

안전장치와 정밀제어기술이 적용된 공연장 무대장치용 드라이빙 시스템 성능 검증 연구

박진규*, 이진호*, 유정훈**

*자스텍 주식회사 기술연구소

**한국산업기술시험원

e-mail:roxxete0@naver.com

A Study on the Performance Verification of Driving System for Stage Equipment in the Stage with Safety Device and Precision Control Technology

Jin-Jyu Park*, Jin-Ho Lee*, Jeong-Hoon Yoo**

*Jasstech Co., Ltd R&D Center.

**Korea Testing Laboratory

요 약

공연장에 적용되는 무대설비는 무대조명, 무대음향, 무대기계 시스템이 적용되는데 무대기계 시스템의 경우에는 다양한 공연연출을 위해서 필수적으로 운영되며, 상부무대기계와 하부무대기계로 나눌 수 있다. 공연장의 규모에 따라서 무대설비의 적용이 다를수는 있지만, 본 연구에서는 중공연장 이상에서 적용하여 다이나믹한 공연 연출이 가능한 무대기계 드라이브 시스템에 대한 적용과 이를 적용하기 위한 성능 검증에 대한 연구를 수행하였다. 공연예술의 발달로 공연 도중에 세트 등이 움직이는 역동적인 연출을 위한 고속운전, 정밀운전에 대한 핵심기술이 요구되고 있으나, 국내의 제품은 외산 제품에 비해서 공연에 요구하는 성능을 만족시키지 못하거나 입증이 이루어지지 않아서 국내 제품의 도입이 어려운 환경이다. 본 연구를 통한 드라이브 시스템이 객관적인 성능 검증을 통하여 공연장 무대설비로서 적용될 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

1. 서론

국내의 공연장은 문화부 등록 기준이 약 1000개가 운영되고 있으며, 계속적으로 공연장은 증가하는 추세이다. 코로나19로 인한 공연 시장이 어려움이 발생하였지만, 근래에 들어서 공연의 활성화 움직임이 이루어지고 있으며, 대형 공연장이 신규로 건립되거나, 20년 이상 운영한 공연장의 경우에는 전면 리모델링을 통하여 개선을 실시하고 있는 중이다.

신규 공연장, 리모델링 공연장에서는 새로이 도입될 무대장치의 기본 요건으로 미국, 유럽 등 공연 선진국에서 운영하고 있는 무대기계 시스템에 대한 도입을 실시하고 있어 국내 제품의 적용이 아쉬운 점으로 작용하고 있다. 이를 해결하기 위해서는 공연장 무대기계와 해외 선진 제품과의 동등 이상의 성능, 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다.

이를 위하여 본 연구에서는 정밀제어가 가능하고, 안전한 운영이 가능한 무대기계 드라이브 시스템에 대한 설계, 제작을 실시하고, 제작된 드라이브 시스템에 대한 성능 검증을 통하여 국내 공연장에 적용 가능한 기반을 확보하고자 한다.

2. 드라이브 시스템의 연구 접근

2.1 국내외 기술기준, 표준의 적용

공연장 무대기계에 적용되는 국내 기술기준은 문화체육관광부의 무대시설안전진단시행체적이 안전에 대한 기본 요건을 제시하고 있으며, 요소부품 등의 산업 규격을 제외하고 무대기계에 직접적으로 적용되는 규격은 표 1과 같이 구성된다.

[표 1] 국내 무대기계 적용 KS 규격

표준 번호	표 준 명
KS A 6101	공연장 및 무대의 종류와 공간 - 용어
KS A 6103	무대시설 - 용어
KS A 6104	공연예술 관련 직종의 기능과 역학 - 용어
KS A 6105	무대기구의 조작 및 운전 - 용어
KS A 6107	무대 안전사고 예방지침
KS A 6108	무대시설물의 자체 수시검사
KS A 6109	공연장 상부 무대시설의 안전 요구사항
KS A 6112	공연장 하부 무대시설의 안전성 평가방법
KS A 6110	무대시설의 설계 및 설치 안전 기준
KS A 6113	공연장 하부무대시설 성능시험방법
KS A 6114	공연장 방화막 시스템 안전 요구사항 - 강제 방화막

기술기준과 KS 규격에서는 안전에 대한 적용이 대부분이며, 하부무대시설의 시스템에 적용되는 성능시험방법이 유일하

게 성능을 확인할 수 있는 규격으로 적용되고 있다.

국외에서는 유럽의 각 국가에서 표준규격을 제정, 운영중이며, 미국도 국가의 실정에 맞는 표준규격을 운영하고 있다. 그림 1에서는 각 국가별 표준 규격이 적용 운영하고 있는 내용을 나타나고 있다.



[그림 1] 각 국가별 표준의 적용

최근에 들어서는 독일 DIN 규격을 토대로 유럽 표준인 EN 규격으로 통합하여 운영하는 것을 시작하여 전세계의 무대분야 표준은 유럽의 EN 규격과 미국의 ANSI 규격의 적용이 필수적으로 판단된다.

2.2 해외 선진 제품의 성능 조사, 분석

해외의 무대기계 시스템에 대한 제품은 유럽과 미국의 제품이 주를 이루고 있으며, 국내에는 대부분이 유럽 제품이 도입 운영되고 있다. 대표적으로는 Waggner Biro 사 제품, BBH 사 제품, Bosch 사에서 제작하는 제어, 기계 시스템이 적용되고 있으며, 시스템 구성시에 구동부는 SEW, NORD, WATT, SIEMENS 등 글로벌 모터, 감속기 회사의 제품이 적용되고 있다. 해당 제품의 주요 공통 성능을 살펴보면 표 2와 같다.

[표 2] 국내 무대기계 적용 KS 규격

구분	안전, 성능 내용
안전	각 국가별 기술기준, 규격에 준함
작동 하중	적용 용량에 따름
구동부 모듈 진동	2.0 mm/s 이하
구동부 모듈 소음	70 dB(A) 이하
무대장치 정밀도	±3 mm 이내
무대장치 비상정지 정밀도	±20 mm 이내
안전장치 반응 시간	0.4 sec 이하
구동부 시스템 내구성	3,000 회 왕복
안전장치	하중 감지, 이탈방지, 이중 제동 등

3. 드라이빙 시스템의 성능 검증

개발 제품의 성능 검증을 위하여 그림 2와 같이 드라이빙 시스템이 구성되었으며, 성능 검증을 위하여 행정거리 8m, 시험하중 1,000 kg을 적용하여 성능 시험을 실시하였다. 측정은 각 시험항목별로 10회를 측정하였으며, 제동장치의 성능 시험을 위해서는 설계하중의 150%를 적용하여 성능을 확인하였다.



[그림 2] 드라이빙 시스템의 구성

개발 제품의 성능 검증을 위하여 그림 2와 같이 드라이빙 시스템이 구성되었으며, 성능 검증을 위하여 행정거리 8m, 시험하중 1,000 kg을 적용하여 성능, 내구성 시험을 실시하였다. 측정은 각 시험항목별로 10회를 측정하였으며, 제동장치의 성능 시험을 위해서는 설계하중의 150%를 적용하여 성능을 표 3, 표 4와 같이 확인하였다.

[표 3] 드라이빙 시스템 성능 시험 결과

구분	성능 시험 결과
부하	기준 값 이내
진동(X축/Y축/Z축)[mm/s]	전동기 0.2/0.1/0.3, 감속기 0.3/0.2/0.3
소음[dB(A)]	56.8 / 56.2
표면 상승온도[°C]	전동기 20.1, 감속기 26.7
위치정밀도[mm]	-0.9 ~ +0.4
제동장치 성능[mm]	슬립 -1
작동반응시간[msec]	기동 51.9 / 정지 15.3 / 비상정지 18

[표 4] 드라이빙 시스템 내구성 성능 시험 결과(3900회 왕복)

구분	성능 시험 결과
부하	기준 값 이내
진동(상승/하강)[mm/s]	전동기 0.4/0.5, 감속기 0.3/0.3
소음[dB(A)]	66.7 / 65.3
표면 상승온도[°C]	전동기 19.4, 감속기 25.4
홀 마모 상태[%]	드럼 1.9, 활차 1.6
내전압, 절연저항[MΩ]	내전압 : 이상없음, 절연저항 : 2,000

3. 고찰

본 연구에서는 국내 공연장에 적용할 무대기계 드라이빙 시스템을 구성하고 이에 대한 성능 시험을 통한 검증을 실시하였다. 시험 결과 성능 목표에 달성함을 확인할 수 있었으며, 추후에는 개발 제품에 대한 현장 적용을 통한 실증을 실시하여 제품에 대한 개발을 완료할 예정이다.

참고문헌

- [1] 유정훈 외 “공연연출용 무대장치의 공연적용시 안전요구사항 도출 방안 연구”, 한국산학기술학회 2021 추계학술대회
- [2] 임정호 외 “공연 연출용 이동무대의 시험검증 적용 및 개선 연구”, 한국산학기술학회 2021 추계학술대회
- [3] 유정훈 외 “공연연출용 공연장치의 안전성 검증을 위한 검증 프로세스 도출 및 적용방안 연구”, 한국산학기술학회 2020 춘계학술대회