

FEM 을 이용한 리브 부착에 따른 실린더 형상물의 모드 특성 비교

Comparison of the effect of ribs on cylindrical structure using FEM

강귀현*·김호산*·박상길*·이유엽**·오재응†

Kwi-Hyun Kang, Ho-San Kim, Sang-Gil Park, You-Yub Lee and Jae-Eung Oh

Key Words : FEM(유한요소법), Modal Analysis(모드해석), Natural frequency(고유진동수), structure(구조물), rib(리브)

ABSTRACT

In this paper, present a finite element method to reduce vibration of a cylindrical structure by avoiding resonance between motor and structure. To analysis the modes of structure, some different FE models (different places and combinations of ribs) of the structure with free-free condition were built and compared.

1. 서 론

생활 수준이 좋아지면서 쾌적한 환경에 대한 요구가 높아지면서 기계 구조물의 진동현상에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 따라 구조물의 설계자들은 진동 저감을 위한 연구를 활발히 진행하고 있다. 구조물의 진동 저감을 위해서 구조물의 고유진동수를 피해서 가진 하는 방법이 있을 수 있지만, 구조물 특성상 가진력을 바꾸기가 힘든 경우에는 문제 시 되는 특정 주파수에서의 구조물에 rib(리브)를 통해서 진동을 저감시킬 수 있는 방법을 생각해 볼 수 있다. 또한 rib 를 주는 방식은 구조물의 강성을 상승시키기 때문에 고유진동수의 변화를 가져올 수 있으며, 가진력과 고유진동수의 회피를 통한 진동저감효과를 얻을 수 있다. 이렇듯 진동저감을 위한 첫 번째 단계로서 가장 먼저 수행이 되어야 하는 연구가 모드해석이다. 모드 해석은 임의의 동력학계를 유한개의 자유도를 갖는 수학적 모델로 기술하기 위하여 실험이나 해석을 통해 충분한 모우드 인자를 결정하는 과정 또는 그 결과 유도된 수학적 모델을 이용하여 계의 거동을 기술하는 방법론을 일컫는 말이다. 동력학계의 모드 인자는 그 동력학계의 고유진동수, 모드 형상, 고유벡터, 감쇠비 등이 있다.

비교적 형상이 간단한 빔의 경우 이론적으로 설계자가 쉽게 모드 해석을 할 수 있다. 이론적인 방법에 의한 모우드 해석은 모드의 고유벡터로 이루어진 모우드 행렬을 변환행렬로 삼아 계의 자유도를 줄이고 각 자유도에 대하여 비연성화된 운동방정식을 얻는 방식이다. 하지만 대부분의 기계 구조물은 형상이 간단치 않으며, 그에 따른 실용적 모드 해석의 방법으로 유한 요소 해석법이 사용되고 있다. 유한 요소 해석법은 구조해석 시 수치 해석 방법 대상을 유한 개의 영역 요소으로 분할하여 이 영역을 대표하는 접점을 정한 다음 이 접점의 지배 방정식을 연립 1 차 방정식에 근사시켜 푸는 방법이다. 본 연구에서는 유한 요소 해석 툴로서 ANSYS 10.0 을 사용했으며, 대상은 실린더 형상의 구조물인 드럼세탁기의 터브를 대상으로 하였다. 터브에 rib 가 있을 경우와 없을 경우의 모드해석을 통한 고유진동수와 모드형상의 변화를 고찰하였으며, rib 를 통한 진동저감의 가능성을 보고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 대상

본 연구의 목적은 원통형상의 shell 구조물에서 rib 위치에 따른 고유진동수 이동 경향을 파악함에 있다. 연구에 사용된 형상의 size 는 다음과 같다.

† 책임저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2294-8294, Fax : (02) 2299-3135

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** 호원대학교 기계자동차공학부

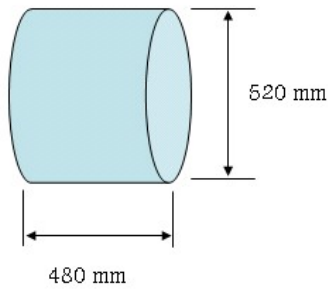


Figure 1. shell 구조물의 치수

세부적 material property 는 다음의 table 1 과 같으며 구조물의 기본 재질은 PPGF15 이다.

Table 1 Material properties

name	Property
재질	PPGF15
E	$307e^9 Pa$
ν	0.4
ρ	$980kg/m^3$

2.2 실험 방법

구조물의 동특성을 규명하기 위하여 element 제작에는 hypermesh 를, FEM 은 상용 프로그램인 ANSYS 10.0 을 사용하여 자유조건 상태에서의 유한요소해석을 수행 하였다.

시뮬레이션을 수행한 형상 조건은 아래 그림과 같다.

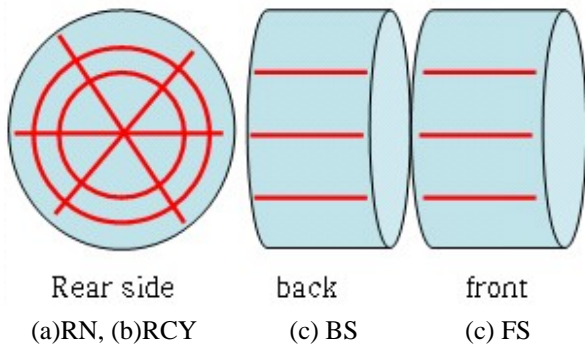


Figure 2. 실험 조건

그림 2 와 같이 구조물은 2 개의 부품으로 구성되며 이는 각각 case front 및 case back 이라 하겠다. (a)는 rib 의 위치가 뒷면의 중심방향으로 있는 경우이며 RN(Rear Normal)이라 한다. (b)는 rib 의 위치가 뒷면의 원주 방향으로 있는 경우이며 RCY(Rear Cylindrical)이라 하고, 그림(c)는 case back 의 측면에 있으며 BS(Back Side), (d)는 case

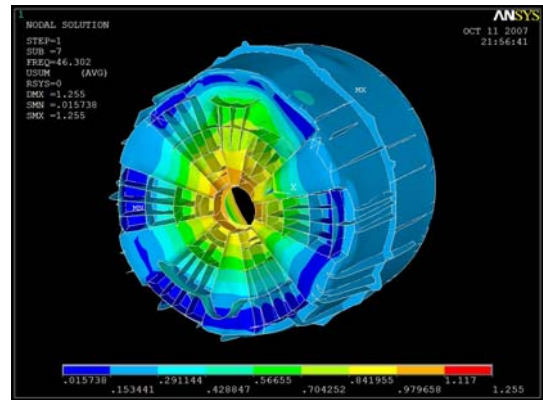
front 의 측면에 rib 가 있는 경우이며 FS(Front Side)라고 한다.

시뮬레이션은 각 위치에 대한 개별적 경우 및 rib 위치들의 조합에 대하여 수행하였다.

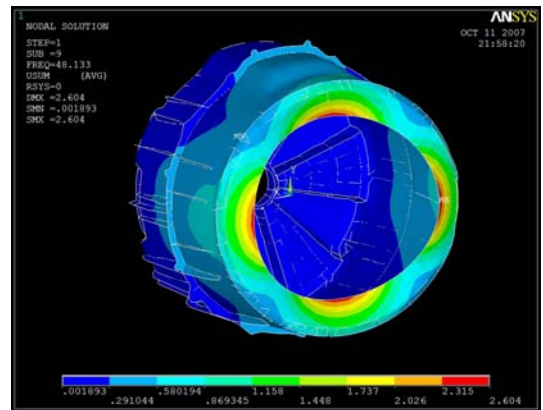
3. 실험 결과 및 분석

3.1 실험 결과

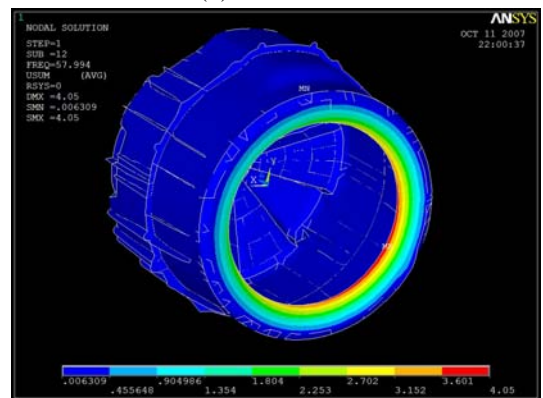
다음과 같이 분석 결과를 몇 개의 그룹으로 기술 하도록 하겠다. 동일한 모드에서의 고유진동수를 비교 하였으며 각 차수에 대한 모드 형상은 아래 그림과 같다.



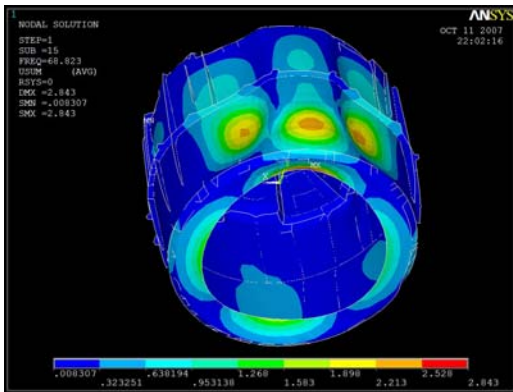
(1) 1 차 mode



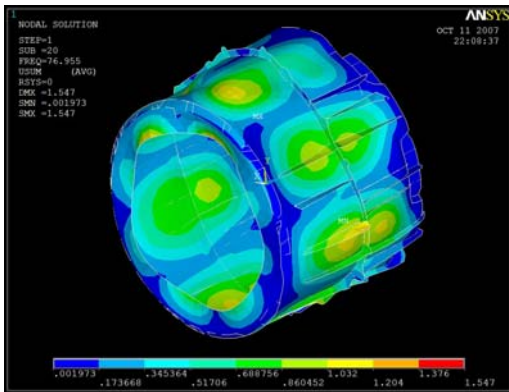
(2) 2 차 mode



(3) 3 차 mode



(4) 4 차 mode



(5) 5 차 mode

Figure 3. 각 차수 별 모드 형상

(1) 전체 구조물 rib 와 완전 제거한 경우 전체 구조물에 rib 가 존재하는 경우(case A)와 rib 를 완전 제거한 경우(case B)의 고유진동수를 비교한 결과는 다음과 같다.

Table 2 FEM modal analysis 결과 비교 (Hz)

	1 차	2 차	3 차	4 차	5 차
case A (full rib)	46.032	48.133	57.994	75.096	76.955
case B (no rib)	18.665	44.411	57.075	65.368	72.764

가장 큰 차이는 1 차 모드에서 발생하고 있다. rib 가 없는 경우와 대비해서 약 28Hz 정도 고주파로 이동되는 것을 알 수 있다. 기타 모드의 경우에도 일관된 경향이 아닌 2 차와 5 차의 경우 rib 가 있는 경우 고유진동수가 상승하며 ?와 4 차의 경우 rib 가 없는 경우 고유진동수가 상승하였다.

(2) 각 부분별 rib 결과 비교

Figure 2 에서와 같이 각 부분별 rib 가 단독적으로 있는 경우에 대한 mode 해석 결과는 다음과 같다. 앞 장에 기술한 것과 같이 각 case 는 (a) RN, (b)

RCY, (c) BS, (d) FS 라 한다.

Table 3 FEM modal analysis 결과 비교 (Hz)

	1 차	2 차	3 차	4 차	5 차
(a)RN	17.517	50.492	56.963	66.330	74.359
(b)RCY	44.426	48.632	57.960	65.491	76.437
(c)BS	20.370	51.674	56.992	67.115	76.272
(d)FS	18.618	51.569	57.054	68.130	72.824
(e)BS+FS	20.344	51.557	56.975	67.290	74.013

위의 결과를 보면 case front 및 case rear 또는 이 두 가지 조합의 경우 1 차 및 5 차 모드에서의 약 2~4Hz 를 제외한 나머지 고유진동수는 거의 변화가 없다는 것을 알 수 있다. 또한 rear cylindrical 방향의 rib 경우는 후면에서 모드가 발생하는 1 차에서 타 case 와 약 24Hz 정도 차이가 발생하며 고유진동수가 상승한 결과를 나타내고 있다. 5 차의 경우와 같이 측면에 균일하게 모드가 발생하는 경우 모든 case 의 rib 위치에서 비슷한 영향을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 또한 후면 원주방향의 rib 로 인하여 1~3 차 모드의 고유진동수가 40~50Hz 대역으로 모이는 것을 알 수 있다.

(3) 각 부분별 rib 조합 결과 비교

이번에는 각 위치들을 후면에서부터 하나씩 가산 하면서 mode 해석을 수행한 결과이다. 가산 순서는 다음과 같으며 모드가 전파되는 형상을 기초로 선정된 순서이다.

(a) RN → (b) RCY → (c) BS → (d) FS

Table 4 FEM modal analysis 결과 비교 (Hz)

	1 차	2 차	3 차	4 차	5 차
(a)	17.517	50.492	56.963	66.330	74.359
(a)+(b)	46.288	48.645	58.222	74.216	83.509
(a)+(b)+(c)	46.386	48.508	58.050	75.050	78.584
(a)+(b)+(c)+(d)	46.032	48.133	57.994	75.096	76.955

가장 큰 차이는 1 차 모드의 (a)와 (a)+(b)에서 발견할 수 있다. 원주방향의 RCY rib 를 추가하기 전 결과와 대비할 때 약 29Hz 정도 상승하는 것을 알 수 있다. 1 차 모드를 제외한 기타 모드의 경우 순차적으로 rib 를 증가 시킬 때 1Hz 이상의 주파수 변화는 일어나지 않았다.

또한 50 번째 고유진동수까지 결과를 출력한 경우 case(a)는 0~95Hz 대역에, 나머지 3 개의 case 는 0~130Hz 대역의 분포가 나타났으며 이는 후면의 normal 방향과 원주방향의 rib 의 역할로 인하여 고유진동수가 넓게 퍼지는 효과를 의미하는 것으로 보인다.

4. 결 론

본 논문에서는 구조물의 진동 저감을 위한 기초 자료가 되는 FEM 을 이용한 mode 해석을 수행하였다. 특히 기본 형상에 대한 mode 해석만이 아닌 구조물을 구성하는 각 부품의 위치 별 rib 유무에 대한 mode 해석을 수행 하였으며 이를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 자유 경계조건의 원통형 shell 구조물의 FEM 을 통한 mode 해석을 통하여 각 차수별 고유진동수를 파악하였다.

(2) 도시화된 mode 해석 결과를 바탕으로 취약한 부위를 파악할 수 있으며 ODS 등의 실험 결과와 비교하여 강성 보강이 필요한 부위 선정 시 참고자료로 활용 가능하다.

(3) rib 위치 변경을 통한 mode 해석을 통하여 구조물의 각 위치 별 rib 가 고유진동수 변화에 어떠한 영향을 끼치는지를 파악하였으며, 특정 가진 주파수 또는 출력에 대한 목적주파수에서 공진이 우려될 때 회피를 위한 rib 위치 선정에 참고할 수 있는 자료가 된다.

참고문헌

- (1) T. Y. Yang, 1986, "Finite Element Structural Analysis"
- (2) 오재응, 1985, "구조물 모우드 해석의 기초와 응용", 회성출판사
- (3) 김광식 역, 1984, "기계진동학", 보성문화사
- (4) D. J. Ewins, 2000, "Modal testing: Theory, Practice and Application", Research Studies Press Ltd
- (5) Klaus-Jurgen Bathe, 1996, "Finite Element Procedure", Prentice-Hall Inc