

Topology 최적화 기법을 이용한 복합재 토크센서의 형상 연구 A Study on the Shape for Composite Torque Sensor using Topology Optimization Method

*전광우¹, 서갑호¹, 박용식¹, 이재열¹, 신광복²

*K. W. Jeon¹, K. H. Seo¹, Y. S. Park¹, J. Y. Lee¹, K. B. Shin²

¹한국로봇융합연구원 실용기술연구본부, ²국립 한밭대학교 기계공학부

Key words : Topology, Composite material, Shape optimization, Finite element method

1. 서 론

최근 에너지 효율 극대화에 대한 관심이 증대됨에 따라 구조물 설계에 있어 강성 및 강도 설계와 더불어 경량화 설계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 설계초기 단계에서 구조물의 다양한 설계 인자를 만족하고 설계자의 요구조건에 부합하는 설계를 도출하기 위해 유한요소법을 이용한 최적설계기법이 사용되고 있다. 최적설계기법은 변수에 따라 크게 치수최적설계, 형상최적설계, 위상최적설계로 구분된다. 위상최적설계는 주어진 하중 및 경계조건에 대해 최적의 재료배치를 찾는 것으로 설계초기 단계에서 구조물의 경량화를 위해 사용되고 있다. 유한요소법을 이용한 최적설계는 다양한 조건에서 반복적 해석수행이 가능하여 효율적이고 경제적인 설계안을 도출할 수 있는 이점을 지닌다. 이러한 위상최적화를 통한 설계안 도출은 다양한 산업분야에 전반적으로 사용되고 있으며, 로봇분야의 경우 위상최적화를 통한 수직 다관절 로봇의 경량화 설계와 스케이팅 로봇 링크의 경량화 연구가 수행되었다.

본 연구에서는 로봇 제어에 사용되는 토크센서의 경량화를 위해 토크센서용 트랜스듀서 프레임의 위상최적화를 수행하였다. 또한, 제시된 위상을 기반으로 구조 안전성을 평가하고 제약조건을 만족하는 설계안을 제시하였다.

2. 위상최적화 해석

로봇 시스템의 토크 제어를 사용하는 토크센서

용 트랜스듀서 프레임에 대해 위상최적화를 수행하였다. 최적설계를 위한 목적함수는 프레임의 부피가 최소화 되도록 하였으며, 50%이하의 질량만을 사용하도록 제한하였다. 이때, 하중조건은 100Nm이 프레임의 내부 림에 작용하도록 하였다. 위상최적화 해석은 상용유한요소 해석 프로그램인 Ansys V13.0을 사용하였다. Fig. 1은 트랜스듀서 프레임의 위상최적화를 위한 모델정보를 나타낸다.

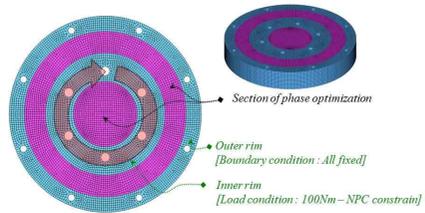


Fig. 1 FE model for topology optimization

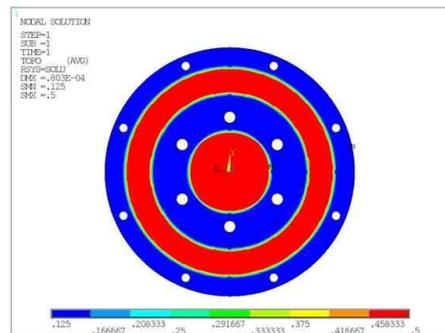


Fig. 2 Result of topology optimization

위상최적화영역은 모터가 결합되는 내부 림의

접촉부와 구동 프레임의 결합되는 외부 프레임을 제외한 구간으로 설정하였다. Fig. 2는 위상최적화를 통해 도출된 트랜스듀서 프레임의 위상을 보여준다.

3. 구조 안전성 평가

위상최적화를 통해 도출된 트랜스듀서 프레임을 바탕으로 운용하중하의 구조 안전성을 만족하는 설계안을 제시하기 위해 설계변수에 따른 구조 안전성 평가를 수행하였다. 이때, 프레임의 경량화 효과를 극대화하기 위해 T700 탄소섬유 복합재(T700 carbon fiber composite)에 알루미늄 인서트를 적용한 하이브리드 타입으로 설계하고, 구조 안전성 확보를 위해 안전계수 3을 갖도록 하였다. Fig. 3은 설계안 도출시 반영된 변수를 나타내며, Table 1은 해석에 적용된 물성치를 보여준다. 구조 안전성 평가에 사용된 구속과 하중조건은 위상최적화와 동일하다. 트랜스듀서 프레임의 복합재 적층은 운용하중을 고려하여 준등방성(Quasi-isotropic) 재질의 특성을 갖도록 $[0^{\circ}/90^{\circ}/\pm 45^{\circ}]_n$ 의 적층된 형태의 모델을 구성하였다.



Fig. 3 Design parameter of transducer frame

Table 1. Material properties for FE model

Material	E_1	E_2	G_{12}	ν_{12}
T700 Carbon	230GPa	135GPa	43.6GPa	0.33
Al 7053 T6	Elastic modulus		0	
	70GPa		0.33	

Fig. 4는 트랜스듀서 프레임의 구조 안전성 평가 결과를 보여준다. 이때, 복합재 구조물의 경우 면내의 파손평가가 가능한 Tsai-Wu 파손지수, 알루미늄 인서트의 경우 Von-Mises 응력 결과를 바탕으로 구조 안전성을 평가하였다. 구조 안전성 평가결과 설계변

수 (θ_p)가 60° 일때 설계 제한조건인 안전계수 3을 만족하였다. 이때, Tsai-Wu 파손지수는 0.3으로 나타났다으며, 알루미늄 인서트에서 79MPa의 최대 Von-Mises 응력이 나타남을 확인하였다.

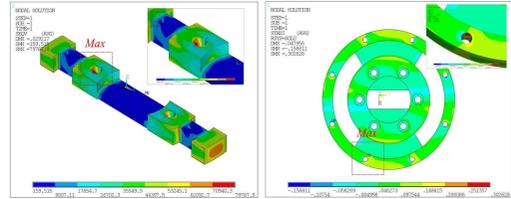


Fig. 4 Results of structural analysis

4. 결론

본 논문은 토크센서용 트랜스듀서 프레임의 최적설계를 위해 위상최적화를 수행하였다. 위상최적화를 통해 도출된 프레임을 바탕으로 설계변수를 적용한 구조 안전성 평가를 수행하고 주어진 제한조건을 만족하는 프레임의 설계안을 제시하였다.

후 기

This research was partially supported by Ministry of Knowledge Economy (MKE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) and Daekyung Leading Industry Office through the Leading Industry Development for Economic Region,

Ministry of Knowledge Economy (MKE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) and Biomedical IT Convergence Center.

참고문헌

1. 장형진, 신광복, 한성호, “최적화 해석기법을 이용한 샌드위치 복합재와 알루미늄 압출재 하이브리드 모듈화 차체구조물의 경량 설계 연구,” 대한기계학회지, 36, 1335-1343, 2012.
2. 홍성기, 홍정기, 김태현, 박진균, 김상현, 장강원, “위상최적화를 이용한 수직 다관절 로봇의 경량 설계,” 대한기계학회 학술대회, 95-96, 2012.
3. 이종섭, 허훈, “유한요소극한해석을 이용한 소성 변형에서의 구조물의 위상최적화,” 대한기계학회 학술대회, 603-608, 2008.