며 관련 지원에 감사드립니다.

### 2.2 손상 및 비손상 실험 모델의 진동파워

손상 주변에서 측정된 가속도의 주파수 응답 함수로부터 진동 파워를 추정하였다. 그 영역은 박판의 정중앙을 원점으로 정했을 경우  $-0.17m \leq x \leq -0.03m$  그리고  $-0.09m \leq y \leq 0.09m$ 이며 해당 영역의 총 72 곳에서 추정하였다.

손상이 없는 평판에 대한 진동 파워의 추정 결과를 얻었다. 추정된 진동 파워는 가진점인 박판의 중앙으로부터 반경 방향으로 고르게 전달되고 있음을 확인할 수 있었다. 수치해석 및 실험 결과 모두에서 전달 방향 및 그 크기가 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다. 동일한 방법으로 손상이 있는 평판에 대한 진동 파워의 추정 결과를 얻었다. 수치 해석 및 실험 결과 모두 손상 주변에서 진동 파워의 방향 및 크기가 변화하였음을 관찰할 수 있었다. 진동 파워의 등고선도로부터 손상이 마치 또 하나의 가진점(source point)과 같은 역할을 한다는 사실을 확인할 수 있었다.

손상이 없는 평판의 진동 파워를 기준으로 손상이 있는 평판의 진동 파워의 변화를 손상 지수로 정의하고 그 결과를 도시하였다. 도시된 손상지수의 결과를 살펴보면 손상에 가장 가까운 위치에서 그 값이 최대이며 그 이외 위치에서의 값에 비해 두드러진 크기임을 확인할 수 있었다. 한편, 수치해석 및 실험 결과 모두 동일한 경향을 갖고 최대 값의 크기에서 다소의 차이를 보이나 두 결과가 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

## 3. 결 론

네 변이 모래에 의한 경계조건을 갖고 길이가 1.2m인 정사각형 박판에 대해 6cm의 인위적 손상을 가한 후 수직방향 가속도의 주파수 응답함수를 이용하여 수치해석 및 실험적 방법으로 진동 파워를 추정하였다. 손상이 없는 모델과 손상이 있는 모델에 대해 추정된 진동 파워의 추정 결과를 바탕으로 손상지수를 도출하고 손상 주변에서 그 값을 살펴 보았다. 그 결과 손상에서 가장 가까운 위치의 손상지수 값이 최대이고 주변의 손상지수에 비해 그 크기가 두드러짐을 확인할 수 있었다. 본 논문을 통해 가속도 응답으로부터 추정된 박판의 진동 파워로부터 손상을 식별하고 그 위치를 탐지할 수 있음을 확인하였다.