

구조용 사각 보의 감쇠측정

Damping Measurements of Structural Rectangular Beam

류봉조† · 송선호* · 윤충섭** · 안병욱** · 이영엽***

Bong Jo Ryu†, Seon Ho Song*, Choong Sup Yoon**, Byung Wook Ahn** and Young Yeob Lee ***

Key Words : Modal Testing(모드 실험), Frequency Response Function(진동수 응답함수), Natural Frequency(고유진동수), Structural Damping Ratio(구조감쇠율), Loss Factor(손실계수)

ABSTRACT

The frequency response functions and loss factors, η , of structurally hollowed, rectangular, metal cantilever beams have been measured in bending vibrations within low strain amplitudes. The beams were heat treated or filled with aluminum to vary the material conditions. The measured frequency response functions at the end of the cantilevered beam were processed to calculate the structural damping ratios. The results showed that the modal frequencies and damping ratios of heat treated beam are increased due to the increase of beam rigidity with the predictions of the classical beam theory. When the beams are filled with aluminum, however, the frequencies are decreased due to the increase of mass, while the damping ratios are increased. As the agreement between measurement and classical theory is good, the performance of a beam with heat treated or filled with dissimilar material can be duplicated, for industrial and most practical purposes, by the theory developed for an internally damped homogeneous beam.

1. 서론

보 또는 판을 사용하는 구조물의 개념설계 시에는, 우선 구조물 재료의 질량 및 강성 특성으로 구조물의 비 감쇠 진동을 계산하나 상세설계인 강제감쇠진동 특성은 구조물의 감쇠력을 계산하거나 시험데이터에서 제시하고 있는 재질의 감쇠율을 사용하고 있다. 물론 구조물의 고유진동수 및 재질 형상을 고려한 진동 감쇠력 계산은 세심한 주의가 필요하나 해당 설계에 필요한 감쇠계수를 구하기 위한 모형실험이 필요치 않다는 시간 및 경제적인 이익이 있기 때문에 대부분은 시험데이터에서 제시하고 있는 감쇠율을 많이 사용하고 있다.

본 논문에서는 속이 빈 사각단면 보를 열처리 하거나 또는 다른 재질로 속을 채웠을 때의 구조물의 진동 감쇠율 변화를 측정하였다. 측정 결과는 이론적인 예측치와 잘 일치 하기 때문에 제시된 감쇠율을 특정 설계계산에 쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험대 및 시험 보

실험대는 건물 바닥과의 격리를 위해 고무 탄성체 위에 1m³ 크기의 콘크리트 블록을 올려 놓아 이 진동 실험대에 전달될 수 있는 건물바닥의 진동을 차단하였다. 진동 실험대 위에는 철판을 깔고 나사구멍을 내어 실험용 구조물을 고정시킬 수 있도록 하였다. 한편, 시험 보의 실험은 사각 단면을 갖고 속이 빈 보의 열처리 전후, 그리고 단면을 발포알루미늄으로 채웠을 때를 대상으로 하였다. 시편은 총 길이 800 mm의 연장으로 된 사각 보이며 두께는 4mm 이다.

2.2 고유진동수 측정

측정할 보가 견고하게 고정되었음을 확인하기 위하여 3 차 모드까지의 진동수를 측정하고 이를 이론치와 비교하였다. 보의 고정방법, 고정하는 힘 그리고 고정된 부분의 길이 및 면적 등에 따라 진동수가 변하였으나 탄성체 형태로 가장 견고하게 고정되었다고 판단될 때의 진동수를 측정하고 이를 이론치와 비교하였다. 3 차 모드까지의 비교 결과가 좋은 결과를 보이고 있어 감쇠력 측정을 위한 실험장치가 잘 준비되었음을 확인하였다.

2.3 진동수 응답함수 측정

구조물의 감쇠력을 측정하기 위해 진동수 응답

† 한밭대학교 기계공학부
E-mail : bjryu701@hanbat.ac.kr
Tel : (042) 821-1159, Fax : (042) 821-1587

* 한국원자력안전기술원

** 한밭대학교 기계공학부

*** 한밭대 기계설계공학과 대학원

함수를 측정하였다. Fig. 1 은 개략적인 실험장치를 보여주고 있다. 진동수 응답함수 측정은 보에 가해지는 부가질량효과를 적게 하기 위하여 크기가 작은 가속도계(B&K4393)를 사용하였으며 가진력은 충격력 측정계가 부착된 충격해머(B&K8202)를 사용하였다.

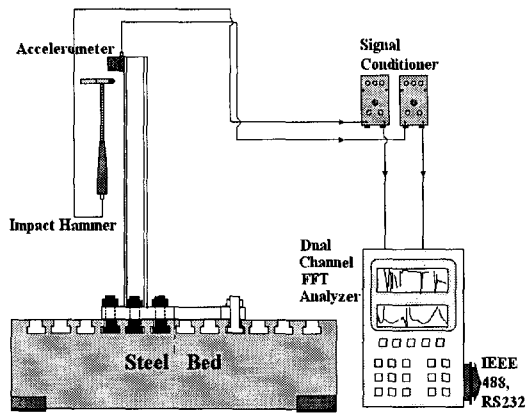


Fig. 1 Schematic diagram of experimental rig

3. 실험 및 실험결과

3.1 진동수 응답함수

한쪽 끝을 고정하여 고정-자유 경계조건 구현 후 축방향 자유단의 신호를 취득하기 위해 가속도계를 부착하였다. 가진 장치로는 충격해머를 사용하였으며 응답특성은 가속도계와 충격해머의 힘 계측기를 통하여 취득하였다.

충전 증폭기 (Charge Amplifier B&K, Type 2635) 2 개와 2 채널 고속 푸리에 신호분석기 (Ono Soki Dual Channel FFT Analyzer) 1 대를 사용하였다.

가진신호는 채널 1 에, 응답신호는 채널 2 에 입력하였다. 저장된 주파수 응답함수 신호는 Magnitude (dB) 와 Phase (degree) 신호이기 때문에 Real 과 Imaginary 로 변환하였으며 상용 ICATS 의 MODENT 프로그램을 이용하여 감쇠율을 추출하였다 (Fig. 6 - Fig. 13)

신호취득 평균화 횟수는 16 회로 하였으며 시편의 3 차 모드까지를 볼 수 있도록 0 ~ 1kHz 의 주파수 대역에서 샘플링 수 400 으로 선정하였으며 사용된 창 (Window) 은 구조 해석시 주로 사용되는 힘/지수 창 (Force/ Exponential Window) 을 사용하였다.

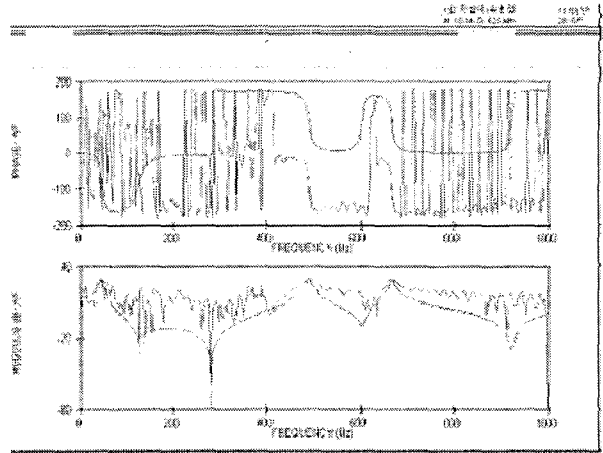


Fig. 2 Frequency response function (No heat and empty case)

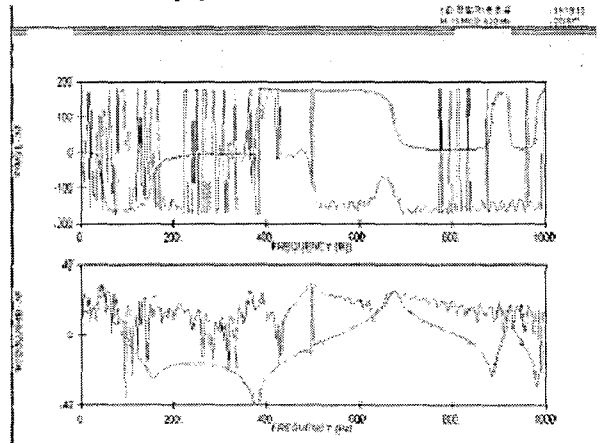


Fig. 3 Frequency response function (Heat and empty case)

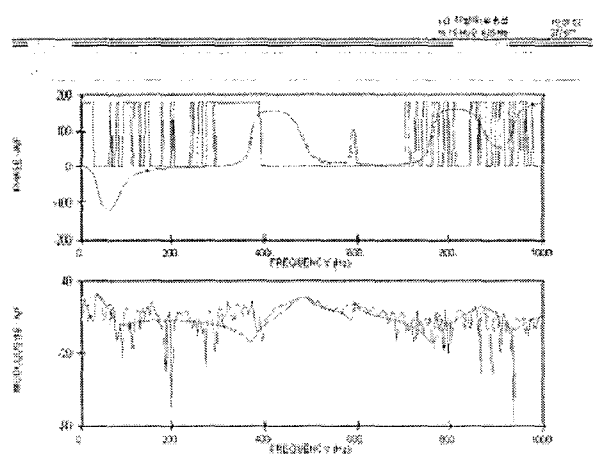


Fig. 4 Frequency response function (No heat and filled case)

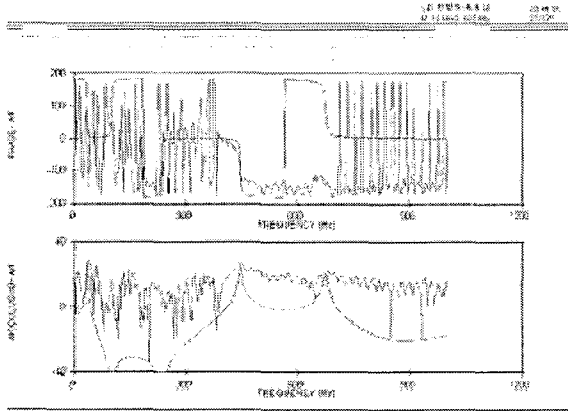


Fig. 5 Frequency response function (Heat and filled case)

3.2 감쇠율 측정

상용 ICATS 의 MODENT 프로그램을 이용하여 측정한 시험 보의 감쇠율은 Table 1 에 나타난 바와 같다.

Table 1 Structural damping ratio depending on various conditions of beam materials

	2nd mode				3rd mode	
	Half Bandwidth Method		Circle Fit Method		Circle Fit Method	
	Freq. [Hz]	Damping ratio [%]	Freq. [Hz]	Damping ratio [%]	Freq. [Hz]	Damping ratio [%]
No heat empty	492.5	2.5	488.5	3.40	667.5	2.72
Heat empty	497.5	3.0	500.5	4.57	665.5	7.13
No heat filled	447.5	3.9	446.5	4.83	670.9	1.73
Heat filled	490.0	6.6	448.3	35.07	565.3	2.57

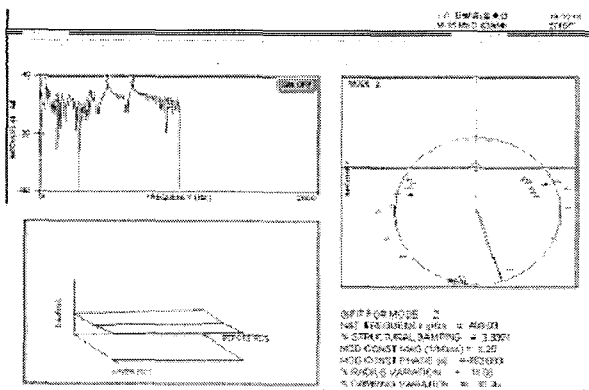


Fig. 6 Structural damping ratio of 2nd mode (No heat and empty case)

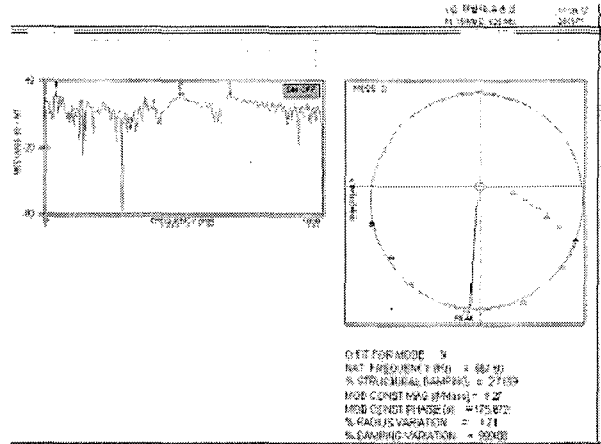


Fig. 7 Structural damping ratio of 3rd mode (No heat and empty case)

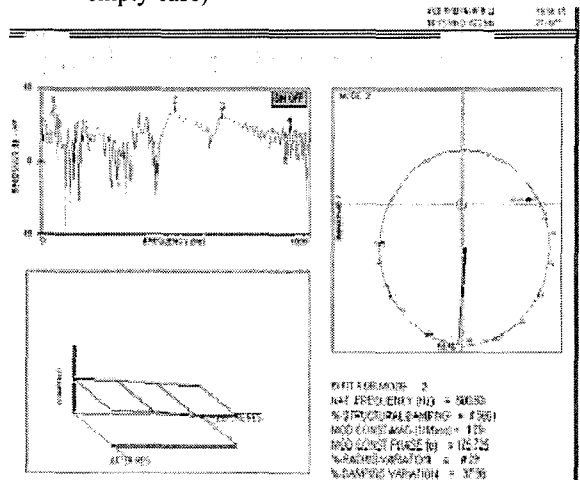


Fig. 8 Structural damping ratio of 2nd mode (Heat and empty case)

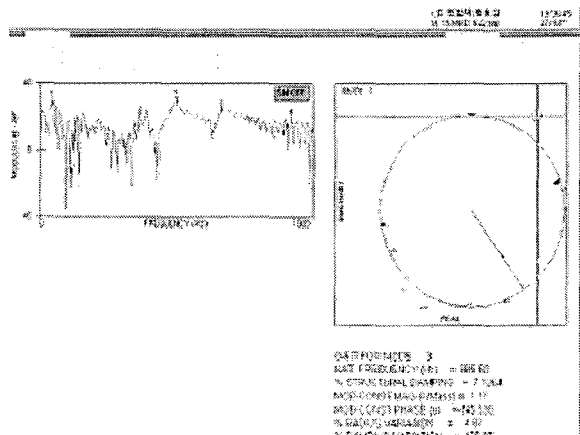


Fig. 9 Structural damping ratio of 3rd mode (Heat and empty case)

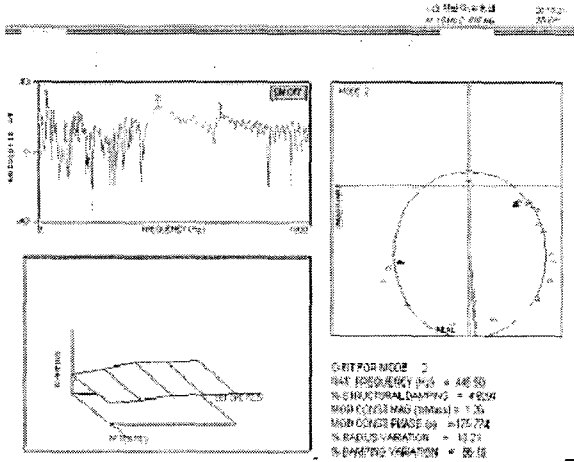


Fig. 10 Structural damping ratio of 2nd mode (No heat and filled case)

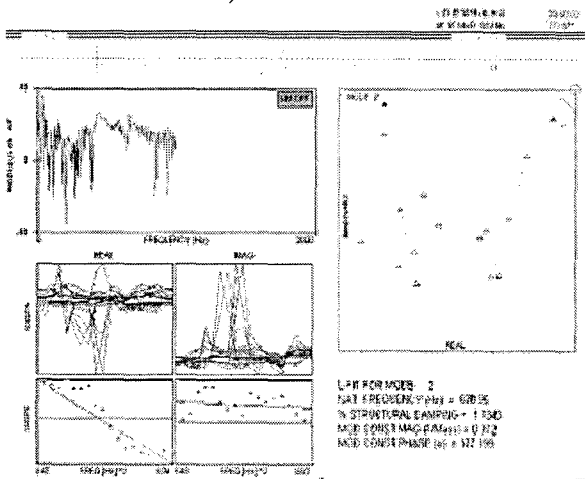


Fig. 11 Structural damping ratio of 3rd mode (No heat and filled case)

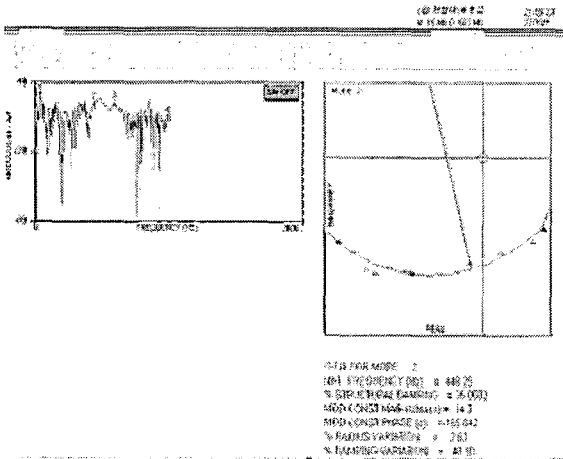


Fig. 12 Structural damping ratio of 2nd mode (Heat and filled case)

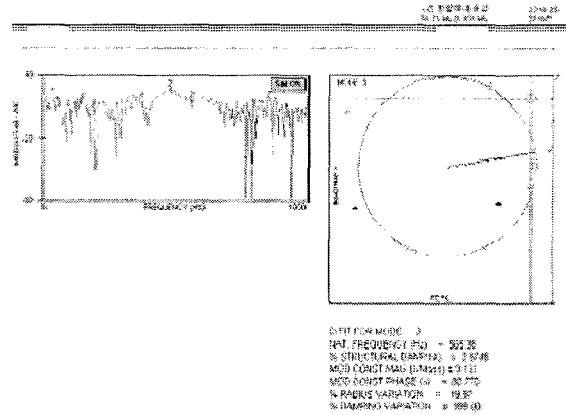


Fig. 13 Structural damping ratio of 3rd mode (Heat and filled case)

4. 결론

구조용 사각보의 감쇠측정 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 열처리 후 시편의 강성이 증가하므로 진동수가 증가 함을 알 수 있었고, 사각 보의 내부에 알루미늄을 채울 경우는 질량이 증가하므로 진동수는 감소 감소됨을 알 수 있었다. 둘째, 실험에서 구해진 구조 감쇠율은 시편에 가해지는 진동수와 시편의 질량, 강성에 따라 감쇠계수가 달라지므로 어떤 구조물을 사용하냐에 따라 감쇠계수와 감쇠력을 다시 계산 할 수 있다. 셋째, 감쇠율 측정 방법에서 Half Bandwidth Method 보다 Circle Fit Method 가 비교적 정확하다고 할 수 있으나 Table 1 에서 보는 바와 같이 경계조건과 시편의 비균일성 등의 열악한 조건 때문에 비교적 높은 감쇠율을 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서, 이 측정결과를 열처리 전 후 및 알루미늄 삽입 전 후의 감쇠율 변화량을 정성적으로 나타내는데 사용할 수 있을 것으로 사료되나, 3 차 모드에서의 감쇠율은 참고자료로만 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) Imperial College, 1997, MODENT, MODESH, MODACQ, MESHGEN Reference Manual, ICATS (Imperial College Analysis, Testing and Software), London.
- (2) Blevins, R.D., 1979, Formulas for Natural Frequency and Mode Shape, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- (3) Song, S.H., Jung, M.J., 1998, "Experimental Modal Analysis on the Core Support Barrel of Reactor Internals using a Scale Model," Proceedings of the 5th Workshop on Integrity of Reactor Components, Daejeon, pp.623-628