

스윙 자동문 개폐 장치의 기구적 구조해석에 관한 연구

이정익*, 나기수**

*교수, 인하공전. 기계공학부. 기계설계과

**연구소장, (주)리즈엔

e-mail:jilee@inhatc.ac.kr

A Study on the Mechanical Structural Analysis of Swing Automatic Door Opening and Closing System

Jeong-Ick Lee*, Gi-Soo Na**

*Dept. of Mechanical Design, INHA Technical College

**RITS-N Company

요약

스윙 자동문은 건축물의 출입편의 성과 자동화를 위한 핵심 설비로 다양한 산업 및 상업 환경에서 널리 사용되고 있다. 그러나 자동문의 성능은 힌지구조, 힘전달방식, 모터 출력선정 등 기구적 설계요소에 크게 의존하며, 설계 미흡시 내구성 저하, 소음, 진동 및 고장 문제가 발생한다. 특히 기존 현장에서는 구조해석 부족, 힌지 피로 문제, 힘전달 비효율, 모터 선정 기준 부재 등의 애로사항이 존재한다. 이러한 문제는 제품 품질 저하와 유지보수 비용증가로 이어진다. 따라서 본 연구에서는 스윙 자동문 개폐 장치의 기구적 구조를 체계적으로 해석하고, 힌지 구조, 힘전달 메커니즘, 모터 출력과 문하 중간의 관계를 정량적으로 분석하여 설계 기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1. 서론

본 논문은 스윙 자동문 개폐 장치의 기구적 구조 해석에 관한 연구이다. 스윙 자동문은 건축물의 출입편의 성과 자동화를 위한 핵심 설비로 다양한 산업 및 상업 환경에서 널리 사용되고 있다. 그러나 자동문의 성능은 힌지 구조, 힘전달 방식, 모터 출력선정 등 기구적 설계 요소에 크게 의존하며, 설계 미흡시 내구성 저하, 소음, 진동 및 고장문제가 발생한다. 특히, 기존 현장에서는 구조 해석 부족, 힌지 피로 문제, 힘 전달 비효율, 모터 선정 기준 부재 등의 애로 사항이 존재한다. 이러한 문제는 제품 품질 저하와 유지 보수 비용 증가로 이어진다. 따라서 본 연구에서는 스윙 자동문 개폐장치의 기구적 구조를 체계적으로 해석하고, 힌지 구조, 힘전달 메커니즘, 모터 출력과 문하 중간의 관계를 정량적으로 분석하여 설계기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 본론

2.1 힌지 구조 및 문제점 분석

PUSH ARM과 PULL ARM 구조를 비교 분석하였다. PUSH ARM은 고하중 대응이 가능하나 관절부 응

력집중 문제가 있으며, PULL ARM은 외관이 우수하나 마찰 및 흔들림 문제가 발생한다.

2.2 기구학적 구조 해석

스윙 자동문은 4절 링크기구와 크랭크-슬라이더 메커니즘으로 구성되며, 회전운동과 직선운동의 변환을 통해 개폐가 이루어진다. 힘 전달경로와 각도 변화가 성능에 중요한영향을 미친다.

2.3 응력 및 피로 해석

유한요소 해석을 통해 힌지 암구조의 응력 분포를 분석하였다. 최대응력은 연결부에서 발생하며 약150MPa 수준으로 나타났다. 변위는 약0.25mm로 구조적 안정성이 확보됨을 확인하였다.

2.4 힘 전달 해석

모터 토크와 암길이의 관계를 기반으로 힘 전달특성을 분석하였다. 토크(T)와 거리(r)의 관계($T=F \times r$)를 통해 암길이가 짧을수록 큰힘을 전달할수 있음을 확인하였다.

2.5 구조 개선 및 설계 방안

힌지 구조 최적화 및 소형화를 위해 기존 제품을 비교 분석하고, 모터와 제어부 배치 최적화를 통해 공간

효율과 성능을 동시에 개선하였다.

3. 실험 및 고찰

모터 출력과 부하 중간의 관계를 분석하였다. 100kg 하중에서는 약 60W, 60kg 하중에서는 약 35W의 출력이 필요함을 확인하였다. 또한 설계시 최소20% 이상의 안전 계수를 적용해야 안정적인 구동이 가능함을 도출하였다. 힌지 구조 및 암길이에 따른 힘 전달특성을 비교한 결과, 설계 목적(속도vs 힘)에 따라 구조 선택이 중요함을 확인하였다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 스윙 자동문 개폐 장치의 기구적 구조를 체계적으로 분석하고, 설계에 필요한 핵심 요소를 정립하였다. 힌지 구조, 힘 전달 메커니즘, 모터 출력 선정 기준을 통합적으로 제시함으로써 자동문설계의 효율성과 신뢰성을 향상 시킬 수 있는 기반을 마련하였다. 향후 연구에서는 다양한 하중 조건 및 실제 운용환경에서의 실증 실험과 스마트 제어 기술을 접목한 고도화 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Norton, R. L., *Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*, 6th ed., McGraw-Hill, 2020.
- [2] Shigley, J. E., Mischke, C. R., Budynas, R. G., *Mechanical Engineering Design*, 10th ed., McGraw-Hill, 2015.
- [3] Cook, R. D., Malkus, D. S., Plesha, M. E., Witt, R. J., *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 4th ed., Wiley, 2002.
- [4] Bolton, W., *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*, 6th ed., Pearson, 2015.