

최적 설계 기법을 적용한 Windlass Base Frame의 경량화 설계 Lightweight Design for Windlass Base Frame using Optimal Design Technique

*송주한¹, #이석순², 이계광³, 강한빈⁴, 백인석⁴, 이동욱⁴, 박민혁⁴

*J. H. Song¹, #S. S. Lee(leess@gnu.ac.kr)², G. G. Lee³, H. B. Kang⁴, I. S. Park⁴, D. W. Lee⁴, M. H. Park⁴
^{1,2}경상대학교 기계공학과, ³(주)미래인더스트리, ⁴경상대학교 기계공학과

Key words : Topology Optimization, Size Optimization, FEA(finite element analysis)

1. 서론

2000년대에 이르러 복잡한 형상을 지니는 기계 부품이나 구조물의 FEA(Finite Element Analysis) 기술과 함께 최적 설계이론을 적용한 다양한 연구가 산업분야에서 활발하게 진행되고 있다.

본 연구에서는 Windlass base frame에 다양한 하중이 가해질 경우 프레임 자체가 받는 구조적인 안전성을 검토한다. Windlass에 직접적으로 조립되는 부분을 비설계 영역으로 지정하고 그 외 부분은 형상 변화가 가능하게 하여 최적설계를 수행하였다.

2. 위상 최적화의 기본 이론

균질화법이란 구조물의 치수(Size), 형상(Shape), 위상(Topology) 문제를 포함하는 일반적인 최적 구조 설계 법을 일컫는다. 균질화법의 목표는 주어진 경계조건 내에서 구조물이 가장 경량화 되고 충분한 강성을 가지게 하는 것이다. 개념설계는 대개 구조물의 위상을 갖도록 하는 것이 일반적인데, 이러한 위상을 가지는 구조물은 하중조건에 따라 나타나는 변형이 최소가 되거나 또는 강성이 강하고 굴성이 최소가 되는 구조물이다. 다시 말하면 주어진 하중 조건에 대해서 구조물의 컴플라이언스(Compliance)가 최소가 됨을 말한다. 컴플라이언스를 최소화 하는 것은 탄성체에 물체력과 표면력이 작용한 경우 최소한으로 변형하는 구조를 구하는 것이기 때문에 강성의 최대화와 같은 의미를 지닌다고 할 수 있다.

3. 초기 모델의 유한요소해석

Windlass base frame의 경량화를 위한 최적설계를 수행하기 위하여, 하중조건을 Fig.2와 Table 2와 같이 적용하였다. 유한요소 해석을 통해서 Frame이 가지는 최대 응력을 구하였다. Fig.1은 초기모델의 해석 결과를 나타낸다. 최대응력 값은 304.2MPa로 Base plate 부분에서 나타났다. 최대응력이 설계 요구조건은 만족하지 못하나 Shell 요소의 연결의 국부적인 응력은 무시할 수 있고 전체적인 평균 응력 분포는 구조적으로 안전하게 나타난다. 결과를 바탕으로 위상 최적화를 수행한다.

Table 1 Material properties

Material	Young's Modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield Strength (MPa)	Density (kg/m ³)
DH36	210	0.266	355	7800

Table 2 Load conditions

	Brake hoding (Fry)	Driving Pinion (Fy1)	Driving Pinion (Fy1)	Support link (Fy2)	Support link (Fy2)
Force (kN)	3604	-83.8	30.5	2128.9	781.1

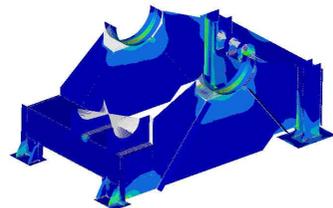


Fig. 1 The FEA result of the initial model

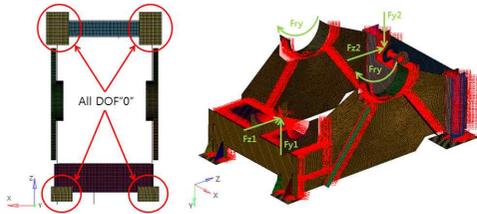


Fig. 2 Load and Boundary conditions



Fig. 3 The FEA result of the topology optimization modify model

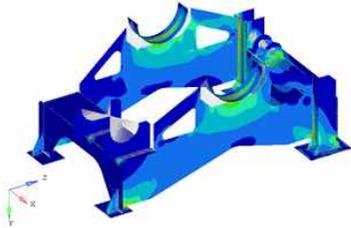


Fig. 4 The FEA result of the size modify model

4. 위상 최적화 모델의 유한요소해석 결과

Fig.3에 최적화 형상의 유한요소해석 결과를 나타내었다. 최대 응력의 위치는 하부 Base plate와 지지대는 곳에 나타났으며 최대 응력 값은 310.7MPa로 이 값은 재료의 탄성한도 내의 항복 응력을 초과하지 않기 때문에 구조적으로 안전한 것으로 판단된다. 최적화 과정을 통하여 재 생성된 모델의 질량은 2,995kg으로 초기 3,581kg보다 약 576kg만큼 감소시킨 형상을 얻었다.

5. 치수 최적화 모델의 유한요소해석 결과

Size optimization 결과를 이용하여 모델의 두께를 적용하였고 응력 집중이 발생하는 곳의 형상을 수정하여 해석을 진행하였다. Fig.4에 Size최적화 형상의 구조해석 결과를 나타내었다. 최대 응

력의 위치는 하부 Base plate와 지지대는 곳에 나타났으며 최대 응력 값은 311.3MPa로 이 값은 재료의 탄성한도 내의 항복응력을 초과하지 않기 때문에 구조적으로 안전한 것으로 판단된다. 최적화 과정을 통하여 재 생성된 모델의 질량은 2,076kg으로 초기 3,571kg보다 약 1500kg만큼 감소시킨 형상을 얻었다.

6. 결론

초기 형상의 구조해석 결과에서 알 수 있듯이 Shell 요소를 사용하여 이를 연결하는 부분에서의 국부적인 응력집중은 무시할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 Windlass base frame의 제작을 고려하여 최적 형상을 모델링 하여 구조해석을 수행한 결과 구조적으로 안전한 응력 분포를 보였으며, 위상최적화 결과로 초기모델보다 질량이 약 16%의 질량 감소 효과를 가져왔으며 치수최적화 결과로 초기 모델보다 약 41%의 질량 감소 효과를 보였다.

후기

본 연구는 2단계지역대학 육성사업(BK21)과 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업, 동남광역권 선도사업의 지원에 의해 연구되었다. 아낌없이 지원해주신 것에 대해서 감사드립니다.

참고문헌

1. Ji won Park, "Topology Optimization of a Transmission Case," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol.27, No.11, pp. 57~62, 1988
2. Subgiresu S. Rao, "Engineering Optimization theory and practice" Wiley. Interscience, New York, Vol.3, pp. 8~14, 1996
3. "Optistruct 11.0 Optimization," Altair Engineering pp. 65~70, 2012
4. "Optistruct 11.0 Optimization," Altair Engineering pp. 123~130, 2012