

# Computer Simulation을 위한 제트직기 구조물의 해석 모델링

권상석, 전두환, 김병옥\*

영남대학교 섬유패션학부, \*영남대학교 지역협력연구센터

## Computer simulation for structure analysis of jet loom

Sang Seuk Kweon, Du Hwan Chun and Byung Ok Kim\*

School of Textiles, Yeungnam University, KyoungBuk, Korea

\*Regional Research Center, Yeungnam University, KyoungBuk, Korea

### 1. 서 론

최근 섬유기계의 전반적인 개발 추세는 국제 경쟁력 확보를 위한 노력에 의해 고속화, 정밀화 되어가고 있다. 특히 고속으로 왕복 및 회전운동을 하는 섬유기계의 특성상 기계의 고속화는 기계진동 문제와 직면하게 된다. 에어제트 직기의 경우 기계 내부에 많은 부분이 회전·왕복장치를 포함함으로써 기계진동 및 소음의 원인으로 작용하고 있다. 에어제트 직기의 메인프레임(main frame)은 직기 전체에서 상당 부분의 질량을 차지하는 부품으로 직기의 동역학적 특성을 결정지을 수 있는 구조물이라 할 수 있으며, 에어제트 전체 구조물의 기본적인 동역학적 거동은 메인프레임의 모드 해석을 통해 예측할 수 있다.

모드해석은 크게 이론적인 방법과 실험적인 방법으로 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 이론적인 방법으로 상용해석프로그램인 ANSYS를 사용하여 유한요소법에 의한 모드해석을 진행하였고, 실험적인 방법으로 충격해머(Impact hammer)와 가속도계(Accelerator)를 이용한 충격실험(Impact test)으로 주파수응답함수의 분석을 수행함으로써 컴퓨터 모델링을 검증하였다.

### 2. 유한요소법에 의한 모델링

유한요소 모델은 에어제트 직기 메인 프레임의 도면을 이용하여 가능한 한 실제 형상에 가깝게 모델링하였고, 유한요소법 해석에 사용된 재료의 물성 값은 모달해석에 필요한 재료의 탄성률, 밀도, 포와송비 3가지가 사용되었다. 유한요소 모델의 요소는 Shell 63 요소를 사용하였다. Fig. 1은 유한요소모델을 나타내며, 메인 프레임은 가운데를 중심으로 대칭이기 때문에 한 쪽 부분만 모델링 하였다. 유한요소모델의 경계 조건은 실제 모델과 가장 근접한 조건인 양쪽 모서리 중앙에 생성된 절점에 3개의 자유도( $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ )를 고정시키는 경계조건을 사용하였다.

유한요소모델의 고유치 해석을 수행한 결과 3개의 고유진동수와 이에 대응되는 고유모드를 Table. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었다.

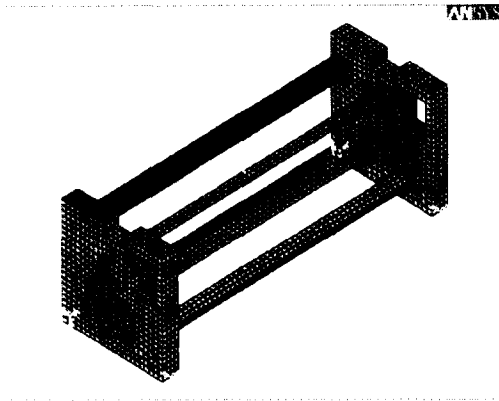


Fig. 1 Main frame FE Model

freq. mode	Natural Freq. (Hz)
1st-mode	25.6
2nd-mode	48.3
3rd-mode	51.6

Table. 1 Natural frequencies from computer analysis

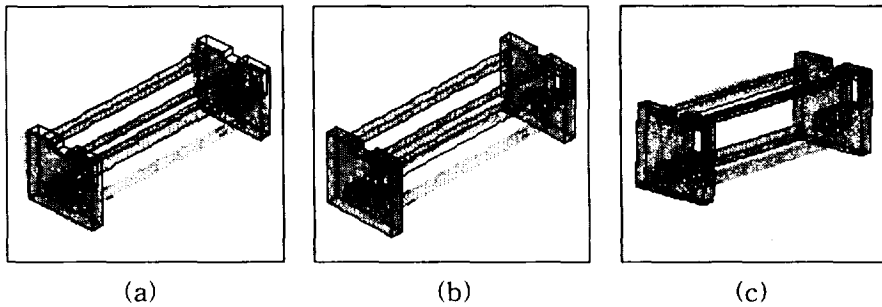


Fig. 2 3-Mode shapes from computer analysis

1차 고유모드에서는 메인 프레임 전체가 좌우로 흔들리는 형상을 가지며, 그 외의 고유모드들은 메인프레임의 빔에서의 고유모드임을 보여주고 있다.

### 3. 실험적 방법

유한요소 모델의 검증을 위하여 충격해머를 이용한 충격실험을 수행하였으며, 이를 위하여 조립된 메인프레임을 대상으로 실험이 수행되었다.

사용된 실험장비는 3축가속도계(B&K 4326), 충격해머(PCB SN10217), 신호분석기(HP 3566A), Power supply(B&K 2635), Tape recorder(SONY PC208AX) 등이 사용되었으며, 장비의 설치는 Fig. 4와 같이 설치하였다. 3축가속도계의 부착 위치(Fig. 3)는 직기 메인프레임에서 구조적으로 직기 전체를 지탱하고 있는 양단의 지지부를 선택하여 Fig. 4에서 양쪽지지 프레임의 상단부 안쪽에 부착하였다. 가진 방향은 +z 방향으로 프레임 바깥에서 안쪽으로 가진하였다. 주파수 해석 범위는 0~400Hz이며, 평균 10회의 반복 가진 실험을 하였다.

유한요소모델에서 나타나는 2nd-mode와 3rd-mode를 측정하기 위해 프레임 연결부 빔의 1/3 지점에서 각각 3축가속도계를 부착하여 -x 방향으로 가진을 하며 반복 실험을 수행하였다.

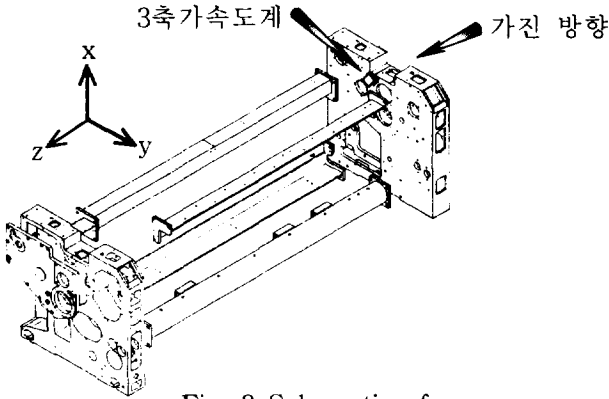


Fig. 3 Schematic of experimental setup

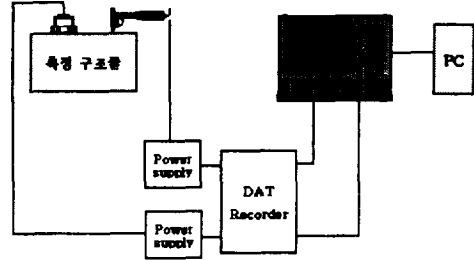
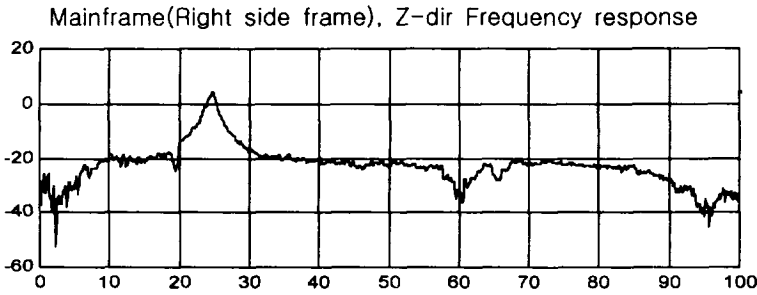


Fig. 4 Schematic of instrumentation



freq. mode	Natural Freq. (Hz)
1st-mode	24.7
2nd-mode	46.1
3rd-mode	48.0

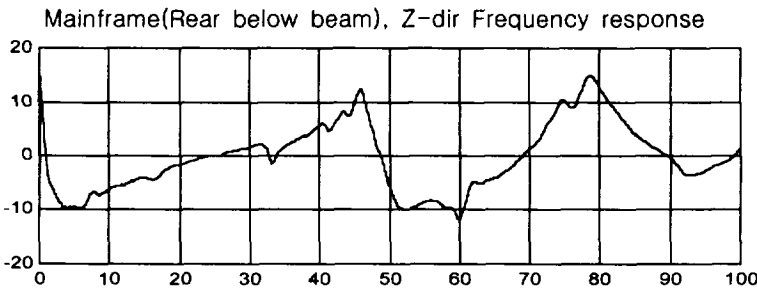


Table. 2 Natural frequencies from experiment

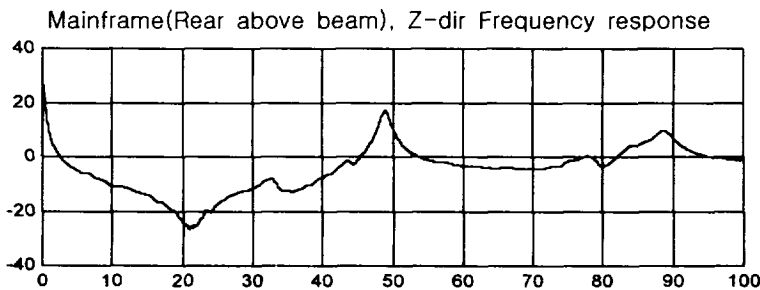


Fig. 5 Frequency Response Function from main frame

#### 4. 주파수 응답함수 분석

충격해머를 이용한 모달 테스트는 입력신호와 출력신호를 이용하여 주파수응답함수를 구하는 것으로서 Fig. 5에서 나타나는 주파수응답함수로부터 고유진동수의 판별은 주파수 응답함수의 크기가 피크(peak)값을 나타내는 부분에 대응되는 주파수, 위상(phase)이  $\pm 90$ 도를 통과하는 부분에 대응되는 주파수, 허수(imaginary)부분이 최대·최소가 되는 부분에 대응되는 주파수, 실수(real)부분이 zero가 되는 부분에 대응되는 주파수 등을 종합 분석하여 고유진동수를 결정하였다.

유한요소모델에서 나타나는 3rd 모드까지를 나타내기 위해 모드형상이 나타나는 각각의 부위에서 충격실험을 수행한 결과 Table. 2와 같이 메인프레임의 고유주파수를 나타내었으며, 특징적인 주파수를 나타내기 위해 0~100Hz까지의 범위를 Fig. 5와 같이 나타내었다. 실험결과 유한요소모델의 이론적인 고유진동수와 거의 유사함을 알 수 있다. 충격실험 결과와 유한요소모델의 결과를 비교하여 Table. 3에 나타내었다.

구 분	1st-mode	2nd-mode	3rd-mode
해석(Hz)	25.6	48.3	51.6
실험(Hz)	24.7	46.1	48.0
오차율(%)	3.5	4.5	7.0

Table. 3 Comparison of results with two method

#### 5. 결론

Table. 3에서 보는 바와 같이 1st 모드에서 3rd 모드까지 충격실험과 유한요소모델의 오차율을 점검했을 때, 3.5%~7.0%의 근소한 차이를 보이고 있다. 이는 본 연구에서 가정한 유한요소모델이 충분한 타당성을 가졌음을 나타낸다. 따라서 모델사양의 변화에 따른 구조변경 등이 유한요소모델을 이용하여 타당성을 쉽게 해석할 수 있는 이론적인 모델링을 확보하였으며, 앞으로 직기 전체에 대한 해석 즉, 진동원의 규명과 직기의 강건설계(robust-design)의 기반을 마련하였다.

#### 참고문헌

1. 한국과학기술원, "Modal Analysis : Theory, Measurements and Applications", 한국과학기술원 음향 및 진동제어 연구센터(1992)
2. Victor Wowk, "Machinery Vibration Measurement and Analysis", McGraw-Hill, Inc. (1991)
3. William T. Thomson and Marie Dillon Dahleh, "Theory of Vibration with Applications", Prentice Hall International Inc. (1998)
4. ANSYS User Manual, Theory Reference Vol IV., ANSYS Inc. (1998)
5. N. Johan Wismer and H. Konstantin-Hansen, "The Application note for Vibration & Modal Analysis", Spectris Korea Ltd. (1997)
6. K. Slater, "Textile Mechanics", The Textile Institute Manchester (1987)