

로프드럼의 위상최적설계

Topology Optimization of the Rope Drum

*강민규¹, #이석순², 김용익³, 박승민⁴, 박동진⁴

*M. K. Kang¹, #S. S. Lee(leess@gnu.ac.kr)², Y.I.Kim³, S.M.Tak⁴, D.J.Park⁴

^{1,2}경상대학교 기계공학과, ³(주)씨에스디, ⁴경상대학교 기계공학과 대학원

Key words : Rope Drum, Topology Optimization, FEA

1. 서론

본 연구에서는 선박 또는 해양구조물의 계선줄 또는 계류선의 가이드 역할을 하는 rope drum이 실제 운용 중에 특정부분에서 파괴가 발생하였다. 따라서, 이렇게 파괴가 발생한 부분에 대하여 유한요소해석 software를 이용한 구조해석을 수행하여 실제 운용 시에도 파괴가 발생하지 않는 최적의 형상을 도출하여 충분한 안전성을 가지는 wire rope drum을 생산해 내는데 그 목적이 있다.

그리고 원하는 질량과 구조 해석된 변위값을 검토하여 이를 변위 구속조건으로 이용한다. 하중이 부과되어지는 rope drum을 비설계 영역으로 지정하여 위상의 변화가 없게 하였다. 그 외의 나머지 부분은 위상 변화가 가능한 부분으로 지정하여 위상 최적설계를 수행하였다.

2. 구조해석

Rope Drum은 Rope를 감은 채 정지된 상태에서 Coupling이 접촉하여 회전하는 구조로 구성되어 있다. 이때, 처음 Rope Drum과 Coupling이 접촉되어 동력이 전달되는 시점에서 가장 강한 하중이 가해지게 되므로 이를 고려하여 Rope Drum을 고정시키고 Coupling에 의해 가해지는 하중을 적용하였다. 그 결과 응력값은 449.6MPa로 분포 하였으며, 이로 인해 파괴가 일어날 것으로 예상된다. 이와 같은 응력해석 결과를 바탕으로 Rope Drum의 위상 최적화를 수행한다.

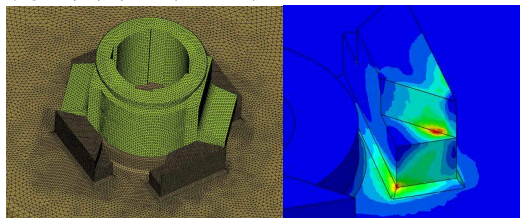


Fig. 1 von Mises stress of initial model

3. 위상최적화

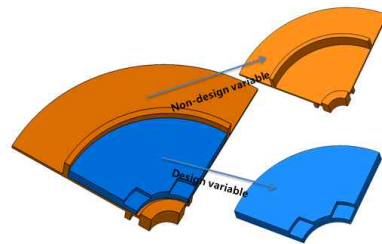


Fig. 2 Design Variable & Non-Design Variable

회전에 대한 동력전달이 이루어 지는 Coupling 부와 이와 맞닿고 직접적인 하중을 받게 되는 Rope Drum부로 나누어 진다. 모델링은 상용 소프트웨어인 CATIA V5에서 수행하였다. 위상 최적화를 수행하기 위해서 위상 최적화 이후에도 재료 밀도의 변화가 없는 부위는 따로 정의해 주어야 한다. 즉 비설계 영역(non-design domain)이란 위상 최적화를 위해서 실시한 유한 요소 해석시에는 적용이 되지 않지만 위상 최적화를 수행할 시에는 설계 변수에 의한 형상의 변화가 없는 영역을 의미한다. 그 반대의 의미의 영역이 설계 영역(design domain)이다. 즉 위상 최적화를 통하여 최적의 재료밀도를 산출하고 최적의 위상을 가질 수 있도록 형상을 변화 시키는 영역을 의미한다.

Fig. 2는 Design Variable과 Non-Design Variable영역으로 나누어진 모습이다. Rope Drum에서 Coupling과 맞닿는 부위를 제외한 모든 영역을 Non-Design Variable영역으로 설정하였다. 추가적으로 Fig. 2에서 나타나는 그림과 같이 추가로 모델링 된 영역을 Design Variable영역으로 설정하여 위상

Table 1 Material Property

	Young's Modulus	Poisson's Ratio	Density	Component
SS400	205GPa	0.29	7865kg/m ³	Rope Drum
GS-34CrMo4v	205GPa	0.28	7800kg/m ³	Coupling

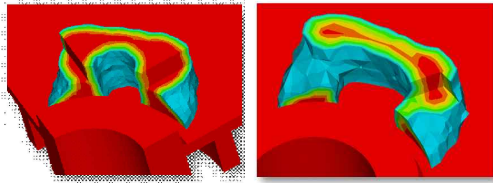


Fig. 3 Result of Optimization

최적화를 수행한다. 위상 최적화 과정에서 해석의 용의함을 위한 1/4 형상으로 해석을 수행 하였고, 하중조건에 대한 대칭성을 좀 더 고려해 주기 위하여 기존의 형상으로 위상 최적화를 수행한 결과와 비교하였다.

기존의 형상과 1/4형상을 비교분석한 결과 최적화된 형상이 비슷한 양상을 가지는 것을 확인 할 수 있었고, 이를 기반으로 용접비드 형상을 고려하여 Remodeling을 수행하였고, 동일한 조건에서 재해석을 수행하였다. 그 결과 Fig 4와 같이 용접이된 상태를 고려하기 위한 구조에서 응력집중현상이 나타 났으며, 응력값은 1/4형상은 243MPa, 기존의 형상은 350MPa로 나타났다. 이를 방지하기 위하여 안전율을 높이는 방법으로 재 해석을 수행 하였다. 해석조건인 변위제한조건 별로 해석을 수행한 결과 1/4 형상에서는 Table 2와 같은 결과를 가질 수 있었으며, 기존변위제한조건인 0.15mm인 경우만을 제외하고는 모두 비슷한 형상으로 최적형상을 도출할 수 있었다. 기존의 형상은 형상의 변형차이가 크지 않아 본 최적화 과정에서 배제 하였다.

따라서 그 결과를 감안하여 제한조건 0.14mm의 경우와 다르게 하중에 의해 발생하는 응력을 분산시킬 수 있는 추가적인 구조가 생성된 것이 확인된다. Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 파란색 영역은

Table 2 Result of Optimization

Constraint	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
Von mises stress(MPa)	146	145	159	169	183
부피감소율	41.5%	41.7%	41.9%	42%	42.3%

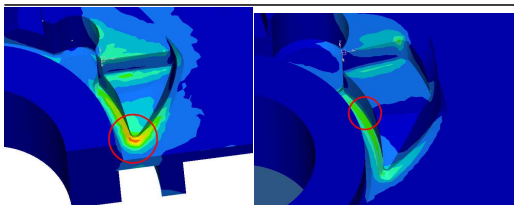


Fig. 4 Result of Remodeling Analysis

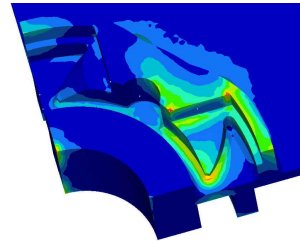


Fig. 5 Result of Remodeling Analysis

응력이 거의 받지 않아 질량을 제거하여도 구조물에 크게 영향을 주지 않는 부위이다.

4. 결론

Rope Drum 작동 시 최대하중을 받는 Coupling하중에 대한 위상 최적화 설계 연구에 관한 과정 및 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 초기 형상에 대한 구조해석 결과 Rope Drum의 형상에서 응력집중 현상이 일어나는 것을 확인할 수 있었다.
2. 위상최적화를 수행 함으로써 하중을 견디기에 초기의 형상에서는 불안정한 구조라고 파악할 수 있었다.
3. 위상최적화를 통한 형상을 모델링하여 구조 해석을 수행한 결과 구조적으로 안전한 응력 분포를 유지하면서 약 29%의 응력 감소율을 보이고 있다.
4. 초기 형상에 비해 약 4kg늘어났으며 이는 초기 형상이 하중을 견디기에는 설계상으로 부족하였다고 판단할 수 있다.

후기

본 연구는 2단계 BK21첨단기계항공 고급인력양성사업과 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역 혁신인력양성사업의 지원에 의해서 연구되었으며, 아낌없이 지원해주신 것에 대해서 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) M. P. Bendose, "Optimization of Structural Topology, Shape And Material", Springer, pp6~9, 1995
- (2) Subgiresu S. Rao, "Engineering Optimization theory and practice(3rd Edition)", John Wiley & sons, 1996