

# 모자형 링 보강 원통셸의 고유진동수 최적화에 관한 연구

## A Study on the Optimization of Natural Frequency for a Hat-shaped Ring Stiffened Cylindrical Shell

양태호 · 이영신†

Tae-Ho Yang, Young-Shin Lee

### 1. 서 론

셸 구조물은 다양한 형태의 동적 하중을 받을 수 있는데, 이를 위해 다양한 보강재를 조합한 원통셸을 적용하게 된다. 보강재는 구조물의 물리적 특성을 증가 시키기 위해 다양하게 사용되고 있다.

물리적 특성들 중, 보강재를 사용함으로써 고유진동수에 영향을 미치게 된다. 보강 원통셸에 대한 다양한 연구가 수행되었다. Ludwig<sup>(1)</sup> 등은 비대칭 하중을 받는 링보강 고정 원통셸의 동적 응답을 연구하였다. Lee 와 Kim<sup>(2)</sup> 은 외팔 복합재료 원통셸의 링과 스트링거의 조합에 의한 진동특성을 보함수 (beam function)과 Rayleigh-Ritz 법을 이용하여 연구하였으며, 보강 링의 편심, 회전관성이 고유진동수에 미치는 영향을 고찰하였다.

Pan<sup>(3)</sup> 등은 링으로 보강되어진 얇은 원통형 셸에 대한 진동해석을 수행하였다. 이영신 등이 보강 원통셸의 최적구조에 대한 연구하였다.<sup>(4)</sup> 또한 지금까지의 국내에서 수행된 원통셸 관련 연구의 현황을 리뷰한 논문이 발표되었다.<sup>(5)</sup>

본 연구에서는 모자형 보강재의 형상 크기를 결정하였으며, 각각의 보강재를 사용하여 1 차 고유진동수를 계산하였으며, 보강재의 효과에 대해서 연구를 수행하였다.

### 2. 모자형 보강재의 형상 결정

본 논문에서 원통셸과 보강재에 사용된 재료와 원통셸의 치수는 Table 1 과 같다. 경계조건은 원통셸의 양 끝단을 단순지지로 가정하였다.

본 연구에서 진동 최적화를 수행하기 위해서 ANSYS Workbench V13의 Goal Driven

Optimization(GDO) 을 이용하였다.<sup>(6)</sup> GDO 는 크게 3가지의 접근법을 기반으로 하고 있다. 이는 Screening 접근법, MOGA 접근법 그리고 NLPQL 접근법이 있다. 본 논문에서는 screening 접근법을 이용하여 최적화를 수행하였다.

Fig. 1 은 본 논문에서 사용되는 모자형 보강재의 매개변수이다. 총 4개의 매개변수를 지정하였다.

각각의 변수는 모두 일정 범위를 가지고 있으며, 각각의 매개변수의 범위는 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} 2.5 < W_{side} < 5 \\ 2.5 < W_{in} < 5 \\ 0.5 < t < 1 \\ 2.5 < h < 5 \end{aligned} \quad (1)$$

최적화의 설계 함수는 보강재의 형상 매개변수가 되며, 목적 함수는 보강 원통셸의 1차 고유진동수의 최대화이다. 제한함수로는 보강재의 부피 및 질량이 최소화 되도록 하였다. Table 2 은 최적화를 통해서 얻은 결과이다.

보강재의 개수를 증가시킴으로써 1 차 고유진동수가 증가하는 것을 확인 할 수가 있다. 보강재를 사용하지 않거나 1 개를 사용할 때는 국부 좌굴이 발

Table 1 Material properties of the stiffened shell for optimization

Features	Dimensions
Shell radius R (mm)	65.58
Shell thickness h (mm)	1.15
Shell length L (mm)	300.00
Modulus of elasticity E (GPa)	210
Mass density ρ (kg/m <sup>3</sup> )	7850
Poisson's ratio	0.31

† 교신저자; 정회원, 충남대학교 기계설계공학과  
E-mail : leeys@cnu.ac.kr

Tel : 042-821-6641, Fax : 042-821-8906

\* 충남대학교

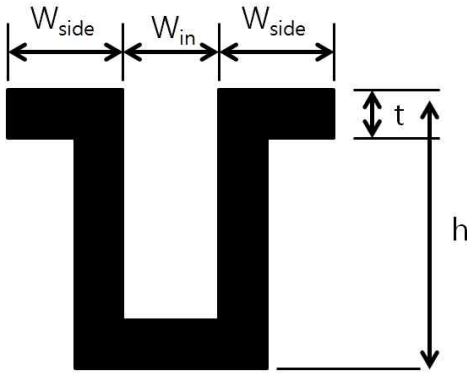
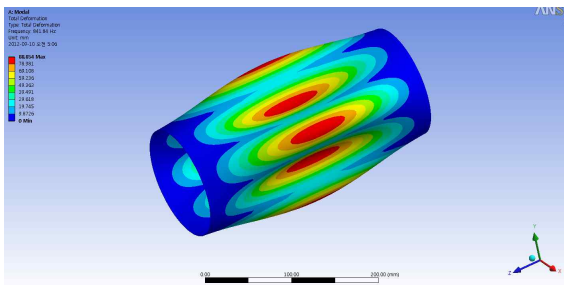


Fig. 1. The shape and parameters of the Hat-shaped stiffener.

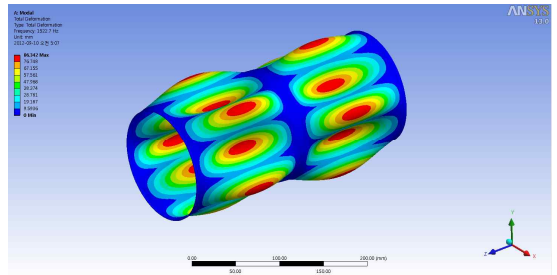
Table 2 Results of the size optimization on the hat-shaped ring stiffener.

Number of stiffener	0 (unstiffened)	1	2	3
$W_{side}$ (mm)	-	3.76	3.91	3.68
$W_{in}$ (mm)	-	3.52	3.76	3.97
$t$ (mm)	-	0.72	0.65	0.55
$h$ (mm)	-	3.99	3.87	3.79
1st Natural frequency (Hz)	841	1510	1628	1674

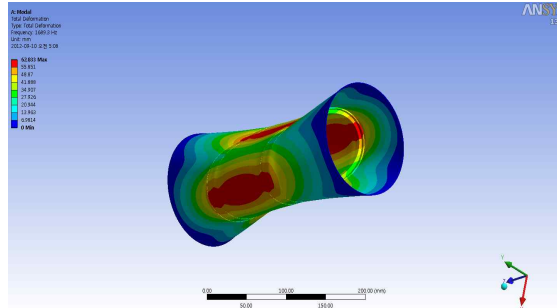
생하는 것을 확인 할 수가 있다. 하지만 2 개 와 3 개의 링 보강재를 사용하게 되면서 국부좌굴 이외에 전역 좌굴이 발생하는 것을 확인 할 수가 있었다. Fig. 2는 링 보강재 개수에 따른 1차 고유진동수가 나오는 모드에 대한 결과이다.



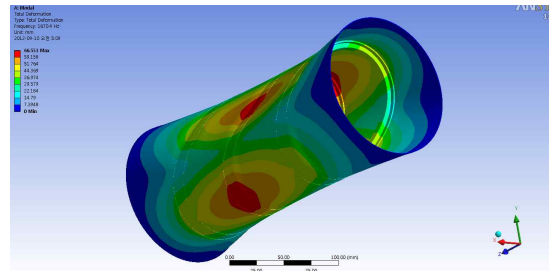
(a) Unstiffened



(b) 1 stiffener



(c) 2 stiffeners



(d) 3 stiffeners

Fig. 2 Results on the mode shape of the stiffened cylindrical shell

### 3. 결 론

모자형 링 보강재의 개수는 1차 고유진동수에 영향을 미친다. 또한 좌굴의 현상에 영향을 미치게 되는데 1개까지는 좌굴이 국부적인 좌굴이 발생하는 것을 확인 할 수가 있다. 하지만 2개, 3개의 링 보강재를 사용할 때, 전역 좌굴이 발생하는 것을 확인 할 수가 있다.

### 후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012-0004596)