

케이블 기반 연성 막 개폐 시스템의 개방형 이동 장치 최적화 모델 제안

최봉영*, 이돈우**, 손수덕**, 이승재**
 *한국기술교육대학교 미래융합공학전공
 **한국기술교육대학교 건축공학과
 sdshon@koreatech.ac.kr

Proposal of an open mobile device optimization model for cable-based flexible membrane switching systems

Bong-Young Choi*, Don-Woo Lee**, Su-Deok Shon**, Seung-Jae Lee**

*Future Convergence Engineering, Korea University of Technology and Education

**Dept. of Architectural Engineering, Korea University of Technology and Education

요약

본 논문에서는 케이블 기반의 연성 막 개폐 시스템의 구동장치인 개방형 트롤리를 정적해석하여 그 결과를 이용한 최적화 설계모델을 제안한다. 개방형 트롤리 기본 모델의 Body part를 정적해석 하였으며 최적화한 결과 부피는 58.2%가 감소하였고 이에 따른 3가지 설계모델을 제안하였다. 설계모델은 동일한 하중조건과 경계조건을 사용하여 안정성을 비교하였으며 제안된 개방형 트롤리의 최적화 모델은 대규모 개폐 막 구조물의 경제적인 설계방향을 제시한다.

1. 서론

개폐 시스템을 이용한 케이블 기반의 연성 막 시스템은 변화하는 환경에 유동적으로 대응할 수 있으며, 경량 구조로도 연성 막의 초기장력을 이용하여 구조적 안정성을 확보할 수 있어 경제적이다. 연성 막 개폐 시스템은 [그림 1]과 같이 지붕구조의 규모에 따라 폐쇄형 트롤리, 개방형 트롤리로 구분된다. 이 중 개방형 트롤리는 중·대형 구조물에 사용되며, 구동력을 가지는 트랙터가 구동력이 없는 트롤리를 견인하여 연결된 연성 막 지붕부를 개폐하는 형식이다.



(a) 폐쇄형 트롤리 (b) 개방형 트롤리

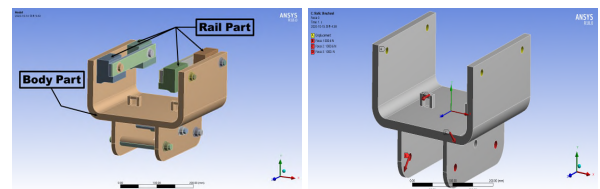
[그림 1] 지붕부의 규모에 따른 트롤리

문헌 [1]에서 이동 장치의 유형을 분석하고 트롤리의 특성에 관한 연구를 진행하였으며, 문헌 [2]에서는 트롤리의 중력 방향 하중에 대한 적용성을 평가하였다. 하지만 이동 장치에 대한 형상에 따른 안정성 평가에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기본 해석 모델의 해석을 바탕으로

위상 최적화를 진행하고, 3가지 타입을 제안하고 각 타입별 안정성을 평가하였다.

2. 개방형 트롤리의 정적 해석

개방형 트롤리의 최적화를 위해 기본 해석 모델을 정의하고 정적 해석을 진행하였다. 개방형 트롤리의 형상은 [그림 2(a)]와 같다. 개방형 트롤리는 몸통부(Body part), 케이블과 마찰이 발생하는 레일부(Rail part), 부속철물이 볼트 결합되어 있다. 해석의 간편화를 위해 [그림 2(b)]와 같이 몸통부만 이용하여 해석을 진행하였으며, 해석은 ANSYS 프로그램을 사용하였다. 하중 및 지점조건은 문헌 [2]를 참고하였다.



(a) 개방형 트롤리 형상

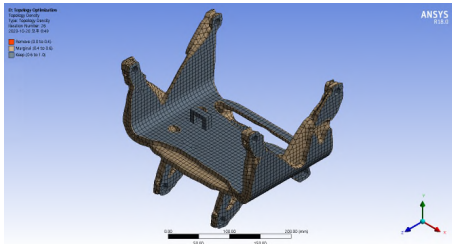
(b) 해석 모델

[그림 2] 개방형 트롤리의 형상 및 구성

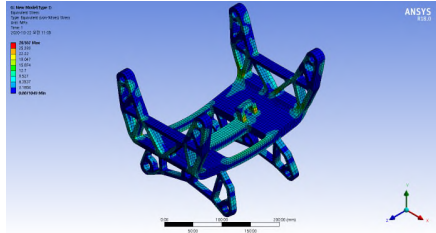
3. 개방형 트롤리의 최적 모델 제안

기본 해석 모델의 정적 해석 결과를 바탕으로 위상 최적화를 진행하였으며, 형상에 대한 제약조건은 40%로 결정하였다. 위상 최적화 결과 [그림 3]과 같은 형상이 도출되었으며,

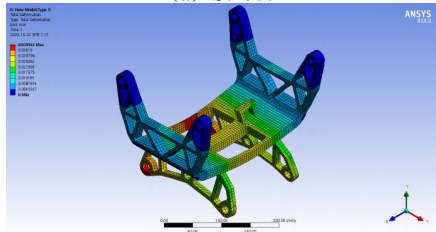
기본 해석 모델과 비교하였을 때 약 58.2%의 부피를 감소시킬 수 있다.



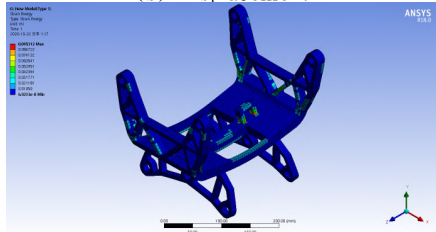
[그림 3] 개방형 트롤리의 위상 최적화 결과



(a) Stress



(b) Displacement



(c) Strain Energy

[그림 4] C-Type 해석 결과

위상 최적화 결과의 부피보다 작은 값을 가지도록 3가지 타입을 제안하였으며, 정적 해석과 동일한 하중 및 지지조건을 사용하였다. 해석 결과는 [표 2]에 나타내었다. [그림 4]는 C-Type의 해석 결과이다.

4. 결론

본 연구에서는 개방형 트롤리를 위상 최적화하여 3가지 타입의 개방형 트롤리를 제안하였으며 안전성을 비교하였다. 제안한 개방형 트롤리의 최적화 모델은 최대 71%의 부피를 감소시킴으로써 지붕에 작용하는 하중을 줄일 수 있고, 경제적인 설계가 가능하다.

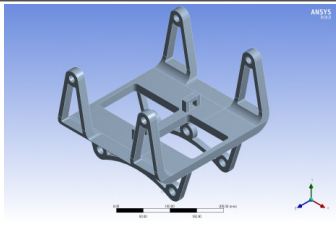
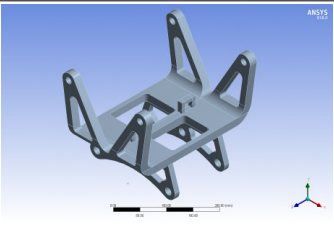
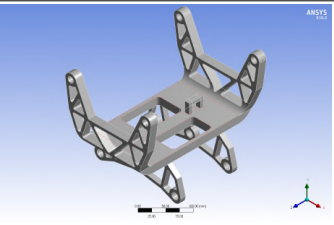
감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축연구사업의 연구비지원(20AUDP-B100343-06)에 의해 수행되었습니다. 또한, 본 연구는 한국연구재단 이공분야 기초연구사업의 연구비지원(NRF-2019R1A2C2010693)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사합니다.

참고문헌

- [1] 이유한, "연성개폐식 막 구조물의 구조디자인 및 구동장치 연구 - 엔지니어링 플라스틱 적용을 중심으로-", 서울시립대학교, 2월, 2018년.
- [2] 김운진, 이승재, 이유한, 황경주, "다양한 재료의 마찰계수를 고려한 중소규모 연성 개폐식 트롤리의 수직하중에 대한 적용성 평가", 한국공간구조학회, 제 16권 4호, pp. 83-89, 12월, 2016년.

[표 2] 타입별 개방형 트롤리 해석 결과

	A-Type	B-Type	C-Type
Shape	 (a) A-Type	 (b) B-Type	 (c) C-Type
Volume (mm^3)	1.316e+6	1.251e+6	0.957e+6
Mass (kg)	10.330	9.816	7.508
Stress (MPa)	31.432	23.835	28.567
Displacement ($e^{-3}mm$)	42.570	25.887	39.543
Strain Energy ($e^{-3}mJ$)	110.290	109.240	95.312