



# 2023년 문예회관 아카데미 무대예술인 기본과정

- 무대 -

계룡문화예술의전당

2023. 7. 19.(수) ~ 7. 20.(목)

주최 |  문화체육관광부

주관 |  한국문화예술회관연합회

## 기관소개

한국문화예술회관연합회(코카카 · KoCACA)는 문화예술회관 상호 간의 협력증진과 문화예술 진흥을 도모하기 위해 설립된 문화체육관광부 유관기관으로 전국 225개 문예회관이 회원기관으로 소속되어 있습니다. 전국 문예회관의 균형 발전 및 활성화를 통해 국민 모두가 일상에서 문화를 누릴 수 있도록 다양한 사업을 추진하며 사회적 가치를 창출하고 있습니다.

## 주요연혁

- 1996. 03. 18. 사단법인 전국문예회관연합회 설립
- 2003. 10. 24. 무대예술센터 준공
- 2010. 05. 13. 사단법인 한국문화예술회관연합회로 개칭
- 2012. 08. 18. 법정법인 전환(문화예술진흥법 제38조)

## 주요사업

- #문예회관과 함께하는 방방곡곡 문화공감
- #지역문화예술회관 문화가 있는 날
- #전시공간 활성화 지원 사업
- #전시해설 인력 지원 사업
- #기술 입은 문화예술교육
- #문예회관 문화예술교육프로그램
- #문예회관 아카데미
- #문예회관 종합 컨설팅 지원
- #문예회관 운영현황조사
- #문예회관 공연예술 기획·제작 컨설팅 지원 사업
- #제주해비치아트페스티벌
- #문화예술회관 종사자 해외연수 및 국제교류

## 문예회관 아카데미

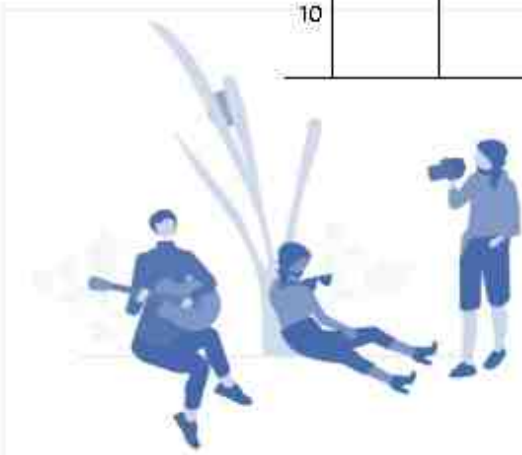
### 문예회관 종사자의 전문성 강화를 위한 배움과 소통의 장

문예회관 아카데미는 문화예술 전문 인력을 양성하여, 문예회관 활성화를 도모하고자 하는 사업입니다.

문예회관 종사자의 전문성 강화를 위해 예술행정과정과 직무별과정으로 전문적·체계적인 교육 프로그램을 운영하고 있습니다.

## 2023 문예회관 아카데미 정규과정 일정

연번	구분	세부구분	대상	일정	교육기간	과정	횟수	인원
1	예술행정과정	경영자	문예회관 CEO	9월	3일		1	50
2		중간관리자	문예회관 중간관리자				1	30
3		신규실무자	문예회관 5년 이하 근무 실무자	11월			1	30
4	직무별과정	공연기획	문예회관 종사자	8월	2일	기본	1	20
				11월		심화	1	20
5		홍보마케팅		9월		기본	1	20
				10월		심화	1	20
6		전시기획		8월		기본	1	20
				10월		심화	1	20
7		문화예술교육		8월		기본	1	20
				10월		심화	1	20
8		하우스매니저		8월		기본	1	20
				11월		심화	1	20
9	무대예술인	무대예술전문인 자격증 소지자	7월	4일	기본	무대기계	1	20
			음향			1	20	
			조명		1	20		
			6월		심화	무대기계	1	20
10	7월	음향	1	20				
	11월	조명	1	20				



# Academy of The Culture & Arts Centers

## 교육목적 및 교육내용

### 교육목적

- # 문예회관 종사자의 전문성 강화를 통해 문예회관 운영활성화 도모
- # 급변하는 사회와 문화 환경에 탄력적으로 대응하기 위한 인력양성
- # 문예회관 종사자 간 사업 운영현황 등의 사례 공유를 통한 인적 네트워킹 확대

### 교육개요

<b>과 정 명</b>	2023년 문예회관 아카데미
<b>정규 과정</b>	2023년 문예회관 아카데미 무대예술인 기본과정 - 무대 -
<b>기 간</b>	2023. 7.19.(수) ~ 7.20.(목)
<b>장 소</b>	계룡문화예술의전당(충남 계룡시 소재)
<b>주 최</b>	문화체육관광부
<b>주 관</b>	한국문화예술회관연합회
<b>참가 대상</b>	전국 문예회관 종사자 20명



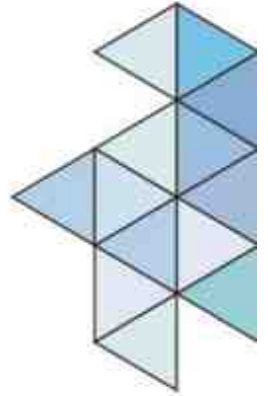
# Academy of The Culture & Arts Centers



프로그램

무대예술인 기본과정 - 무대 -

일정	차수	시간	교과목		장소
			과정명	세부내용	
1 일차	1	12:00~12:40	등록	• 참가자 등록	대공연장
	2	12:40~13:00	개강식	• 개강식	
	3	13:00~16:00	전문강의 및 실습	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무대기계 이해(무대장치의 종류, 기능 등)</li> <li>• 공연장 및 무대 설계시 고려사항 (공연장 개념설계, 무대의 설계 등)</li> <li>• 무대기계 기초공학(구조물, 기초역학 등)</li> <li>• 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석</li> </ul>	
	4	16:00 ~ 18:00	네트워크 프로그램	• 네트워킹 프로그램(분임 토의 등)	소공연장 (다목적홀)
2 일차	5	09:00 ~ 12:00	전문강의 및 실습	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무대기계 이해(무대장치의 종류, 기능 등)</li> <li>• 공연장 및 무대 설계시 고려사항 (공연장 개념설계, 무대의 설계 등)</li> <li>• 무대기계 기초공학(구조물, 기초역학 등)</li> <li>• 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석</li> </ul>	소공연장 (다목적홀)
	6	12:00 ~ 13:00	점심식사		
	7	13:00 ~ 14:30	안전교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공연법에 따른 안전진단제도</li> <li>• 중대재해처벌법의 공연장 적용</li> </ul>	소공연장 (다목적홀)
	8	14:30 ~ 15:00	의견수렴	• 의견수렴, 수료식	



# 목 차

2023 문예회관 아카데미

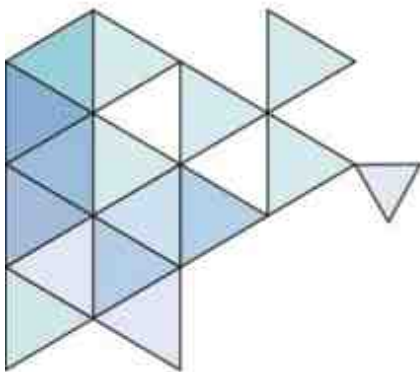
# C O N T E N T S

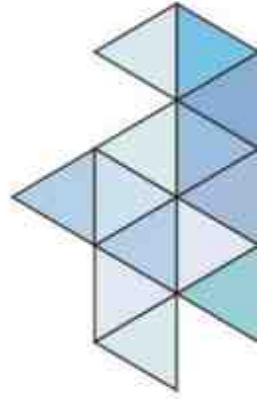
## 1장 무대에술인 기본과정 - 무대 -

무대기계의 이해	8
공연장 및 무대설계시 고려사항	40
무대기계 기초공학	105
무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석	149

## 2장 안전교육

안전관리자의 중요성	210
공연의 위험요소	211
공연법에서의 안전제도	213
공연법령 개정 주요 내용	226
중대재해처벌법 주요 내용	229
공연시설 방염 관련 법규	231
이동식 사다리 작업안전 지침	235
공연장 화재감지기 비 화재보 저감 안내서	237
<b>별첨자료 1</b> 참가자 명단	251





## 제1장

2023 문예회관 아카데미

# 무대예술인 기본과정 - 무대기계 -

1. 무대기계의 이해
2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항
3. 무대기계 기초공학
4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

## 박진규

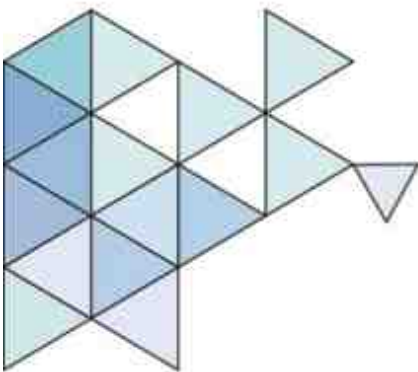
64스테이지 대표

현) ㈜64스테이지 대표이사

전) 한국산업기술시험원공연장안전지원센터

철도부품평가센터센터장

자스텍주식회사전무/연구소장



## I. 무대기계의 이해

### 1. 서론

무대시설, 무대기계에 대한 공간의 구성, 무대기계장치의 적용에 대한 기본적인 사항을 이해하고, 공연장에 적용하는데 기초 내용을 나타내었습니다.

### 2. 무대의 공간 구성 및 무대기구

공연장에서의 무대기계는 연출을 위한 무대장치의 종류에 따라서 구별된다. 크기는 상부무대시설과 하부무대시설로 구별되며, 운전방식에 따라서는 구동식과 수동식 등으로 분류된다.

일반적인 상부무대시설은 모터를 이용한 전동식 구동장치를 사용하는 것이 대부분이며, 하부무대시설은 유압식 구동방식, 스크루 방식의 전동 구동 방식 등으로 구별된다.

#### 2.1 공연장의 공간 구성

무대 부분의 건축적 높이는 무대 바닥에서 옥탑 층 까지를 말하며, 전문 공연장인 경우 Proscenium Arch를 기준으로 Arch 높이의 최소 2.25배 ~ 3배 이상이 필요하며, 일반 시설일 경우는 최소 1.5배 이상이 필요하다.

무대 지하층의 깊이는 지하에 무대 장치가 구비되었는가에 따라 결정되며, 용도에 따라 Stage Lift, Orchestra Lift등의 무대 장치가 구비된다면, 지하층에는 도구 제작실이 준비되어야 하며 이 높이는 건축 구조가 허락되는 한 Proscenium Arch 높이에 근접하여야 합니다. 따라서, 무대의 깊이는 Proscenium Arch 높이에 기계가 설치될 기계실의 높이를 합산한 것이 전체 깊이가 되나, 기계실의 깊이는 설치될 무대 장치의 종류에 따라 변경될 수 있다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

무대기구나 기기류는 공연장의 규모나 이용 목적, 이용대상 등에 따라 다르지만 일반적으로는 크게 하부장치와 상부장치로 분류된다. 무대바닥(마루)을 기준으로 상부부분에서 막이나 배경 등을 매달아 사용하는 기구를 상부기구라 하며 무대상부에는 큰 도구나 조명기기, 막류를 달아서 연출하거나 고정시켜 이동 사용하는 기기류와 재석상부로부터의 조명기기, 전향가변막, 객석칸막이 등 다양하며 총괄적으로 "매달아서 고정시켜 사용하는 기구"로 정의할 수 있다. 마루를 포함하여 하부부분에 있는 기구를 하부시설이라 부르며 무대 마루를 전환하면서 공연 연출하거나, 큰 도구의 받침입을 위하여 이동할 수 있는 기구 등을 말한다.

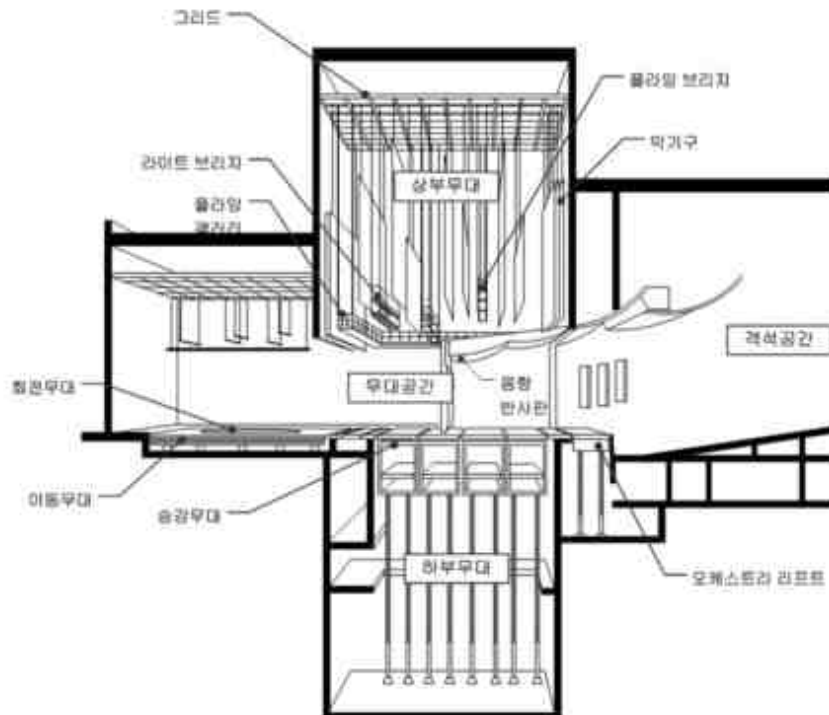


그림 1 공연장의 공간 구성

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

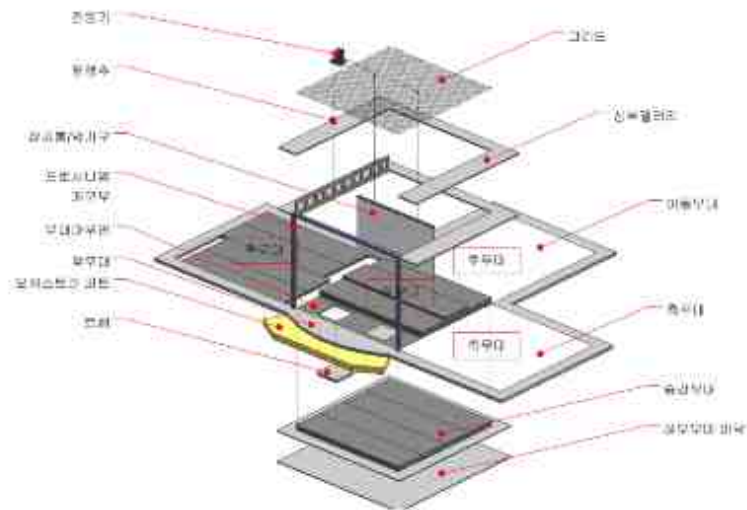


그림 2 무대시설의 기본 구성 및 주요 명칭

### (1) 무대의 넓이

주무대만 있는 경우에는 주무대의 폭은 프로시니엄 아치(PA : Proscenium Arch) 폭에 좌우 2m ~ 4m 정도의 여유 공간을 포함한 넓이가 필요하며, 무대의 길이는 프로시니엄 아치(PA : Proscenium Arch) 만큼이 적당하다. 하지만 주무대 만의 설장으로 장치물과 배우들의 움직임, 막 전환 등 많은 제약이 있어 큰 규모의 공연에는 적당치 못한 형태가 될 수 있다.

주무대와 측면 무대 1개 혹은 2개가 있는 경우에는 주로 중급공연장의 용도로 사용한다. 주무대의 폭은 프로시니엄 아치(PA : Proscenium Arch) 폭에 좌우 2m~4m 정도의 여유 공간을 포함한 넓이가 필요하며, 무대의 길이는 프로시니엄 아치(PA : Proscenium Arch) 만큼이 적당하다. 측면무대는 이동무대를 설치하여 막 전환 및 스탠, 배우들의 대기 장소로도 사용하게 된다. 후면 무대에는 무대 장치의 회전 이동 무대를 일반적으로 설치하며 주무대 넓이에 사방 1.5m ~ 2m의 여유 공간이 필요하게 된다.

주무대 및 좌·우측 측면무대, 후면무대가 있는 경우에도 주로 대형 공연장의 용도로 사용되는데, 주무대의 폭은 프로시니엄 아치(PA : Proscenium Arch) 폭에 좌우 2m ~ 4m씩의 여유 공간을 포함한 넓이가 필요하며, 무대의 길이는 프로시니엄 아치



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

(PA : Prosceniums Arch)쪽 이상 필요하다. 측면무대는 이동무대를 설치하여 박 전환 및 스텝, 배우들의 대기 장소로도 사용하게 된다. 후면무대의 경우에는 일반적으로 회전 이동무대(Turntable Wagon)를 설치하여 사용을 하는데 주무대 넓이의 1.5 m ~ 2 m의 여유 공간을 두어 운영을 한다.

### (2) 무대높이(Flying Tower)

무대 부분의 건축적 높이는 무대 바닥에서 옥탑 층까지를 말하며, 신문 공연장일 경우 프로시니엄 아치(PA : Prosceniums Arch)를 기준으로 Arch 높이의 최소 2.25배 이상이 필요하며, 일반 시설일 경우는 최소 1.5배 이상이 필요하다. 이러한 기준은 객석에 위치한 관객이 무대상부의 기구가 보이지 않도록 하는 것이 바람직하다.

### (3) 무대 깊이(Stage Pit)

무대 지하층의 깊이는 지하에 무대 장치가 구비되었는가에 따라 결정되며, 용도에 따라 승강무대(Stage Lift), 오케스트라 승강무대(Orchestra Lift)등의 무대 장치가 구비된다면, 지하층에는 도구 제작실이 준비되어야 하며 이 높이는 건축 구조가 허락되는 한 프로시니엄 아치(Prosceniums Arch) 높이에 근접하여야 합니다. 이는 관객이 착석 시에 오케스트라 리프트나 승강무대가 하단으로 내려가서 준비중인 상대가 관객의 시선에 보이지 않을 높이로 설정이 되어야 한다. 따라서, 무대의 깊이는 프로시니엄 높이에 기계가 설치될 기계실의 높이를 합산한 것이 전체 깊이가 되나, 기계실의 깊이는 설치될 무대 장치의 종류에 따라 변경될 수 있다.

## 2.2 무대기구의 구성

공연업 무대시설 안전진단 시행세칙에서 정의하는 기준으로 설명하면 무대시설은 구동방식에 따라 크게 고정식과 구동식으로 분류할 수 있다. 고정식은 장치봉 또는 독립적으로 로프(rope) 및 각종 재질 요소 등을 이용하여 용도에 따라 장치(set)나 막(curtain), 조명(light), 음향민사관(acoustic shell)을 매달아 설치한 무대기계·기구를 말하며 구동식은 무대 상부나 하부에서 수직 또는 수평으로 움직이는 무대기계·기구로 동력장치를 이용하거나 수동을 이용하여 독립적으로 구동되는 무대기계·기구를 말한다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

무대시설을 설치위치에 따라 분류하면 상부무대시설은 막시설과 장치봉 등을 포함하여 막시설로 구분하고 있으며 음향반사판 등의 음향시설과 조명 장치봉, 조명브리지 등의 조명시설과 방화막으로 구분하여 무대바닥(마루)의 상부에서부터 무대천장까지의 공간에 설치된 시설들을 말한다. 하부시설은 무대마루를 기준으로 공연장 무대하부에 설치되는 시설들로 수적이동을 하는 승강무대, 오케스트라 리프트등과 회전무대, 이동무대 등을 포함한다.

상부무대시설과 하부무대시설에 대한 구분은 다음 그림과 같다.

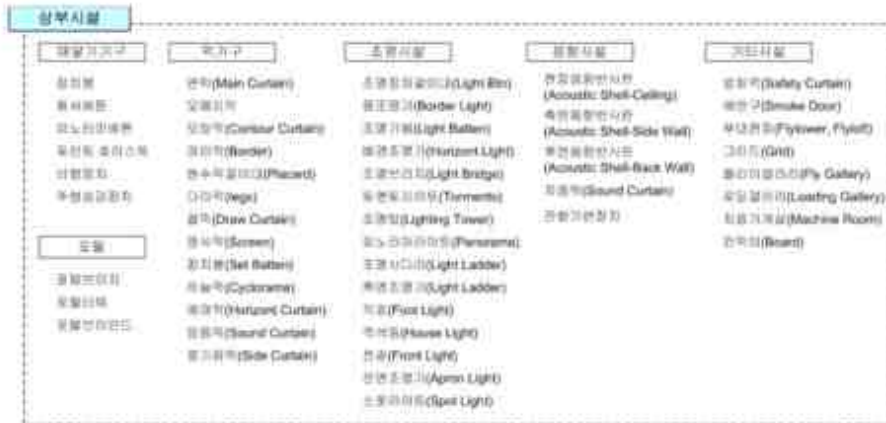


그림 3 상부무대시설의 구분



그림 4 하부무대시설의 구분

무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

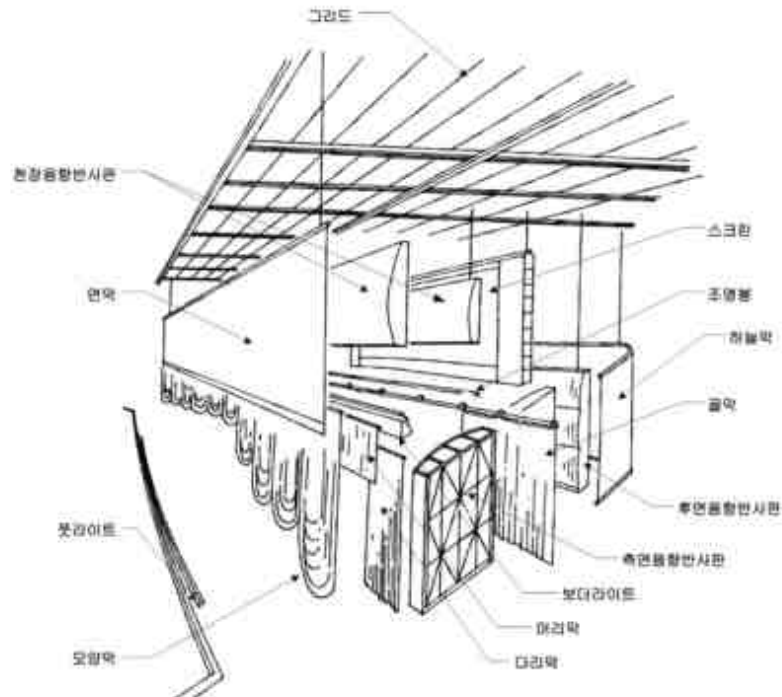


그림 5 상부무대시설의 구성 및 배치  
(출처 : 舞臺管理)

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### 3. 상부무대시설

#### 3.1 프로시니엄 구조

프로시니엄은 무대의 열린 곳에 건축적으로 액자 두르는 것을 의미한다. 프로시니엄 벽의 무대 측면에는, 큰 무대의 경우에 무엇보다도 조명 기기를 설치하기 위해 층계 등이 갖추어져 있다. 측면 경계를 입구 턱, 상부 경계를 입구 다리라고 부른다. 프로시니엄의 크기의 변경 가능해야 한다면, 측면 경계는 이동 가능한 입구 턱에 의하여, 또는 고정된 입구 턱의 경우에는 옮겨질 수 있는 프로시니엄 타워 및 헤드에 의하여 조절 가능하게 될 수 있다.



그림 6 게누아 오페라 극장 프로시니엄, 사진: 와그너-비로

상부 무대 설비에는 프로시니엄의 구조도 포함된다. 여기서도 크기의 변형을 위한 기계 공학 시스템이 적용 될 수 있다. 특별한 경우에는, 무대 공간의 깊이를 변경하기 위하여, 프로시니엄 전체가 무대 세로축 방향으로 밀쳐질 수 있다. 공연 장소를 다목적 용으로 이용할 때에는 프로시니엄 구조 전체를 제거하여 무대 턱 안으로 옮길 수도 있다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

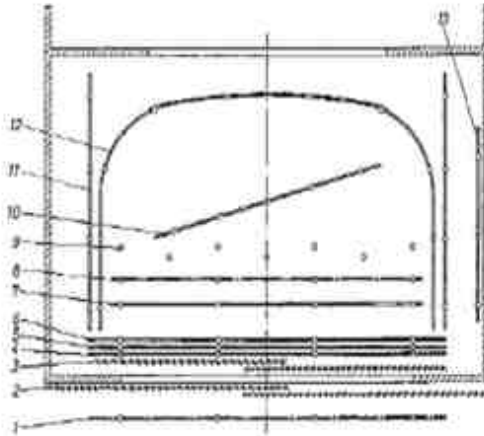


그림 9 상부 설비의 배치 (DIN 56920 - 3) 1 : 앞 무대 설비, 2 : 무대 막(장식 막), 3 : 면막(공연 막), 4 : 막류(커튼, 서막 등), 5 : 막류(커튼), 6 : 음향 커튼, 7 : 무대 장치봉, 8 : 중간 막(커튼), 9 : 포인트 호이스트, 10 : 자유 장치봉, 11 : 파노라마 장치봉, 12 : 배경막

### 3.2 막시설

무대막의 종류는 면막(house curtain), 오페라 커튼(opera curtain), 모양막(contour curtain), 머리막(house border), 다리막(house leg), 끌막(draw curtain), 영사막(screen), 하늘막(cyclorama)등 다양하게 적용이 된다. 이러한 무대 막은 공연시의 시작과 끝, 장면의 전환이나 관객으로부터 세트의 준비를 노출되지 않도록 사용되는 용도이외에도 다양하게 사용이 된다. 이러한 무대막의 작동원리 및 설계방법을 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) 면막

우리나라의 면막에서는 막 전체에 실로 수를 놓는 태피스트리(tapestry)방식으로 하여 독일식으로 송강하는 방식을 가장 많이 사용하고 있는데 미관상 가장 화려한 효과를 보일 수 있는 장점이 있지만 상대적으로 비용이 많이 드는 단점이 있다. 또한 태피스트리 방식을 선택하는 경우 면막의 무게가 커지기 때문에 구동방식으로는 전동 병행 추 방식을 사용하는 것이 일반적이다. 반면에 유럽에서는 가장 일반적인 면막의 종류로서 오페라 커튼 형식을 많이 사용하고 있는데 막의 개폐방식이 고전적이고 아름다우며 벨벳(velvet)을 사용하여 상대적으로 비용면에서 유리한 장점이 있다. 모양막은 구름 같은 여러 가지 패턴의 개폐모양을 만들 수 있으며 이를 위하여 3~5개의 구동 전동

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

기름 사용한다. 또한 모양막이 상승하여 겹쳐있는 경우에는 막이 겹쳐져 있는 상태이므로 모양막 앞, 뒤 기구와 300 mm ~ 400 mm 이상의 간격을 유지해야 만이 모양막이 상승되어있는 상태에서 다른 기구의 승강이 원활하게 될 수 있다.



그림 7 국립극장의 면막



그림 8 모양막

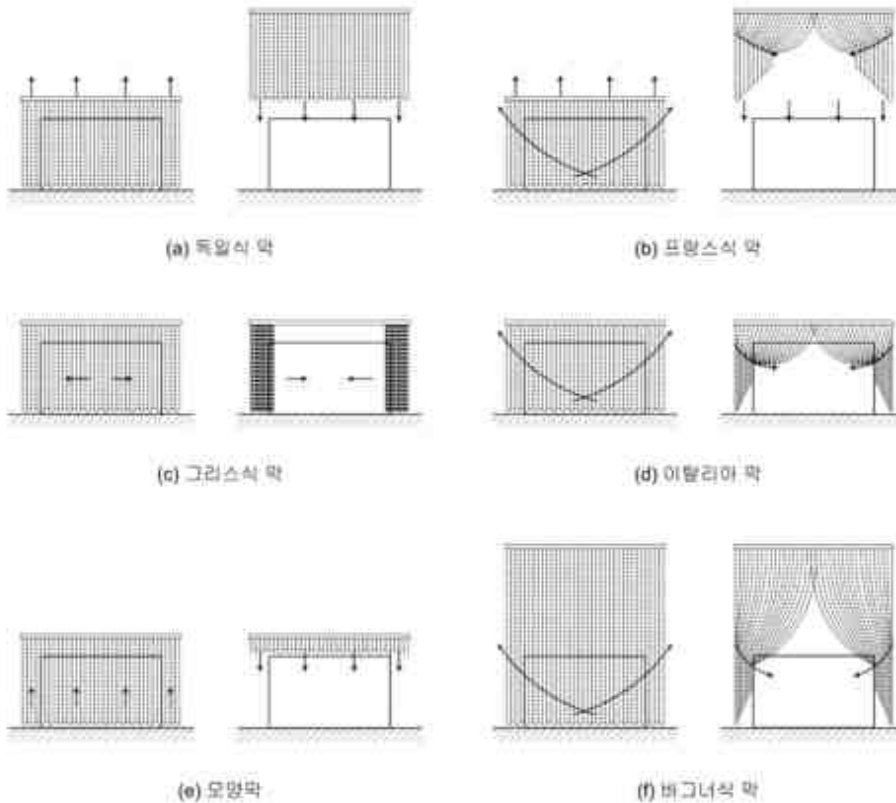


그림 9 면막의 종류



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### (2) 끌막(draw curtain)

끌막은 일반적으로 면막 대용으로 사용하거나 무대 중간에 양쪽으로 2~4개 정도 설치하여 다리막으로 사용한다. 용도에서 볼 수 있듯이 끌막은 승하강 속도가 그리 중요하게 다루어지지 않으며 장치봉에 달린 트래블러(traveler)를 이용하여 수평으로 개폐하는 역할이 중요하게 다루어진다. 일반적으로 수평개폐속도는 20~60 m/min 정도의 속도를 갖으며 수평개폐를 위하여 장치봉 위에 0.75~1.5 kW의 전동기를 별도로 설치하여 사용한다.



그림 10. 끌막

### (3) 머리막(house border)과 다리막(house leg)

머리막과 다리막은 가림막의 역할을 하는데 공연이외의 시각적, 기술적 요소를 관객의 시야로부터 막아주는 역할을 한다. 머리막의 경우에는 조명기구 전면부에 고정적으로 설치되는 경우와 가변적으로 설치되는 경우로 구별이 된다. 조명기구와 함께 머리막을 고정하는 경우에는 조명기의 발열에 의한 화재가 일어나지 않도록 불연처리가 된 소재의 권을 사용하여야 한다.



그림 11. 다리막 및 머리막

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### (4) 하늘막(cyclorama)

하늘막(cyclorama)은 무대의 뒤편에 위치하여 무대 후면에서 전체적인 배경을 나타내는 용도로 활용된다. 하늘막은 무대에서 거의 필수적인 시설로 사용되며 막이 크기 때문에 구동부의 용량이 큰 것이 요구된다. 간단한 것은 프레임에 막을 펼쳐 달고 고정시켜 사용하는 것이 있으며 프레임을 승강하는 방식도 있다. 유럽의 대형 공연장에서는 말이식 하늘막을 사용하는데 이 방식은 무대 주변 전체를 둘러막는 형식이 된다. 하늘막은 공연중 고정 위치에서 사용되기 때문에 승강속도는 중요한 설계변수가 되지 않는다.



그림 12 말이식 하늘막



그림 13 하늘막

### 3.3 조명(Lightings) 기구

#### (1) 조명봉(light batten)

조명봉은 조명봉에 조명기를 달아 공연 공간의 일부분 혹은 공연 공간 전체를 밝히주는 가장 기본적인 조명기구이다. 조명봉은 일반적인 장치봉에 전기를 공급할 수 있는 장치를 고정적으로 설치한 것으로 이해할 수 있으며 주로 부분조명기(spot light)를 달아 사용한다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해



그림 14 조명봉



그림 15 조명봉

### (2) 보더라이트(border light), 하늘막 조명기(cyclorama light)

보더라이트는 무대 상부에서 무대 바닥으로 무대 전체를 밝고 부드러운 빛으로 균일하게 비추어주는 조명장치로 공연시의 무대의 분위기를 온온하고 부드럽게 하여 그림자가 생기는 것을 방지해주는 조명장치이다. 일반적으로 보더라이트는 2 ~ 4조가 설치가 되며 2 m ~ 4 m 간격으로 조명봉과 짝을 이루어서 설치가 된다.

무대 후면에 설치되는 하늘막 조명기(cyclorama light)는 하늘막을 비추어주는 조명기로 공연시 연출효과를 극대화할 수 있는 조명기이다. 보더라이트와 마찬가지로 조명기의 노출을 피하기 위해서 머리막을 설치하여 사용을 한다.



그림 16. 보더라이트

### (3) 조명 브리지(light bridge)

조명 브리지는 작업자가 탑승하여 많은 조명기구를 달 수 있도록 가로 구조의 프레임으로 구성된 것을 말한다. 조명 브리지에는 빙조명(flood light) 용도로 사용하는 조명기와 부분조명기를 동시에 사용할 수 있다. 이러한 라이트 브리지는 프로시니엄 위로 관객의 시선에 노출되지 않을 갤러리를 통해서 브리지 프레임에 접근하여 조명기

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

설치 작업이 이루어진다. 브리지는 관객의 시야에서 보이지 않도록 프로시니엄 보다 높은 위치에 설치하며 공연 중에 조작자가 브리지에 탑승하여 조명기를 조작하여 연출 효과를 극대화하기도 한다. 라이트 브리지는 공연 시 이동의 필요성이 없기 때문에 이동속도는 10m/min 이하로도 가능하지만 브리지에 착용하는 하중이 매우 크기 때문에 구동용량이 큰 것을 사용하여야 한다.



그림 17 프로시니엄 라이트브리지



그림 18 라이트 브리지

### (5) 조명탑(lighting tower)

조명탑은 천장으로부터 조명기구를 매달아 측면에서 조명의 효과를 주는 것으로서 그리드에 매달아 승강하는 방식과 바닥에 바퀴를 달아 이동하는 방식이 있다. 승강식 조명탑은 원치식으로 구성이 되는 것이 일반적이다.



그림 19 이동식 조명탑



그림 20 조명탑

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### 3.3 음향반사판(acoustical shell)

음향반사판이란 넓은 무대의 공간에 효과음, 관현악의 연주음 등이 무대 상부나 측면부 후면부로 흩어지는 것을 막고 연주음이 객석의 관객에게 뻗어나가게 하는 역할을 하여주며, 공연자가 자신의 악기 소리나 주변 악기의 소리를 시간 차이 없이 정확히 들을 수 있도록 한다.

음향반사판은 강재 프레임이나 알루미늄 프레임으로 틀이 구성이 되며, 그 위에 판재를 이용하여 마감처리 한 후에 사용을 하고 있다.

일반적으로 음향반사판은 그 구성에 따라서 후면음향반사판, 천장음향반사판, 측면음향반사판 등으로 구별이 된다. 또한 구동방식도 전동식과 수동식, 고정식으로도 구별이 된다. 빠른 설치나 전환이 필요 없는 장치 중 하나이므로 구동속도 보다는 구조적인 안전성을 고려하여 설계한다.



그림 21 음향 반사판

#### (1) 후면 음향반사판(acoustical shell - back wall)

후면 음향반사판은 반사된 음이 객석 방향을 향하여 방사되는 구조를 가지고 있는 음향반사판으로, 음향반사판 중에서 가장 무거운 하중을 가지고 있다. 후면 음향반사판은 자체무게가 크기 때문에 평행추 구동방식을 채택하는 것이 일반적이며 일부 공연장에서는 고정식으로 사용하는 곳도 있다.

후면 음향반사판의 또 다른 설치 방법은 3개 ~ 6개로 분할하여 비 사용시에는 측면에 각 조각을 모아 적재를 하고 사용시에 수동 혹은 전동기를 이용하여 1개씩 위치를 잡아 사용하는 방법도 있다. 이 시스템의 장점은 하중이 큰 후면 음향반사판을 측면의 레일에 설치하여 운영하므로 그리드의 하중분담을 덜어주며 큰 구조물의 추락의 위험성이 없어진다는 장점이 있는 반면에 무대 측면부를 후면 음향반사판 적재를 위한 공간을 할당해서 사용해야 하는 단점이 있다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### (2) 천장 음향반사판(acoustical shell - ceiling)

천장음향반사판은 연주자의 머리 위에 설치되는 음향반사판으로 음향반사판의 크기에 따라서 1개 ~ 4개로 구성이 되는 것이 일반적이다. 천장음향반사판은 음향반사판이 수직인 상태로 승강되지만 음향반사판을 구성할 때 변각하여야 하며 이때 하중변화가 있기 때문에 흔들리거나 하중이 집중되는 경우가 많으므로 설계단계에서 고려되어야 할 것이다. 일반적으로 음향반사판이 구성된 후에는 무대천장이나 측면으로부터의 조명이 불가능하기 때문에 천장음향반사판에 조명기를 부착하는 방법을 사용한다.

### (3) 측면음향반사판(acoustical shell-side wall)

측면음향반사판은 후면음향반사판, 천장음향반사판과 함께 조립되며 측면을 구성하는 음향반사판을 말한다. 그 구성은 좌측과 우측에 각각 2조 ~ 4조로 구성이 된다. 측면음향반사판의 작동원리는 일반적인 승강 방식과 측면부에 설치된 음향반사판이 하강하면서 원하는 위치에 측면 음향반사판이 위치하도록 하는 방식이 있다. 측면음향반사판의 작동은 전동식과 수동식으로 구성이 되는데 전동식의 경우에는 상하 방향으로 승강한 후에 음향반사판을 수동으로 회전시켜서 구성하는 방식과 하강시 측면에서 진입하면서 설치되는 방식이 있는데 후자는 진입과정에서 다른 기구들과의 간섭이 발생할 우려가 많기 때문에 승강식의 경우에는 전자의 방식을 많이 활용한다.

측면 음향반사판의 경우에는 후면음향반사판이나, 천장음향반사판보다 하중이 1/3에 불과하지만 측면 음향반사판을 고정하는 부분이 하나의 고리(swivel mounting)로 구성되어 고정부는 한곳에 불과하므로 구조적인 약점을 갖는다. 또한 레일을 따라서 이 고리부분이 이동하면서 자리 잡기 때문에 위에서 달고 있는 와이어로프 중 1개 혹은 2개의 와이어로프에 집중적으로 하중을 받게 되는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 측면 음향반사판을 회전하지 않고 측면에서 중앙부로 끌고 들어와 마지막 막으로 회전시켜 조립하는 방법도 있다.

## 3.4 상부무대시설의 구동 원리

상부설비의 배달기기구의 구동은 전동식과 유압식, 수동식 등으로 구분할 수 있지만 현재 국내에서는 유압식 구동장치를 거의 사용하고 있지 않으며 향후에도 거의 사용할 것으로 보이지는 않는다. 또한 수동식의 경우에도 일부 사용하기는 하지만 장면 전환을 수동으로 하는 경우는 그리 많지 않으며 수동식의 경우 별다른 구동부를 사용하지 않기 때문에 여기서는 전동식 구동방식의 원리에 대하여 주로 설명하고자 한다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

초기에는 무거운 장치를 수동으로 승강시키기에 무겁기 때문에 평형추 방식을 사용하였다. 그 후 구동장치로서 전동기를 도입하면서 원치식을 사용하였으며 전동기를 활용하면서 더 무겁고 큰 배경이나 장치를 사용할 수 있게 되어 연출에 큰 도움이 되었으나 이로 인하여 다시 전동 평형추 방식이 채택되게 된다. 방화막이나 면막, 음향반사판, 하늘막 등이 점점 무거워 지면서 평형추 방식만으로는 슬립현상이 발생하기 때문에 원치 웨이트식이 개발되어 원치부에서 더 많은 부담을 지게 되었으며 이러한 원치 웨이트식의 도입으로 상부무대기계는 대형화되는 현상을 보이게 된다. 최근에는 컴팩트한 전동시스템이 많이 개발되면서 다시 원치식 전동 구동장치로 돌아가고 있는 상황으로 볼 수 있다.

매달기 기구는 무대 상부에서 작동되기 때문에 동작원리나 기능, 성능면에서 가장 중요하게 다루어져야 하는 것은 안전이다. 어떤 종류의 구동방식을 채택하는 가는 무대기계 설계자의 몫이지만 어떠한 경우에 대하여도 설계하중을 매어달고 요구되는 승강속도를 충족시킬 수 있는 안전한 설계가 반영되어야 할 것이다.

### (1) 원치 방식(winch type)

원치식 전동방식은 기구의 하중을 원치드럼에서 전부 지탱해주는 구조이므로 승강시 전동기 및 감속기의 부하가 크게 작용한다. 일반적으로 전동기의 용량은 기구의 하중, 이동속도 등에 의해서 결정이 되므로 원치식 전동방식을 선택하였을 때 기구의 하중과 이동속도를 높이면 전동기의 용량이 커지게 되는 단점이 있어서 장치물에 작용하는 하중이 크거나 이동속도가 빠른 상부무대기구의 사용시에 제약이 따른다. 원치식 전동방식을 사용하는 경우에 설계 하중 이상의 무게를 부과하면 전동기의 과부하의 원인이 되므로 기구의 안전 사용 하중을 명시하여 기준으로 설정된 하중 이상을 적용하지 않도록 주의하여야 한다.

와이어로프의 끝단은 원치드럼에 홈을 내어 홈 안에서 클립으로 고정하고 있으며 원치방식은 원치드럼과 와이어로프의 감김력에 의해서 기구의 하중을 지탱하므로 기구가 최하단까지 내려간 상태에서도 원치드럼에 감겨있는 와이어로프의 권선 여유가 2바퀴 이상이 되도록 설정하여야 한다. 원치드럼에서 와이어로프의 불필요한 간섭과 마찰을 최소화하기 위해서는 인입각도가 중요하며 대부분의 국가들에서 원치드럼과 활차에서 와이어로프의 인입각도를 일정한 기준을 두어 제한하고 있다. (국내의 경우 유입각도는  $\pm 2^\circ$ 로 제한한다.)

### (2) 평형추 방식(counter-weight type)

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

평형추 방식은 공연장에서 가장 많이 사용되는 것으로서 장치봉 축의 하중과 평형추의 밸런스를 이용하여 구동장치가 부담하는 부하를 최소화하는 방법이다. 이 구동방식은 비교적 소용량의 전동기를 사용하여 하중부담이 큰 무대기구를 고속으로 승강시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기동시에는 시스템 전체의 질량을 가속시킬 힘이 필요하므로 비교적 큰 기동 토크가 요구되기 때문에 감속기름 함께 사용한다.

한편 고속으로 운전시 관성으로 인하여 미끄럼이 발생하기 쉽다는 단점도 있다. 고속 주행 중 비상 정지하는 경우에 관성에 의한 슬립(slip)현상이나 브레이크가 작동되지 못하는 경우가 있어 매우 위험한 사고를 초래할 수도 있으며, 무대기구에는 별도의 감속용 가버너(governor)를 부착하지 않기 때문에 고속 주행의 경우에는 특히 주의하여야 한다.

고정 하중으로 운영이 되는 상부무대기구의 경우에는 평형추와 기구의 무게비대로 평 방식에 따라서 균형이 맞도록 설치하는 경우도 많다. 또한 전동부의 이상시에 기구가 무대바닥으로 추락하는 것을 방지하기 위해서는 평형추에 무게 부담을 더하여 안전하게 사용할 수 있도록 하여야 한다. 이러한 평형추 방식은 무대의 측면 벽면부에 평형추의 승강을 위한 별도의 공간을 할애하여야 하기 때문에 측면의 공간적 제한이 따른다. 이동속도가 분당 40 m ~ 80 m 이상의 빠른 무대설비를 고려하는 경우에는 평형추 튜브가 안전하게 승강할 수 있도록 가이드레일의 직진도, 가이드레일의 고정 상태 등을 함께 살펴보아야 한다.

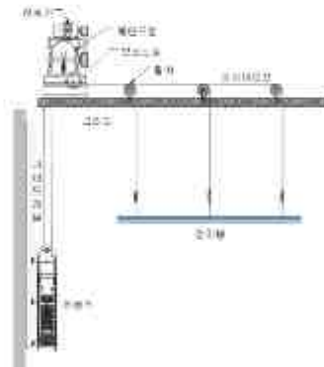


그림 22 평형추 방식

### (3) 윈치-평형추 방식(winch weight type)

앞에서 설명한 것과 같이 평형추 방식은 하중부담을 줄여주는 장점이 있는 반면에 고속에서의 슬립현상에 의한 현실적인 위험성을 내포하고 있다. 따라서 하중부담을 줄





## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

이면서도 슬립현상을 최소화시킬 수 있는 방법으로 평형추 방식 장치봉의 전동 구동부에 원치식 드럼을 설치하는 방법을 채택하였다.

원치-웨이트 방식은 평형추 전동방식에서 응용된 방식으로서 기구의 전하중을 원치드럼과 평형추에서 나누어 부담하는 형식으로 하중부담이 매우 적고 드럼에서의 간김력을 이용할 수 있어서 세이가 정확하고 쉽다는 장점을 갖는다. 또한 일반적으로 평형추 구동방식으로서 2:1 로핑방식을 이용하게 되는데 이 경우 평형추 부분은 기구의 행정거리의 반만 이동하므로 측무대의 공간 활용에도 도움이 된다.

### (4) 수동 방식(manual type)

수동 방식은 수동 평형추 방식을 말하는 것이며 수동 평형추 방식은 장치봉에 적용되는 하중과 평형추의 하중의 비를 같게 하고 수동용 마넨라토프를 이용하여 인력으로 승강하는 구조이다.

무대기구의 하중과 평형추의 하중비를 맞추어서 인력에 의해서 쉽게 구동이 되는 장점이 있지만, 평형추와 기구의 하중비를 맞추지 못한 상태에서 구동을 할 때에 승강이 원활하지 않으며, 추락의 위험이 있다.

수동 평형추 방식의 장치봉은 무대기구를 원하는 위치에 정지한 후에 무대기구가 움직이지 않도록 잠금 장치를 가져야만 한다. 또한 수동 평형추 방식의 경우 일단 움직이기 시작하면 장치봉 및 평형추의 무게에 의한 관성이 발생하여 승강 속도가 매우 빨라지게 때문에 필요한 위치에서 정지시키지 못하는 경우가 있으므로 주의하여야 한다.

## 3.5 기타

### (1) 방화막

전기 조명 장치의 발명 전에는 램플용 권출배기, 기름 램프와 양초가 사용되다가 그 다음에 가스 조명이 사용되었다. 이로 인하여 특별한 화재 위험이 있었고 역사상 많은 인명 피해를 가져온 엄청난 극장 화재가 알려져 있다. 유럽에서는 특히 1881년에 빈 링 극장에서 화재가 발생했다. 이 화재 참사의 결과로, 가능한 화재를 방지하고 화재 발생 시 사람들을 가급적 빠르고 문체 없이 대피시킬 수 있기 위해, 엄격한 건축 규정이 공포되었다. 이 규정은 많은 나라에 모범이 되었다.

고전식 극장 건축 방식에서는 어떤 극장의 크기를 제외한 장소에 관한 건축 규정에 따라 관객 공간과 부대 공간의 분리가 서로 다른 방화 구역에 규정되어 있다. 그레

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

서 무대는 관객을 위한 건물 부분으로부터 건축 기술적으로 방화벽에 의해 분리되어야만 한다. "불가피한" 프로시니엄은 충분한 화재 억제 효과를 지닌 적합한 벽 부품에 의해 폐쇄될 수 있어야만 한다. 대개의 경우 이것은 승강 중간 막 형태의 소위 방화 막이다. 많은 나라에서는 규정에 따라 공연 시작 몇 분 전에 비로소 방화막이 올려지고, 그리하여 프로시니엄 구멍이 개방된다. 공연이 끝난 후 즉시 그리고 화재 발생 시에는, 관객 공간과 무대 공간 사이에 가능한 한 연기가 통과할 수 없는 방화벽을 만들어내기 위해, 방화 막이 내려진다.



그림 23 잘츠부르크 축제 기념 공연 대극장 - 방화 막

측무대와 또는 후무대가 있는 대규모 무대 시설의 경우에는 경우에 따라, 측면무대 보호막 내지 후무대 보호막이 설치됨으로써, 무대 범위도 여러 개의 방화 구역으로 분할된다. 이들은 대개 음향 보호 기술적 과제도 떠맡아야 한다. 이들은 폐쇄된 상태에서 리허설과 공연 동안 측면 무대 내지 후무대에서 무대 장치 작업을 할 수 있도록 해야 한다.



그림 24 브레겐츠 축제 기념 공연 극에 있는 측무대 및 후무대의 방화막

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

방화막은 화재가 발생하여 전원이 차단된 상태에서도 자동 및 수동으로도 구동이 가능하도록 설계 및 설치를 하여야 한다. 드랜치 시스템은 화재시에 물의 벽을 구성하여 방화막의 역할을 대신하는 것으로 오픈스테이지 등 프로시니엄이 불분명한 극장건축에 적용되기도 한다.

선진국의 경우에는 방화막을 딱딱한 소재로 제한하는 경우도 있으며 이 경우 작동 속도까지 제한하고 있는데 방화막은 화재발생시 30초 이내에 무대에 착상되도록 하고 있다. 또한 어떠한 동작 상태에서도  $0.28 \text{ kN/m}^2$ 의 기압차에 견딜 수 있는 구조이어야 한다. 국내의 경우에는 방화 셔터의 기준에 맞추는 것이 합리적일 것으로 판단하고 있다.

공연장에서 주로 사용되는 강제 방화막의 경우를 보면 방화막은 무대 바닥에 접근하면 완충기(공압식 또는 유압식)가 작동하여 속도가 떨어지는 구조로 되어있어 무대 바닥의 2 m ~ 3 m 저점까지는 자중에 의해서 떨어지다가 속도가 줄어들어 바닥에 충돌하는 것을 방지한다. 방화막은 착상 후에 프로시니엄 개구부를 완전히 폐쇄할 필요가 있으므로 바닥에 완전히 밀착되는 구조로 설계하여 틈새가 생기지 않도록 한다. 방화막이 작동된 경우 측면으로 연기가 빠져나가지 못하도록 스모크 포켓/가이드를 설치하여 기밀에 가까운 상태가 되도록 한다. 또한 차음판의 경우에도 포켓/가이드를 설치하여 기밀이 가능하도록 설치하는 것을 기준으로 한다.



그림 25 강제형 방화막의 구조

방화막에 대하여는 대부분의 문화예술인과 공연장 전문가들이 그 필요성을 인식하고 있으나 실용성면에서 활용도가 낮고 방화막 밑에 배경 장치를 설치하여야 하는 경우와 배우가 방화막 밑에서 연기하여야 하는 경우 등에 대한 문제점 등이 있기 때문에 부정적인 시각으로 보는 경우도 많이 있다. 이러한 현상들은 기술적 문제나 안전에 대

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

한 필요성과 예술적 활용성의 상호 협의하에 타협을 이끌어 낼 필요가 있다. 기술적으로는 방화막의 소재와 구조 등 아직 방화막에 대하여는 규정이 정해지지 않고 있으나 국내 공연장에서도 조속한 시일내에 방화막의 설치에 대하여 의무화할 필요가 있는 것으로 판단되며 세부적인 기준에 대하여는 방화셔터에 대한 기준을 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

### (2) 배연시설

무대와 관객 공간의 범위 내에는 충분한 크기의 연기 및 가스 배출구가 규정되어 있다. 이 장치의 최소 구멍 횡단면은 규정에 정확하게 확정되어 있으며, 무대 공간 혹은 객석 공간에 좌우된다. 방화막의 경우와 비슷하게 화재 발생시 배연장치는 전원 공급 없이 자동으로 이루어져야 한다. 꽤 많은 나라에서는 배연 배출 시설이 일정한 과중 압력 시 개방되어야 한다는 규정도 있다. 그러나 배연시설은 환기 목적을 위해서도 설치되기 때문에, 보통의 가동 조정 장치도 규정되어야 한다.



그림 26 잘츠부르크 속제 기념 공연 대극장의 배연시설

배연장치의 통상적인 제작 방식은 통풍기이다. 이것은 지붕 범위 내에 보관되는, 가령 수평 축 위로 열릴 수 있는 수직적인 벽 부품이며, 이 때 중량은 자동 열림을 보장한다. 가동에 알맞게 열고 닫기 위해 다시 윈치 구동(기어) 또는 유압 실린더가 사용될 수 있다. 아래 그림은 로프와 활차 등을 거쳐 작동되는 뚜껑 방식(통풍)과 연결된 수직 외부 뚜껑과 수평 내부 뚜껑을 보여주며, 아래 그림은 유압으로 작동되는 간단한 배연장치를 보여준다. 냉난방에 제한되어 배연장치의 동결이 생길 수 있는 곳에는, 배연장치를 밀어 열기 위해 충분히 큰 힘이 작용한다는 점에 특히 유의해야 한다. 이것은 예를 들어 저장 탱크를 사용하여 유압에 의하여 가능하다. 풍력도 고려되어야 한다.

무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해



그림 27 로프, 활차 식 배연장치

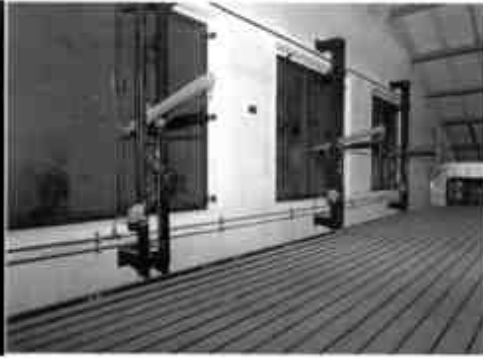


그림 28 유압 기동 장치가 있는 빈 리이분트 극장의 배연장치



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### 4. 하부무대시설

공연장의 하부무대는 공연장의 규모나 활용 목적에 따라서 주무대 하나만 구성된 무대, 주무대와 측면무대가 구성된 무대, 주무대와 양 측면무대와 후무대가 구성된 무대 등 주무대를 중심으로 좌우측, 후면까지 활용을 하고 있다. 이러한 무대 평면상에 공연의 종류나 막 전환, 세트를 위한 측면무대와 후무대는 다양한 하부무대 기구를 활용할 수 있다.

살펴보면 보면 오케스트라 연주를 위한 오케스트라 승강무대, 주무대의 승·하강을 통해서 막전환을 할 수 있는 승강무대, 승강무대가 하강시에 각 측면 및 후무대가 이동하여 장면전환을 가능케 하는 수평이동무대, 공연의 효과 및 전환에 활용이 되는 회전무대 등 다양하게 구성이 된다.

하부무대 설비들은 각 무대를 구성하는 프레임의 무게와 속도에 따라서 상부무대 시설 보다 큰 용량의 전동 방식을 요구하는 것이 일반적이다. 또한 하부무대를 사용하는 데 있어서 무대 바닥을 복제로 활용하기 때문에 온·습도 변화에 의한 무게의 변형을 야기하므로 무게의 선정도 중요하다. 여기서는 이러한 하부무대의 분류와 구동방식에 따른 특징을 살펴보기로 한다.

#### 4.1 오케스트라 승강무대 (orchestra lift)

오케스트라 승강무대는 무대 평면상에 관객과 제일 가까운 곳에 위치하고 있다. 오케스트라 승강무대의 바닥 넓이를 설계할 때 폭은 주무대와 프로시니엄의 크기에 의해 결정될 수 있으므로 연주자 1명이 1 ~ 1.4 m<sup>2</sup>의 면적을 차지하는 것을 고려하여 전체 넓이를 설계할 수 있다.

오케스트라의 규모는 상황에 따라 크게 다르며 연주에 필요한 공간도 다양하다. 콘서트용 무대에 익숙한 연주자는 보다 넓은 공간을 요구하는 경우가 많은데, 최대한 연주 공간은 음량의 밸런스를 해칠 우려가 있다. 각 파트의 이상적인 연주 공간은 아래와 같다.

- 일반적인 악기의 연주자 1인당 1.0 ~ 1.5 m<sup>2</sup>
- 오케스트라 파트의 일부가 무대 하부로 들어간 경우 1.4 ~ 1.5 m<sup>2</sup>
- 피아노 5.0 m<sup>2</sup>, 턴페니 5.0 ~ 6.0 m<sup>2</sup>

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해



그림 29 오케스트라 연주공간

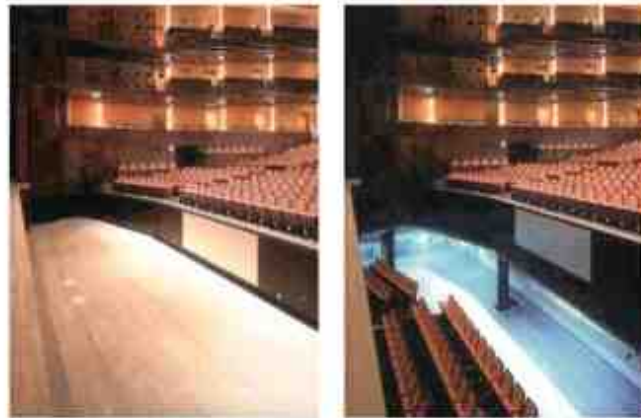


그림 30 오케스트라 리프트

와그너와 스트라우스의 작품이 연주되는 오페라 극장의 경우는 오케스트라는 120명 정도의 대편성이 되는데 이때 무대 위의 가수와 객석의 거리가 너무 멀어지지 않도록 오케스트라 피트의 일부를 무대 바닥 아래로 들어가게 설계하는 경우가 있다. 일반적인 오페라 작품과 뮤지컬의 경우, 40여명 정도를 소화할 수 있는 오케스트라 피트가 있으면 충분할 것이다. 오케스트라 피트 상부에 무대 바닥이 크게 튀어나오는 구조는 음악상 바람직하지 않다고 전해진다. 무대상 들음부의 최대크기는 1.5 m ~ 2 m인데, 이 값은 피트의 깊이와 관계가 있다. 피트의 깊이는 연출가와 지휘자의 기호에 맞추어 무대바닥에서 2 m ~ 3 m의 범위에서 자유롭게 설정할 수 있는 구조로 한다. 피트 내부의 벽면은 암색의 무광택 마무리로 하여 빛이 반사되지 않도록 한다.

세계적인 공연장의 오케스트라 피트의 크기를 보면 핀헨오페라하우스는 159 m<sup>2</sup>의 단일 무대로 구성되어 있으며 바이로이드 속계극장은 138 m<sup>2</sup>, 베를린 독일 오페라하우스는 136 m<sup>2</sup>이며 2개로 구성된다.

최근 오케스트라 승강무대의 구동장치로 많이 사용되는 것은 볼 스크루(ball

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

screw) 방식, 스크루 잭(screw jack) 방식, 스파이어럴(spiral) 방식, 체인(chain) 방식, 시저 잭(scissor jack) 방식, 팬티그래프(pantograph) 방식 등으로 분류할 수 있다. 볼 스크루 방식이나 스크루 잭 방식 등은 스크루 타입의 기둥에 의해 승하강 하는 방식으로 무대가 승하강 하는 동안 발생하는 진동과 압축/인장력을 지탱해줄 수 있는 지지프레임이 필수적으로 함께 설계되어야 한다. 스크루 방식과 팬티그래프 방식은 몸체가 크고 안정적이라는 장점이 있는 반면에 구동력이 많이 필요하기 때문에 전동기의 용량이 커지고 각 지지 기둥간에 축회전 방식으로 연결되기 때문에 베어링과 커플링 부분에서 소음이 발생하는 단점이 있으며 볼 스크루의 경우 외국에서 제작, 수입하여 조립하기 때문에 설치상의 오차가 발생할 우려가 크다. 체인방식과 스파이어럴방식은 최근까지 특정회사의 제품을 사용하여야 하는 단점은 있으나 제품에 대한 신뢰도는 상대적으로 좋은 것으로 알려지고 있다. 체인방식의 대표적인 모델인 링크리프트는 소음이 적고 구동부가 콤팩트하기 때문에 하부공간이 좁음하게 정리되는 장점이 있는 반면에 승강 높이가 제한적이라는 단점을 갖는다. 스파이어럴 리프트는 구조가 간단하고 링크리프트에 비해 승강거리가 조금 크지만 구동방식이 체인구동방식이기 때문에 동력전달과정에서 소음이 발생하는 것이 단점이다. 최근에 많이 추천되고 있는 링크리프트나 스파이어럴리프트의 경우에는 하부공간의 높이가 약 8 m 이하의 중소형 공연장에서 사용하기에는 무리가 없을 것으로 판단되나 대형 공연장의 경우에는 이들 방식을 채택하기 전에 승강거리나 소음 등에 대하여 미리 검토할 필요가 있다. 소음측면에서 볼 때 어떤 구동방식을 사용하더라도 객석 맨 앞열에서의 소음이 최소화될 수 있도록 추가적인 대책을 마련하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



그림 31 스파이어럴리프트



그림 32 체인리프트



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### 4.2 승강무대(stage lift)

승강무대는 무대 장면의 전환, 수평이동무대와와의 연결 등에 사용이 된다. 규모에 따라서 주 승강무대, 보조 승강무대, 소형 승강무대 등으로 나뉘는데 주 승강무대는 주무대에 위치한 승강무대를 나타낸다. 주 승강무대는 주무대의 넓이와 규모에 맞추어서 1개 - 5개로 구성되어 작동하게 된다.

주승강무대는 1단 승강무대와 이중승강무대(double deck)를 사용할 수 있는데 대부분의 공연장이 1단 승강무대를 사용하며 1단 승강무대가 하강한 후에 측면무대나 후면무대가 주무대로 들어오는 구조로 되어 있다. 이중승강무대는 무대세트를 세팅하고 준비하는 공간으로 활용이 되며 이중으로 설치된 경우에는 이중면의 승강무대가 무대바닥까지 상승할 수 있도록 설계가 되어야 한다.



그림 33 승강 무대



그림 34 승강 무대

무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

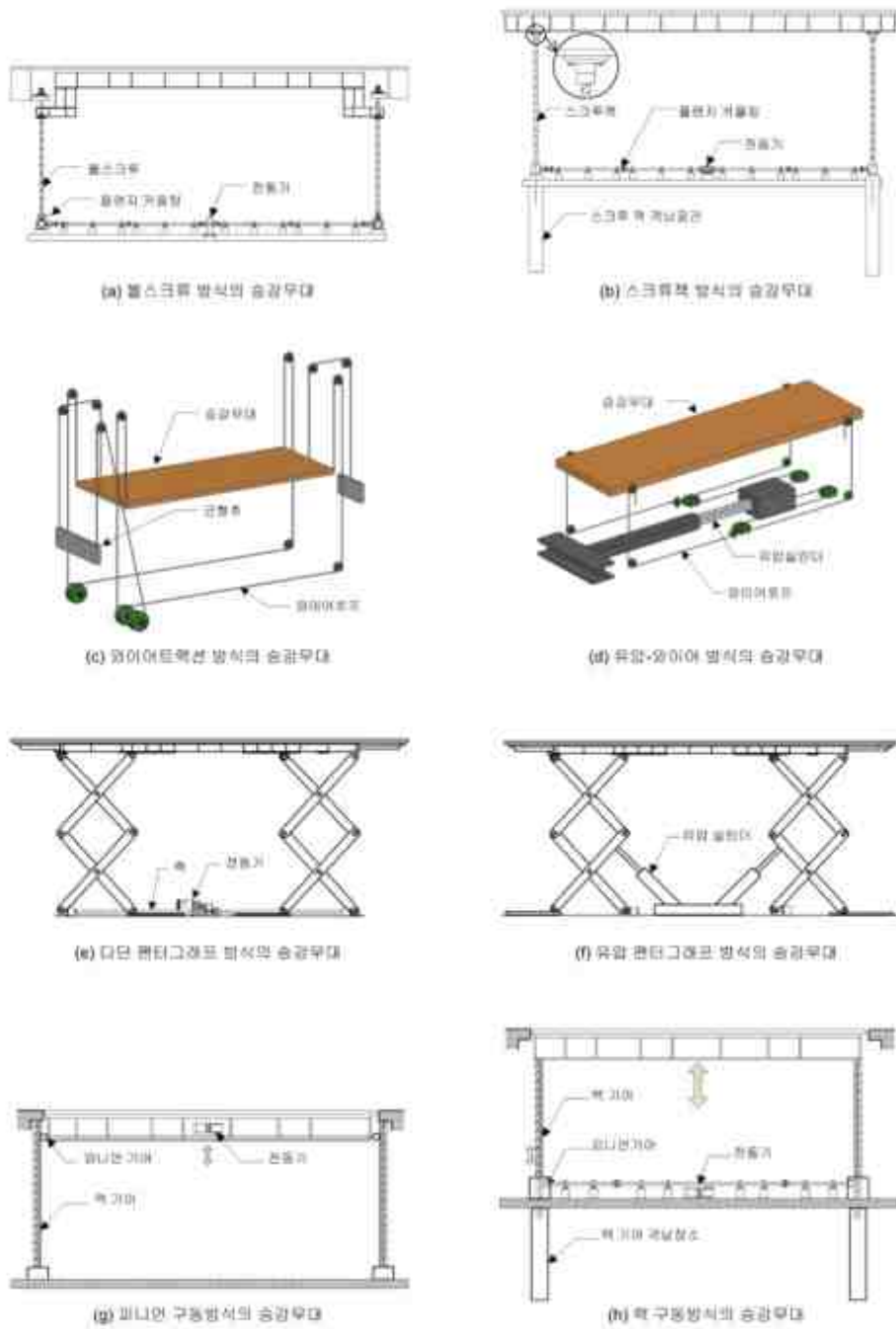


그림 35 승강무대의 구동방식

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

승강무대의 폭과 길이는 프로시니엄의 길이 폭에 2 m ~ 3 m 길이를 더하여 설정하게 된다. 승강무대의 이동높이는 무대의 프로시니엄의 높이인 7 m ~ 15 m 만큼을 설정하며 승강무대의 피트 길이는 이동높이에 1 m ~ 2 m 정도 더 깊게 설정하여 구동부 설치공간 및 작업공간을 확보한다. 보조 승강무대 및 소형 승강무대는 공연의 특성에 따라 사용되도록 하며 보상무대는 이동무대가 주무대로 이동하였을 경우 무대 평면을 동일하게 보상해주는 역할을 한다. 이 보상용 소형승강무대는 1조 ~ 4조의 구성을 갖는다. 또한 오케스트라 승강무대에 지휘자를 위한 소형 승강무대가 설치되기도 한다.

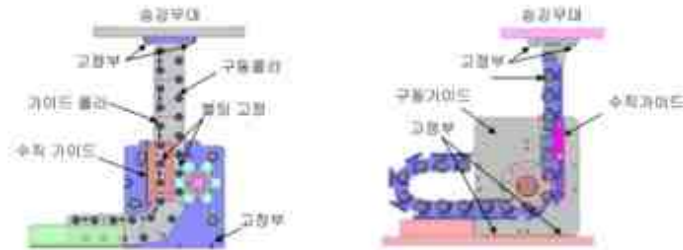


그림 36 체인구동방식의 구동부

유압식 승강무대는 유압을 매개체로 액추에이터가 작동하면서 상승과 하강의 역할을 해준다. 장점으로는 피스톤이 직접 승강무대 프레임에 연결되어 효율이 좋고, 위치정밀도가 뛰어나고 구동시의 정밀도가 좋으며, 하중변화에 따른 성능변동이 적고 동작소음이 작은 것이 장점이다. 하지만 유압 액추에이터의 행정거리가 정해져 있기 때문에 승·하강 높이가 높은 경우에는 이에 맞추어서 설계를 해야 하며, 이를 보완하기 위해서 다단 팬터그래프를 사용하기도 한다. 또한 무대 평면이 수평을 유지하면서 승·하강을 해야 하기 때문에 다른 보조장치들을 필요로 한다. 유압시스템으로 설계시에 실용압력은 2.5 MPa~20 MPa정도가 사용되고 있다

전동식 구동장치를 사용하는 승강무대의 종류로는 볼 스크루 방식, 스크루 짝 방식, 와이어트레션방식, 팬터그래프 방식, 레기어 방식, 체인방식, 스파이어럴 방식 등이 있다.

볼 스크루 타입은 전동기로부터 축이 동력을 전달받아서 2차 감속기에서 플랜지로 연결된 축을 회전함으로써 축의 나선산을 따라서 무대가 승·하강하는 방식을 말한다. 볼 스크루 방식은 스크루의 행정거리만큼 축이 설계되기 때문에 축을 적재할 하부 공간이 필요 없게 된다. 축의 설치는 승강무대 측면부 양쪽에 각각 2개씩, 총 4개의 볼 스크루를 설치하여 작동하게 된다. 볼 스크루 방식에서 볼 스크루는 큰 하중을 받지



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

않고 회전할 수 있어야 하기 때문에 볼 스크루의 고정서 볼 스크루를 고정하는 플랜지 부를 상부에 설치하고 축을 고정하여 승강무대가 구동되는 방식을 사용하고 있다.

스크루 잭 방식은 스크루 잭을 승강무대 프레임에 직접 연결하여 전동기 작동에 의해서 동력이 전달되면 스크루 잭 자체가 상승 및 하강을 하게 되는 구조로서 너트 스크루 방식이라고도 한다. 이러한 구조는 스크루 잭의 행정상 무대 하단부에도 스크루 잭 직납 공간이 확보되어야 하기 때문에 건축단계에서 미리 고려되어야 할 것이다.

와이어로프 트랙션 구동방식의 승강무대는 상부무대설비와 유사하게 전동기와 감속기에 케인드럼을 연결하고 드럼에서 와이어로프를 감는 방식으로 평형추를 사용하여 승강무대를 승강, 하강하는 구조로서 유럽의 공연장에서 많이 사용되는 방식이다. 와이어로프식 승강무대의 장점은 이동속도를 빠르게 할 수 있으며, 행정거리 또한 길게 하는데 무리가 없다. 와이어 트랙션 방식의 승강무대는 와이어로프를 이용하므로 승강거리의 실경이 용이해진다. 또한 승강속도도 높일 수 있다. 하지만 와이어로프의 인장으로 인하여 동작 및 정시 정밀도가 정확하지 않으며, 와이어로프의 세로에 의한 소손, 마모 등이 발생하기 쉬우며 와이어로프의 늘어남으로 인하여 와이어로프간의 장력 불균형 등 와이어로프의 유지관리를 고려해야 한다.

팬티그레프 방식은 시저방식(scissor type)이라고 부르는데 승강무대 프레임에 팬티그레프를 장착하고 팬티그레프의 한쪽방향을 밀고 당기는 구조이다. 단일 팬티그레프 타입의 경우에는 승강높이가 길어지면 팬티그레프의 길이와 승강무대가 하강되어있는 위치에서의 폭이 길어지므로 근래에는 다단의 팬티그레프 방식을 사용하기도 한다.

랙-기어방식은 2가지로 분류가 되는데 피니언 기어가 움직이는 구조인 때는 전동기가 승강무대 바닥 밑에 설치가 되므로 구동 소음이 무대로 유입된다는 단점이 있다. 또한 승강무대 바닥 밑 부분에 전동기가 위치하므로 전원케이블도 함께 승·하강하는 구조로 설계되어 불편하기도 하다. 래이 움직이는 경우에는 래이 승강무대 전동기가 설치된 위치보다 하부로 더 내려가야 하는 구조로 설치가 된다. 기어가 고정되어있는 경우에는 래이 고정되어있는 구조보다 소음이 적고 전원케이블이 움직이지 않아도 된다는 장점과 관리상의 편리함으로 일반적으로 공연장에는 래이 움직이는 구조의 설계를 사용한다.

체인방식과 스파이어럴 방식은 오케스트라 승강무대와 동일한 방식으로 구동된다.

### 4.3 트랩(Trap)

트랩은 소규모 극장이나 오픈스테이지, 원형무대 등의 형태를 취한 공연장에 적용이 된다. 이러한 트랩무대는 복잡한 하부무대를 설치하는 것이 아니라 무대

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

평면을 분할하여 트랩을 설치하는 것을 의미한다. 일반적으로 트랩무대의 바닥 구조로서 보의 구성은 무대 좌우방향으로 프로시니엄과 평행하게 고정 보를 설치하고 무대의 세로방향(무대 앞, 뒤)으로 보강 지지보를 넣어 이것을 분리 가능하도록 한다.

트랩은 활용 목적에 따라서 무대의 평면을 1m×1m, 1m×2m, 2m×2m 등을 많이 적용하고 있다. 때로는 소극장의 전체를 소형 승강무대로 구성하여 10개~16개의 독립된 무대를 설치하기도 한다.

트랩에서 주의할 점은 트랩 덮개가 무대바닥과 동일한 목재이어야 하며, 트랩의 덮개가 형강 등 구조물 위에 위치하게 됨으로서 무대 바닥면에서의 마찰이나 헐거움에 의한 잡음이 발생하여 빠적거릴 수 있다. 트랩 무대를 채용하는 경우 절개부를 설정하는 평면은 주무대의 연기 공간을 개구 내림 높이에 2m이상으로 하고 무대 개구 폭 이상으로 설정을 하고 있다. 그리고 가능한 프로시니엄 영역까지 절개면을 설정함으로써 연기 공간이 앞쪽으로 확대되는 연출기법에 충분한 가능성을 제공한다.



그림 37 New Bolshoi Theatre의 트랩무대

### 4.3 회전무대(revolving stage)

회전무대의 크기는 정확한 수치가 정의되어 있지 않지만 프로시니엄 폭의 0.8배 이상을 설치하도록 하는 것이 일반적이다. 무대 하부공간이 넓어서 프로시니엄 폭보다 넓게 설계하는 경우에는 관객의 시야를 벗어난 공간에서 회전무대를 통한 장면전환이 가능하다. 근래에 들어서는 수평이동무대에 회전무대(turn table)을 장착하여 사용을 한다. 양쪽의 측무대와 후무대가 있는 무대의 경우에는 후무대의 회전무대에 회전무대가 설치되는 것이 일반적이다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해



그림 38 원판형 회전무대(Turntable)



그림 39 원통형 회전무대

회전무대의 구동방식은 와이어로프 구동방식, 마찰바퀴 구동방식, 회전바퀴 구동방식, 기어방식 등이 적용되고 있다. 회전무대의 하중은  $300 \text{ kg/m}^2 \sim 500 \text{ kg/m}^2$ 으로 구성이 되며 승강과 회전이 가능한 무대에서의 회전무대의 하중은  $250 \text{ kg/m}^2$ 으로 설계되는 경우도 있다. 회전무대의 회전 속도는 전동기의 적용에 따라서 속도 가변형과 정속형이 있는데 그 속도는  $60 \text{ m/min}$  정도로 빠른 것도 있다.



그림 40 구동방식에 따른 회전무대의 종류

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 1.무대기계의 이해

### 4.4 수평이동무대(stage wagon)

수평이동무대란 무대 바닥의 일부 혹은 전부를 수평으로 이동시켜 장면의 전환시 사용하는 하부무대설비로 간략히 이동무대라고 한다. 후무대나 측무대의 이동무대를 활용하면 주무대를 하부로 내리고 이동무대를 주무대로 이동시켜 사용함으로써 대형 장치나 배경들을 많이 활용하는 대형 공연에서 다양한 장면을 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

현재 국내에 설치되어있는 이동무대의 경우에는 측면무대는 2조 - 4조로 구성이 되고 후면무대는 1조로 구성이 되는 것이 일반적이다. 이동무대의 속도는 빠른 장면전환을 위하여 12 m/min ~ 50 m/min의 속도로 설계가 된다. 이동무대에 작용하는 하중은 정지 하중 하중이  $400 \text{ kg/m}^2 \sim 500 \text{ kg/m}^2$ , 운전하중 하중이  $100 \text{ kg/m}^2 \sim 140 \text{ kg/m}^2$ 로 적용이 된다.

수평이동무대는 레일이 설치되고 바퀴가 구동되는 형식에 따라서 슬립무대(slip stage)와 왜건무대(wagon stage)로 나뉜다. 슬립 무대는 무대 외부에 구동력을 전달해 줄 수 있는 바퀴를 설치하고 그 바퀴 위를 이동하는 구조를 말하며, 왜건무대는 이동무대 자체에 바퀴가 구성되어 이동되는 구조를 말한다. 또한 슬립 무대의 경우에는 전동기가 슬라이딩 무대의 측면부에 일반적으로 설치되지만 왜건무대의 경우에는 이동무대 자체에 전동기가 설치되곤 한다.



그림 41 수평이동무대

## II. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### 1. 공연장의 개념설계

#### 1.1 오페라하우스

##### 1.1.1 오페라하우스의 주요 구성 및 특징

###### (1) 무대

오페라하우스의 무대는 일반적으로 4면 무대로 구성되는데 4면 무대는 주무대 주위로 2개의 측무대와 후무대가 배치되는 구조이며 4면 무대의 장치는 다수의 부대를 미리 세팅하여 공연중 무대 전환을 빠르게 할 수 있으며, 후무대를 활용하면 무대 안

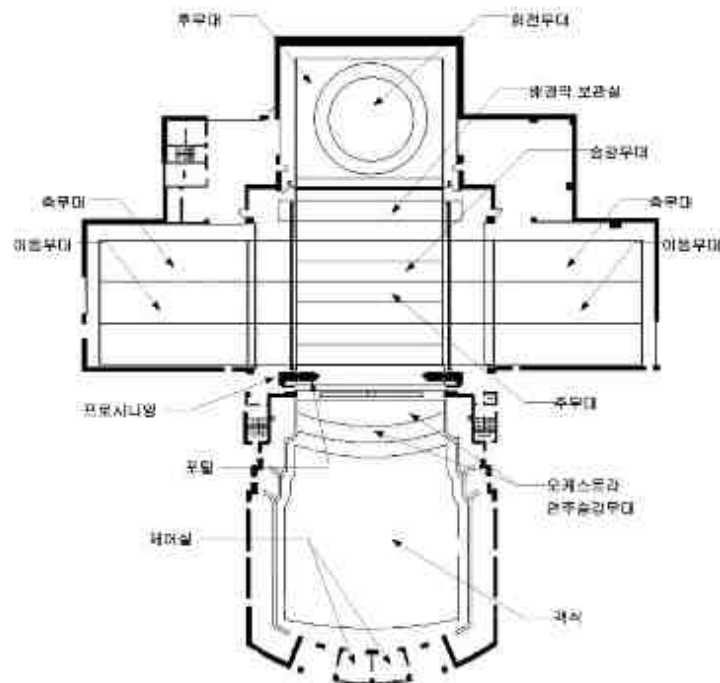
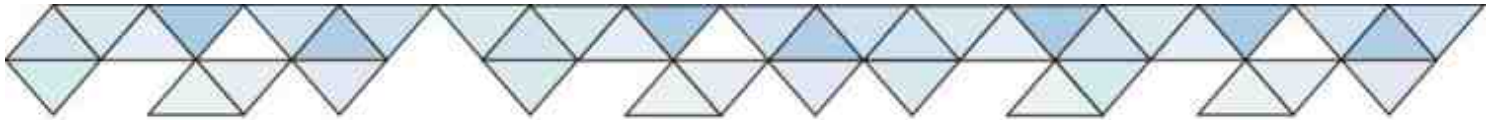


그림 1 오페라하우스 평면도 (예술의전당)





## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

쪽의 깊은 공간까지 활용할 수 있고, 활용 방법에 따라서는 동일한 일정 내에서 다른 시간대에 다양한 작품을 공연할 수 있다. 오페라하우스의 4면 무대는 최근에는 6면 무대나 9면 무대로까지 확장하는 사례가 늘고 있다.

### (2) 무대단면계획

주무대 상부에는, 막시설, 조병시설, 음향시설 등을 적당할 수 있는 상부공간이 있으며 주무대 하부공간에는 배우의 등·퇴장, 무대장치의 승강에 이용하는 승강무대 등이 있다. 주무대 승강무대는 연출의 다양성을 늘리기 위해 2단 승강무대로 구성하는 경우가 많으며 경사무대를 함께 설치하는 사례도 늘고 있다.

### (3) 프로시니엄/포탈

오페라하우스의 프로시니엄 개구부는 시각적으로 보기에 적합한 4:3의 비율을 채택하며 오페라하우스의 프로시니엄 폭은 약 20~25m 정도가 많다. 또한 공연의 종류나 특성에 맞추어 프로시니엄의 개구부의 크기를 조절할 수 있도록 가변식 포털을 설치하며 유사프로시니엄(false proscenium)을 추가적으로 설치하는 경우도 있다.

### (4) 프롬프터 박스

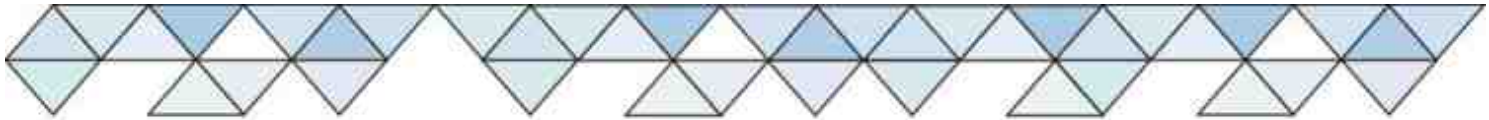
프롬프터란, 오페라 공연 중에 무대 위의 배우에게 대사를 알려주는 역할을 한다. 무대 정면중앙에 사람이 들어갈 피트를 만들고 무대 쪽으로 돌린 뚜껑을 열어 배우에게 대사나 가사 등을 알려줄 수 있도록 한다. 그 뚜껑은 공연마다 무대 세트 디자인과 일치시키기 전혀 눈에 띄지 않도록 한다.

### (5) 오케스트라 피트

무대와 객석사이, 앞무대 왼쪽 아래쪽에 관현악 연주를 위하여 별도로 제공하는 공간을 말한다. 무대전체를 공연에 사용하기 때문에 별도의 연주공간을 확보하는 방법으로서 지휘자가 연주자와 무대 전체의 공연진행을 모두 볼 수 있도록 무대와 객석 사이의 하부 공간을 활용하여 연주공간을 둔다. 오케스트라 피트의 위치는 공연자 측에서는 매우 중요하나 객석과 무대의 거리를 멀게 하여 친밀감을 줄이는 단점이 있다. 오케스트라 피트를 사용할 때에는 음향적인 특성에 특히 주의하여 설계하여야 한다.

### (6) 객석

공연을 감상하는 관객입장에서는 시각적 조건과 음향적 조건을 모두 충족시켜 주



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

기를 바란다. 그러나 오페라하우스와 같이 수용인원이 많은 큰 규모의 공연장에서는 객석 면적이 넓어지며 다층의 객석을 설계하여야 하는 경우가 많으며, 이러한 모든 조건을 충족시킬 수 있는 객석의 설계가 매우 어려워지기 때문에 음향이나 조명등의 부가적인 시설에 특히 많은 고려를 하게 된다.

시각선은 주무대의 끝이 보이는 것은 물론, 오케스트라 피트의 지휘자가 보이는 것도 신경 써야 한다. 음향적 측면에서는 객석이 넓어 고른 음의 분포를 실현하는 것이 매우 어렵기 때문에 객석 양 측면면에서의 음의 반사에 대한 설계가 민감하게 작용한다.

### (7) 측면 투광실(box boom)

측면 투광실은 천장투광실과 함께 공연의 연출면에서 매우 중요한 시설이 된다. 그러나 음향적 측면에서는 무대 근처의 공간에 큰 구멍을 낸다는 것 자체가 음향적 손실이 많기 때문에 투광실의 설계단계에서는 개구면적과 방향 등을 특히 주의하여야 할 것이다.

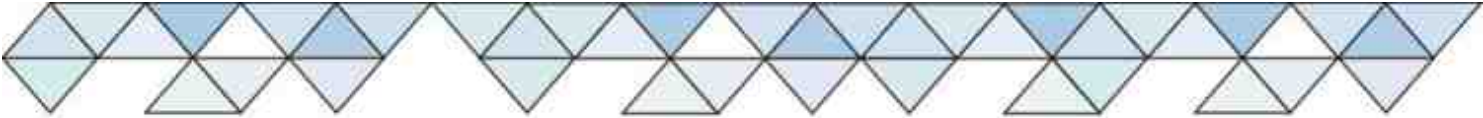
### (8) 천장 투광실

천장 투광실도 조명, 음향 쌍방의 기능이 상극되는 부분이다. 객석 중앙부의 천장에 긴 띠모양의 개구를 필요로 하므로 그 부분만 천장에서 객석으로 전해지는 반사음이 빠져 버린다. 따라서 조명의 측면에서 천장 중앙부에 배치하는 것이 바람직한 천장 투광실의 위치 조건과 음향적 손실을 함께 고려하여 설계하여야 하며 부득이 조명기구수가 부족한 경우에는 발코니와 벽면에 추가적으로 설치하는 방안도 대안으로 활용될 수 있다.

### (9) 객석 의자

오페라는 장시간 공연되는 경우가 많으므로 장시간의 감상에도 안락함을 유지시켜 주면서 관객의 시각선을 확보시켜주고 음향적으로 너무 흡음되지 않는 조건을 만족하여야 한다. 객석은 무대를 중심으로 등갈게 설계하며 수직 시각선과 수평 시각선을 확보하기 위하여 객석의 크기나 등받이 높이, 각도 등을 세밀하게 설계할 필요가 있다.

오페라 전용 공연장의 경우에는 대사나 노래의 명료도를 중시하기 때문에 객석 의자의 흡음효과를 줄이고 의자의 나무부분을 크게 확보하는 경향도 있다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (10) 자막

공연중 대사 인식의 편의를 위하여 혹은 외국어로 공연하는 경우에 통역을 위하여 자막을 활용한다. 자막은 앞좌석 등반이에 화면으로 제공하는 경우도 있고 프로시니엄 상부에 별도로 자막을 두는 경우도 있다. 자막 장치의 원리는 어느 것이라도 무방하지만 관객이 공연 관람과 자막을 동시에 볼 수 있는 적절한 위치를 설정할 필요가 있다.

### (11) 기술지원공간

객석 뒤쪽에는 감독실, 음향/조명제어실, 열사실 등 다양한 기술 공간이 필요하며, 각각의 용도와 기능에 따라 합리적으로 배치한다. 공통조건으로는 대부분의 기술지원 공간에서는 공연 전체를 볼 수 있는 위치에 배치하여야 하며 빛의 반사에 주의하고 내부의 조명에 의해 관객이 방해받지 않도록 주의하여야 한다. 또한 제어실 등의 내부에는 작업자의 작업을 위하여 조작반을 설치하며 테이블의 높이와 각도 등과 조작자의 시각선을 확보할 수 있는 배려가 필요하다.

### 1.1.2 무대시설의 계획

#### (1) 무대기계시설

주무대 상부공간에 설치되는 상부설비는 매달기 방식으로 사용되며 탁시설, 조명시설, 음향시설 등이 있으며 주로 장치봉에 매달아 사용한다. 주무대를 횡으로 가로 지르는 장치봉의 길이는 프로시니엄 개구부의 폭 보다 길어야 하며 일반적으로 주무대 폭 정도로 한다. 장치봉의 간격은 조밀하면 좋겠지만 가시적으로 깊이를 구분할 수 있는 정도로서 약 20~25cm 정도면 좋을 것으로 판단된다. 조명봉은 조명기를 매어달기 위하여 일반적인 장치봉 보다 간격을 조금 넓게 잡아야 하며 조명 브리지의 경우에는 약 60~70cm 정도를 확보할 필요가 있다. 특히 조명봉과 탁시설이 가깝게 설치되는 경우에는 승하강시 조명기에 걸리지 않도록 간격을 확보할 필요가 있다.

하부무대는 승강무대, 이동무대, 회전무대로 구성되며 그 규모가 크고 건축적 조건들과 함께 고려되어야 하기 때문에 건축설계 단계에서부터 함께 고려되어야 할 것이다. 하부무대들은 작동 속도와 적용하중 등이 매우 중요하지만 공연중 작동 소음도 함께 고려되어야 한다. 또한 하부 무대들은 규모가 크기 때문에 조작성과 안전에 특히 주의하여야 한다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (2) 무대조명시설

대규모 대관공연을 고려하여 충분한 조명 회로수와 전기용량, 지원 가능한 조명기구 수 등 다양한 준비가 필요하다.

조명시설은 시대의 발전과 함께 매우 빠르게 발전하고 있지만 조명의 설치와 각도 조절은 엔지니어의 손에서 이루어지기 때문에 수동과 디지털의 극단적인 기술적 대조가 많이 나타나며 이에 대해 조작자는 충분한 능력을 확보하여야 하며 조명시설들도 이러한 기술적 발전에 신속성있게 대응할 수 있는 설비를 선정하여야 한다. 무대 조명시설은 공연장 건립 초기에 예산을 책정하지만 구매는 가능한 한 늦추어 개관 시기에 가장 최신의 장비가 도입될 수 있도록 배려할 필요가 있다.

### (3) 무대음향설비

무대음향설비를 기획하기 전에, 건축음향의 특성을 파악하고 이를 향상시키거나 보상시킬 수 있는 시설들을 기획하여야 한다. 조명설비와 같이 대관 공연에 대비한 충분한 회로수와 전원은 확보하여야 하며, 전기적 환경 조건에 의한 노이즈가 발생하지 않도록 주의하여야 한다. 특히 스피커는 객석 내장 디자인과의 조화를 이룰 수 있도록 하며 레이아웃과 표면 마무리 조건에 대해 건축니테일과 전기유향설계와의 조정이 필요하다.

### (4) 무대연락설비

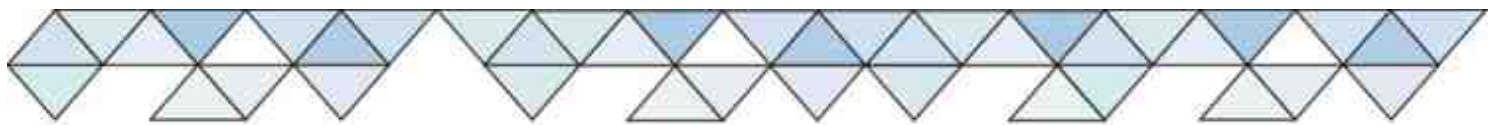
무대감독을 중심으로 출연자, 기술자를 연결하는 연락설비로, 인터컴과 CCTV카메라로 구성된다. 무대, 객석, 기술지원실, 분장실, 로비를 잇는 네트워크로서, 공연장의 구체적인 운영방법에 대응한 설계가 필요하다.

## 1.1.3 부속공간의 설계

### (1) 분장실

오페라는 다른 공연에 비해 출연자의 종별, 인원수가 압도적으로 많은 것이 특징이다. 무대에 등장하는 출연자는, 주연, 조연, 가수, 합창단, 발레단, 그리고 오케스트라 피트에 들어가는 관현악단 등 대규모 공연의 경우에는 수백명에 달한다.

오페라하우스의 분장실 계획에 요구되는 것은 출연자가 더욱 원활하게 무대로 등·퇴장할 수 있는 기능과 동선을 갖출수 있어야 하며 준비중의 마인드 컨트롤을 할 수 있는 환경을 제공하면 더욱 좋은 것으로 보인다. 외국의 사례를 보면 오페라하우스



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

의 분장실이 가지야 할 조건으로 다음과 같은 항목들을 권장하고 있다.

- 무대와 동일한 층에 배치(오케스트라 분장실은 피트가 오르내리는 층에)
- 지회차, 주연급 개인 분장실과 공용 분장실 등 등급에 따른 배치
- 무대 좌우측 분장실간의 연락통선 확보
- 무대의상을 갖고 이동, 교차 가능하도록 복도크기 W, H 모두 2.7m 확보
- 화장실, 샤워 등의 편의시설 배치
- 각 방, 코미의 채광
- 분장실 내의 소리를 고려한 차음계획

또한 출연자 이외의 무대 뒤 기술자들을 위한 대기실, 장치보관실 등도 무대 근방에 배치해야 한다. 각종 참고는 크면 좋겠지만 효율적으로 설계하는 것이 더 중요하다.

### (2) 연습공간

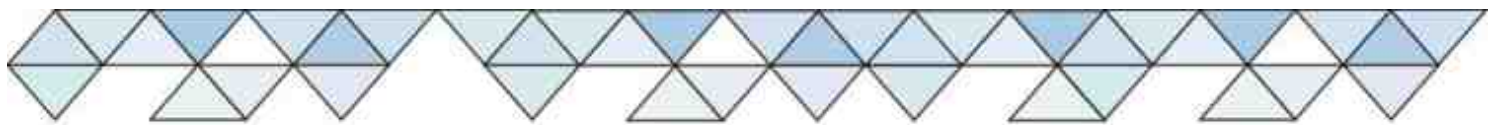
매일 공연이 교체되는 레퍼토리 시스템으로 운영되는 오페라하우스에서는 여러 개의 연습실에서 다양한 공연의 연습이 동시에 이루어질 수 있다. 따라서 관리자의 관리와 배우의 사용성 편의를 위하여 연습실간의 배치 동선을 고려하고 기능적인 공간구성을 하며 소음차폐시설이나 방진설비도 고려할 필요가 있다.

대연습실에서는 무대 위와 동등한 환경에서 리허설이 이루어질 수 있도록 주무대와 같은 조건의 평면 크기와 최저 7m의 유효최장높이가 필요하다.

또한 입체적 연습에 대한 대응과 객석 상부에서 보이는 정도를 확인하는 의미에서도, 주위에 갠리리를 두는 것이 바람직하고, 천장에는 격자 프레임을 설치하여 배정막 등을 매이탈 수 있게 한다.

### (3) 제작실, 보관실

레퍼토리 극장에서는 제작실 및 보관실의 역할이 크다. 장치나 의상등을 공연장내에서 제작할 수 있도록 충분한 공간을 확보하는 것이 가장 좋지만 국내 공연장의 경우에 자체 제작실을 확보하고 있는 공연장은 거의 없다. 장치나 제작의 자체 제작이 불가능한 경우라도 외부에서 제작되어 들어온 장치나 의상 등을 보관할 수 있는 충분한 공간은 확보하여야 한다. 특히 다양한 공연을 수용하기 위해서는 막시설, 장치, 소도구, 의상 등을 보관하는 보관실은 필수적으로 요구된다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### 1.2 콘서트홀

#### 1.2.1 콘서트홀의 주요 구성 및 특징

다른 종류의 공연장의 경우에도 마찬가지지만 특히 콘서트홀에서 더욱 중요한 것은 음향설계이다. 인테리어 공간의 형태와 크기를 조절, 변화시켜 관객에게 가장 감동적인 소리를 제공하는 것이 가장 효과적인 음향설계의 목표라 할 수 있다. 콘서트홀은 음향을 위한 공간이기 때문에 이를 저해하는 기능과 조건들은 가능한 한 양보할 수 있도록 고려하는 것이 중요하다.

##### (1) 내부공간의 음향설계

음향은 감성적인 것이어서 수치적인 값으로만 평가할 수는 없다. 그래도 음향설계의 60%는 정량화된 계량지표로 평가될 수 있는데 이 중에서 가장 대표적인 것이 잔향시간이라고 할 수 있다. 잔향시간은 공간의 체적(기적)과 홀 내부 흡음력의 상관관계로 결정된다. 국내 홀은 대부분 다목적 홀로 설계, 건립되며 건립 후 어쩔 수 없이 내부 벽면의 흡음효과에 대한 조정을 통하여 보상하는 방안이 많이 나타나는 것이 현실이다. 전용 콘서트홀을 건립하기 위해서는 “다목적”이라는 목표를 과감히 배제하는 일에서부터 시작되어야 할 것이다.

음향설계에서 가장 중요한 것은 기하학적인 설계이다. 우리가 일반적으로 사용하고 있는 벽면의 흡음재나 흡음커튼 등은 부가적인 것이며 인위적인 것이다. 모든 종류의 음악에 대응하는 최적의 공간을 설계하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 최적에 가장 가까운 공간구조와 형상을 설계하고 약간의 조정을 위하여 부가적인 것들을 사용한다고 보는 것이 좋을 것으로 판단된다.

일예로 잔향시간을 조절하여야 하는 경우에 벽면에 흡음재를 사용하는 것 보다는 천장에 반사판을 설치하고 그것을 내려 공간의 크기를 줄여주는 것이 더 좋다고 할 수 있다.(물론 이것이 절대적인 것은 아니다.)

##### (2) 무대크기

콘서트홀의 무대는 관객이 보는 것보다 무대로부터의 음을 관객 쪽으로 보내는 역할이 더 중요하다. 따라서 모든 객석에서 고른 음향 특성을 느낄 수 있도록 무대를 설계하는 것이 중요하다.

무대에서는 연주자들 간에 조화로운 음을 형성할 수 있는 구조를 갖는 것도 고려하여야 한다. 원형무대 형식 뿐 아니라 음향반사판을 필수적으로 사용하는 프로시니엄

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

형식의 무대에서는 특히 음향반사판 안쪽의 연주공간 내에서 시간지연을 최소화할 수 있도록 설계하여야 한다. 이것은 음향반사판 안쪽의 연주공간이 하나의 음원이 되도록 하는 것을 의미한다.

### (3) 무대를 둘러싼 벽의 형상

무대를 둘러싼 벽은 소리의 조화(양상률)에 있어서 매우 중요한 구성요소이다. 양쪽의 벽면이 서로 평행하게 마주 보거나 면이 평행하면 임정 방향으로만 반사되므로 조화로운 음이 생성되지 못한다. 무대의 소리는 조화를 이루면서 객석쪽으로 퍼져나갈 수 있도록 벽면을 설계하여야 한다.

### (4) 무대를 둘러싼 벽의 상부 형상

무대에서 생성된 소리는 무대천장에 반사되어 객석쪽으로 퍼져나갈 수 있는 구조여야 한다. 무대가 중앙에 있는 경우에는 천장에 설치된 반사판에 의하여 사방으로 퍼져나갈 수 있도록 한다. 무대가 한쪽 끝에 있는 경우 주로 무대 뒤 상부에 파이프 오르간을 설치하는데 그 바닥 조차도 반사판으로 활용될 수 있도록 설계한다.

### (5) 홀의 중형비

소리가 좋다고 하는 슈박스 형의 콘서트홀은 단면의 중형비가 높이/너비=0.8 정도

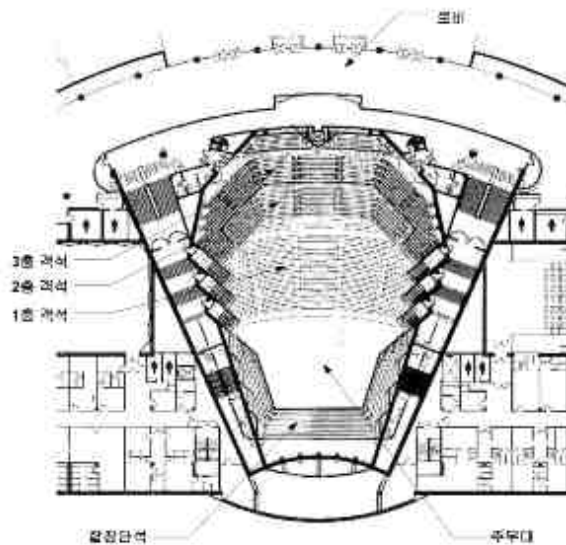
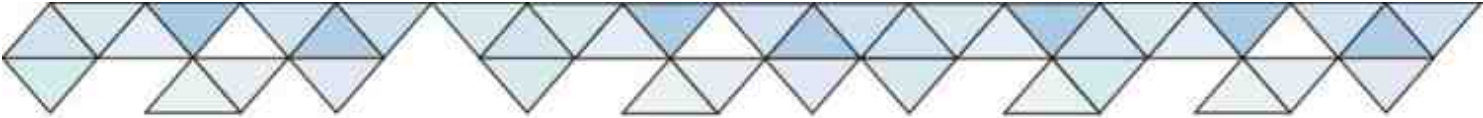


그림 2 콘서트홀 평면도(예술의전당)



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

로 거의 일정하게 나타난다. 이 중첩비는 공연장의 크기에는 그다지 좌우되지 않으므로 이를 고려하여 설계에 반영할 필요가 있다.

### (6) 사이드 발코니

무대 사이드의 발코니에는 객석과 무대의 일체감을 높이는 효과가 있어 슈박스형 콘서트홀에서 많이 채용되는 방식이다. 그러나 사이드 발코니에서는 시각선의 제약을 받는 경우가 많기 때문에 관객의 입장에서는 단점으로 작용하기도 하지만 그럼에도 사이드 발코니가 반영되는 이유는 측면의 변형이 반사에 영향을 주어 소리의 장점으로 전환되기 때문이다.

### (7) 발코니의 돌출 크기

발코니의 돌출 크기는 그다지 깊지 않은 것이 좋겠다. 전기음향에서 화성을 하는 일반 공연장의 발코니석은 안쪽을 깊게 해도 지장이 없지만 음악홀의 경우에는 천장에서 소리가 나오지 않게 되므로 발코니 아래는 알리게 해야만 한다.

### (8) 의자

객석 의자는 최대 2시간 정도는 계속 앉아 있기 때문에 피곤하지 않은 의자가 좋은데 쿠션이 너무 부드러우면 오히려 피곤하므로 적절히 딱딱한 것이 필요하다.

관객은 콘서트홀에서 최대의 흡음제이다. 객석 공간의 음향특성은 만석이든 공석이든 음향적으로 변화가 적은 것이 이상적이지만 사람과 의자의 흡음특성이 다르기 때문에 잔향시간이 변화되는 경우가 많다. 특히 겨울에는 의투 등은 흡음 특성에도 큰 영향을 줄 수 있으므로 불통보관소에 보관하도록 하는 것이 좋다.

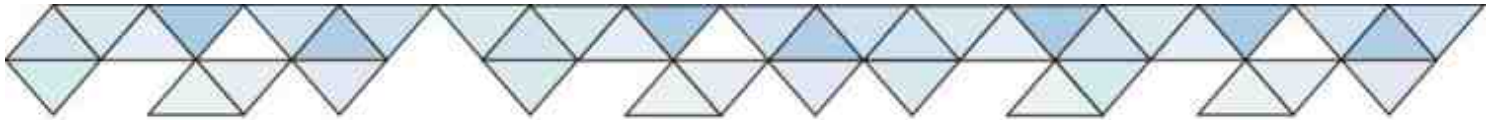
### (9) 발코니 상부의 벽 형상

발코니 상부의 벽은 무대에서의 소리를 일단 천장으로 보낸 다음 천장면의 소리를 반사하여 객석으로 보내는 2차 반사음을 만드는 장소가 되므로 상당히 자유로운 디자인이 가능하다. 단, 이 벽면뿐 아니라 일정한 단일 형태의 반복은 특정 주파수대를 증폭하거나 지우거나 하므로 피해야 한다. 또한 돌출이 없는 평평하고 큰 벽면도 마찬가지로 피해야 한다.

### (10) 객석 측면의 벽 형상

무대 전면의 관객에게는 측면의 벽면에서 반사되어 온 소리가 주된 1차반사음이





## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

된다. 그 경우, 벽면이 평활하면 소리가 그대로 되돌아오게 되어 정각적으로 딱딱한 소리가 된다. 일반적으로 좋고 부드러운 울림을 위해서는 권넛의 흡음한 구멍을 세로방향으로 설치하면 효과적이다.

### (11) 무대전장 형태

무대의 천장도 무대 벽면과 마찬가지로 양상분에 이용한다. 무대의 천장은 장치봉, 조명봉, 마이크 등의 장부시설이 매달려 있기 때문에 선전적으로는 천장으로서의 형태를 취하기는 어려운 곳인데, 무대 후벽과 마찬가지로 돔형상으로 하면 양상분 효과가 있다.

원형무대(arena stage)에서는 양상분을 형성하는 벽이 적거나 무대상부의 천장이 매우 높아서 무대 위에 음향반사판을 매다는 경우가 많다.

### (12) 격자천장

슈박스형 콘서트홀의 객석 천장에는 제크부드 모양의 격자천장이 이용되는 사례가 많다. 천장면은 객석으로 반사음을 보낼 수 있는 최대의 면이다. 격자천장과 장식용 하면 소리를 단일 방향이 아닌 복수의 방향으로 보낼 수 있으므로 복잡하고 깊이 있는 소리가 된다. 발코니 하부의 천장도 격자천장으로 하면 좋은 결과를 얻을 수 있다.

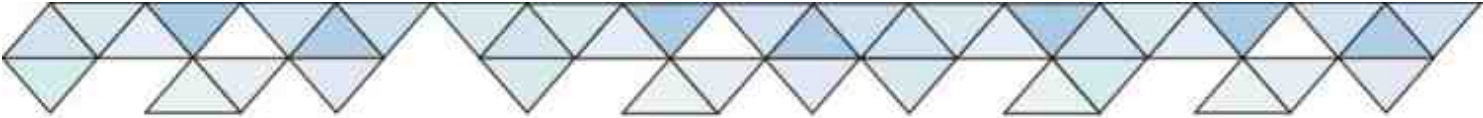
### (13) 천장투광실, 측면투광실

천장투광실과 측면투광실은 앞조명을 위하여 필수적인 시설이다. 그러나 천장면과 벽면의 구멍은 흡음부분으로 작용하기 때문에 음향적인 측면에서는 그다지 바람직한 공간은 아니다. 그러므로 상시 사용하지 않는 경우라면 숨길 수 있는 내안을 마련하는 것도 좋다.

## 1.2.2 부속공간의 설계

### (1) 콘서트홀 공간의 특징

콘서트홀의 대기실 주변은 심플하다. 출연자가 한정되므로, 메이크업과 의상에 드는 비용도 적고, 무대 장치제작실도 없다. 교향악단을 위한 연습공간이 일상적으로 이용되며 콘서트홀의 무대 자체도 연습에 사용된다. 리허설을 관객에게 보여주는 경우도 있으므로 동선계획에도 주의를 요한다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (2) 대기실

대기실(분장실)에는 VIP용과 공용 공간을 마련하는 것이 일반적이다. VIP등의 개인 대기실에는 내방객이 오픈로 응접세트가 필요하다. 보안을 고려한 특별실도 대기실 존에 마련하는 경우가 있다. 대기실에는 분장실로서의 기능 외에 샤워, 화장실, 손톱기 용 피아노가 갖추어진다.

과거에 대기실의 문과 벽을 녹색으로 칠해 출연 전의 긴장을 풀어준다는 의미에서, 미국에서는 그린룸이라는 말이 정착해 있다. 예술가들은 분장실과 무대를 동일한 층에 가깝게 두어 편리하게 드나들 수 있도록 하기를 원한다.

### (3) 연습실

콘서트홀에서는 예행 연습을 위하여 연습실이 필수적으로 요구된다. 콘서트홀의 연습실은 특히 악기별로 그룹별로 연습할 수 있는 다양한 연습실이 제공되는 것이 좋다. 또한 친숙 관현악단이나 연주자들을 위한 악기 보관실을 별도로 두는 것도 좋다.

### (4) 분장실 로비

분장실 로비는 출연대기 장소로, 관현악단과 합창단의 대기 장소가 된다. 분장실 로비는 차분한 느낌의 환경을 제공하여 출연자를 배려할 필요가 있다.

### (5) 피아노 보관실

콘서트홀에서는 악기 보관실이 중요한데 특히 피아노는 부피도 크거니와 통상 동시에 4, 5대는 보관할 수 있는 공간이 필요하다. 그 중 연습하는 경우가 많으므로 문은 방음으로 한다. 피아노 이동을 위해 바닥은 평평하게 한다. 피아노가 벽에 닿으므로 피아노의 높이까지는 쿠션이 좋은 소재로 악기와 벽을 보호한다. 가격이 비싼 악기이므로 공조기를 사용하는 것이 보통인데, 외국에서는 공조 없는 방과 분장실 뒤에 조잡하게 늘어놓는 경우도 많다.

## 1.3 연극전용극장

### 1.3.1 주요 구성 및 특징

연극전용극장의 경우, 프로시니엄 스테이지와 오픈 스테이지의 2개의 스테이지 형식을 기본으로 하면서 배우와 관객의 교감을 매우 중요한 인자로 고려하기 때문에 서

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

로의 심리적 만족도를 충족시키기 위하여 많은 변화가 있었으며 최근에는 다양한 무대 형태로 나타나고 있다.

### (1) 무대공간

무대의 바닥은 주목적으로 하는 공연에 따라 개념이 달라지지만 대부분 조명효과에 영향을 주지 않는 무채색계의 「짙은 회색이나 검정」을 선호한다. 또한 사용법도 전자에서는 신성한 물질로서 더럽혀지지 않게 하는데, 후자에서는 소모품으로 취급되어 못을 박거나 토막을 내기도 한다. 발레공연을 위해서는 무대 바닥 전면에 탄력있는 매트를 깔아서 사용한다.

### (2) 앞무대 공간

최근에는 주무대 공간을 넘어 앞무대로 그 활용범위를 점차 넓혀가고 있으며 이는 배우와 관객의 교감을 넓히기 위한 노력으로부터 시작된다고 할 수 있다. 이와 같이 보다 적극적이고 자유로운 연출의 시도는 다양한 무대시설을 요구하게 된다.

무대를 극대화시켜 앞열의 객석을 무대로 활용하는가 하면 오케스트라 리프트를

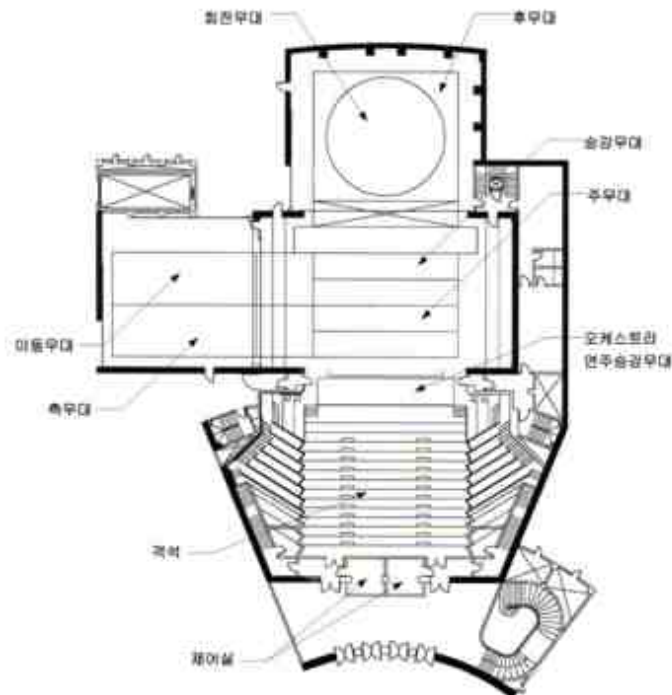
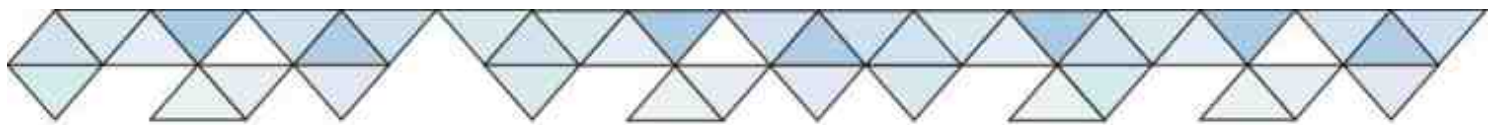


그림 3 연극전공극장 평면도(예술의전당)



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

음려 앞무대를 확장하여 사용하는 등 다양한 연출을 시도하고 있는데 가선보 사용함 수도 있겠지만 시대적으로 발전하는 다양한 연출의 자유도를 높이기 위해서라도 발전된 무대설비를 마련하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 이러한 변화를 위해서 공연장 건설 시에 충분한 전기용량과 배선을 확보하여야 할 것이다.

### (3) 객석공간

연극전용극장의 객석공간은 연기하는 배우의 표정과 미세한 몸짓까지 잘 보이는 범위에서 설계하여야 하며, 소리는 배우의 육성이 무리 없이 명료하게 관객에게 전달될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 객석수를 1,000석 정도로 예상하면, 전체 규모를 무대에 가까운 25m 이내의 범위에 배치할 수 있다. 좌식의 넓이는 안락함보다는 친밀감을 우선 고려하여 조금 좁게 설계할 수 있으며 객석 1석당 유효면적은 0.7㎡ 정도로 설계하여도 무방할 것으로 보인다.

음향면에서는, 오페라하우스보다 약간 잔향시간을 짧게 하여 명료하고 왜곡없이 충분한 소리를 얻을 수 있도록 벽과 천장의 반사·흡음·확산의 성능조건을 고려하여 마무리재의 형상과 재질을 선정하고 색조를 넣어 디자인한다.

현대 연극의 경우, 무대에서는 연출과 조명의 효과에 영향을 주는 명도·채도·위도를 억제할 절은 회색을 선호한다.

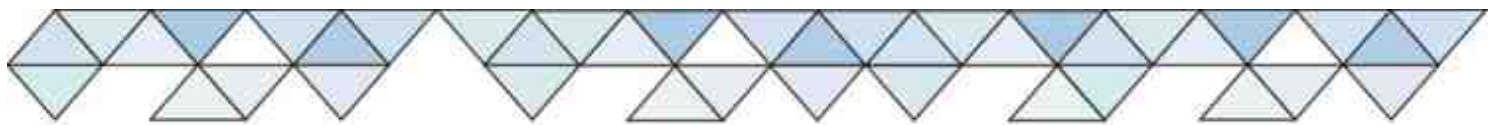
### (4) 객석의 경사

연극전용극장의 객석은 수직 시각선을 확보하면서 무대와 가깝게 하기 위하여 경사를 높이는 경우가 많이 있다. 이렇게 하면 관객이 무대 전체를 볼 수 있어 현장감과 입체감을 높일 수 있다.

### (5) 의자

연극은 장시간의 오페라가 갖는 안락함과 편안하게 소리를 듣기 위한 린서트홀의 의자에 비하여 약간 작고 딱딱한 경향을 띠어도 무방할 것이다. 그러나 기본적으로 흡음효과에 대한 고려는 필요하다. 최근의 연극전용극장에서는 캐주얼한 복장에 맞추어 일상적인 분위기를 만들어내는 심플한 디자인이 많다.

객석 경사가 급한 연극전용극장의 경우, 좌식 등받이 각도를 객석 위치에 따라 바꿀 필요가 있다. 앞 열일수록 등의 경사를 완만하게 하고, 후열일수록 급하게 하는 경향이 있다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### 1.3.2 무대시설의 계획

#### (1) 프로시니엄 무대 형식의 기본크기

프로시니엄 무대 형식의 경우, 무대의 크기는 프로시니엄 개구부의 크기가 기본이 된다. 프로시니엄은 건축적 개구이며, 포탈은 공연에 맞추어 가변할 수 있는 개구이다.

오픈 스테이지 형식의 경우는, 프로시니엄이 아니라 무대 뒤쪽에 큰 배경막도 없으므로 주무대의 크기가 기본이 되고 무대 상부공간의 높이는 일반적으로 프로시니엄 형태의 공연장에 비하여 상대적으로 낮게 절정된다.

#### (2) 철골 바닥

무대의 바닥은 하부무대의 사용여부에 따라 달라진다. 특히 최근에는 무대시설을 많이 활용하는 경우와 무대시설을 거의 활용하지 않는 극단적인 특성이 많이 나타나고 있다. 이것 역시 다양한 연출을 원하는 요구에서 시작되어 무대시설을 최소한으로 줄이고 무대바닥을 기질무대와 같이 모듈화시켜 사용하는 사례가 늘어나고 있으며 일종의 트랩무대와 유사한 형태로 탈진하고 있다. 필요에 따라 바닥 배널을 제거하고 필요한 곳에 필요한 크기의 구멍을 만들 수 있기 때문에 기질 무대장치와 연출에 이용할 수 있다.

#### (3) 무대바닥

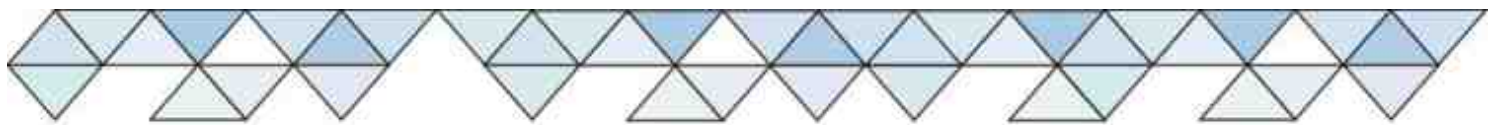
현대의 연극무대에서는 연출의 다양성을 고려하여 물과 보레를 까는 연출을 예상해 둘 필요가 있다. 바닥의 고하중(500kg/m<sup>2</sup>) 대응과 바닥 아래에 방수 및 배수설비를 하는 것을 잊어서는 안 된다.

#### (4) 무대 상부공간

기본적인 개념은 오페라하우스와 같다. 상부무대시설을 사용하는 경우 그리드의 높이는 무대 개구부 높이의 2.5~3배 정도로 설계한다.

#### (5) 포털

프로시니엄 양쪽에 설치하여 프로시니엄 개구부의 크기를 조정하는 무대기구로서 포털 타워와 포털 브리지로 되어 있다. 브릿지 무선형이 일반적인데 조명시설을 설치할 수 있도록 브리지로 제작한다. 경우에 따라서는 킨이나 티지를 이용하여 소프트 포털을 활용하기도 한다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (6) 방화막

최근들어 국내에서도 방화막에 대한 문의가 많아지고 있다. 무대에 방화막을 설치하는 것은 매우 불편한 일임에는 틀림없다. 그러나 만일의 사태에 대비한 안전이라는 측면에서 가능하면 방화막을 설치하는 것이 좋으며 운영상의 불편은 현실적인 면을 고려하여 완화하여 적용하는 것도 좋은 것이다.

### (7) 면막

오페라나 연극에서는 면막이 필요하다. 일반적으로 면막은 공연장의 얼굴 역할을 하기 때문에 매우 고급스럽게 제작하려는 의도가 많이 있으나 연극진흥국장의 경우에는 승강 및 인환이 가능한 형태로 하고 벨벳을 이용하는 정도로 충분할 것으로 판단된다.

### 1.3.3 부속공간의 설계

#### (1) 분장실

현대 연극의 기본은 오페라하우스와 같다. 분장실은 리허설부터 본 공연까지 거주하는 곳이 된다. 하루일 경우도 있고 봉인으로 몇 주간 계속되는 경우도 있다. 기능적으로 사용하기 쉬운 뿐 아니라 쾌적하고 편안한 공간으로 하는 것이 좋다.

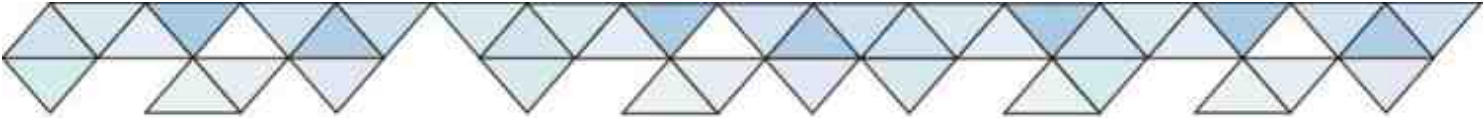
연극은 오페라 보다 출연자가 적지만 대부분의 필요한 시설들은 모두 갖추어야 한다. 네중소 분장실, 메이크업, 의상, 미용실 등과 공연에 필요한 다양한 지원공간이 필요하다. 분장실의 위치도 무대 바로 뒤쪽에 배치하여 능통장이 편리하게 제공할 필요가 있다.

#### (2) 대기실

오페라 보다는 작은 대기실 공간이 필요하며 작은 카운터를 설치하면 소품을 두는 곳과 작은 휴식공간이 될 수 있다. 이 대기실은 출연자와 스태프를 위한 공연시·리허설시의 휴식과 담소, 만남과 정보교환의 장이 되기도 한다.

#### (3) 리허설실

무대와 인접하고 바닥면적이 같은 크기이면 된다. 천장높이 4.5~7m정도, 바닥재는 무대와 같은 마무리로 한다. 리허설뿐 아니라 작은 홀로서 또한 출연자가 많은 경우,



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

대분장실로서 다목적으로 이용할 수 있다.

### (4) 반출입구, 반송용 EV

대형 매경이나 장치류의 반송에는 대형 컨테이너 차량이 사용된다. 따라서 오페라 하우스와 같은 반출입구는 원장높이(40m)와 화물열의 하적을 고려한 플랫폼을 갖추어야 한다.

### (5) 기술지원실

현대 연극의 경우에도 기본적인 개념은 오페라하우스와 같다. 단, 음향제어실과 조명제어실의 개방성 요구는 더 강하다. 극장에서 음향효과와 조명효과가 하는 역할이 증대하는데 따라 오퍼레이터로부터 객석의 관객과 동일조건에서 보면서 작업하고자 하는 강한 요청이 있기 때문에 앞으로는 제어실 이외에 객석 후면부에 별도의 제어공간이 필요할 것으로 보인다.

## 2. 세부공간계획

### 2.1 무대와 객석

공연장의 공간을 계획하는 과정에서 가장 중요한 것은 무대와 객석을 계획하는 것이며 이를 위하여 기본적인 무대와 객석의 형태에 대하여 이해하는 것이 필요하다.

#### 2.1.1 무대의 형태와 크기

“무대(stage)”는 공연이 이루어지는 공간으로 정의하며 예술적 행위가 연출되는 공간으로서 “연출공간”이라고도 한다. 여기서 관객들에게 보여지는 공간이 가장 중요한 공간으로서 주무대라 하며 무대의 크기나 객석과의 관계는 공연 형태에 따라 달라진다. 역사적으로 배우와 관객과의 관계는 다양한 형태로 이루어진다.

무대의 형태는 역사적으로 많은 변화를 이루어 왔으며 오늘날의 무대는 대부분 다음과 같이 분류될 수 있다.

- ① 프로시니엄무대(proscenium stage) : 관객은 한쪽에 앉도록 배치되며 그 반대 쪽에 무대가 설치되고 무대 앞에는 프로시니엄이 배치된다.
- ② 돌출무대(thrust stage) : 무대의 일부분이 객석 쪽으로 튀어나와 있어서 객석이 무대의 3면을 감싸는 형태
- ③ 원형무대(arena stage) : 무대의 둘레 전체를 객석이 둘러싸고 있는 형태
- ④ 가변무대(black box stage) : 객석의 좌석이나 무대의 형태를 공연에 따라 바꿀 수 있도록 한 형태

무대의 모양이나 크기는 공연장의 기획단계에서 사용자, 건축가, 컨설턴트 등의 협의에 의해 결정된다. 이 결정은 설계단계에서 가장 중요한 것이며 무대의 형태와 크기를 결정하기 위해서는 다음과 같은 요인들이 작용한다.

- o 무대를 어떤 형태로 지을 것인가?
- o 건립하고자 하는 공연장이 전용공연장인가 다목적 공연장인가?
- o 오케스트라의 연주공간이 필요한가?
- o 무대 공간이 몇 개 필요한가?
- o 무대 공간을 차지할 특별히 큰 무대시설이나 장치를 계획하고 있는가?



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

무대 공간 자체는 강구조 혹은 콘크리트구조로 지어진다. 공간 내부 표면에서의 빛의 반사를 없애기 위하여 천장을 포함한 모든 무대 공간의 벽면은 무광 검정색으로 도색한다. 그것이 불가능한 경우에는 적어도 프로사니엄 아치의 높이보다 높은 곳까지 무광 검정색으로 처리하여야 한다.

### 2.1.2 무대와 객석의 형태

객석을 계획하는 기본원리는 객석과 무대를 동일한 건축 공간 내에 두어, 연기하는 사람과 보는 사람의 관계를 가능한 한 가깝게 하는 것이다. 관객의 관심의 초점은 무대의 진행이며, 관객은 무대 중심을 향해 자연히 집중하는 경향이 있다. 객석과 무대의 형태는 무대 중심을 기준으로 객석이 무대주위로 펼쳐져있는 면위(객석의 전개각도)에 따라 분류할 수 있다.

일반적으로 공연장에서 객석공간을 계획하기 위해서는 평면적인 객석의 형태와 공간적인 객석의 형태로 나누어 볼 수 있다. 공간적인 개념은 시각적인 한계보다는 음향적인 한계를 극복하기 위한 다양한 형태의 공간이 제시될 수 있다. 반면 평면적인 객석의 형태는 무대와객의 관계에 의해 결정된다. 평면적인 개념에서 객석과 무대의 형태를 이야기할 때는 객석이 어떤 형태로 무대를 둘러싸고 있는가를 기준으로 분류하며 이에 따라 결정되는 무대의 형태에 의해 객석의 평면 형태는 자연스럽게 결정된다. 여기서는 편의상 이러한 무대와 객석의 관계를 기준으로 객석의 형태를 분류하였으며 객석공간에 대한 형식의 문제는 본질적으로 3차원으로 생각해야 할 문제임을 잊어서는 안 된다.

#### (1) 객석의 전개각도 : 360°

무대 주위를 모두 객석이 둘러싸는 형식으로, 원형무대(arena stage), 아일랜드 스테이지(island stage), 센터 스테이지(center stage)라고 불리기도 한다.

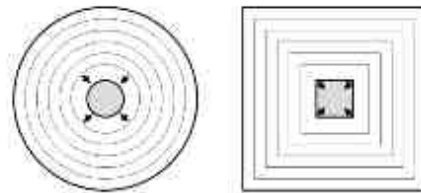


그림 4 객석의 전개각도 : 360°

배우의 무대 등장은 관객의 사이를 지나거나 무대 바닥을 뚫리게 된다. 공연중 무대에 무대 배경이 되는 것은 두지 않아 수평방향의 사이트 라인에 문제가 생길 일은 없다. 이 형식의 전형적인 예는 서커스이다. 또한 스포츠 스타디움의 대부분도 360도 형식의 객석이다.

360도 형식을 갖는 공연장은 대부분 소형이다. 무대에 서는 배우는 일부 관객에게

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

항상 등을 돌리게 되는데, 이것은 배우의 연기를 충분히 감상할 수 있는 거리가 제한된다는 것을 의미한다. 일반적인 엔드스테이지 형식의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 세부적인 연기가 보이는 거리는 20m 정도이다. 이것은 배우가 관객을 정면에서 바라보는 것을 전제로 한다. 그러나 배우가 관객에게서 등을 돌리는 경우 이 거리는 10m 이하로 줄게 된다. 원형극장의 경우, 이 한계거리는 마지막열의 좌석에서 무대 반대측 끝까지의 거리를 의미한다. 따라서 원형극장의 좌석 공간은 대략 6~7열 혹은 최대 10열 정도로 구성하여 단층으로 설계하며 관객 정원은 300~400명으로 한다. 적절한 시각거리의 범위에 보다 많은 좌석을 확보하기 위해서는 좌석을 다층으로 설계할 수도 있다.

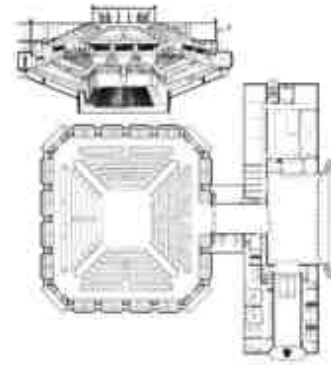


그림 5 워싱턴 원형무대  
관객 정원은 300~400명으로 한다. 적절한 시각거리의 범위에 보다 많은 좌석을 확보하기 위해서는 좌석을 다층으로 설계할 수도 있다.

### (2) 대향형 무대(Transverse stage)

대향형 무대의 사례는 16~17세기 영국의 common wealth 시대로 거슬러 올라간다. 관객은 무대를 사이에 두고 양쪽의 객석에 앉으며 어느 쪽의 객석에 앉을지는 사회적 계층에 따라 결정되었다.

독일의 만하임 국립극장(Mannheim National Theatre)는 중앙에 무대가 있고 그 좌우에 객석이 있는 형태이다. 프로시니엄 형태의 오페라 하우스는 1,200석의 객석을 갖추고 있으며 좀 더 작은 다목적 극장은 객석수를 606석에서 871석 사이에서 조절할 수 있다. 일반적으로 대향형 무대는 가설무대로 설치하여 사용하는 것이 보통이지만 만하임 국립극장은 건축형태의 공연장으로 건설된 대표적인 사례이다.

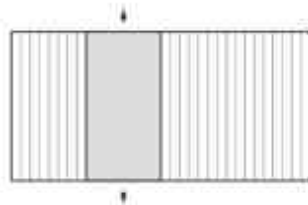


그림 6 대향형 무대



그림 7 만하임국립극장

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (3) 객석의 전개각도 : 210°~220°

고전적인 그리스 헬레니즘 극장은 이 형식이다. 무대 일부는 객석이 없는 무대배후의 수직 벽과 기단부분에 설치한다. 무대는 관객석의 기하학적 중심에 위치한다. 그리스 극장은 후의에 설치되는 점이 중요한 특징이다. 대부분의 극장은 자연 지형을 이용하여 언덕의 중허리를 잘라 건조되었다. 이러한 극장 형태의 대표적인 예는 기원전 4세기에 건조된

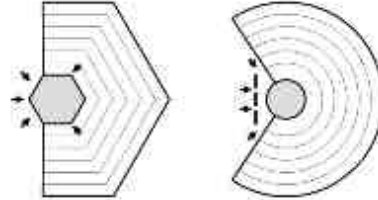


그림 8 객석의 전개각도 : 210°~210°

페로포네소스의 에피다우로스 극장이다. 그 우수한 음향특성은 유명하여 여행 시에는 지금도 콘서트가 열리고 있다.

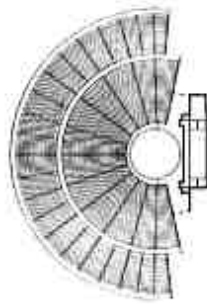


그림 9 The Theatre of Epidauros

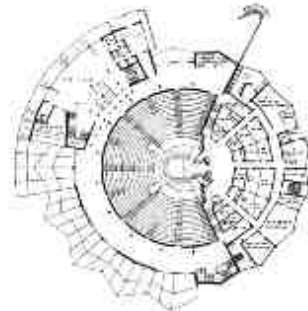


그림 10 스트랫포드 셰익스피어 축전극장

### (4) 돌출무대(Thrust stage)

고전적인 그리스 극장에 가장 가까운 현대의 무대 형태는 타이본 기스리의 영향을 받은 스트랫포드 온타리오, 미네아폴리스, 차체스터, 새필드에 건조된 일련의 “스러스트 스테이지” 무대이다. 객석 수는 스트랫포드 온타리오의 2250석에서 차체스터 페스티벌 시어터의 1350석, 크루시빌 극장의 1000석으로 시대에 따라 감소되었다. 무대 주위의 객석 전개각은 180도 이내로, 관객석은 무대 주위에 균등하게 배치된다. 현재는 옛날과 같은 돌출무대 형태의 극장은 거의 건설되지 않는다.

캐나다의 스트랫포드 셰익스피어 축전극장이나 런던 내셔널 시어터의 올리비에 극장은 객석이 무대를 크게 둘러싸고 있어서 전형적인 돌출무대 형태이며 몇몇 경우는 앞무대의 양쪽에 좌석을 증설하여 돌출무대에 가까운 객석형태를 구성할 수 있도록 한 극장도 존재한다. 그러나 무대 양사이드의 좌석이 객석 전체에 차지하는 비율이 작아 일반적인 엔드스태이지에 비해 공간적으로 큰 변화가 있다고 하기는 어렵다. 무대 양

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

측의 좌석수가 무대정면의 좌석에 비해 극단적으로 적으면 그 곳에 앉은 관객은 독립감을 맛보는 처지가 될 지도 모른다.

### (5) 객석의 전개각도 : 180°

로마시대의 극장은 이 형식에 해당된다. 야외에 설치되는 것은 그리스 극장과 같지만 극장전체를 둘러싸는 건축적인 구조체가 축조되어 도시시설 특유의 외관을 선사하는 부분이 다르다. 통상은 평지에 아치와 돔을 이용한 구조체를 구축

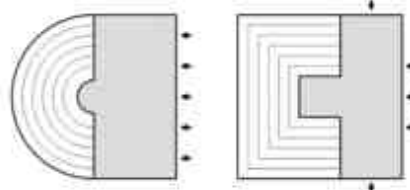


그림 11 객석의 전개각도 : 180°

하여 관객은 출입동로(Vomitory)를 통해 급경사의 원형객석으로 들어간다. 객석의 기하학적 중심은 오케스트라(orchestra)이지만, 연기의 중심은 그 뒤쪽에 위치하는 펠피텀(pulpitum) 혹은 프로시니엄(proscenium)이라 불리는 좁고 긴 무대에 있다. 펠피텀의 뒤에는 경교하게 만든 고정식 무대장치(Scenae Frons)가 있으며 기둥과 아치에 의해 구성된 2층의 프론스스케네(Frons Scaenae)가 축조된다.

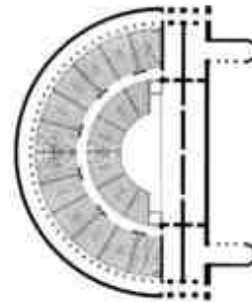


그림 12  
마르셀러스극장(형면도)

로마식 극장은 로마인의 영향이 미친 지역이라면 어디서나 볼 수 있다. 파라디오가 설계한 테아트로 올림피코(비켄쎈)는 초기 르네상스 극장의 일례이며, 그의 사후 1580년에 스카모치의 손으로 완성했다. 이것은 축소한 로마식 극장에 지붕을 얹은 것이다.

### (6) 객석의 전개각도 : 135°

135도의 부채꼴 관객석은 피터홀 경과 존 배리가 제창한 제이징이론(point of command theory)에서 유래하였다. 이 이론에 따르면 무대 전단부에서 약 2.5m 뒤쪽에 서있는 배우가 머리를 회전하지 않고 관객의 마음을 잡을 수 있는 것은 135도의 부채꼴의 범위라는 것이다. 이것은 상당히 넓은 각의 부채꼴인데, 일단 엔드스테이지라 불리는 범위에 있다. 로열 셰익스피어 컴퍼니의 본거지가 있는 바비칸 시어터는 기본적으로 이 형식이다.

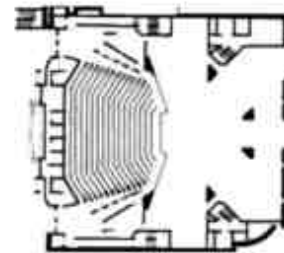


그림 13 바비칸 극장

피터홀 경이 제안한 135도의 부채꼴은 배우가 눈을 움직이기만 해도 관객 전체를 배후시킬 수 있음지 모르지만 실제 연기를 모든 관객에게서 등을 돌리지 않고는 할 수

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

없다. 무대장치 설치범위는 부채꼴 끝에서부터의 시각선에 의해 결정된다. 따라서 이 형식의 무대에서 상연할 수 있는 작품 선택의 범위는 좁아질 수 있다.

### (7) 객석의 전개각도 : 90°

90도의 부채꼴 배치를 채택하는 객석의 경우, 대부분의 연기를 무대장치와 무대뒷벽을 배경으로 하여 볼 수 있고, 반대쪽의 관객이 시야에 들어오는 경우도 별로 없다. 돌출무대에 비해 더 넓은 범위에 무대장치를 배치할 수 있으므로 연출 가능성도 넓지만 여전히 부채꼴 끝에서의 시각선에 의한 제약을 받을 가능성이 있다. 연출기술은 일반 프로시니엄 극장과 그다지 다르지 않다.

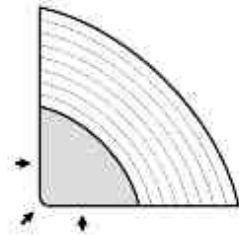


그림 14 객석의 전개각도 : 90°

객석의 부채꼴 배치의 각도가 90도이하가 되면 극장은 엔드스테이지의 성격이 점차 강해진다. 이 형식에서 비교적 소규모 극장은 1층에서 급경사의 관객석을 갖추는 예가 많다. 이 경우 관객의 시야를 양호하게 유지하고자 한다면 약 600석이 한도이다. 관객 정원이 600이상인 경우에는 객석을 1층으로 억제하거나 객석을 복층으로 하도록 검토해야 한다. 관객 정원이 적은 경우에는 더 좋은 조건의 좌석을 늘린다는 관점에서는 객리석의 도입을 고려할만하다. 객리석에는 극장전체의 특징과 분위기를 화려하게 해주는 효과가 있다.

### (8) 객석의 전개각도 : 0°

모든 엔드스테이지형식은 무대와 객석이 동일공간에 있다는 사실을 가장 잘 표현할 수 있는 형식이다. 무대장치의 설치범위를 제한하는 것은 객석에서의 시각선이 아니라 무대의 구조 프레임 그 자체이다. 엔드스테이지 형식의 기본 형태는 선배의 여지없이 주어진 기존 건축물과의 식적으로 선택한 구조 프레임에 맞추어 극장을 선조하는 과정에서 자연히 형성된 것이다. 본질적으로는 프로시니엄 야치와 무대전환을 위한 작업공간이 누락된 프로시니엄 형식이 엔드스테이지 형식이라고 할 수 있다.

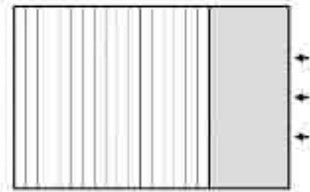
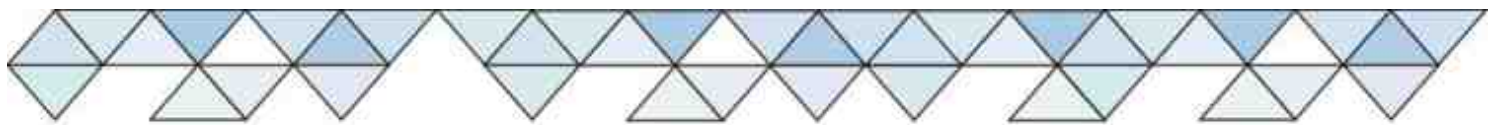


그림 15 객석의 전개각도 : 0°

### (9) 객석의 전개각도의 크기와 효과

객석의 전개각도가 커질수록 무대와 객석사이의 밀접함이 더 강해지고 관객은 더 넓은 시야로부터 들어오는 시각적 효과를 극대화 할 수 있을 수 있기 때문에 더욱 박진감



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

있는 관람이 가능한 장점을 갖는다. 우리나라의 마담극이나 일본의 동경 디즈니랜드의 쇼 등은 프로시니엄 극장에서 관람하는 것보다 훨씬 흥미진진하고 생동감있는 공연이 가능하다. 그러나 전개각도가 커지면 무대 위의 배우의 동작에 따라 관객은 배우의 등만 보게 되는 경우도 발생할 수 있으며 반내편의 관객이 직접 보이는 상태가 되어 배경으로 전락하며 무대 위의 장치류 등도 다양하게 활용할 수 없이 최소화 시켜야 한다. 특히 배우에게 맞추어지는 조명이 뒤쪽의 관객에게도 미취쳐서 눈부심이 발생할 수 있다. 또한 공연장 공간 구성에서 김도되어야 하는 관객과 배우의 동선의 분리가 근본적으로 불가능한 상태가 될 수도 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 이러한 결점을 연출적 기술로 극복하여 관객과 배우의 긴밀한 관계에 의해 극적 효과를 높일 수 있어야 할 것이다.

앞에서는 무대로부터 객석의 전개각도에 따라 무대와 객석의 평면적인 형태가 다양하게 달라질 수 있다는 것을 알았다. 그러나 공연장을 계획하는 디자이너나 컨설턴트 등은 기존의 전통적인 시해를 벗어나 새로운 개념들을 시도하고 있으며 공연예술의 창의성과 더불어 공연장 설계의 창의성이 또 하나의 예술적 분야로 자리잡아가고 있기 때문에 특정 형태를 기준으로 분류하는 것 보다는 관객과 무대사이의 기본적인 관계를 기준으로 한 개념을 도입하는 것이 더 현실적인 분류가 될 수 있다.

### 2.1.3 객석과 무대의 분류기준

최근의 공연장에서는 다양한 장르의 공연이 이루어지고 있으며 객석과 무대의 관계도 다양하게 구성되고 있다. 앞에서는 논리적으로 객석과 무대의 전개각도로 분석하였으나 실제적으로는 아레나 무대 형태의 개방형 무대와 프로시니엄 형태의 분리형 무대로 양분할 수 있으며 소극장 형식에서는 블랙박스라고 하는 가변형식의 무대도 활용되고 있다.

#### (1) 분리형 무대(separated stage)

무대란 관객이 들어찬 객석공간과 구분되어 출연자가 연기할 수 있도록 별도로 지정된 구획을 말한다. 즉, 무대와 객석은 구조적으로 구분될 수 밖에 없는 구조이다. 분리형 무대의 가장 큰 특징은 무대와 객석이 프로시니엄에 의해 명확히 구분되는 것이다. 프로시니엄은 무대 상부의 공간이나 겹무대(wings), 무대 주변의 무대기구나 실리, 배경, 세트 등을 관객의 시야에서 가리우어 다양한 연출이 쉽게 될 수 있도록 도와주는 장점이 있다. 이러한 프로시니엄 무대는 오페라, 연극, 뮤지컬, 발레 등 대부분의

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

전통적인 공연에 적용되며 현재 대부분의 공연장에서 채택되는 무대형식이다.

분리형 무대에서는 화재위험지역을 내화벽이나 방화셔터, 방화막 등을 이용하여 다른 공간과 완전히 분리할 수 있다. 일반적으로 프로시니엄 개구부에 설치하여 화재 등이 발생하면 개구부를 완전히 차단하는 시설을 방화막이라 하며 방화막이 하강하는 동안 무대와 객석 사이로 연기가 이동하는 것을 막아주는 역할도 한다. 격벽의 형식으로 공간을 차단하는 것을 방화셔터라고 하는데 평상시에는 이 방화셔터를 이용하여 차음막의 역할도 수행할 수 있다.

### (2) 개방형 무대(open stage)

일반적으로 프로시니엄 형태의 분리형 무대가 많지만 객석에 대하여 무대를 어떤 형식으로 배치하느냐에 따라 공연의 예술적 교감이 달라질 수 있기 때문에 무대와 객석을 일체감 있게 변화시켜 사용하는 경우도 많이 있다.

개방형 무대는 무대와 객석이 명확히 구분되지 않는 형태로 만들어 하나의 공간 안에 무대와 객석이 같이 존재하며 무대와객의 일체감을 증대시키려는 노력으로 볼 수 있다. 일반적으로 콘서트 홀이나 소극장 등에서 개방형 무대형식을 활용하고 있다. 특히 콘서트 홀의 경우 개방형 무대형식으로는 슈박스(shoe box)형식, 원형무대형식(arena stage), 부채형식 등을 볼 수 있다.

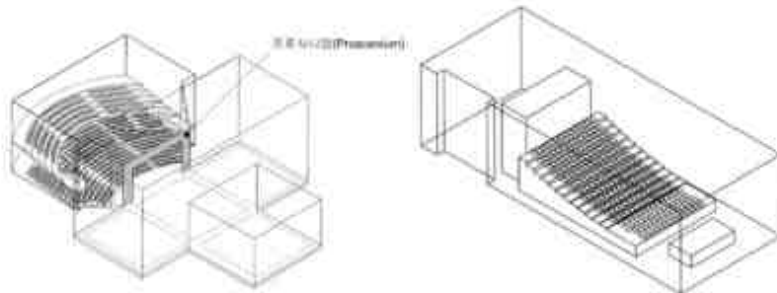


그림 16 프로시니엄 형식

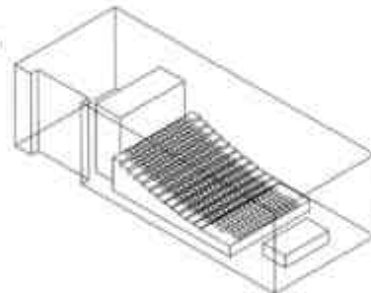


그림 17 슈박스 형식



그림 18 아레나 형식



그림 19 부채형식

## 2.2 무대의 설계

### 2.2.1 공연 장르별 무대의 기본조건

무대를 설계함에 있어서 주무대는 관객에게 보이는 연기공간 (혹은 연출공간)으로서 가장 중요한 부분을 차지한다. 적절한 크기의 주무대 공간을 확보하기 위해서는 공연 장르별 특성을 이해하고 그 특성에 맞는 적절한 크기를 설정하는 것이 좋다.

#### (1) 연극

연극에서는 배우의 크기를 중요한 사항으로 생각한다. 일반적으로 장치나 공간이 배우를 너무 왜소하게 보이지 않도록 배려한다.

일반적으로 무대의 크기는 작게는  $25\sim 50m^2$ 이 일반적이며 최대  $50m^2$ 까지 연기공간으로 사용된다.

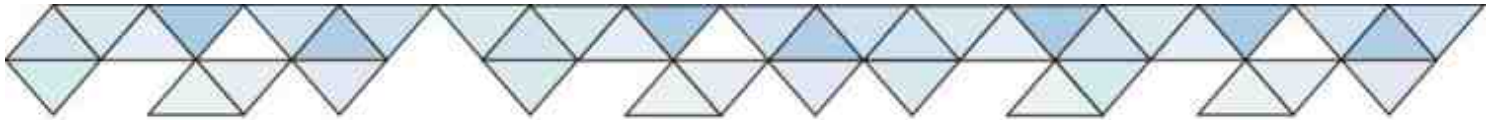
무대의 형태는 프로시니엄 무대의 앞무대까지 연장해서 사용하거나 친밀감이 강조된 돌출무대, 원형무대, 가변형 무대가 선호된다. 대형 승강무대도 좋겠지만 연극에서는 트랩무대를 활용한 연출효과가 많이 사용되므로 적절한 깊이의 하부무대가 필요하다. 상부무대의 경우에는 규모가 큰 배경막이나 장치가 매달릴 수 있는 장치걸이대를 확보하여야 한다. 특히 연극의 경우에는 경사진 배경이 사용되면 좋은 효과를 얻을 수 있기 때문에 그리드의 작업공간과 더불어 포인트 호이스트 등을 제공할 수 있으면 좋은 효과를 기대할 수 있다.

#### (2) 무용

무용은 일반적으로 무대의 형태에 영향을 받지 않을 수 있지만 대체로 프로시니엄 무대형태를 그대로 활용하고 있다. 무용에서 가장 중요한 것은 무대바닥이다. 걸프가 많은 무용 동작에 의해 무용수의 발목 손상이 많이 발생하기 때문에 무대바닥은 특히 주의하여 선정하여야 할 것이다.

일반적으로 주무대 공간은 작은 경우는  $65m^2$ , 중간 크기는  $100m^2$  정도이며 대형 작품의 경우에는  $300m^2$ 까지도 요구된다. 프로시니엄 개구부의 크기는 주로 3:4의 비율로 구성된다. 클래식 발레의 경우 60명씩 등장하는 경우도 있으므로 곁무대(wing)의 공간도 크게 작용할 것이다. 또한 무용 동작은 활동적이기 때문에 상부 높이도 중요하며 일반적으로 약 4.5m 정도를 요구하고 있다. 무용수는 무대 앞에서 자유롭게 등회할 수 있어야 하며, 무엇보다도 움직임을 정확하게 보여주어야 하기 때문에 장치는





## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

최소화되고 조명의 역할이 매우 중요하게 작용한다.

### (3) 오페라

오페라는 많은 가수와 코러스, 무용수가 등장하며 음악을 중심으로 한 언어, 기악 연주나 노래 등의 표현에 알맞도록 설계한다. 특히 공연중 음악 연주를 위하여 오케스트라 연주공간이 무대와 객석사이에 놓이게 된다.

주무대의 크기는 작은 것은  $100\text{m}^2$ , 일반적으로는  $240\text{m}^2$ , 그리고 큰 것은 약  $380\text{m}^2$  정도의 크기를 필요로 한다. 많은 장면을 위한 대형 무대장치와 특수 효과, 그리고 승강무대나 회전무대 등의 대형 하부무대시설이 함께 요구된다. 조명을 위해서는 측면의 조명도 크게 작용하기 때문에 조명탑이 사용된다. 프로시니엄 개구부는 1:2나 2:3의 비례를 사용한다.

오페라에서는 음악이 중요한 역할을 하기 때문에 시각적 한계와 더불어 음향적 제한 조건들을 충족시킬 수 있는 구조이어야 할 것이다. 대부분의 오페라 극장에서 필수적으로 활용되는 연주승강무대는 일반적으로 40~60여명의 연주자를 위한 공간을 배려하여야 한다.

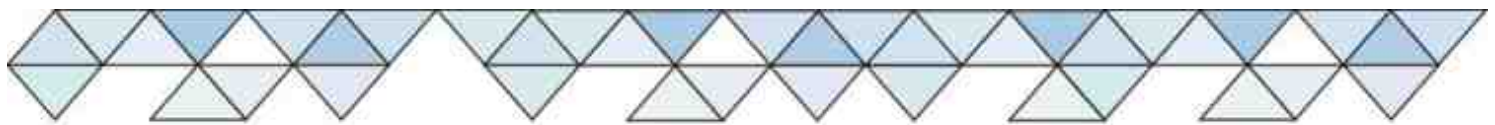
### (4) 뮤지컬

뮤지컬은 무대기술의 지원에 크게 의존한다. 춤과 노래, 연기, 시각적 요소들의 동적 조화를 위해 무대공간은 충분히 넓어야 한다. 또한 뮤지컬은 무대장치의 전환이 공연의 성공여부에 크게 작용하기 때문에 사용하는 무대기계도 극대화 할 수 있도록 충분히 제공되어야 한다. 대부분의 공연장에서는 미리 설치된 장치간이대를 활용하지만 그 위치가 제한적인 수 있기 때문에 상부에 포인트 호이스트 등을 많이 설치하여 활용하는 경우도 있으며 경우에 따라서는 대부분의 상부시설들을 수동으로 설치하고 작품에 맞추어 그리드에서 호이스트를 적절히 배치하여 사용하는 경우도 많다.

뮤지컬도 연주공간이 필요한데 오페라에 비하여는 조금 적은 15~30명 정도의 연주자가 피트나 무대 옆에 마련된 연주공간에서 연주하며 대부분 음악가들의 모습이 관객에게 노출되지 않는다. 연주공간은 작게는  $60\text{m}^2$ 에서 중간 크기는  $120\text{m}^2$ , 큰 경우는  $300\text{m}^2$ 까지 요구되는 경우도 많이 있다. 프로시니엄의 개구부는 1:2나 2:3의 비례를 갖는다.

### (5) 콘서트 등 클래식 음악연주

오케스트라 연주의 경우 규모와 구성에 따라서 다양하게 배열된다. 무대는 연주자



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

당 2~4m<sup>2</sup>의 면적을 활용하며 피아노는 5m<sup>2</sup>, 팀파니는 5~6m<sup>2</sup> 정도의 무대를 차지한다. 현악주자들은 보편대를 같이 사용할 수 있지만 목관악기류는 개별적으로 필요하다. 현대 공연에서는 대형 악기들이 동원되기도 하므로 무대는 가장 큰 규모의 오케스트라가 연주할 수 있는 충분한 공간을 설계하여야 한다. 콘서트 홀은 음향적 특성이 가장 중요하며 상대적으로 시각적인 제한은 줄어들기 때문에 객석의 한계거리는 충분히 늘릴 수 있는 여유를 갖는다. 따라서 콘서트 홀 등은 약 1000석 이상의 객석을 확보하고 있는 공연장이 많다. 클래식 음악연주의 규모에 따라 필요한 면적은 다음과 같다.

- ▶ 밴드 혹은 앙상블 30~50명 : 75~80m<sup>2</sup>
- ▶ 중간규모의 오케스트라 : 120~140m<sup>2</sup>
- ▶ 중간규모의 오케스트라와 50~100명 규모의 코러스 : 170~220m<sup>2</sup>
- ▶ 교향악단 80~125명 : 190~380m<sup>2</sup>
- ▶ 교향악단과 100~200명 규모의 코러스 : 260~325m<sup>2</sup>

### 2.2.2 무대면의 구성

공연에 따라 다소 차이는 있지만 대학로의 소극장 규모가 아니라면 어느 정도는 공연 중 장치 전환을 고려하여야 하며 특히 최근에는 동적인 공연에 대한 선호도가 높기 때문에 다양한 무대시설 뿐만 아니라 걸무대나 측무대를 최대한 활용할 수 있도록 설계하여야 한다.

오페라나 뮤지컬, 발레, 연극 등에서는 출연자가 많고 무대장치를 많이 사용하기 때문에 가능하면 넓은 무대면적을 필요로 한다. 특히 원활한 무대전환을 위해서는 주무대와 양쪽 측무대, 후무대를 갖는 4면 무대나 후무대가 없는 3면 무대 정도를 요구하고 있으며 최소한 주무대와 1면의 측무대는 확보할 수 있어야 한다. 선진 유럽의 경우에는 6면 무대나 9면 무대를 확보하여 다양한 공연을 동시에 준비할 수 있는 능력을 확보한 공연장도 많이 볼 수 있으며 최근에 건립되는 국내 공연장의 경우에도 4면 무대 이상의 무대를 고려하는 경우가 많이 나타나고 있다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

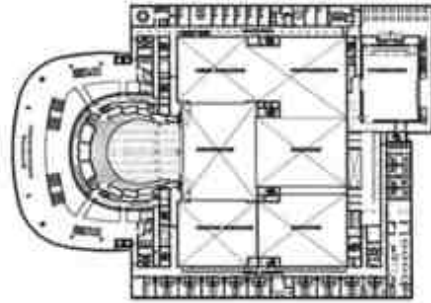


그림 20 코펜하겐 오페라하우스 - 6면무대

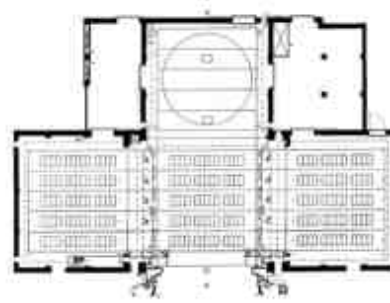


그림 21 동경 신국립극장 - 4면무대

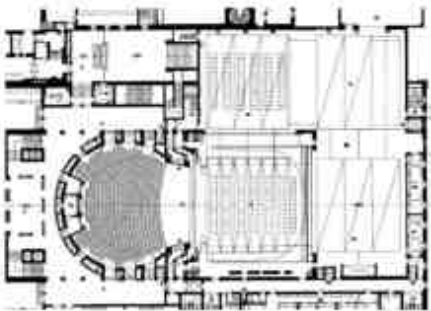


그림 22 린덴 오페라하우스 - 4면무대

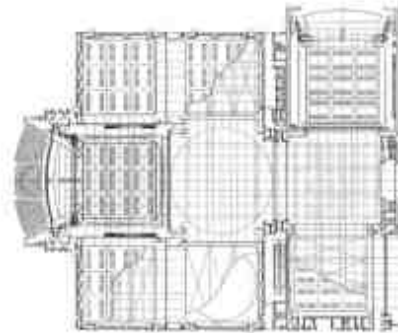


그림 23 바스티유 오페라하우스 - 9면무대

### 2.2.3 무대의 규모

#### (1) 무대의 크기

무대와 무대시설 규모를 결정하는 가장 기본적인 요소는 프로시니엄 개구부의 크기이다. 즉, 어떤 종류의 공연을 주로 할 것인가를 결정하면 무대의 크기를 결정할 수 있으며 이에 따라 개구부의 크기를 계획할 수 있고 이와 더불어 주무대의 넓이와 상부공간, 하부공간의 크기가 자연스럽게 계산된다.

균형있는 무대의 너비를 계산할 때는 우선 무대에서 사용하는 메달기기구의 폭을 고려한다. 무대의 폭은 메달기기구가 승강할 수 있는 여유폭이 확보되어야 하는데 무대의 메달기기구는 무대 개구부의 폭을 기준으로 하여 양쪽에 최소 2m씩의 여유를 두어야 한다. 또한 다리막 양쪽 바깥쪽에 준비공간을 위하여 약 2m의 여유를 두어야 한다. 따라서 무대공간의 폭은 무대 개구부 폭 보다 약 8m 정도의 여유를 확보하는 것이

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

준다.

외국의 경우를 보면 주무대의 크기는 프로시니엄 개구부의 유효폭의 양쪽에 약 2m 정도의 여유를 두는 것을 기본으로 한다. 독일규격에서는 주무대의 넓이로 주무대 양 옆면에 4m씩 배분하여 무대 개구부에 8m를 더한 값을 권장하고 있다. 이 규격은 주무대 영역에 대한 것이고 평형추나 캐전을 측무대에 놓아두기 위해서는 추가 공간이 필요하다. 독일 규격에서 제안하고 있는 주무대의 길

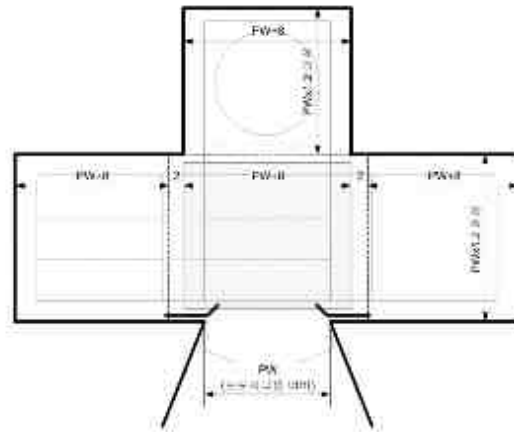


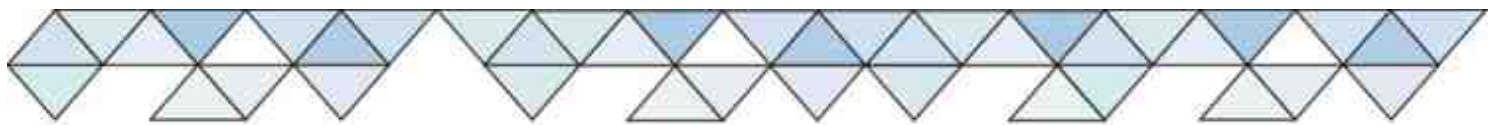
그림 24 무대의 크기

이는 무대 개구부의 3/4이다. 영국에서도 주무대의 넓이로 무대 개구부에 8m를 더한 값을 권장하고 있으나, 무대 길이는 무대 개구부 보다 큰 값을 가지는 것을 선호하고 있다. 실질적으로 무대길이는 주무대와 뒷무대를 포함하기 때문에 무대 개구부 보다 좀 더 큰 것이 좋다. 어쨌든 이상적인 정사각형 주무대의 크기는 무대 개구부에 8m를 더한 값이다. 공연장의 면적에 있어서 대체로 여유가 있는 유럽의 경우를 보면 무대의 크기에 대하여 독일의 극장기술 전문가인 월터 운루(Walther Unruh)가 제시한 기준은 다음과 같다. 그러나 국내의 경우에는 이러한 크기를 충분히 만족시키기는 어렵다. 일반적으로 500석 이상의 공연장에서는 주무대의 폭이 15~18m 이상을 확보하고 있으며 대극장의 경우에는 20~25m의 무대너비를 확보하는 것이 보편화되어 가고 있다.

주무대의 양 옆에 있는 측무대(side stage)나 후무대(rear stage)를 설계할 때는 설치하려고 하는 무대기계의 배치를 고려해야 한다. 주무대 옆의 공간은 왜건이나 슬라이드와 같은 무대기구를 보관하는데 사용한다. 왜건과 슬라이드가 무대 장면으로 전부 차있는 상태에서도 주무대에는 넓이와 길이에서 최소한 2~3m의 여유가 있어 움직이기

표 2 개구부와 주무대의 크기

	개구부		주무대		
	너비(m)	높이(m)	너비(m)	높이(m)	길이(m)
스튜디오 극장	6~12	4~6	12	8	8
소극장	6~15	5~8	15	10	10
중극장	7~12	5~7	24	26	18
대극장	8~15	6~8	26	28	20
오페라 하우스	10~18	6~10	30	30	25



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

에 충분한 공간이 제공되어야 한다. 이 공간을 옆무대(wings)라고 한다.

세건과 슬라이드의 크기는 주무대의 크기에 따라 결정한다. 일반적으로 측무대와 후무대의 최적의 크기는 주무대의 크기 계산 공식(무대 개구부에 8m를 더한 값)과 동일하게 적용한다.

주무대와 붙어 있는 측무대와 후무대는 공연이 진행되는 동안 다음 장면의 준비와 장면 전환의 장소로 쓰일 수 있도록 설계되어야 한다. 이를 위해 승강식 차음벽이나 차음문(sound doors)이 설치되어 보조작업 공간과 주무대를 음향적으로 분리시키는 것이 좋다. 때로는 발화셔터를 내려 차음벽으로 활용하는 경우도 많다. 차음벽의 높이는 주무대와 보조작업 공간을 연결하는 개구부에 의해 결정되며, 일반적으로 프로시니엄 개구부에 맞추어 설계된다.(즉, 이 높이는 작업 공간의 전장 높이와 같다.)

### (2) 곁무대(wings)

곁무대는 무대의 좌우측이 관객으로부터 보이지 않도록 다리막으로 가려진 부분을 말한다. 곁무대는 배우나 장면, 장치 등이 무대로 들어가기 직전에 대기 장소로 활용하며 quick-change 공간이나 매장의 조정공간으로도 활용된다.

실제 단계에서는 곁무대는 주무대에 포함된 면적으로 설계하고 있으며 곁무대는 기능상의 분류로 간주하면 쉽게 이해할 수 있다.

프로시니엄 무대에서 곁무대에 평행추 조정공간을 두는 경우도 있다. 이런 경우에 곁무대의 크기는 평행추 공간을 제외한 공간을 말한다. 곁무대의 너비는 일반적으로 약 2m 정도를 고려하며 주무대 좌우측의 거리가 같도록 한다. 곁무대의 깊이는 주무대의 깊이와 같거나 더 깊게 설계하여 배우나 작업자의 동선이 뒷무대로 이어질 수 있도록 한다.

### (3) 앞무대와 에이프런 스테이지

프로시니엄 개구부의 근처에서는 발화막과 천막의 승하강에 방해가 될 수 있는 어떠한 장치나 도구 등을 방치하여서는 안 된다.

무대에는 세팅라인이라는 제한선을 두는데 이 세팅라인은 무대장치 등을 그 이상 객석 쪽에 가깝게 해서는 안 된다는 점을 나타내는 선으로, 통상은 프로시니엄 개구면에서 약 1m 뒤쪽의 위치가 된다. 세팅 라인에서 무대 앞 끝까지의 부분을 앞무대라 부른다. 경우에 따라서는 객석 쪽에 크게 돌출된 앞무대를 별도로 구별하여 에이프런 스테이지(apron stage)라고 부르기도 하는데 일반적으로는 모두 앞무대로 동일한다. 특히 큰 앞무대는 무대 객석 공간으로 돌출되어 있으므로 오픈 스테이지와 같은 효과를

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

일할 수 있다.

프로시니엄을 기준으로 앞무대와 프로시니엄 안쪽의 무대공간은 동등한 시각조건을 확보하는 것이 곤란하며, 특히 발코니석에서의 시각선 확보는 해결해야 할 문제로 남는다. 앞무대에는 고정식과 가동식이 있으며, 가동식 앞무대는 오케스트라 피트와 접용 가능한 기구를 갖추는 것이 보통이다.

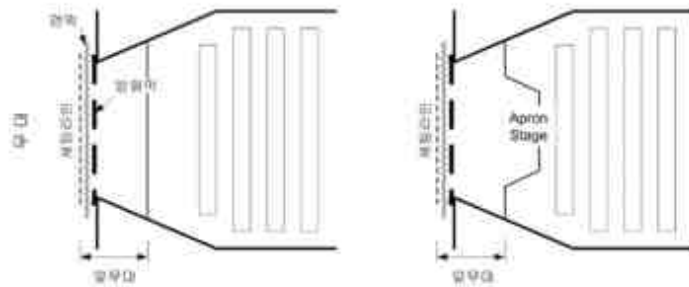


그림 25 앞무대와 에이프런 스테이지

#### (4) 무대 바닥의 소재와 설계하중

구조적인 면에서 보면 대부분의 공연장에서 사용하는 무대 바닥은 배우나 무용수 등의 발의 상해를 막기 위하여 탄력있는 목재를 사용한다. 또한 동시에 무거운 대형 무대장면이나 장치물을 지탱할 수 있어야 한다. 하중이나 진동과 같은 다양한 물리적 외력에 의한 처짐이나 팽창은 규정된 범위내이어야 한다. 처짐율은 길이의 1/360으로 규정하고 있으며 승강무대나 이동무대 등을 사용하는 경우에는 이동부분의 대두리 경계 사이에 틈새가 발생하는데 이 틈새는 약 5mm 정도로 설계하며 최대 10mm를 넘지 않도록 하여야 한다.

일반적으로 무대바닥은 네오프렌 패드, 침목, 합판, 마감 바닥재로 구성되며 무대바닥의 하중기준은 독일에서는  $500\text{kg/m}^2$  영국에서는 약  $600\sim 700\text{kg/m}^2$ 을 지지할 수 있도록 설계한다. 또한 보험관련 기관에서는 좀더 까다로운  $750\text{kg/m}^2$ 를 요구한다. 다음 표 4에서는 영국에서 사용하고 있는 무대 바닥의 최소 설계하중 권장치를 보여주고 있다.

목재는 화재에 약하기 때문에 무대바닥의 소재는 양립이 어려운 상반되는 요인을 만족시켜야 한다. 무대 마루면에 방화구획이 설정되는 일은 없지만 긴급 시에 배우의 피난이 완료되기까지 충분한 강도가 유지되어야 하므로 일정한 내화성능이 요구된다. 재질의 강도나 종류에 상관없이 무대 바닥에 사용되는 목재의 마감재 두께는 최소 32mm 를 기준으로 제시하고 있으며 보통은 약 40~50mm 정도이다. 또한 무대 바닥의 마감 목재에 요구되는 특성은, 열과 습기의 변화에 따라 극단적으로 구부러지거나 줄

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

이들지 않는 것, 무대 장면이나 장치 등을 쉽게 나사로 고정할 수 있는 것, 나사를 뺀 후의 복원력이 충분히 있는 것, 과일되거나 접히거나 하지 않는 것, 미관이 좋은 것 등이다.

공연장의 무대 바닥은 무대의 용도에 따라 마감재를 결정한다. 콘서트홀의 경우에는 미관을 중시하며 딱딱한 목재인 오크나 단풍나무 세질을 사용한다. 연극용인 경우에는 좀 더 연한 목재로서 소나무를 사용

하는데 못을 박는다거나 무대작업에 적합하다. 특히 실험무대나 대학의 교육용 극장의 경우에는 많은 작품을 수용하기 때문에 무대 바닥을 험하게 다룰 수밖에 없는 경우이며 이와 같은 경우에는 마감 목재 대신에 메소나이트(masonite) 패널을 깔아서 사용하는 것이 효율적일 수 있다. 이러한 패널은 페인트 작업이나 목공 작업이 쉽고 오래 사용한 후에는 교체하기도 쉽다. 발레나 무용 전용 무대의 경우에는 탄력성이 뛰어난 목재를 사용하며 무대 바닥의 지지 구조도 충분한 집중하중에 견디며 탄력이 좋은 구조로 설치하여야 한다. 특히 무용 전용 무대의 경우에는 충분한 탄성을 유지하기 위하여 바닥 마감재를 약 5년마다 교체하며 바닥에는 특별히 무용 전용 플로어 매트를 깔아서 사용한다. 몇몇 공연장에서는 춤이나 발레 공연을 위해 두께 2~4mm 정도의 리놀륨 재질의 이동식 바닥재를 설치할 수 있는 시설을 갖추어 놓기도 한다.

무대 바닥면의 마무리 방법에 관해서도 다양한 유의점이 있다. 무대 바닥의 표면은 무대조명이 반사되지 않도록 어두운 색으로 칠해야 한다. 또한 미끄러지기 쉽다는 위험(특히 무용수에게) 때문에 잘 미끄러지지 않도록 마무리하여야 한다. 마감 처리방법

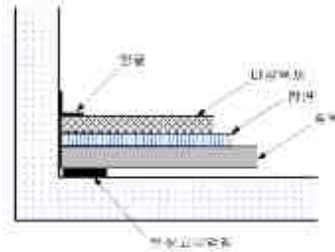


그림 26 무대바닥구조

표 3 공연장 바닥의 최소설계하중 권장치 (출처: Technical Standard ABTT)

구분	조공인상	중형공인상	대형공인상	
무대마루	분포하중	5kN/m <sup>2</sup>	7.5kN/m <sup>2</sup>	10kN/m <sup>2</sup>
	집중하중 (300x300mm)	3kN	4.5kN	7.7kN
조명분	45kg/m	45kg/m	60kg/m	
그리스	최소 2.5kN/m <sup>2</sup> (상부구조물의 하중에 안전을 적용)			
엘리리	3~4.5kN/m <sup>2</sup>			
하중릴러리	최소 5kN/m <sup>2</sup> (생형수 최대하중을 견딜 수 있도록 설계)			
조명브리지	2kN/m <sup>2</sup>			
천장조명부스 및 디버클	5kN/m <sup>2</sup>			

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

으로서 무장택의 도장처리는 무용수 사이에서는 평판이 나쁘지만, 무대 바닥의 청결과 유지관리 차원에서 마무리 도장을 하는 것이 좋다.

### (5) 장치반입구

장치반입구는 현대적인 공연장을 건립하는데 있어서 매우 중요한 공간이다. 무대의 크기를 결정하는 단계에서도 설명한 바와 같이 최근의 현대 공연은 매우 다이내믹한 장면 전환을 많이 보여주며 배경 장치들도 대단히 규모가 큰 무대장치가 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고 대부분의 공연장에서는 별도의 장치제작소를 따로 확보하고 있지 못하며 외부 제작소에서 만들어 공연장으로 운반해오는 경우가 많기 때문에 공연장의 장치반입구는 크게 설계할수록 좋다고 할 수 있다.

장치반입구의 크기와 함께 중요한 변수는 장치반입의 동선이다. 최근에는 대형 배경장치를 트레일러에 실어 반입하는 경우가 많기 때문에 대형 트레일러가 주변의 대로에서 공연장의 장치반입구로 직접 들어와 장치를 내리고 외부로 빠져 나갈 수 있는 진출입로가 제공되어야 하며 트레일러의 높이에 맞추어 반입대(Loading dock)을 설치하고 트럭안의 장치 세트는 수평면상에서 무대하부로 이동하거나 주무대로 직접 들어갈 수 있도록 설계하여야 한다. 장치반입구가 무대와 직접 연결되는 경우, 과거에는 장치반입구와 무대 사이에 장치반입문을 두는 경우가 있었으나 최근에는 그대로 무대로 진입할 수 있도록 하고 있다. 또한 주무대 앞이나 하부승강무대 주변의 공간에는 반입된 개별 장치 세트들을 조립할 수 있는 공간이 제공되어야 한다.



그림 27 장치반입구를 통한 자재 반입

장치반입구의 반입대에 크레인을 설치하는 경우에는 눈이나 비에 젖지 않도록 천정을 갖는 구조로 설치하여야 하며 일반적으로는 트럭의 뒷부분이 건물 안으로 들어와 장치를 크레인으로 들어 올리는 방식을 사용한다. 장치반입구가 무대하부로 연결되어 화물승강기를 사용하여 장치를 올리는 경우에는 화물승강기 주변에 안전에 특히 주의하여야 한다. 일반적으로 화물승강기는 구조가 노출된 형태의 리프트 형태로 제작되기 때문에 사고의 위험이 매우 높아 평상시 뿐만 아니라 사용중에도 작업자의 안전에 특별히 주의하여야 한다.



### 2.2.4 무대의 하부공간

#### (1) 무대 하부 공간

무대 바닥을 포함하여 그 아래의 공간과 무대 지하 바닥은 모두 하부무대공간(under stage)로 분류된다. 무대 하부공간의 설계는 건축하는 극장에 설치되는 무대기계의 전체적인 배치와 밀접하게 관련되어 있다.



그림 28 주무대 하부공간

승강무대가 주무대에 사용되는 경우, 무대 하부의 깊이 혹은 승강무대의 이동거리는 최소한 무대 개구부 높이 이상이어야 한다. 새로 만든 몇몇 오

페라하우스의 경우, 주승강무대의 승하강 이동거리가 15~20m 정도이다. 또한 하부 무대시설의 구동용 기계를 설치하는 하부 피트공간이 필요한데 이는 작업자의 편의와 안전을 위하여 1~3m 정도 확보하는 것이 좋다. 일반적으로 외부로 부터의 장면 및 장치를 받아들이는 장치반입구는 지하로 연결되는데 이곳으로 들어온 장치들을 조립하여 제작하는 공간이 별도로 필요하다. 하부 공간은 출연자와 장치류의 진출입을 위한 하부층과 작업을 위한 하부층 등이 필요하기 때문에 보통은 2~3개 층으로 구성한다.

간단한 구조를 가진 무대 트랩(stage trap) 장치는 그리 깊지 않아도 된다. 무대 트랩은 일반적으로 하부로 들어갈 수 있도록 하부 공간에 2.5~4m 깊이를 요구한다. 무대 트랩이 너무 깊으면, 실제 사용하는 데 있어 문제가 발생하기 쉽고, 주무대와 피트 바닥, 갤러리, 무대지하 등과 연결하기 위해 과도한 높이와 크기의 계단과 접근 통로를 만들어야 한다.

#### (2) 오케스트라 연주공간

오케스트라의 규모는 상황에 따라 크게 다르며 연주에 필요한 공간도 다양하다. 콘서트용 무대에 익숙한 연주자는 보다 넓은 공간을 요구하는 경우가 많은데, 과도한 연주 공간은 음향의 밸런스를 해칠 우려가 있다. 각 파트의 이상적인 연주 공간은 아래와 같다.

- o 일반적인 악기의 연주자 1인당 1.0~1.5㎡
- o 오케스트라 피트의 일부가 무대 하부로 들어간 경우 1.4~1.5㎡
- o 피아노 5.0㎡, 팀파니 5.0~6.0㎡

현악기 주자는 2명에 1대의 비율로 보편대가 있으면 된다. 목관악기 주자는 1인씩

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

다른 파트를 연주하는 경우가 많아 1대씩 보면대를 사용하므로 더 넓은 연주 공간이 필요하다. 타악기를 사용하는 현대음악작품의 연주에서는 큰 공간이 필요하다. 무대바닥 하부에 오케스트라 피트가 깊이 들어가 있는 경우, 피트 안의 소리를 객석을 향해 반사하도록 음향설계상의 배려가 필요하다.

와그너와 스트라우스의 작품이 연주되는 오페라 극장의 경우는 오케스트라는 120명 정도의 대편성이 되는데 이때 무대 위의 가수와 객석의 거리가 너무 멀어지지 않도록 오케스트라 피트의 일부를 무대 바닥 아래로 들어가게 설계하는 경우가 있다. 일반적인 오페라 작품과 뮤지컬의 경우, 40여명 정도를 소화할 수 있는 오케스트라 피트가 있으면 충분할 것이다. 오케스트라 피트 상부에 무대 바닥이 크게 튀어나오는 구조는 음악상 바람직하지 않다고 전해진다. 무대상 돌출부의 최대크기는 1.5~2m인데, 이 값은 피트의 깊이와 관계가 있다. 피트의 깊이는 연출가와 지휘자의 기호에 맞추어 무대바닥에서 2~3m의 범위에서 자유롭게 설정할 수 있는 구조로 한다. 피트 내부의 벽면은 암색의 무광택 마무리로 하여 빛이 반사되지 않도록 한다.

세계적인 공연장의 오케스트라 피트의 크기를 보면 뮌헨오페라하우스는 159m<sup>2</sup>의 단일 무대로 구성되어 있으며 마이로이드 축제극장은 138m<sup>2</sup>, 베를린 독일오페라하우스는 136m<sup>2</sup>이며 2개로 구성된다.



그림 29 오케스트라 연주공간

### 2.2.5 무대의 상부공간

#### (1) 무대 상부공간(upper stage 혹은 fly tower)의 깊이와 너비

개념적으로 무대바닥을 기준으로 상부공간을 상부무대(upper stage)라 하고 무대로부터 상부공간의 그리드까지의 물리적인 공간을 무대탑(fly tower)라고 한다. 상부무대 공간은 무대바닥을 기준으로 주무대 위로 뻗어 있는 공간 혹은 프로시니엄 벽, 후무대 벽(후무대를 가지고 있는 경우라면 주무대와 후무대를 나누는 선), 측무대 벽으로 만들어지는 육면체로 정의된다. 상부무대 공간은 다양한 배경 장치들(예를 들어 배경막, 하늘막, 머리막, 배경관 등)이 설치되어 자리잡고 있는 공간이다. 그러므로 주무대 설계는 그리드 높이까지 확장되어 함께 고려되어야 한다.

무대 상부 공간의 폭에 대해서는 약간의 논란이 있다. 영국에서는 '무대 개구부 +8m×4.3m'를 표준으로 권장하고 있다. 무대 개구부에 8미터를 더한 것은 이미 이야기

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

한 바와 같이 일반적인 주무대의 넓이를 말하는 것이다. 추가된 4.3미터는 무대 오른쪽과 왼쪽에 균등하게 분배되어 측면 갤러리와 상부 무대기구에 필요한 가이드 레일 설치에 사용된다. 하지만 독일 표준에서는 '무대 개구부+8m 이상'을 요구하고 있다. 결국 주무대는 '무대 개구부+8m'가 되고 무대 양 옆은 2m의 갤러리로 사용된다.

다목적 극장 건물의 경우, 무대 상부 공간의 넓이를 크게 하여 음악회에 사용되는 접이식 음향 반사판 같은 추가 장비가 들어갈 수 있도록 한다. 양쪽으로 확장된 상부 공간은 그리드까지 올라가게 되어 해당 건물에 보관 공간을 넓혀주며 작업자의 원활한 작업을 도와준다.

### (2) 그리드(grid)

그리드(grid)의 기능은 매달기기구, 무대기계, 구동 장치를 설치하기 위하여 안전하고 튼튼한 장소를 제공해 주는 것이다. 그리드는 이러한 시설들의 무게뿐만 아니라, 일반적인 공연에 필요한 배경막이나 조명의 무게도 지탱해 준다. 또한 기술자가 쉽게 접근하여 안전하게 유지·보수할 수 있는 공간을 제공한다.

#### ① 그리드의 높이

그리드의 설계에서 우선 결정하는 것은 그리드의 높이이다. 그리드의 높이는 무대의 배경막 등이 불필요하여 위로 올려 보냈을 때 객석에 앉은 관객의 시야에서 보이지 않는 정도의 높이까지 확보하여야 한다.

그리드의 높이를 결정하는 방법은 여러 가지가 있다. 그러나 모든 방법에 우선하여 상부공간에는 무대에서 사용하는 매달기기구를 프로시니엄 개구부의 높이보다 위로 올려 보낼 수 있어야 한다. 즉, 무대 맨 앞 열의 좌석에서의 수직 시각선을 설정하면 모든 매달기기구는 시각선 위로 설치되어야 한다는 것을 의미한다. 무대의 맨 뒤에는 배경을 설정하는 하늘막이 자리잡게 되는데 이 하늘막의 높이는 대부분 프로시니엄 개구부 높이보다 2~3m 높게 설정된다. 따라서 그리드의 높이는 하늘막의 높이에 비해 2배 이상이 높도록 설정되어야 한다. 이것

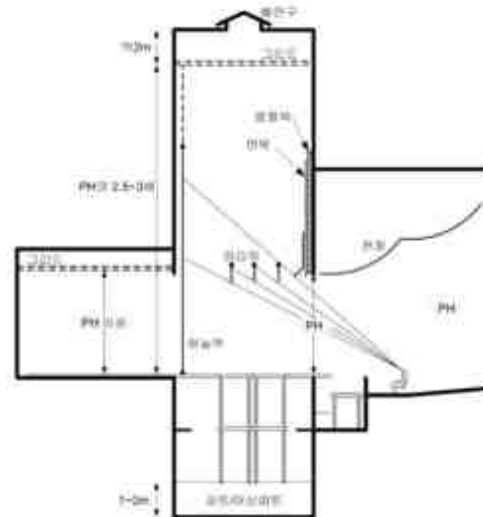


그림 30 상하부 무대공간의 높이

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

을 프로시니엄 개구부를 기준으로 다시 생각해 보면 그리드 높이를 정하는 전통적인 방법 중에서 널리 쓰이는 방법은 프로시니엄 높이의 3배를 사용하는 것이다. 만일 프로시니엄 높이가 12m이면 무대에서 그리드까지의 높이는 36m가 된다. 일반적으로 이 그리드 높이에서는 무대에서 사용되는 배경 시설이나 막시설 위로 충분한 여유공간을 확보할 수 있게 된다.

이와 비교하여, 현대 극장 건축에 관한 독일의 기준에서는 그리드의 높이를 “프로시니엄 개구부의 높이의 두배 + 4m” 정도로 정의하고 있으나 대형 공연장의 경우에는 이 높이는 충분하지 않을 수 있다. 예를 들면 일반적인 오페라하우스의 경우에 프로시니엄 개구부의 높이는 8m 정도로 설계되는데 이때의 방화막의 높이는 약 9m, 하늘막의 높이는 약 10m 정도로 설계된다. 일반적으로 시설의 높이가 가장 높은 방화막과 하늘막을 상부 공간으로 올리면 또 다른 10m 이상의 공간이 필요하며 구동의 안전을 위한 안전거리를 약 1~2m 정도로 설정하면 그리드의 높이는 약 22m 이상이 필요하다. 이 값은 독일의 기준에 의한 20m(=8m×2+4m)를 초과하는 값이다. 따라서 무대 상부 공간의 그리드의 높이는 무대 개구부의 높이의 약3배 정도를 확보하는 것이 좋다고 할 수 있다.

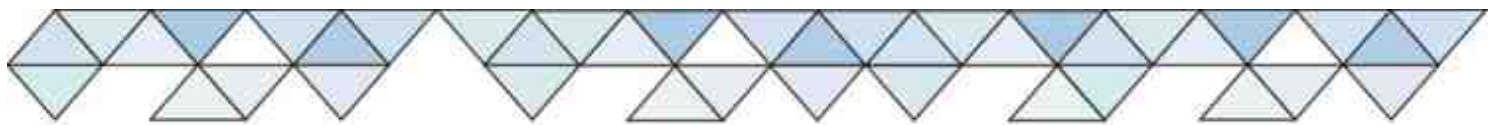
### ② 그리드의 구조

그리드는 각종 복잡한 무대 기계들이 안전하고 견고하게 설치되는 장소이다. 또한 무대기구를 안전하게 유지하고, 보수하기 위한 장소이기도 하다. 무대시설의 상부 그리드는 무대시설의 흔들림이나 틀어짐 방지를 위해 견고하게 지지되어야 하며, 그리드는 해당건축물의 주벽과 견고히 고정되어야 한다.

무대 상부공간의 규모가 결정되면 그리드의 구조에 대한 검토가 필요하다. 그리드의 주요 기능 중 하나는 무대 상부에 개방된 작업면을 제공하는 것이다. 따라서 그리드를 만드는데 중요한 요소는 두 가지이다. 첫째, 그리드 구조물의 무게와 기계의 무게, 추가되는 배경 장치의 무게 등을 지탱해 주는 철재 빔의 설치이다. 둘째, 그리드의 바닥 배치이다. 구조용 빔은 일반적으로 H형강을 사용하여 2~3m 간격의 평면 격자 형태로 구성되어 있으며 H형강 사이에는 C채널이나 쌍으로 된 채널 세트로 구성되어 있고 50cm~1m 간격으로 설치되고 그 사이를 철망 등을 이용하여 작업자의 작업공간을 구성한다. 대형 공연장



그림 31 그리드의 구조 및 상부공간



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

의 경우에 기본적인 구조형상 위에 사각채널을 약 20cm 간격으로 설치하여 그리드 공간을 형성하는 경우도 많다.

그리드의 하중 분포는 두 가지 항목으로 나누어 계산한다. 첫 번째 고려해야 할 것은, 헤드블럭과 활차가 설치되는 구조용 빔과 활차에 가해지는 하중이다. 각각의 장치 결이대(조명 브리지 같은 무거운 장치결이대를 포함)에 걸리는 하중은 3~20kN 범위이며 그리드에 필요한 강도는 이를 바탕으로 계산된다. 두 번째 고려해야 할 사항은, 그리드 작업 면에 대한 하중 규정이다. 예를 들어 뉴욕시 건축 기준(Building Code in New York City)에서는 배경 장치가 설치된 무대 상부 공간의 영역에 대해 하중 규격을 평방 피트 당 50파운드(2.4kN/m<sup>2</sup>)로 하고 있으며, 이는 그리드 무게를 포함한 것이다. 한편 영국이나 독일 기준은 2.5kN/m<sup>2</sup>이다. 이 값들은 최소한의 규정이며 그리드 상부에 무대기계가 배치되는 경우에는 무대기계의 전체무게에 안전율을 고려한 하중값을 적용하여야 할 것이다. 국내에서는 이들 두가지 고려사항을 모두 포함하여 그리드의 설계에 대하여 구조적 안전율은 4이상 확보할 것을 요구하고 있다.

### (3) 그리드 상부 공간

그리드 상부는 점검자 및 작업자의 공간이다. 무대시설에 문제가 발생하면 관리자 혹은 작업자가 그리드의 무대기구를 쉽게 접근할 수 있도록 설치하여야 하는데 이에 해당하는 높이는 1단 그리드의 경우에는 천장과 최소 2m이상의 높이를 확보하여야 원활한 접근 및 작업이 가능하다. 2단 그리드의 경우에는 1단의 전동기구가 설치되는 그리드와 2단의 활차 및 풀리가 설치되는 그리드로 구분할 수 있다. 이와 같은 2단 구조의 그리드의 높이는 1단은 2m, 2단은 2m로 총 4m이상의 높이를 갖도록 설정이 된다. 여기에 추가적으로 고려할 것은 그리드 상부에 배기 덕트 등 공조시설이 지나가므로 이 시설에 의해서 그리드의 접근이 용이하지 않을 수 있으므로 공조시설의 높이를 생각하여 1m의 여유를 두는 것이 바람직하다.

그리드 상부의 조명은 점검자의 원활한 점검을 위하여 평균 조도가 100 Lux이상이 되도록 조명을 설치하여야 한다.

무대조명에 의한 발열, 햇빛 등에 따라 그리드 상부공간은 매우 고온이 되기 쉬운 부분이고 작업과 함께 먼지도 많이 발생하므로 적절한 흡기, 배기 설비가 필요하다. 열악한 환경을 조금이라도 개선하기 위하여 그리드 상부의 벽이나 지붕 등에 환기구를 설치하는 것이 바람직하다. 단, 차음 또는 방수 등의 약점이 될 수도 있으므로 충분한 대응이 필요하다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### (4) 구동기계실(winch room)

국내 대부분의 공연장에는 그리드 위에 전동기나 윈치를 설치하여 사용한다. 그러나 상부시설이 많은 대형 공연장에서는 방음시설을 갖춘 기계실에 상부 구동장치를 별도로 설치하도록 하여 기계 소음이 무대로 내려가는 것을 최소화하는 경우가 많다. 이러한 기계실은 그리드 측면이나 측면 갤러리 위에 만들어지고, 매달기용 와이어로프판이 기계실에 나있는 좁은 틈을 통해 움직이게 된다.



그림 32 구동기계실

### (5) 배연구(smoke door)

무대 상부공간의 꼭대기에는 연기를 배출할 수 있는 배연구를 설치하여야 한다. 이 배연구는 자동으로 작동할 수 있는 구조이며 선진국에서는 배연구의 설치에 소방규정에서 규정하고 있는 경우가 많다. 극장 건물에 보통 사용되는 배연구에는 두 가지 종류가 있다: 해치형과 랑 루버형, 두 가지 모두 비상시 작동을 위해 평형추 무게를 조금 더 무겁게 하거나 스프링으로 힘을 받게 한다. 해치형 배연구는 무대 상부공간의 지붕에 설치되는데, 배연구를 지붕 위로 올려 개방하는 방법과 단순히 지붕에서 개방하는 방법이 있다. 루버형 배연구는 지붕에 해치형 배연구를 설치할 수 없을 때 무대 상부공간의 옆쪽 벽면에 설치한다.

국가별 건물 기준 혹은 소방 규정에 따라 무대 크기와 관련된 배연구의 크기가 결정된다. 예를 들어, 독일의 극장에서는 유효 개구부가 전체 무대 영역의 8%(주무대에 7%, 보조 영역에 1%) 면적만큼 배연구를 설치하도록 규정하고 있다. 영국의 G.L.C.(Greater London Council)에서는 배연구의 크기를 무대 영역의 10%로 정하였다. 루버형 배연구는 해치형에 비해 효율이 떨어지기 때문에 개구부도 더 커야 한다. 예를 들어 독일의 극장에서는 해치형이 8%인데 비해 루버형의 개구부는 12%가 되도록 권장하고 있다. 확장된 앞무대나 오픈무대(혹은 돌출무대)가 있는 극장에서는 객석 천장에도 배연구가 설치되어야 한다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

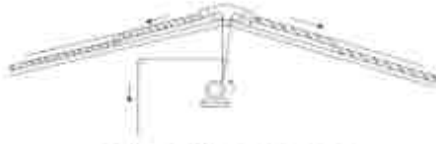


그림 33 슬라이드형 배연구

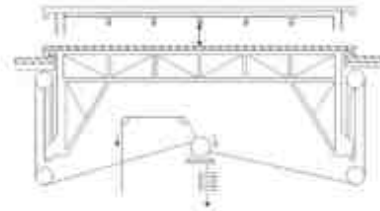


그림 34 해치형 배연구

### (6) 갤러리

무대 갤러리의 역할은 조명브리지와 기타 조명 시설을 비롯한 여러 장소를 연결하는 통로를 만들어, 무대 상부시설의 작업과 점검 영역을 제공하는 것이며 주로 갤러리에서 작업하는 종류에 따라 일반적인 갤러리 외에도 조정갤러리와 하중갤러리를 둔다.

무대 바닥으로부터 첫 번째 갤러리를 조정갤러리(fly gallery, operating gallery)라 하고 상부전환수(grip-man)가 상부무대시설의 막시실이나 매달기시설을 수동으로 전환하는 공간이다.

하중갤러리(loading gallery)는 극장에서 가장 많이 쓰이는 작업 공간 중 하나로서 상부전환수는 상부 시설을 따라 만들어진 최상부 하중갤러리에서 평형추를 싣고 내리면서 장치봉 무게와 균형을 맞춘다. 하중갤러리의 높이와 평형추들이 가이드장치를 따라 움직일 수 있는 최고 높이는 틀의 길이에 의해 결정된다.

조정갤러리와 하중갤러리 사이에는 여러 개의 갤러리가 더 만들어져 기술 작업을 용이하게 하는 것이 일반적이다. 이 때 연결 갤러리(bridging gallery)가 프로시니엄과 무대 상부 공간 뒤쪽 벽을 따라 만들어져 측면 갤러리들을 연결한다. 이 연결 갤러리는 커튼 선과 평행하게 만들어져 측면 갤러리들을 연결하며, 이보다 중요한 것은 연결 갤러리가 조명과 투영장치 그리고 비행장치 같은 특수 무대장치가 설치될 수 있는 공간을 제공해 준다는 것이다.

하중갤러리의 내하중 강도는  $5\sim 6\text{kN/m}^2$ 이다. 다른 갤러리의 경우에는 영국에서는  $4.5\text{kN/m}^2$ 를 권장하지만 실제적으로  $3\text{kN/m}^2$  정도면 가능할 것으로 판단된다. 하중갤러리는 평형추를 보관하는 장소이므로 보강된 구조를 가지고 있어야 한다. 일반적인 갤러리의 너비는 0.8m에서 2m 사이이다.



그림 35 하중갤러리

### 2.2.6 프로시니엄

#### (1) 프로시니엄

객석과 무대의 형태에서도 언급한 바와 같이 프로시니엄은 무대가 갖는 제4의 벽으로서 관객과 접하는 면으로서의 역할을 한다. 따라서 프로시니엄은 공연에서 시각적 집중을 위한 벽으로 존재한다. 프로시니엄은 관객과 무대사이의 벽면에 큰 사각형 구멍을 내어 액자 프레임과 같은 형태로 배치하고 조명을 집중시켜 관객의 눈과 신경을 한 곳으로 모으는 시각적 효과를 기대할 수 있다. 아울러 공연에서 관객에게 보일 필요가 없는 부분들을 완벽하게 가려주는 역할도 수행한다. 프로시니엄은 연극자가 객석과 무대 사이로 오가는 출입구를 제공해 주고, 건축가에게는 건축물 장식에 적당한 장소로 쓰이게 되었다. 시설 측면에서 보면 최근에 와서 프로시니엄 벽은 화염과 연기를 격리할 목적으로 객석과 무대 사이에 설치된 벽의 역할도 수행하고 있다.

프로시니엄 개구부의 높이는 가장 높은 위치에 있는 객석에서의 시각선에 근거하여 결정한다. 이 방법에 대해서는 수직 시각선에서 정의하고 있다. 다층의 객석과 급경사인 객석은 단층으로 완경사의 객석보다 프로시니엄 개구부를 높게 해야 한다.

연출 상의 필요에서 프로시니엄 개구부를 높게 설정하는 경우가 있다. 프로시니엄벽의 개구부를 객석 천장 면에 가까운 높이로 하면, 프로시니엄의 높이를 자유롭게 설정할 수 있으므로 여유가 있을 수 있다. 프로시니엄의 높이를 객석 천장보다 높게 하여 프로시니엄 개구부 바로 앞에 조명 브리지를 배치하는 형식도 가능할 것이다. 이 경우, 머리막과 면막, 방화막 등을 필요에 따라 프로시니엄 개구부의 상부 가림막으로 사용한다. 단, 프로시니엄 개구부의 높이를 높이 설정하면, 그 부분만큼 무대 상부공간의 높이도 높게 해야 한다. 방화막을 상부 가림막으로 사용할 경우, 임의의 위치에서 정지할 수 있는 기구를 추가로 설치하여야 할 것이다.

현대 극장 건축에서 프로시니엄은 일반적으로 무대와 객석을 분리하는 구역 분할 장치나 분리 벽으로 인식되고 있다. 하지만 극장 예술이 발전함에 따라 극장 건축에도 중대한 변화가 일어났다. 특히 앞무대와 프로시니엄 영역의 일쪽을 사용하는 것이 창조적인 감독들과 예술가들의 주요 관심사가 되고 있다. 감독들과 예술가들은 기존의 고정된 방식의 프로시니엄 구성 대신 창조적이고 다양하게 활용될 수 있는 공간을 제공하는 프로시니엄을 요구하고 있다.

건축공학에서는 객석과 무대 상부 공간 사이에 견고한 구조물로 만들어진 벽을 만들어야 한다고 한다. 하지만, 내력벽에 큰 구멍을 만들어 무대 개구부를 고정하는 것은 가능하면 피해야 할 일이다. 무대 개구부는 결국 극장이 창조적이고 풍부한 상상력을



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

가진 공연에 사용될 수 있는가를 결정하는 가장 중요한 요소가 될 것이다. 이리 이유로, 프로시니엄 개구부는 가능한 한 넓어야 한다.

최근의 극장은 프로시니엄 아치를 눈에 띄지 않게 하여 무대와 객석의 구획을 의식하기 못하게 하는 경향이 있다. 연극작품은 여전히 프로시니엄 형식을 전제로 한 연출이 다수를 차지하는데, 그 중에는 액자의 존재를 거부한 작품도 존재한다. 통상은 면막 뒤쪽에 가변 프로시니엄을 장치하여 고정 프로시니엄의 개구부를 조절할 수 있는 형태로 발전하게 된다.

### (2) 포털

포털은 원래 앞무대 양쪽에 있던 아치 혹은 출입구였다. 현재 이 용어는 실제 프로시니엄 안쪽에 프로시니엄과 유사한 모양으로 설치되는 시설로서, 추가적으로 혹은 필요에 따라 설치하여 사용하는 내측 프로시니엄을 의미한다.



그림 36 하드포털(조리개판)



그림 37 소프트포털(조리개막)

포털의 가장 기본적인 구조는 조리개막과 조리개판으로서 천이나 관을 걸고 무대 상부와 측면을 조절하여 필요한 무대 개구부를 만들 수 있다. 조리개판은 딱딱한 판으로 윗조리개판(hard teaser)과 옆조리개판(hard tormentor)을 만들어 포털을 구성한 것이며 조리개막은 윗조리개막(teaser curtain)과 옆조리개막(tormentor curtain)을 이용하여 개구부의 높이와 너비를 조절한다. 윗조리개와 옆조리개를 일체형으로 만들 경우, 특히 이를 견고한 프레임 구조로 만들 경우, 표면은 매끄럽고 평평해진다. 그러나 개구부는 조절할 수 없게 된다.

진보된 형태의 포털은 가변형 포털의 개념을 도입한 포털 브리지와 포털 타워에서 볼 수 있다. 벽으로 고정된 프로시니엄은 가능한 크게 설치하고 내부에 브리지와 타워를 별도로 설치하여 이를 조절하면서 프로시니엄 개구부의 크기를 만들어 간다. 이와 같은 포털은 구조 자체가 매우 커서 포털의 무대쪽 면에 갤러리나 작업로를 설치하여

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

통로로 이용하거나 조명건이대를 설치하여 조명수가 활용하는 경우도 많이 있다.

브리지는 대개 몇 개로 만들어진다. 조명수(lighting operator)가 각 층으로 갈 수 있도록 되어있고, 브리지 구조물에는 대일 장치가 갖추어져 있으며 조명 장치는 레일 위에 설치된다. 보더라이트 장치도 브리지 아래 설치된다.

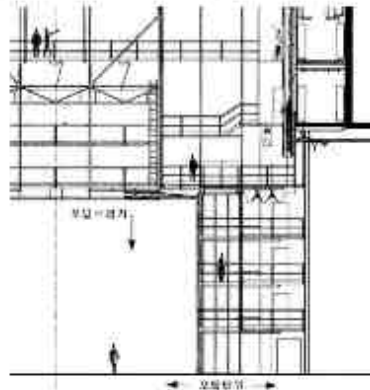


그림 38 포털브리지와 포털타워

브리지 구조물은 고정 프로시니엄 안쪽 변을 따라 움직일 뿐만 아니라, 프로시니엄 갤러리를 정확히 따라 움직이도록 되어있다. 이렇게 진공한 안내장치를 사용하여 공연이 진행되는 동안 조명수가 브리지에 자리를 잡고 있어도 브리지가 흔들리거나 진동하지 않도록 한다. 포털 브리지의 무게는 약 20~40kN이고 0.1~0.15m/s의 일정한 속도로 움직인다. 포털 브리지는 무대 개구부 최상부와 무대 바닥사이를 움직일 수 있다. 중소형 포털 타워는 프로시니엄 갤러리에 간단하게 매달아 사용하는 반면에 대형 타워는 상부 매달기 장치와 함께 무대 바닥에 설치된 안내장치를 따라 움직이는 바퀴에 의해 지지된다. 대형 타워는 자리를 질렀을 때 전체 구조물을 안정화시키기 위해 마찰-접근 장치를 가지고 있다. 포털 타워는 무대 개구부가 최대가 되었을 때를 기준으로 양옆에서 각각 약 2~3m 움직일 수 있도록 설치하며, 전동기로 움직이는 경우도 있다. 타워는 접근 플랫폼(access platform)에 의해 3~4층으로 나뉘고, 각 층에는 조명 장치를 다는 레일 장치가 갖추어져 있으며, 고정식 측면 갤러리로 가기 위하여 캐워크(cat walk)를 사용한다.

### (3) 방화막

방화막은 화재시에 무대와 객석을 분리, 차단하여 화재시 인명이나 시설의 피해를 줄여주기 위한 설비이다. 방화막의 설치 위치는 무대 맨 앞에 설치하여 무대전면을 전

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

체적으로 막아줄 수 있는 구조로 설치한다. 이러한 방화막은 제작시에 석면커튼, 철제 커튼, 드렌저 시스템 등을 사용하게 된다.

철제로 구성된 방화막은 양 끝에 가이드 포켓을 따라 승강한다. 가이드는 프로시니엄의 무대 쪽에 설치하고 방화막은 프로시니엄의 안쪽으로 약 450~500mm 정도 겹쳐 지도록 설치한다. 방화막을 철제로 제작하는 경우 매우 무겁기 때문에 구동기계의 선정에 주의하여야 한다. 방화막을 면막으로 사용하는 경우를 제외하면 대부분 방화막은 공연중에 사용하지 않기 때문에 속도에 크게 영향을 받지 않고 설계하여도 될 것이다.

방화막은 화재가 발생하여 전원이 차단된 상태에서도 자동 및 수동으로도 구동이 가능하도록 설계 및 설치를 하여야 한다. 드렌저 시스템은 화재시에 물의 벽을 구성하여 방화막의 역할을 대신하는 것으로 오픈스테이지 등 프로시니엄이 불분명한 극장건축에 적용되기도 한다.

선진국의 경우에는 방화막을 딱딱한 소재로 제한하는 경우도 있으며 이 경우 작동 속도까지 제한하고 있는데 방화막은 화재발생시 30초 이내에 무대에 착상되도록 하고 있다. 또한 어떠한 동작상태에서도  $0.28\text{kN/m}^2$ 의 기압차에 견딜 수 있는 구조이어야 한다. 국내의 경우에는 방화셔터의 기준에 맞추는 것이 합리적인 것으로 판단하고 있다.

공연장에서 주로 사용되는 강제 방화막의 경우를 보면 방화막은 무대 바닥에 접근하면 완충기(공압식 또는 유압식)가 작동하여 속도가 떨어지는 구조로 되어있어 무대 바닥의 2m~3m지점까지는 자중에 의해서 떨어지다가 속도가 줄어들어 바닥에 충돌하는 것을 방지한다. 방화막은 착상 후에 프로시니엄 개구부를 완전히 폐쇄할 필요가 있으므로 바닥에 완전히 밀착되는 구조로 설계하여 틈새가 생기지 않도록 한다. 방화막이 작동된 경우 측면으로 연기가 빠져나가지 못하도록 스모크 포켓/가이드를 설치하여 기밀에 가까운 상태가 되도록 한다. 또한 차음판의 경우에도 포켓/가이드를 설치하여 기밀이 가능하도록 설치하는 것을 기준으로 한다.



그림 39 강제형 방화막의 구조

## 2.3 객석의 설계

### 2.3.1 기본조건

객석에 대하여 세부적인 설계를 하기 전에 객석이 가져야 할 기본적인 조건들에 대하여 검토할 필요가 있다. 객석이 가지는 기본적인 조건들은 관객을 중심으로 한 시각적 한계와 음향적 한계를 가지고 있기 때문이다. 무대 중심에서 객석까지의 거리, 객석에서 보이는 무대의 한계, 객석에서 들리는 음향적 특성 등은 콘서트, 발레, 오페라, 연극 등 공연의 종류에 따라 다르게 나타난다.

#### (1) 시각적 한계

객석에서는 주무대의 가능한 한 많은 부분을 볼 수 있어야 한다. 또한 객석에서 무대에 선 배우의 모습 전체가 보인다 해도 배우가 자신의 연기를 직접 관객에게 전하고, 그 마음을 사로잡을 수 있는 거리에는 한계가 있다. 일반적으로 사람이 상대방의 별됨이나 세밀한 표정까지 감지할 수 있는 가시거리는 약 15m 정도이며, 대강의 표정을 분별할 수 있는 거리를 약 22m, 사람의 움직임을 인식할 수 있는 거리를 약 40m 정도로 보고 있다. 대부분의 연극에서는 관객이 배우의 표정을 확실히 구분할 수 있어야 하는 것이 기본조건이며 뮤지컬과 오페라의 경우, 얼굴 표정은 연극만큼 중요하게 간주되지 않으므로 한계 거리는 좀 더 완화될 수 있다.

프로시니엄 형식의 무대에서 무대장치를 배경으로 하는 연기를 보아야 하는 공연장의 경우에 최대 객석수는 시각거리의 한계와 수평 시각선의 한계를 모두 고려하여 결정하여야 한다. 그러나 프로시니엄 개구 폭을 객석수를 유일한 기준으로 결정하는 것은 오류를 범하기 쉽다. 이렇게 되면 가능한 한 많은 객석을 무대 가까이 확보하기 위해 연출에 미치는 영향을 고려하지 않고 무대 프로시니엄 개구부를 넓히는 결수를 하게 된다. 즉, 커진 무대 공간을 배우기 위해 무대장치를 늘리는데도 한계가 있으며, 원래 배우의 신체 사이즈는 변할 리가 없기 때문이다. 객석수를 확보하기 위해 무조건 프로시니엄 개구부의 넓이를 넓히면 무대 스케일에 배우가 압도될 뿐이다.

#### (2) 음향적 한계

객석 공간에 대한 음향학적 요구조건들은 매우 민감하다. 이것들은 무대로부터 방사되는 소리가 어떤 종류이건간에 객석에서 공연을 관람하기 위하여 최소한 갖추어야 할 조건이라고 할 수 있으며 다음과 같다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

- ① 객석공간은 내외부에서 영향이나 차폐효과에 영향을 받지 않는 구조이어야 한다.
- ② 객석공간의 소음한계는 NC-20 정도가 가장 이상적이며 최소한 NC-25를 만족하여야 한다.
- ③ 객석공간내에서는 불필요한 에코나 다른 간섭을 야기하는 반사가 없어야 한다.
- ④ 벽면의 반사에 의해 음향집중효과가 나타나지 않도록 오픈벽은 지양한다.

객석 공간의 음향적 특성을 가장 단순하게 표현할 수 있는 단어는 잔향특성과 반사특성이다. 출연자의 말을 또렷하게 알아듣기 위해서는 잔향시간이 짧아야 한다. 음악연주의 경우에는 긴 잔향시간이 바람직한 것이 보통으로, 성가에서는 상당히 이상적이다.

잔향시간은 주로 2가지 요인 즉, 실내 표면의 흡음력의 합과 객석의 실용 채적에 의해 결정된다. 실제적으로 진기음향의 보조 없이 소리의 명료도를 유지할 수 있는 공간의 크기에는 한계가 있다. 사용목적에 맞춘 건축 음향식 조정은 흡음부분의 면적조절과 반사판 사용 등 물리적인 방법으로 개선할 수 있다. 부가적으로 전기음향설비에 의한 음성 증폭은 물론 가능하지만, 모든 용도에 적합한 것은 아니다.

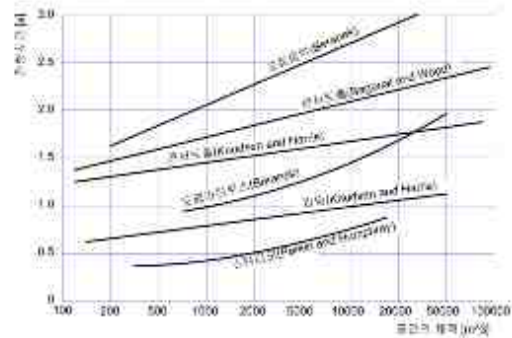
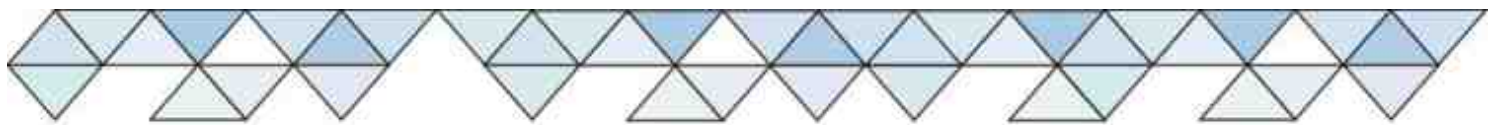


그림 40 공연장의 용도에 따른 적정 잔향시간  
(출처: 음향설계학원, 공연예술공과대학음향설계학과, 2020)

### 2.3.2 객석의 확보

객석 설계의 첫번째 목표는 무대를 중심으로 한 적정거리에 가능한 많은 좌석을 확보하는 것이다. 이것은 시가적 한계와 음향적 한계로 인하여 무조건 크게 확대할 수 있는 것은 아니다. 이러한 평면적인 해결법 이외에 객석을 복층화 혹은 다층화하여 좌석을 늘리는 방법도 생각할 수 있다. 이 방법은 객석과 무대와의 관계를 더 가깝고 친근하게 하여 무대 위의 연기에 대한 관객의 3차원적인 이해가 높아지는 것도 기대할 수 있다.

다층객석의 각 층에는 다양한 전통적인 명칭이 있다. 스톨즈(stalls, 1층 정면 1등석), 오케스트라 스톨즈(orchestra stalls, 오케스트라석), 피트(pit, 피트석), 시클(circle,



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

원형관람석), 드레스 서클(dress circle, 특등석), 어퍼 서클(upper circle, 2층정면 특등석), 갤러리(gallery, 맨위층 관람석), 슬립스(slips, 무대옆 출입구석) 등은 대표적인 명칭이다. 이들 명칭은 조합과 사용법을 한정하므로 화려함과 객석이라는 미묘한 차이를 표현할 수 있을 것이다. 그러나 현대의 사회 상황에서는 차별화를 드러내는 많은 명칭을 사용하는 것이 적절하다고는 할 수 없다.

복층 객석의 최대의 이점은 무대에서의 거리를 최소한으로 억제하면서 최대한의 좌석수를 확보할 수 있는데 있다. 또한 평면적으로 객석을 넓히는 것과 달리 객석이 3차원적으로 무대를 둘러싸는 효과도 있다. 유럽의 전통적인 오페라 하우스의 객석은 원경사인 1층 객석과 발코니 아래의 객석, 그 위의 말굽형의 알은 발코니석으로 구성된다. 발코니석은 무대를 중심으로 하여 방사선상으로 늘어난 칸막이벽으로 딱히 박스석으로 되어 있다. 객석의 복층화는 오픈 스테이지 형식도 똑같은 효과를 기대할 수 있다. 배우는 평면적이든 단면적이든 관객의 중심에 있다고 느끼는 것을 좋아하지만 이 감각은 복층의 객석과 급경사인 객석에서 더욱 강하게 느껴진다. 다층객석의 결점은 양호한 시야를 평균적으로 확보하기가 어렵다는 것이다. 예를 들면, 1층석의 경사는 원층을 들어 올리지 않도록 최저한으로 억제해야 한다. 상층 객석의 경사는 안전기준과 무대 앞쪽 끝의 시각선에 의해 제한된다. 또한 상층객석의 단간이 하층 맨 뒷열부터의 시야를 좁히거나 유양 상태를 지라시키지 않도록 주의할 필요도 있다. 종합적으로 보면 단층의 깊은 발코니석보다 앞쪽의 얇은 다층 발코니석 쪽이 문제가 적고 처리하기 쉽다는 것을 알 수 있다. 단, 관객동보와 거리정보의 확보는 층수가 많을수록 어렵다.

### 2.3.3 시각선

#### (1) 한국인의 인체사이즈

객석을 계획하는 단계에서 우선 시각적, 음향적 한계를 이해하고, 무대를 중심으로 어느 정도의 범위를 객석으로 짐할 것인가를 결정하면 기시적인 측면에서 조건을 만족하는 기하학적인 3차원 객석 공간을 계획할 수 있다. 이 기하학적 입체 공간 속에 좌석을 어떻게 배치하는가 하는 세부적인 사항들에 대한 결정은 설계단계에서 진행하게 된다. 이 단계에서 가장 중요하게 다루어져야 하는 것 중에는 한국인의 체형에 맞는 객석을 설계하는 것이다. 그러나 대부분의 공연장의 설계에서는 한국인의 인체치수에 대한 정보를 확보하고 있지 못하며 객석은 기존의 상품화된 좌석을 구매하여 설치하고 있는 실정이다. 여기서는 좌석 설계에 필요한 한국인의 인체치수를 제시하고 이를 통

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

표 4 이상의 연령대별 표준체형 치수

번 수	20대	30대	40대	50대	60대	평균
팔손키	864.8	891.4	881.3	839.8	822.9	848.04
앞눈높이	753.3	751.8	741.7	731.7	713.9	738.48
팔손목높이	628.0	627.3	620.8	612.4	599.4	617.58
앞어깨높이	560.3	558.7	554.3	546.5	531.0	550.16
앞손끝높이	247.3	251.7	247.1	239.8	228.5	242.88
팔손목높이	478.7	470.2	468.5	463.5	456.8	467.34
앞어깨높이	374.2	367.1	364.0	356.9	351.9	362.84
앞눈영양머리끝수평길이	342.1	336.5	338.5	337.1	335.1	337.86
앞눈영양이요근수평길이	446.6	441.8	443.6	442.9	442.0	443.38
아래팔수평길이	245.6	239.3	238.0	240.3	238.0	240.24
어깨너비	360.1	360.2	360.1	356.6	351.4	357.68
외팔사이너비	403.2	418.8	423.0	433.8	424.8	420.70
관절저사이너비	397.7	421.5	430.7	448.0	450.1	429.60
앞눈영양이너비	347.1	346.7	346.2	346.7	341.5	345.66

하여 향후 설계방향을 제시하고자 하였다.

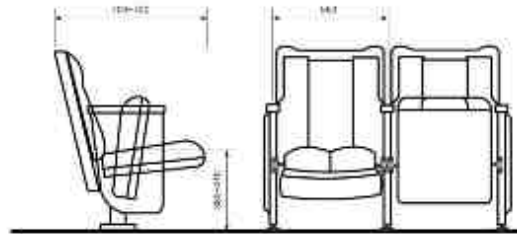


그림 41 객석의자의 치수

한국인의 인체치수는 남성과 여성으로 구분하고 20대~60대의 연령별 표준체형치수를 조사하여 우리나라 객석의 좌식설계에 반영할 수 있는 표준체형 치수를 도출하였다. 한편 의자의 표준치수는 사무용의자의 표준치수가 1978년에 표준규격으로 제정되었으나 2005년의 한국인 표준인체치수와는 다소 차이가 있어 여기서 새로운 치수를 제안하고자 한다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

표 5. 남성의 연령대별 표준체형 치수

번 수	20대	30대	40대	50대	60대	평균
앉은키	900.3	927.0	916.2	903.9	887.5	912.98
앉은눈높이	811.9	811.5	800.4	790.5	775.3	797.98
앉은목뒤높이	677.9	676.3	670.3	660.4	649.8	665.94
앉은어깨높이	597.4	599.0	594.3	589.1	578.4	591.64
앉은팔꿈치높이	255.9	253.0	251.3	252.2	248.4	257.36
앉은무릎높이	521.9	509.5	500.5	495.1	492.9	503.98
앉은오금높이	411.4	398.5	392.4	386.1	383.2	394.32
앉은엉덩이로부터수평길이	581.9	558.6	561.6	558.4	554.5	565.00
앉은엉덩이으로부터수평길이	477.3	465.3	463.5	460.3	454.5	464.18
아래팔수평길이	371.5	266.8	263.3	259.9	261.9	284.64
어깨너비	397.5	400.8	395.5	385.5	381.1	392.34
외팔사이너비	476.4	471.0	463.8	453.6	444.9	460.74
관장차사비너비	484.2	477.0	466.0	463.0	456.3	469.70
앉은엉덩이너비	347.1	350.1	347.0	341.9	341.8	345.58

시각선을 결정하는데 중요한 요소는 관객의 앉은키와 앉은눈높이이다. 표준인체 치수는 여성과 남성이 다소 차이가 있으나 여기서는 평균값으로 사용하면 앉은키는 약 881mm, 앉은눈높이는 약 768mm로 정할 수 있으며 눈의 높이와 머리 정상부의 높이 차이는 약 113mm로 정할 수 있다. 사무용 의자의 경우 바닥에서 앉는자리 기준점까지의 높이를 380~410mm로 정하고 있으나 공연장 좌석을 위해서는 앉은 오금높이를 고려하여 앉는자리 기준점의 높이를 약380mm로 하여 좌석치수를 제안할 수 있다. 따라서 객석바닥에서 머리 정상부까지의 높이는 1260mm, 객석바닥에서 앉은눈높이까지의 높이는 1148mm로 제안할 수 있다. 좌석의 폭은 양쪽 팔꿈치 중심선간의 거리로서 일반적인 공연장용 의자의 경우 수평 시각선의 확보를 위해 다소 조정할 수 있지만 일반적으로 500~530mm로 정하고 있다. 여기서 정하는 치수들은 객석의 시각선을 확보하기 위한 객석 설계에서 매우 중요한 치수들로 활용될 수 있다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

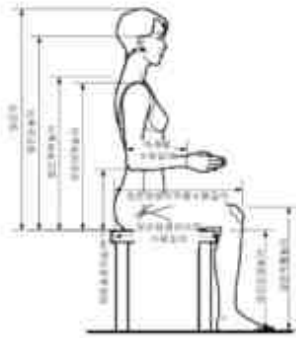


그림 42 표준체형 치수측정변수

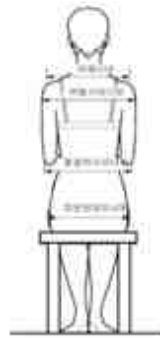


그림 43 한국인의 표준인체치수

### (2) 좌석의 앞뒤간격

설계자는 방제기준의 허용범위 내에서 객석 의자를 디자인하거나 그 배치를 결정할 수 있다. 설계자의 주요 관심사는 시각선을 확보할 수 있는 기본 조건을 만족시키면서 객석 내의 관객의 원활한 이동과 공연중 관객의 좌석 안락감이다. 관객의 이동을 위해서 먼저 앉은 관객이 일어나거나 혹은 앉아 있는 상태에서 다른 관객이 앞을 지나갈 수 있어야 하기 때문에 일반적으로 좌석의 앞뒤간격은 900~1000mm로 설정하고 있으며 시각선을 확보하는 범위내에서 결정할 수 있다.

좌석의 앞뒤 간격을 넓히면 관객의 좌석감은 좋아질 수 있지만 맨 뒷열까지의 시각적 제한거리가 한계가 있기 때문에 전체 객석수는 원저히 줄어들 수 있으며 긴 좌석간격은 극장의 현장감을 약화시켜, 무대에 집중하는 객석의 분위기를 손상시킬 우려가 있다. 좌석은 2~3시간 앉아 있을 수 있는 정도의 느낌이면 충분할 것이다.

### (3) 수직 시각선의 확보

지금까지 설명한 몇 가지 요인과 제약조건을 기초로 하여 이하에 서술하는 방법에 의해 연직방향의 사이트 라인을 기하학적으로 구하여 이상적인 단면형상을 결정할 수 있다.

객석에서의 수직 시각선의 확보를 위해서는 객석 맨 앞열의 관객의 눈높이와 무대의 높이의 관계로부터 설계를 시작할 수 있다. 일반적으로 무대의 높이는 객석 바닥에서 약 600~900mm 정도 높게 설정한다. 객석 바닥의 높이는 관객의 시각선에 의해 결정되는데 이 기준은 일정치 않다. 맨 앞열의 관객의 눈높이가 무대 높이와 같으면 전 관객이 무대 전체를 볼 수 있기 때문에 좋겠지만 시각선의 확보를 위해 뒤로 갈수록 바닥은 높아져야 하기 때문에 대형 공연장의 경우에는 1층 뒤쪽 객석은 매우 높게 설

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

정될 수 밖에 없으며 이러한 점을 고려하여 1층 맨 앞열의 수직 시각선은 배우의 무릎 위를 보는 정도로 타협하는 사례가 많이 있다.

전체의 관객에게 무대 전부가 보인다는 전제조건으로 하여 설계하는 과정을 예를 들어보자. 무대 선단의 점 P를 기준으로 하여 맨 앞열 관객의 눈의 높이(a)는 점 P를 포함한 수평면과 같거나 위에 있어야 한다. 다음으로 맨 앞열의 관객의 머리 정상부(A)를 지나는 선을 긋는다. 이 선의 연장선은 뒷열의 관객의 눈높이(b)와 같아야 한다. 즉, 제2열의 관객의 눈높이는 앞열 관객의 머리 정상부 보다 높아야 한다. 이와 같이 계산하면 각 열의 관객의 눈높이 선이 설정되며 이 선을 시각선으로 결정할 수 있다. 앞서 말한 한국인의 표준체형을 기준으로 하면 눈높이와 머리 정상부의 높이차는 113mm 이므로 이를 기준으로 하면 시각선이 설정되며 여기서 앉은 눈높이 1148mm 내려간 점을 연결하면 이상적인 바닥선을 얻을 수 있다. 이 방법에 의해 구해지는 플로어 라인은 완만한 곡선이 된다.(여기서 나타난 1148mm라는 값은 한국인의 인체치수를 기준으로 앉은 상태의 바닥에서 눈까지의 높이의 평균값이다.)

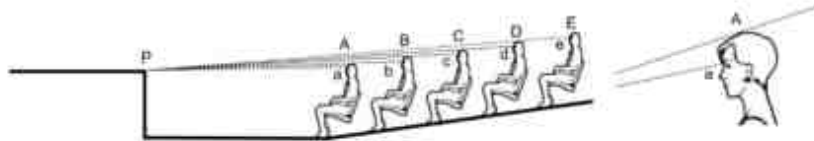


그림 44 무대선단을 기준으로 한 수직 시각선과 바닥선의 설계

이와 같이 시각선을 결정하는 방법을 정확하게 계산하여 설계하는 경우에는 바닥의 경사가 점점 더 커지게 되는데 1층의 경우에는 다소 문제가 되지 않을 수 있으나 다층의 경우에는 상층으로 갈수록 경사가 매우 급해지기 때문에 설계에 어려움이 발생한다. 특히 오픈 스테이지의 경우에는 객석의 전개각도가 커서 다층으로 설계하는 경우가 적기 때문에 큰 문제가 발생하지 않으나 프로시니엄 형식의 무대에서는 수평방향의 시각선에 한계가 있기 때문에 객석수를 충분히 확보하기 위해서는 다층으로 설계할 필요가 생기고, 결과적으로 수직방향의 시각선의 설계에서 불가피한 경우가 발생하게 된다. 따라서 다층의 객석을 설계할 경우, 상대적으로 바닥을 완만한 경사로 하는 것을 피할 수 없다. 외국의 경우에는 몇가지 기준을 제시하고 있는데 영국에서는 공연장을 다층으로 설계하는 경우에 1층 바닥선의 경사각도는 1/12 이하로 규정하고 있다.

관객의 시각선을 보다 더 확보할 수 있는 방법으로 격자배치(지그재그배치)를 제안할 수 있다. 점 P의 설정 위치를 객석 부분마다 바꾸거나 관객의 체형이 개개로 다른 것을 이유로 미묘한 바닥선의 경사도를 도중에 변화시키는 것은 바람직하지 않다. 경

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

사가 도중에 바뀌면 객석통로 계단의 한단 높이도 도중에 바뀌고, 관객에게 있어서 불편할 뿐만 아니라 위험하기도 하다. 계단을 설치하지 않은 경우 상면의 경사는 1/12이하로 제한하고 있으며 발코니석의 최대경사도는 영국의 경우 35도로, 일본의 경우 약 30도 정도로 제한하고 있다.

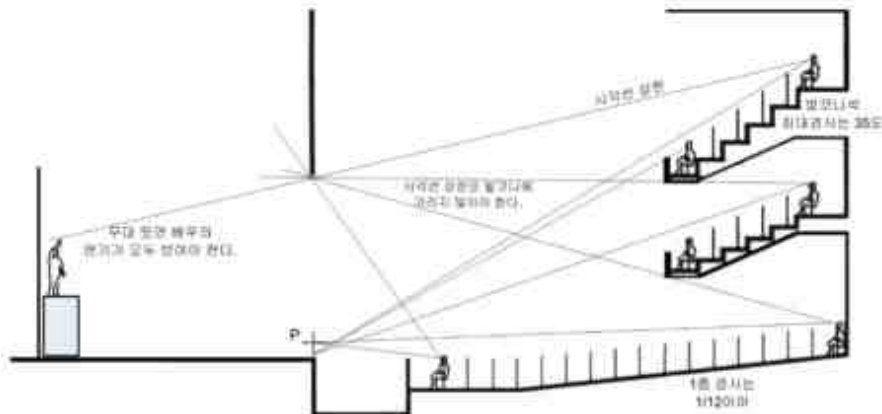


그림 45 수직 시각선의 검토

수직방향의 시각선은 무대 및 객석의 중심 선상뿐만 아니라 다른 다양한 방향에서도 검토할 필요가 있다. 무대와 객석의 단면형상은 수직방향의 시각선에 의해 결정되는데 다음의 변수들에 대하여도 함께 고려하여야 한다.

- o 무대에서 가장 먼 관객까지의 허용최대거리
- o 각 공연이 필요로 하는 무대의 안쪽과 무대 상면으로부터의 유효높이
- o 모든 관객의 시각선을 확보할 수 있는 무대 앞 끝부분의 위치 및 높이
- o 무대에서 가장 먼 위치의 관객이 볼 수 있는 무대의 최고점

또한 발코니의 앞 끝 부분과 아래면, 프로시니엄, 가동프로시니엄, 머리막 등이 시각선의 장애가 되지 않도록 설계하여야 한다.

#### (4) 발코니석의 수직 시각선

상층부 발코니 객석의 경사를 결정하는 원리도 원칙적으로는 1층 객석의 시각선을 확보하는 설계방법과 마찬가지로 방법으로 설계한다. 처음에 맨 앞 열의 관객의 눈의 위치를 결정하고, 다음으로 맨 뒷 열의 관객의 눈까지의 수평거리 L을 결정한다. 맨 앞 열의 관객의 눈의 위치에서 수직방향으로 하여 맨 뒷 열의 관객의 눈과 무대의 P점을

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

인접하는 선과 만나는 점의 높이를 H라 하면

$$H \leq \frac{L}{10}$$

로 정한다. 단, 좌석 기울기는 35도 이하로 한다.



그림 46 반코너석의 경사각

### (5) 수평방향의 시각선

프로시니엄 무대의 극장에서는 수평방향의 시각선은 가장 중요한 결정요인 중의 하나이다. 무대 위의 주무대 크기가 정해지면 시각선 확보의 조건을 만족하는 좌석의 범위도 기하학적으로 정해진다.

좌석위치가 일단 정해지면 좌석 끝부분에서의 시각선이 주무대로서 사용 가능한 무대의 범위를 결정하게 된다. 가동 프로시니엄을 설치

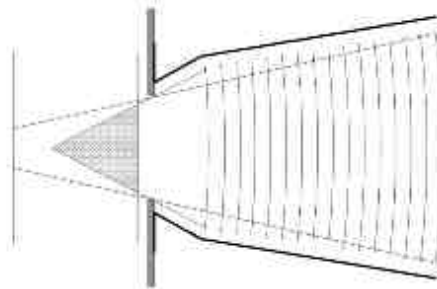


그림 47 가동프로시니엄과 주무대의 범위

하여 무대 개구부의 폭을 조절하면 그 폭에 의해 주무대의 범위도 함께 변화된다.

### (6) 좌석의 격자배치

앞에서 설명한 수직방향의 시각선을 결정하는 방법은 관객이 앞에 앉은 관객의 머리 너머로 무대를 본다는 가정에서 시작한다. 이 가정은 이상적이지만 좌석의 거리가 멀어지는 등 불가피한 문제가 발생할 수 있으며 상황에 따라서는 실현 불가능한 것이기도 하다. 이에 대한 현실적인 해결 방법은 좌석을 1열마다 반씩 이동시켜 배치하는 것이다. 이렇게 되면 좌석 배치는 2열 앞의 관객의 머리 너머로 무대를 본다는 가정에서 시각선을 계획하는 것이 가능해진다. 단, 바로 앞 관객의 머리 때문에 무대의 수평 시각선의 폭이 제한될 수 있다는 것은 주의하여야 한다.

좌석의 앞뒤 간격(dx)과 좌석의 폭(dy)이 주어지면 관객이 기시적으로 방해받지 않고 볼 수 있는 무대의 폭이 계산될 수 있다.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{(dy-t)/2}{dx} = \frac{W/2}{D}$$

한국인의 인체치수와 일반적인 좌석의 크기를 고려하면 한국 남자의 평균 머리너비는 160mm, 좌석의 앞뒤 간격은 900~1000mm, 좌석의 폭은 550mm 이므로 수평 시각

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

선에 의한 시야각 확보 범위( $\alpha$ )는 약  $22^{\circ}\sim 25^{\circ}$  정도가 되며 무대 전면으로 부터의 거리가 정해지면 좌석에서 시야를 방해받지 않고 볼 수 있는 무대폭이 결정된다.

여기서 한 가지 문제가 되는 것은 좌석의 위치가 측면으로 갈수록 시야각 확보 범위는 작아지며 결국 좌석의 격자배치에 의한 효과는 줄어든다는 것이다. 또한 일정한 방향으로 고개를 돌린 상태에서 공연을 관람한다는 것은 의학적으로 목에 큰 부담을 주게 된다. 이러한 현상은 격자배치가 아닌 경우에도 적용된다. 그러므로 좌석의 배치를 주무대 중심을 향하도록 하면 위와 같은 문제는 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

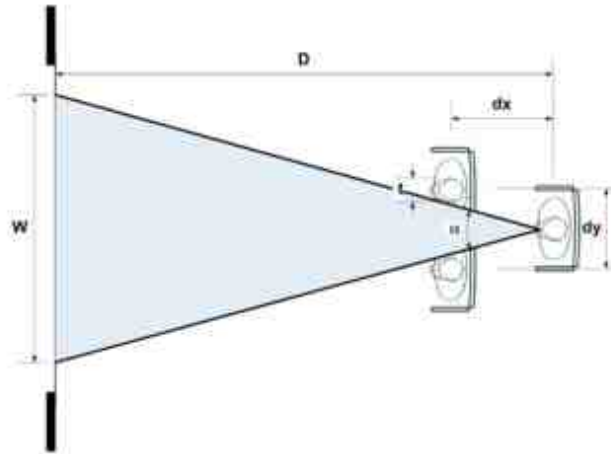


그림 48 격자배치의 시각선 및 시야각 확보

### (7) 맨 앞열의 좌석의 높이

일반적으로 프로시니엄 무대의 경우 무대 전면 좌석 바닥보다 약 90cm 정도 더 높게 설계되기 때문에 좌석 앞 열은 무대보다 낮고 뒤로 갈수록 경사져 올라가는 형태로 설계된다. 그러나 소극장이나 우리나라의 마당놀이와 같은 공연에서는 무대 면이 좌석 바닥과 동일한 면을 갖는 경우가 있다. 무대가 좌석 맨 앞 열의 바닥과 같은 높이에 있는 경우, 좌석 뒤쪽에서의 시각선을 확보하기 위해 좌석 바닥의 경사를 높이거나 그렇지 않으면 주무대와 좌석간의 거리를 멀게 설계하는데 무대 위의 배우가 좌석에서 멀어진다는 것은 좌석과의 친밀한 관계를 확보하지 못한다는 것을 의미한다.

좌석 맨 앞 열이 무대 바닥과 같은 높이에 있는 경우에 무대의 거리는 불가항력적인 문제가 되지만 몇가지 대응 방안을 생각할 수 있다. 우선 좌석 바닥의 경사를 급경사로 하는 것이다. 이런 방법은 이동좌석 등을 이용하는 경우가 되는데 반면에 좌석의 열은 많이 확보할 수 없게 된다. 다른 방법은 가설무대나 덧마루 등을 설치하여 무대

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

면을 조금이라도 높이는 방법을 제안할 수 있다. 이렇게 되면 무대 앞쪽의 몇 열은 무대보다 낮게 되기 때문에 상대적으로 무대가 높게 설계된 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.

### 2.3.4 좌석배치와 안전기준

#### (1) 좌석의 배치 기준

여기서는 좌석의 배치시 고려해야 할 여유간격에 대하여 검토하고자 한다. 좌석의 배치 기준에 대하여는 독일이나 영국과 같은 유럽에서는 1930년대에 이미 기술기준(technical standards)로 통용되고 있으나 아직 국내에서는 공연장의 객석에 대한 규정이 없기 때문에 여기서는 유럽에서 사용하는 기준을 이용하여 설명하고자 하며 국내 공연장의 설계에서 객석에 대하여 반영하기를 바란다.

좌석의 배치기준은 객석의 세로 통로폭(gangway), 통로 옆 객석의 최대 좌석수, 통로에서 각 좌석까지의 최대거리, 앞뒤 좌석열 사이의 통과폭(seatway) 등을 기준으로 제안할 수 있다. 유럽이나 일본의 경우 세로 통로는 객석수에 따라 결정되지만 최소한 1100mm를 확보할 것을 규정하고 있다. 통로에서 각 좌석까지의 최대거리는 객석블럭을 기준으로 한쪽 통로인 경우와 양쪽 통로인 경우로 구분하여 규정하고 있으며 앞뒤 좌석열 사이의 통과폭은 한쪽 열의 좌석수에 따라 폭의 크기

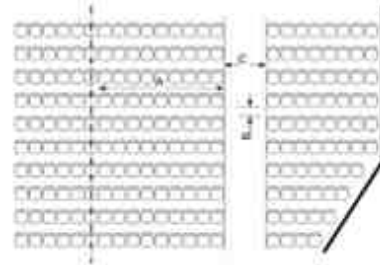


그림 49 객석의 부분 평면도

표 6 좌석의 배치기준

앞뒤 좌석열 사이의 통과폭 (B)	통로에서 각 좌석까지의 최대거리 (A)	통로 옆 객석의 최대 좌석수	
		양쪽 통로인 경우	한쪽 통로인 경우
300 ~ 324 mm	3000 mm	14	7
325 ~ 349 mm	3500 mm	16	8
350 ~ 374 mm	4000 mm	18	9
375 ~ 399 mm	4500 mm	20	10
400 ~ 424 mm	5000 mm	22	11
425 ~ 449 mm	5500 mm	24	
450 ~ 474 mm	6000 mm	26	한쪽 통로의 경우 12석 이하로 규정
475 ~ 499 mm	6500 mm	28	

\* 앞뒤 좌석열 사이의 통과폭은 최소 300mm 이상으로 규정

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

가 결정된다. 여기서 규정하는 기준들은 좌석의 폭이 500mm인 경우를 기준으로 작성한 것이며 최근의 좌석과 같이 착석감을 위해 530mm로 늘리는 경우에는 여기서 제한하는 기준을 바탕으로 계산할 수 있다.

### (2) 발코니석의 전단부 보호벽

발코니석 전단부 보호벽의 손잡이 끝은 쌓안경이나 핸드백 등 작은 물건을 두는 장소가 되지 않도록, 또한 아래층 관객 위로 물건이 떨어지지 않도록 디자인해야 한다. 손잡이 나 전단부 보호벽의 두께가 너무 얇으면 불안을 느끼는 관객이 있으므로 폭( $t$ )은

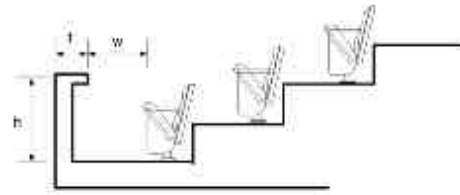


그림 50 전단부 안전벽의 설계

250mm 정도가 적당하다. 세로 통로의 막다른 곳에는 통로 신체 쪽에 걸쳐 1m 정도의 높이에 추락 방지 손잡이를 설치해야 한다.

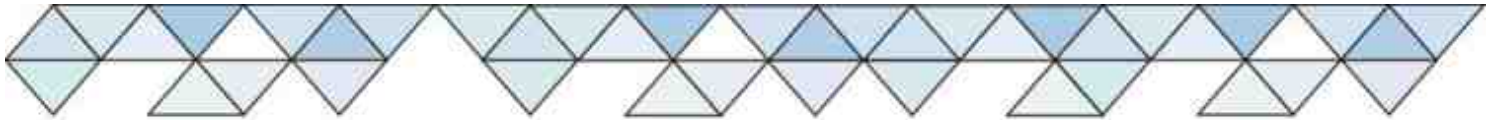
발코니 뒀 앞 열 앞의 공간( $w$ )은 관객의 이동을 위하여 530mm 이상의 공간을 확보하여야 한다. 발코니 전단부의 벽의 높이( $h$ )는 두께가 250mm 보다 얇으면 800mm의 높이를 확보하고 두께가 250mm보다 두꺼우면 벽의 높이는 750mm 정도로 설치한다.

### (3) 통로내의 계단

좌석의 세로통로는 경사면이나 계단 형식을 활용하지만 계단으로 구분하지는 않는다. 측면 벽면의 통로에서는 한쪽에 손잡이를 설치하며 가운데 통로의 경우에는 손잡이를 설치하지 않는다. 이들 속에서 통로를 오가는 관객의 안전을 위하여 계단 끝단에 눈에 띄는 색채로 명시하거나 비상등으로 적절히 밝게 조명하는 등의 대책은 중요하다. 또한 좌석 내의 전 통로 계단의 단의 높이를 통일하는 것도 중요하다. 관객은 계단 높이를 눈으로 확인하는 것이 아니라 1단 오름으로서 생기는 리듬에 의해 다음에 계속되는 계단의 높이를 예상하기 때문이다. 다음 1단의 높이가 예상과 달리 바뀌면 비틀거리 넘어지는 경우도 생길 수 있다.

경사선 통로에서의 경사 각도는 약 5° 정도를 초과하지 않도록 하는 것이 좋다.

계단식 통로의 경우 일반적인 계단의 기준을 적용하지는 않는다. 그러나 너무 길지 않도록 중간에 횡통로를 두는 것이 좋다. 계단식 통로는 일반적으로 40단 이상을 연속으로 설치하지 않으며 경사각은 25°를 초과하지 않도록 한다. 계단 1단의 높이는 100mm~190mm 범위내에서 설계하며 단의 폭은 250mm 이상으로 한다. 단일 관객의 동행을 위하여 단의 높이가 불기되하게 200mm를 초과하는 경우에는 단의 폭을



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

300mm 이상으로 확보하여야 한다.

일반적인 계단은 발판 크기를 바꾸지 않는 것이 원칙인데, 객석통로의 안전확보를 우선하는 경우에는 달라질 수 있다. 예를 들어 좌석통로에서 세로통로로 나가는 관객이 단차에 걸려 넘어질 위험도 있다. 좌석통로에서 세로통로로 나오는 부분은 피난경로 상의 통행 장애가 생기기 쉬운 장소이며, 실제로 들출된 계단은 최악의 장애물이 될 수 있으므로 특히 주의하여 설계하여야 한다.

### 2.4 제어실의 설계

#### 2.4.1 제어실의 위치

대부분의 공연장에서는 무대기계의 조작을 위한 제어실은 무대 측면에 두며, 음향 및 조명분야의 조정 및 조작 작업을 위한 제어실을 객석 뒤쪽에 둔다. 일반적인 레이아웃은 객석의 중심축 선상에 영사실을 두고 그 양쪽에 조명제어실과 음향제어실을 배치하는 형식이다.

다층 객석의 경우에는 1층 객석 후방 부분이 제어실의 최적 장소이다. 이 경우 조작자의 시계와 영사기의 투영범위가 바로 앞에 앉은 관객과 상층 발코니의 난간에 차단되지 않도록 제어실의 바닥 높이를 적절하게 설정하여야 한다. 발코니식의 난간이 크면 상하층의 고저차를 크게 하여야 하므로 2층 객석의 시계 확보에 문제가 생기거나 객석 상하층이 분할된 느낌이 들기도 한다. 이러한 경우, 제어실을 2층 객석 후방에 배치하는 경우도 고려하여야 한다. 결국 조작자의 시계 확보와 관객의 시각선 확보라는 두가지 관점을 함께 고려하여 최적의 위치를 찾는 것이 좋다.

제어실에서는 공연이 이루어지는 주무대 전역을 볼 수 있는 시계를 확보하여야 한다. 무대기계 제어실의 경우에는 무대 측면에서 주무대와 주무대 상부시설의 움직임을 모니터링할 수 있어야 하며 음향제어실과 조명제어실은 프로시니엄 개구부 전체를 볼 수 있도록 창을 설치하여야 한다.

객석 후방부에 주로 설치하는 음향제어실과 조명제어실, 영사실, 통역부스 등은 객석을 통하지 않고 접근할 수 있는 통로를 확보하여야 한다. 이 통로는 일반 관객의 동선과 가능한 한 교차하지 않도록 설계되어야 한다. 통상적인 통로와는 별개로 제어실에서 객석쪽으로 직접 드나들 수 있는 문이 설치되면 리허설할 때 편리하다.



#### 2.4.2 제어실의 규모

제어실의 크기를 얼마로 하여야 한다는 규정은 없다. 그렇지만 제어실에는 2~3명의 조작자가 항상 작업을 하게 되며 제어패널과 조작반이 놓이게 되며 뒤쪽으로 필수적인 장비들이 함께 들어서게 된다는 것을 고려하여야 할 것이다. 제어실의 크기는 크면 좋겠지만 최소 3mx4m 정도의 면적을 가지면 큰 무리는 없을 것으로 판단된다. 제어실의 높이는 바닥의 액세스 플로어 천장 상부를 제외한 작업공간의 높이를 약 2.5m 정도 고려하면 좋을 것으로 판단된다. 제어실의 크기를 결정할 때는 공연장의 규모에 따른 설비 규모를 고려하고 장래에 설치하게 될 기자재의 추가 증설에 대해서도 충분히 예상하여 여유를 갖고 정하여야 한다. 제어실 옆에 기기 전용 공간을 별도로 설치하는 것도 좋은 방법이 될 것이다.

제어실의 창문의 크기는 무대 및 관련설비에 대한 조작자의 시계확보를 우선하여 결정한다. 창문의 크기 역시 크면 좋겠지만 최소 2mx1m 이상의 창문을 설치하여야 할 것이다. 제어실의 창문은 차음효과를 고려하여 이중창으로 설치하는 것이 일반적이다.

제어실의 창문을 설치하는 경우에 특히 유의할 점은 창문의 반사이다. 공연장 진행되는 도중에 객석쪽에서는 제어실의 창문에 의해 빛이 무대쪽으로 반사되는 것을 최소화 하여야 하며 제어실 내부에서는 실내등에 의한 빛이 창문에 반사되어 조작자의 시계에 방해가 되어서는 안 된다. 이러한 문제점을 최소화하기 위하여 창문을 코팅하는 경우도 많으며 특히 창문이 수직으로 설치되지 않고 약간 경사지도록 적당히 기울어 설치하는 사례가 많다.

#### 2.4.3 제어실의 조명 및 환기

제어실 내의 조명은 작업등과 실내등의 두가지를 고려한다. 공연 및 리허설 등이 진행되는 동안에는 빛을 최소한으로 줄이고 제어용 패널에만 작업등을 설치하여 조작스위치만 비추어 사용한다. 이 작업등은 조광 기능과 각도 조절기능이 반드시 필요하다. 이 작업등은 창문에 반사되지 않는 구조로 설치되어야 한다. 일반적인 업무와 청소, 보수작업 등을 위한 실내등은 일반적인 형광등이나 백열등을 사용하는데 작업에 지장을 주지 않는 정도의 조도를 확보하여야 한다.

제어실은 독립적으로 차단된 공간으로 활용되기 때문에 환기창을 설치할 수 없으며 객석이나 다른 공간과 잡음 및 냄새가 차단되어야 한다. 그럼에도 공연 중이나 작업 중에 실내에 쾌적한 환경을 제공하여야 하기 때문에 독립된 공조 시스템을 별도로

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

갖추는 것을 권장한다.

제어실의 바닥, 벽, 천장 등은 광택이 없는 어두운 색으로 마무리 한다. 바닥에는 카펫 등을 깔고 벽면에는 흡음재를 처리하여 불필요한 소리의 탈생이나 반사를 줄일 수 있도록 설계하여야 한다.

### 2.4.4 제어실의 환경

제어실에서 사용되는 장치나 설비들은 각각의 기능 확대에 의해 많은 전자부품이 내장되어 있으며 특히 고도의 연출을 위한 컴퓨터 제어나 가변속 모터의 제어 등의 회로는 예전의 강전형(強電型)부품으로 된 제어부와는 달리 주위 환경에 예민한 부품으로 이루어져 있기 때문에 적절치 못한 환경에 놓이면 수명이 짧아질 뿐 아니라 오동작으로 인해 예기치 못한 위험 상황을 초래 할 수 있다. 따라서 안전성 확보와 사고방지를 위해서는 온도 등 환경 조건을 특별히 고려하여야 하며 다음과 같은 적절한 주위 환경을 조성할 필요가 있다.

표 7 제어실 환경적 설계조건

항 목	기 준	항 목	기 준
온도	5°C ~ 40°C	먼지 및 부식성 가스	먼지 : 0.3mg/m <sup>3</sup> 부식성 가스 : 없음
온도변화	±10°C /h	전원	동력용 : 3상 3선식 220V, 380V 제어용 : 3상 3선식 220V
습도	20% ~ 80% R.H.	전압 변동율	동력용, 제어용 공히 15%
노이즈	전기사스템 : 3V/m 이하 저기사ystem : 400A/m 이하 정 전 기 : 4kV이하	주파수 변동율	동력용, 제어용 공히 ±1Hz
진동	연속진동 : 0.2g이하 단시간 진동 : 0.5g이하	필터	동력용 : 제3종필터, 특별제3종필터 제어용 : 제1종필터 또는 특별제3종필터

#### (1) 온도 및 습도

##### ㉠ 온도

온도조건은 5~40°C 정도면 충분하다. 이보다 고온이 되면, 기기의 발열이 원활하지 않아 부품의 온도 상승으로 인해 정상적인 동작을 보장할 수 없으며, 아주 심한 경우에는 기기가 파손될 수도 있다. 반대로 너무 저온이면 부품의 특성이 변하여 역시

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

정상적인 동작을 기대할 수 없다.

일반적으로 온도 그 자체보다는 온도변화가 중요현대, 온도변화율은 보통  $\pm 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$  이하로 요구한다. 급격한 온도변화는 부품에 열응력을 발생시켜 온도상승이 지연되는 부분에 결로가 발생하여 정상 동작이 어려워진다. 온도 조건은 냉·난방기를 가동하면 비교적 쉽게 만족시킬 수 있다.

특히 외부와 직접 접한 장소나 열이 발생하는 기계실 등과 접한 장소를 피해야 하며, 전용 제어실을 설치하고 제어실에서 나온 열은 냉방장치를 이용하여 제거해야 한다.

### ② 습도

전자부품 카탈로그에서는 20~80%RH(RH:상대습도)로 하고 있지만, 습도가 높아지면 습도의 허용치가 작아진다. 예를 들면, 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 70%RH 정도, 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 48%RH 정도이며(습구온도 30 $^{\circ}\text{C}$  이하로 권장), 결로 방지, 저습도 장애방지 차원에서 더욱 엄격한 수치로 관리가 이루어져야 한다.

습도 그 자체보다는 이슬 맺힘 방지가 더욱 중요하며, 습도가 높아지면 공기 중의 수분이 많아지므로 약간의 온도 저하로도 결로 되기 쉬우므로 허용범위 이내일지라도 적당한 습도와 알맞은 온도를 유지하도록 주의해야 한다. 저온에서는 허용범위의 습도 조건이라도 약간의 습기로 인해 이슬 맺힘에 이를 수도 있으므로 기기의 발열이 적거나 실내온도가 낮은 경우에는 주의가 필요하다.

기기의 발열이 비교적 크고, 외부에서 습기 공급이 적은 경우에는 냉(난)방 운전으로 인해 저습도가 되기 쉬우므로, 적절한 가습장치로 가습하여 과도한 습도저하를 막아야 한다. 이들 습도조건은 온도조건과 같이 습도 조절기가 부착된 냉(난)방기를 운전하면 비교적 쉽게 만족시킬 수 있다.

지하 외벽과 접한 장소와 지하 최하층을 피하고, 전용 제어실을 설치해야 한다. 벽, 바닥으로부터 습기 공급이 많은 경우는 냉방기의 운전 상황에 따라서는 제습이 불가능한 경우도 있으므로 되도록 건조한 장소를 선정해야 한다.

### (2) 노이즈

#### ① 전기적, 전자(電磁)적 노이즈

##### (a) 장애가 되는 노이즈

- 대전, 방전으로 인한 노이즈
- 전자유도로 인한 노이즈

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

- 집집의 개폐, 전기용집 등 불꽃으로 인한 노이즈
  - 사이리스터, 인버터 등의 스위칭 노이즈
  - 낙뢰로 인한 유도전류
  - 큰 출력으로 빔에 어긋나는 무선 전화, 트랜시버 등의 전파가 섞여 들어오는 것.
- (b) 노이즈의 영향을 절감시키기 위한 대책
- 전기실, 기계실 근처나 바로 윗층, 바로 아래층을 피하고, 고압 또는 대전류 배선에서 먼 위치 등 노이즈가 적은 장소에 세어기기를 설치한다. 큰 풍로에 접한 장소에서는 개구부를 설치하지 않고, 칠근 콘크리트 벽의 차폐효과를 활용한다.
  - 노이즈 절감에 효과적인 전용 접지를 설치한다. 접지는 제1종 또는 특별 제3종 접지에 준하고, 접지저항은 약 10Ω 이하, 접지선은 약38mm<sup>2</sup>~100mm<sup>2</sup>로 한다.
  - 노이즈 발생 원인에 따라 기기의 차폐, 필터등과 같은 대책을 세운다.
- (c) 대형변압기, 동력기기, 대용량 인버터, 스위칭 선원을 사용하는 기기 근처를 피하고, 전기적, 전자기(電磁)적 노이즈가 적은 장소를 선택하여 전용 제어실을 설치하는 것이 바람직하다.

### ② 전원 노이즈

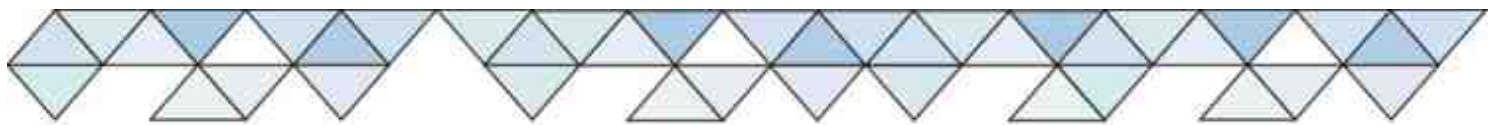
동일 전원 계통에 쓰임새가 다른, 대용량 부하, 사이리스터, 인버터 기기 등 노이즈를 발생시키는 기기가 접속되어 있으면, 기기의 동작과 정지에 따른 노이즈, 스위칭 노이즈가 전원선에 섞여 들어와서 컴퓨터 기기의 동작을 혼란시키는 원인이 될 수도 있다. 필요에 따라서는 제어(컴퓨터)용 전원으로서 전용 트랜스를 설치하고 1차 간선은 노이즈가 섞여 들어오는 것을 방지하기 위해 단독 금속배관으로 시공한다. 또한 각 부하의 제어반에서 해당 부하까지의 2차 배선용 노이즈의 유출 방지를 위해 금속배관으로 시공한다.

### ③ 무대기구기기 측면에서의 대응

외부에서 혼입되는 노이즈를 생각한 결과, 외부에서 보면 무대기구기기의 동력부가 노이즈 발생기가 되는 경우가 있다. 무대 주위에서는 무대유량기기에 영향을 줄 수도 있으므로 필요에 따라 라디오 노이즈 필터를 사용하는 등의 대책이 필요하다.

### (3) 진동

제어실내에서는 인체가 느낄 수 없을 정도의 진동 이하가 되도록 설계한다. 제어반



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

이나 조작반은 무대나 객석근처에도 설치될 수 있으므로 소음방지를 위해서도 큰 진동은 피해야 한다.

제어반, 조작반이 무대나 객석 주위에 설치되는 경우, 기기 설치장소는 소음문제로 인해 상기 진동 기준보다 적은 양의 진동 조건을 만족해야 하기 때문에, 큰 문제가 되지는 않는다.

또한 큰 지진에서도 가속도는 0.3G(지표면 또는 지하)~1.0G(그리드) 정도이며, 넘어지지 않도록 하면 별다른 문제는 없을 것으로 여겨진다.

#### (4) 먼지·부식성 가스

극장, 홀의 입지조건으로 만족해야 하는 부식성 가스 기준 등, 인간에게 유해한 물질이 검출되지 않을 정도로 유지된다고 생각하면 된다.

제어실 내에서는 전용 냉(난)방기를 설치하고 바깥공기에는 제진 필터를 이용하여야 하며 내부 바닥은 비닐계 시트를 깔고 벽면은 페인트칠을 하며 천장은 흡음판을 설치하는 등 먼지가 발생하지 않는 내장시설을 하는 것이 좋다.

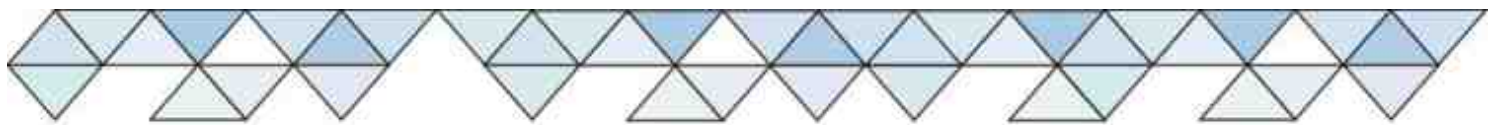
제어반, 조작반의 주위환경이 안정되기 이전, 예를 들면, 공사 중에 주위환경이 제대로 갖추어지지 않은 상태에서 설치공사를 하는 것은 바람직하지 않으며, 제어반실의 내장이 완료되고, 온·습도, 먼지 제거 등이 안정된 상태에서 제어반 반입, 설치를 해야 한다.

해안 지방에서는 해수의 비산으로 인한 염분의 영향을 방지해야 한다. 기기실의 바깥공기가 들어오는 곳은 바다 반대 측에 설치하고 염해방지 필터를 사용하는 등의 적절한 방법이 필요하다. 이와 같은 적극적인 방법을 취할 수 없다면 실내 환기를 되도록 적게 하여(작업상황이 허락하는 한) 습도를 낮게 유지하는 것도 효과적이다.

#### (5) 제어반실

##### ① 제어반실로 적합한 장소

- ▶ 온도상승이 적은 장소
- ▶ 습도상승이 적은 장소
- ▶ 먼지 발생이 적도록 실내 마무리 공사를 한다.
- ▶ 누수, 출수, 물방울이 떨어 우려가 없는 장소
- ▶ 진동이 적은 장소
- ▶ 전기적, 전자적 노이즈가 적은 장소
- ▶ 전기적 부하에 가까운 장소



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

### ② 제어반실의 냉방기

일반 사무실 정도의 온·습도 조건을 유지한다. 온도, 습도변화가 일정한 경우도 필요하므로 온도상승한도를 초과하는 경우는 전용 냉방기를 설치하는 것이 바람직하다. 한랭지에서는 난방운전으로 전환 가능한 기기도 필요하다.

- ▶ 단독 운전이 가능한 냉방기(30℃ 전후의 실내온도로 24시간 운전)
- ▶ 복수 대수에 의한 운전
- ▶ 기기 점검, 보수에 필요한 최저한도의 환기를 한다
- ▶ 사전 제습을 통해 충분히 먼지와 습기가 제거된 후 기기를 반입한다.

### ③ 공사분담, 공사비 배분

제어실의 건축에 있어서, 건축공사, 냉방장치 등은 일반 설비공사로 시공되는데, 이들은 건축에서는 별도로 고려되지 않은 시설이므로, 이를 위한 예산을 확보한 후에 공사를 진행하는 것이 바람직하다.

## (6) 공급전원

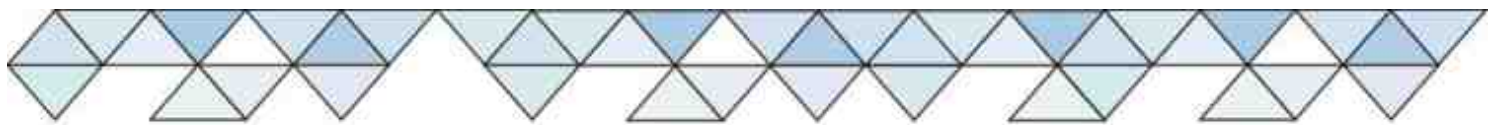
### ① 전압

전력 공급상황, 기기에 필요한 전원을 고려하여 전원전압을 선정한다. 일반적으로 동력용으로는 3상 3선식 220V, 380V를 사용하며 제어용으로는 3상 3선식 220V의 전원을 사용한다.

### ② 전압변동

공급전압은 전압 강하에 의한 부분까지 포함하여 정격전압의  $\pm 5\%$  이내로 한다. 전압이 너무 높으면, 제어기기 전원부의 부담이 커져 온도 상승을 일으켜서 수명 단축의 원인이 될 수도 있다. 전압이 너무 낮으면, 안정적인 동작에 필요한 전압이 부족하여 동작이 불안정해질 수 있고 기종에 따라서는 정전으로 판단되어 동작을 정지시킬 수도 있다. 이 범위를 초과하는 전압변동이 예측될 경우는 탭 부속 트랜스로 전압 조정이 필요하다. 이 전압범위 내에서도 급격한 전압변동을 노이즈로 인식하는 기기도 있으므로, 다른 대용량 부하기기와 저압 간선을 같이 사용하는 것은 피한다.

10msec 또는 반 사이클 이상의 순간 정전에서는 정전을 감지하고 동작을 정지시키는 제어기기도 있으므로 되도록 정전이 적은 전원을 사용해야 한다. 그러나 전력 사용



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

자극에서 요구할 수 있는 경우는 적은 것이다. 따라서 컴퓨터 등 정전에 의해 좋지 않은 상태를 일으킬 수 있는 기기는 적절한 백업 전원을 갖추어야 한다. 전원이 복구된 후, 곧바로 정전 전의 상태로 복구할 수 있는 제어기기에는 별도의 예비전원이 필요하지 않은 경우가 많다.

### ③ 전원과형 변형

전원과형 변형은 10% 정도를 권장한다. 과형 변형 자체가 제어기기에 영향을 미치는 경우는 적지만, 전원 주파수 변동과 마찬가지로 노이즈가 섞여 들어오는 지표로 여겨서므로 되도록 과형 변형이 적은 전원을 사용하는 것이 바람직하다. 동상, 단독 선원 트랜스에서 단독 저압간선으로 전원을 공급하면 과형 변형 문제를 해결할 수 있다.

### ④ 주파수

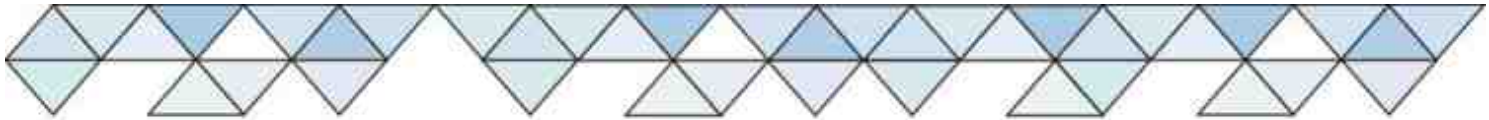
전원 주파수의 변동이 직접 기기제어부에 영향을 미치는 경우가 적어 동상의 전원 공급 상황에서는 문제가 되지 않는다. 그러나 주파수 변동이 큰 전원은 대응할 부하기기의 ON / OFF를 유발시키므로, 안정도가 부족한 전원, 노이즈가 섞여 들어올 우려가 있는 전원의 지표가 되기도 하여, 되도록 주파수 변동이 적은 전원을 사용하는 것이 바람직하다.

### ⑤ 전원용량 (공급간선)

무대기구기기의 규모, 제어방식에 따라 다르지만, 동력전원으로서 50~1500kVA, 제어전원으로서 10~50kVA정도가 사용되고 있다.

무대기계의 경우 무대기구에 이용하는 모터는 시동 시에 최대 토크가 필요하므로, 공급전원의 선원 용량 부족이나 전압변동이 시동 토크에 영향을 미쳐 시동에 어려움이 발생하는 경우가 있다. 따라서 공급전원 용량은 모터의 시동전류를 고려하여 산정해야 한다. 이 시동 전류 값은 제조회사, 제어방식에 따라 차이가 있으므로 개개의 조건에 따른 대응이 필요하다. 또한 무대기구용 모터 시동에 따른 전압 강하는 운영상(설계상)의 기기 최대동시유전 조건에서 5% 이하(기구제어만의 수전점에서)로 억제해야 한다.

동력용 간선과 제어용 간선은 별도로 전원계통으로 설치해야 한다. 필요한 전력을 적은 전압변동으로, 전원 노이즈가 혼입되지 않게 공급할 수 있어야 한다. 전원배선 전기적, 전자적 노이즈를 보오는 안테나 사용을 할 수 있으므로, 배선은 되도록 짧게, 단독 급속관 배선에 의해 공급을 받는 것이 중요하다. 이 관점에서 동인 저압 간선에 다른 부하를 접속하는 것은, 그 부하가 노이즈를 발생시킬 우려가 없는 것 이라도 전원



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 2. 공연장 및 무대 설계시 고려사항

배선에 노이즈가 섞여 들어는 정도가 커지므로 바람직하지 않다. 제어전원의 간선 경로는 다른 고압, 대전류 또는 대용량 설비 기기전원 등의 배선으로부터 떨어진 위치에 배선해야 한다.

### ⑥ 고주파 전류

무대기구 제어반에서 인버터 제어 모터 등의 가변속 기기에서는 고주파 전류가 발생하여 공급 전원에 악영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 고주파 유출 전류가 상한치를 초과할 경우 적절한 대책을 강구해야 한다.

### (7) 접지

#### ① 동력용 접지

동력용 접지는 기기의 절연이 파손되거나 전자유도로 충전되어 감전 우려가 있을 때 위험을 방지하기 위한 것이다. 접지저항은 전압에 따라 100Ω 또는 10Ω 이하로 하고, 접지선은 용량에 적합한 전선 크기를 사용한다.

#### ② 제어용 접지

제어용 접지는 제어회로의 기준전위를 안정화시키기 위한 것이기 때문에 다른 기기가 접속되지 않은 노이즈가 적은 전용 접지가 필요하다.(지락전류를 흐르게 하는 것이 주요 목적은 아니다) 최근에는 노이즈를 발생시키는 기기가 증가하는 추세이므로, 노이즈 방지효과를 중시하여 제1종 또는 특별 제3종접지에 준하여 접지저항은 10Ω이하, 접지선은 38mm<sup>2</sup>~100mm<sup>2</sup> 정도가 필요하다. 가능하면 제어반 근처에 접지극을 설치하고, 접지선은 접지극 부근을 뺀 나머지 부분을 단독 급속배관에 넣는다. 접지선이라고는 하지만 노이즈를 모으는 안테나이므로 되도록 짧게 하는 것이 중요하다.



### III. 무대기계 기초 공학

#### 1. 그리드 및 프레임

그리드(grid 혹은 grid iron)의 기능은 매달리기구(rigging system), 무대기계, 구동 장치를 설치하기 위하여 안전하고 튼튼한 장소를 제공해주는 것이다. 그리드는 현 시설들의 무게뿐만 아니라, 일반적인 공연에 필요한 배경막이나 조명의 무게도 지탱해주는 역할을 한다. 또한 작업자 및 관리자가 쉽게 접근하여 안전하게 유지·보수 할 수 있는 공간을 제공한다. 그리고 새로운 무대시설을 개발하고, 배경 장치를 매달아 스폿 라인을 추가하는 것과 같이 공연에서 임시 혹은 예상치 못한 부분을 충족시키기 위해 사용될 수 있어야 한다.

그리드는 무대시설의 상부 그리드는 무대시설의 흔들림이나 들어짐 방식을 위해 견고하게 지지되어야 하며, 그리드의 고정은 해당건축물의 주벽과 견고히 고정되어야 한다. 국외의 경우를 살펴보면 그리드에 작용하는 뉴욕시의 건축기준에는  $50lb/ft^2$ 의 하중 제한을 하고 있고 유럽극장에서는  $2.5 kN/m^2$ 의 하중으로 규정하여 적용하고 있다. 그리드 행어의 경우에는 행어의 크기에 따라 300 kg ~ 2,000 kg의 하중을 지탱하는 범위에서 사용을 하게 된다.

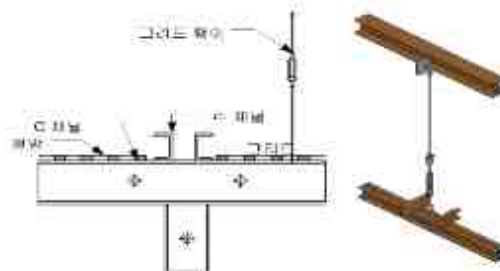


그림 1 그리드 행어 고정부 상세도

##### (1) 그리드의 높이

그리드의 적절한 높이를 계산하는 공식으로 잘 알려진 것은 프리드리히 크라니츠

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

(Friedrich Kranich)에 의해 개발된 것이다.

$$\frac{Hh}{Z+Hh} = \frac{V}{Z}$$

$$Bh = Hh + P$$

$$Hh = \frac{V(Z+Hh)}{Z}$$

$$Bh = \frac{V(Z+Hh)+V-2}{Z}$$

여기서,

Hh : 무대 개구부를 통해 위로 볼 수 있는 최대 시야라인과 무대 마루 사이의 거리

Bh : 그리드의 높이

Z : 객석의 첫 번째 열과 무대 개구부 사이의 거리

V : 무대 개구부의 높이

Hh : 무대 개구부와 무대 뒤쪽 표준선 사이의 거리

P : 표준 배경막의 높이(보통 무대 개구부 높이에 2미터를 더한 값)

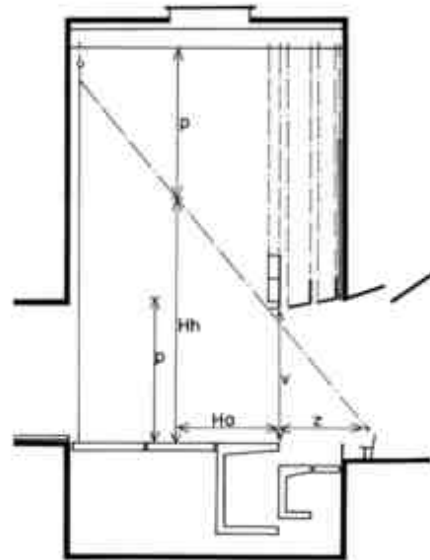


그림 2 그리드 높이 공식

이와 비교하여, 현대 극장 건축에 관한 독일의 표준 다음 계산 방법을 권장하고 있다

$$Bh = 2V + 4m$$

그리드 높이의 최적 값에 대해 저명한 독일 극장 전문가인 아돌프 조츠만(Adolf Zotzmann)은 다음 표를 제시하였다.

표 2 무대 개구부 대비 그리드의 높이(단위 : m)

구 분	다목적 극장	오페라 하우스	연극전용극장	스튜디오
무대 개구부	8	8	7	6
그리드 높이	22-24	24-26	20-24	10-16

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

조츠만의 이상적인 표준과 비교하여, 유럽의 대표적인 극장의 크기는 다음과 같다.

표 3 주요 공연장의 그리드 높이

구분	잘츠부르크 오페라	함부르크 오페라	뒤셀도르프 극장	울름 극장
좌석수	2,300	1,545	1,008	817
무대 개구부(단위:m)	9	8.2	8.5	8
그리드 높이(단위:m)	27.8	29	24	21.4

표 4 개구부와 주무대의 크기(독일, 왈터 운무(Walter Unruh))

구분	개구부		주무대		
	너비(m)	높이(m)	너비(m)	높이(m)	깊이(m)
스튜디오 극장	6~12	4~6	12	8	8
소 극 장	6~15	5~8	15	10	10
중 극 장	7~12	5~7	24	26	18
대 극 장	8~15	6~8	26	28	20
오페라 하우스	10~18	6~10	30	30	25

그리드 높이는 일반적으로 다음과 같은 방식으로 결정된다. 객석의 첫 번째 열에 있는 보통 좌석에서 볼 때 시야라인이 프로시니엄 혹은 무대 개구부의 높이를 결정하는 장치의 목대기를 지나도록 한다(높이가 조절되는 경우는 최대 높이에 맞춘다).

무대 뒀에 있는 장치봉이 최대 높이에 있을 때 해당 장치봉은 위에서 말한 투영선 위에 있어야 한다. 이런 상태가 되면 무대 뒀에 '룬트 호리즌트(Rund Horizont)'이라 불리는 배경막 혹은 하늘막(cyclorama)를 걸 수 있게 된다. 곡선 형태의 하늘막은 독일 무대 미술에서 자주 쓰이는 장치이다. 하늘막이 사용되면, 머리막(border)이나 다리막(side wing)이 없어지고 주무대 전체를 둘러싸는 넓은 공간이 생기게 되며 이 공간에서 강력한 투영 기술이 효과적으로 활용될 수 있으며, 무대 뒀쪽을 가릴 필요가 없어진다.

그리드 높이를 정하는 전통적인 방법 중에서 널리 쓰이는 방법은 프로시니엄 높이의 3배를 사용하는 것이다. 만일 프로시니엄 높이가 12 m이면 무대에서 그리드까지의 높이는 36 m가 된다. 이 그리드 높이에서는 무대에서 사용되는 배경 시설 위로 두 세트의 흑막(black cloth) 혹은 배경막(drop)을 보관할 수 있게 된다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

### (2) 그리드의 구조 및 안전

상부 그리드는 점검자 및 작업자의 공간이다. 무대시설의 문제가 발생하면 점검자 혹은 작업자가 그리드의 무대기구를 쉽게 접근할 수 있도록 설치하여야 하는데 이에 해당하는 높이는 1단 그리드의 경우에는 천정과 최소 2 m 이상의 높이를 확보하여야 원활한 접근 및 작업이 가능하다. 2단 그리드의 경우에는 1단의 전동기구가 설치되는 그리드와 2단의 활차 및 풀리가 설치되는 그리드로 구분할 수 있다. 이와 같은 2단 구조의 그리드의 높이는 1단은 2 m, 2단은 2 m로 총 4 m 이상의 높이를 갖도록 설정이 된다. 여기에 추가적으로 고려할 것이 상부 그리드에 배기 덕트 등 공조시설이 지나가므로 이 시설에 의한 그리드의 접근이 용이하지 않을 수 있으므로 공조시설의 높이를 생각하여 1 m의 여유를 두는 것이 바람직하다.

상부 그리드의 조명은 점검자의 원활한 점검을 위하여 그리드 내 평균 조도가 100 lx 이상이 되도록 조명을 설치하여야 한다.

무대조명에 의한 발열, 햇빛 등에 따라 그리드는 매우 고온이 되기 쉬운 부분이고 작업과 함께 먼지도 많이 발생하므로 적절한 급기, 배기 설비가 필요하다. 열악한 환경을 조금이라도 개선하기 위하여 그리드 상부의 벽이나 지붕 등에 환기구를 설치하는 것이 바람직하다. 단, 차음 또는 방수 등의 약점이 될 수도 있으므로 충분한 대응이 필요하다.

### 1.2 프레임 및 구조 안전

하부무대기구는 승강무대, 이동무대, 회전무대 등 다양하게 구성된다. 이들은 용도, 하중, 규모, 운전속도, 주위 조건 등에 따라서 다양한 구동방식을 가지며, 하부무대기구를 구성하는 프레임, 안전장치 등을 고려하여 적용하게 된다.

하부무대 프레임은 용도, 규모, 하중, 주위 조건에 적합하게 구성하고 사용 프레임에 작용하는 용력은 설계하중에 대해서 재료에서는 0.2 % 내력치를 단기 허용응력도로 하고, 장기 허용응력도는 단기 허용응력도의 2/3의 값을 이용한다. 또한 실험에 의해 강도를 확인하여 필요한 안전율을 적용한다. 이때에 적용되는 안전율은 상부무대시설이 설치되는 그리드 프레임의 안전율인 4를 동일하게 적용한다. 프레임에 대한 변형도는 재료의 물성에 따라서 제시된 값을 적용하며, 일반 강재를 사용시에는 해당 프레임 스패 길이의 1/300이나 10 mm 이내를 적용한다.

무대바닥을 구성하는 목재는 구조적인 면에서 살펴보면 대부분의 공연장에서 배

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

우나 부용수 등의 받의 상해를 막기 위하여 탄력 있는 목재를 사용한다. 또한 동시에 무거운 대형 무대장면이나 장치들을 지탱할 수 있어야 한다. 하중이나 진동과 같은 다양한 물리적 외력에 의한 처짐이나 팽창은 규정된 범위에내이어야 한다. 처짐율은 길이의 1/360으로 규정하고 있으며 승강무대나 이동무대 등을 사용하는 경우에는 이동부분의 대두리 경계 사이에 틈새가 발생하는데 이 틈새는 약 5 mm 정도로 설계하며 최대 10 mm를 넘지 않도록 하여야 한다.

일반적으로 무대바닥은 네오프렌 패드, 침목, 합판, 마감 바닥재로 구성되며 무대바닥의 하중기준은 독일에서는 500 kg/m<sup>2</sup> 영국에서는 약 600 ~ 700 kg/m<sup>2</sup>을 지지할 수 있도록 설계한다. 또한 보험관련 기관에서는 좀 더 까다로운 750 kg/m<sup>2</sup>를 요구한다. 아래 표에서는 영국에서 사용하고 있는 무대 바닥의 최소 설계하중 권장치를 보여주고 있다.

표 5 공연장 바닥의 최소설계하중 권장치 (출처:Technical Standard A011)

구 분		소공연장	중형공연장	대형공연장
무대 바닥	분포하중	5 kN/m <sup>2</sup>	7.5 kN/m <sup>2</sup>	10 kN/m <sup>2</sup>
	집중하중 (300x300mm)	3 kN	4.5 kN	7.7 kN
조명봉 그리드 캐리리	45 kg/m	45 kg/m	60 kg/m	
하중캐리리	최소 2.5 kN/m <sup>2</sup> (상부적재물의 하중에 안전을 적용) 3~4.5 kN/m <sup>2</sup>			
하중캐리리	최소 5 kN/m <sup>2</sup> (평형추 최대하중을 견딜 수 있도록 설계)			
조명브리지			2 kN/m <sup>2</sup>	
천장조명루스 및 디버룸			5 kN/m <sup>2</sup>	

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

### 2. 무대기계 기초 역학

#### 2.1 표준단위계

공학에서는 힘, 질량, 거리, 시간 같은 물리량을 나타내기 위해서 측정단위가 사용되는데 우리가 주로 사용하는 미터(meter), 킬로그램(kg) 등을 사용하는 방식과 미국 등에서는 같이 피트(feet), 파운드(pound) 등을 사용하는 방식으로 크게 분류할 수 있다. 현재 대부분의 국가에서는 미터나 킬로그램 등의 단위를 사용하고 있으며 이러한 단위를 SI 단위계(International System of Units)라고 한다. 현재의 SI 단위는 1960년에 개최된 무게 및 측정에 대한 11차 대표단 회의에서 채택되었다. 일반적으로 SI 단위계는 미터 단위계 혹은 MKS 단위계라고도 한다.

우리나라에서는 SI 단위계를 주로 사용하여 왔으며 중국에서 혹은 예로부터 사용되어온 척, 자 등의 단위와 온스, 파운드, 인치 등의 미국식 단위를 혼용하여 사용하였으나 최근 들어 우리나라의 단위계를 SI 단위계로 정하여 법으로 지정하였으며 모든 산업 현장에서 SI 단위계를 사용하고 있다. 그러나 미국에서는 일반적으로 미국 관용단위계를 많이 사용하고 있다. 단위계의 기본 단위는 다음과 같다.

표 6 SI단위와 미국 관용단위계

	SI	미국 관용단위계
길이	meter(m)	foot
힘	newton(N)	pound force
시간	second(s)	second
질량	kilogram(kg)	pound mass, slug

표 7 SI단위계에서의 접두사 및 기호

곱셈인수	접두사	기호	곱셈인수	접두사	기호
$10^3$	tera	T	$10^{-3}$	milli	m
$10^9$	giga	G	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^6$	mega	M	$10^{-9}$	nano	n
$10^3$	kilo	k	$10^{-12}$	pico	p

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

단위계가 법으로 규정되면서 동양에서 많이 쓰던 단위들은 점점 사라져가고 있지만 아직도 현장에서는 SI 단위계뿐만 아니라 미국 관용단위계도 함께 사용되고 있기 때문에 이에 대해서도 알 필요가 있다. 한편 미국 관용단위계에서는 파운드(pound)가 힘의 단위와 질량의 단위로 함께 사용된다. 아래 표에서는 파운드가 질량을 나타낼 때에는 그 단위를 lbm로 표시하고, 힘을 나타낼 때에는 그 단위를 lb로 표시하였다. 여전히 많은 현장이나 문서 등에서는 미국 관용단위계가 사용되는 예가 있으므로 이를 변환하여 이해할 필요가 있다.

표 8 SI 단위계와 미국 관용단위계의 변환

길이	1 in = 25.4 mm 1 ft = 0.3048 m	1 m = 39.37 in 1 m = 3.281 ft
질량	1 lbm = 0.4536 kg	1 kg = 2.2046 lbm
힘	1 lb = 4.448 N	1 N = 0.2248 lb
압력	1 psi = 6.895 kN/m <sup>2</sup> 1 psf = 47.88 N/m <sup>2</sup>	1 MN/m <sup>2</sup> = 145.0 psi 1 kN/m <sup>2</sup> = 20.88 psf
모멘트	1 ft-lb = 1.356 N·m	1N·m = 0.7376 ft-lb

### 2.2 하중의 계산

#### (1) 힘의 분배

앞에서도 언급한 바와 같이 힘은 임의의 작용점에서 어떤 방향으로 작용하며 그 힘의 크기와 방향을 벡터로 표현하였다. 1개의 힘을 그와 동일한 효과를 내는 몇 개의 힘으로 나누는 것을 힘의 분해라 하고 나누어진 힘을 분력이라 한다. 그런데 우리는 공학적인 계산을 위하여 x-y 좌표계를 이용하며 이 좌표에서 계산하기 편하도록 벡터로 표현된 힘을 각 축에 대치하는 과정을 힘의 분해라 한다.

아래 그림에서 힘  $F$ 는  $x$  축과 각도  $\theta$  만큼의 방향을 가지고 있다. 이를 직각좌표계에서의  $x$  축 방향의 힘의 성분과  $y$  축 방향의 힘의 성분으로 분해하면 다음과 같다.

$$F_x = F \times \cos\theta \quad (\text{식3})$$

$$F_y = F \times \sin\theta$$

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

하지만 실제의 적용에서 힘의 작용 방향은 각도보다 길이 정보로 주어질 때가 많다. 따라서 아래와 같이 삼각형의 길이를 통한 힘의 분해 역시 중요하다.

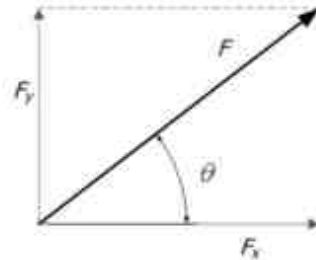


그림 3 각도를 통한 힘의 분해

$$F_x = F \times \cos\theta = F \times \frac{H}{L} \quad (\text{식4})$$

$$F_y = F \times \sin\theta = F \times \frac{V}{L}$$

예를 들어 그림과 같이 천장에서 와이어로프로 트리스를 매달고 있는 경우를 가정해 보자. 이때 천장에서 수직아래방향으로 5 m, 수평으로 4 m 위치에 트리스를 위치시켰을 때 와이어로프로 걸리는 하중이 350 N 이 걸었다고 가정해 보자. 이 때, 아이볼트에 작용하는 힘을 수평력과 수직력으로 나누어 보면 다음과 같다.

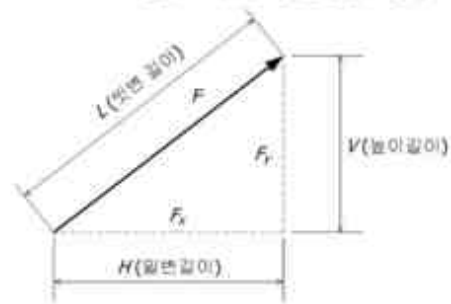


그림 4 삼각형의 길이를 통한 힘의 분해

$$F_x = F \times \frac{H}{L} = 350 \times \frac{4}{\sqrt{41}} = 218.64 \text{ N}$$

$$F_y = F \times \frac{V}{L} = 350 \times \frac{5}{\sqrt{41}} = 273.30 \text{ N}$$

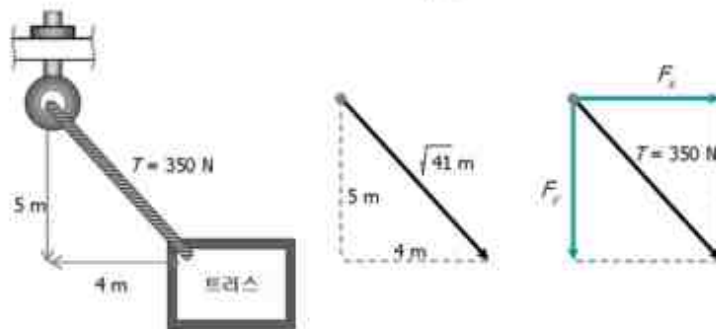
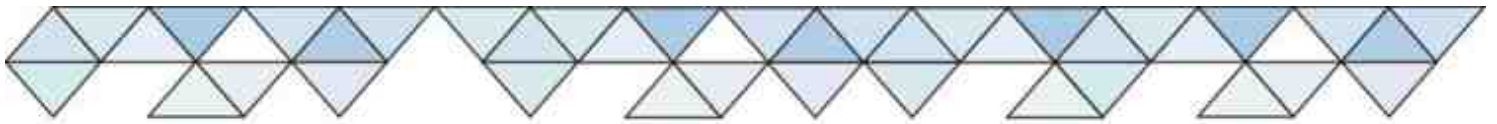


그림 5 와이어로프의 장력에 의해 발생하는 아이볼트에서의 지지력





### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

#### (2) 힘의 합성

동일한 작용점에서 작용하는 여러 힘은 하나의 힘, 즉 합력으로 표현될 수 있다. 해당 작용점은 여러 힘의 합인 합력이 단일한 힘으로 작용하는 것으로 간주될 수 있다.

#### □ 평행한 힘의 합성

동일 작용선 상에서 평행한 힘의 합력은 각각의 힘을 더하면 된다. 따라서 합력  $F_{res}$ 는 다음과 같다.

$$F_{res} = F_1 + F_2 + \dots + F_n \quad (\text{식5})$$

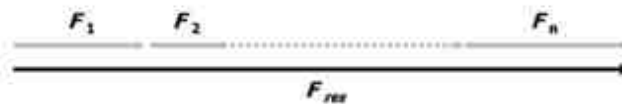


그림 6. 동일 작용선 상의 힘의 합력

아래 그림을 예를 들어 설명해 보자. 그림에서 첫 번째 경우의 힘의 합력은 다음과 같다.

$$F_{res} = F_1 + F_2 = (+2) + (+3) = 5 \text{ N}$$

그림에서 두 번째 경우의 힘의 합력은 다음과 같다. 여기서 주의할 점은 벡터는 방향성을 가지므로 힘의 방향에 대해서는 이를 표현하여야 한다.

$$F_{res} = F_1 + F_2 = (-2) + (+3) = 1 \text{ N}$$



### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

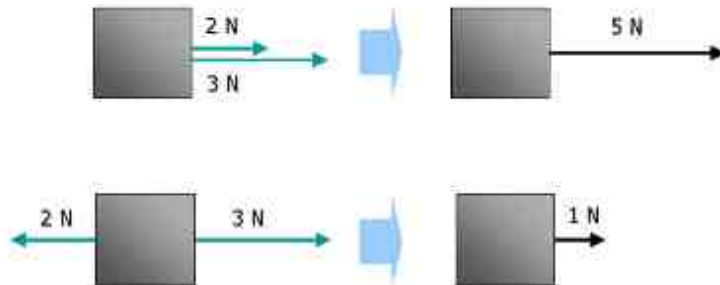


그림 7 동일 작용선 상의 힘의 합력

#### □ 평행하지 않은 힘의 합력

각 힘이 동일 작용선 상에서 작용하지 않는 경우, 한 점에 작용하는 두 힘의 합력은 평행사변형의 법칙에 의하여 구할 수 있다.

#### • 수직인 두 힘의 합력

두 힘이 서로 수직인 경우에는 피타고라스의 정리에 의하여 합력을 구할 수 있다. 다음 그림에서 피타고라스의 정리를 적용하면  $(F_{max})^2 = (F_1)^2 + (F_2)^2$  이므로, 합력의 크기는 다음과 같다.

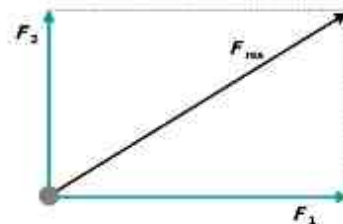


그림 8 수직인 두 힘의 합력

$$F_{max} = \sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2} \quad (\text{식 6})$$

아래 그림을 예로 들어보자. 장치봉을 지탱하고 있는 와이어로프의 구성을 위하여 사용되는 활차의 이 활차에 작용하는 힘을 보여주고 있다. 와이어로프의 한쪽 끝은 전동기에 묶여 있으며 다른 한쪽 끝은 장치봉을 매달고 있기 때문에 와이어로프에는 장치봉 쪽의 무게만큼의 장력이 걸리는데 와이어로프가 활차에 의해 방향이 전환되기 때문에 와이어로프를 따라 두 방향으로 힘이 작용한다. 즉, 활차에는 와이어로프의 장력에 의해서 수직력과 수평력이 함께 작용한다. 이 때 활차의 축에 작용하는 힘은 와이어로프에서 작용하는 장력의 합력과 같으며 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$T_{max} = \sqrt{(T_1)^2 + (T_2)^2} = \sqrt{(100)^2 + (100)^2}$$

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

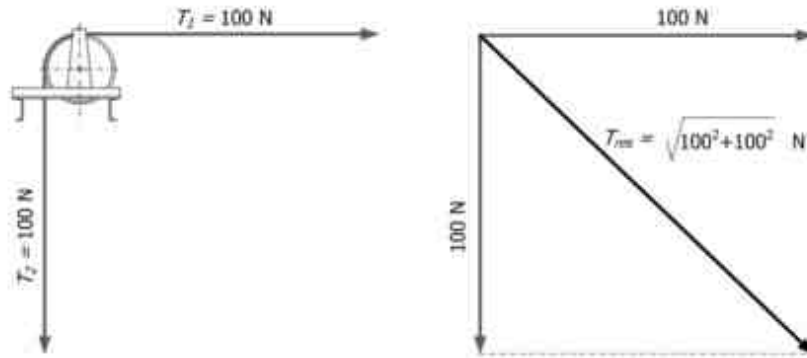


그림 9 활차의 축에서 작용하는 힘의 합력

#### □ 일반적인 경우 두 힘의 합력

위의 그림에서와 같이 두 힘이 수직으로 작용하지 않는 경우에는 힘  $F_1$ 과  $F_2$ 의 합력  $F_m$ 은  $F_1$ 과  $F_2$ 를 평행사변형의 인접한 변으로 가정하고 평행사변형을 그렸을 때, 힘의 작용점을 지나는 평행사변형의 대각선에 해당한다.

만약  $F_1$ 과  $F_2$ 의 방향과 힘의 크기를 정확히 작도하였다면, 합력  $F_m$ 의 크기는 대각선의 길이를 측정함으로써 근사적으로 구할 수 있으며, 합력  $F_m$ 의 작용 방향 또한 대각선의 방향과 근사적으로 일치한다. 현장에서 적용할 때에는 수학적으로 정확한 값을 구하는 것보다 때로는 작도를 통하여 손쉽고 빨리 구하는 것이 필요할 수 있으므로 각각의 힘을 비례에 맞도록 정확히 그리는 것이 중요하다.

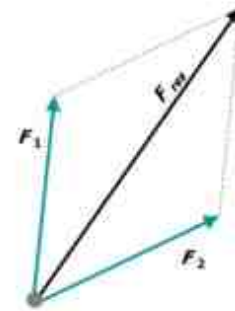


그림 10 힘의 평행사변형법

다음은 합력을 작도에 의한 근사해로 구하는 것이 아니라 수학적으로 정확한 해를 구하는 방법을 설명하고자 한다. 일반적인 힘의 합력은 각 힘을 직각좌표계 상의  $x$   $y$  축 방향으로 각각 힘을 분해하고, 각 방향의 분력의 합을 구한다. 이후, 피타고라스의 정리를 통해 각 축방향의 분력의 합으로부터 전체 합력을 구한다.

그림에서 힘  $F_1$ 과  $F_2$ 의  $x$  축과  $y$  축 방

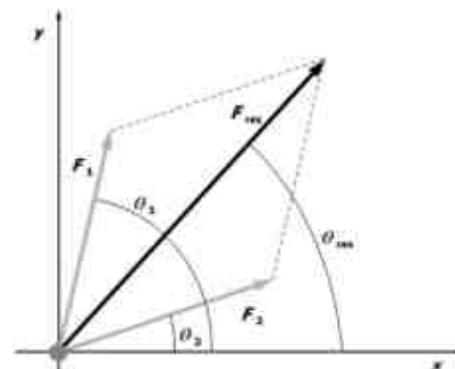


그림 11 직각좌표계에서의 합력 구하기

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

향으로의 분력은 다음과 같다.

$$F_{1,x} = F_1 \cos \theta_1 \quad F_{1,y} = F_1 \sin \theta_1 \quad (\text{식 7})$$

$$F_{2,x} = F_2 \cos \theta_2 \quad F_{2,y} = F_2 \sin \theta_2$$

분해된 각각의  $x$  축 방향의 힘은 서로 평행하므로 두 힘을 더하면 합력  $F_{res}$ 의  $x$  축 방향의 힘을 구할 수 있다. 또한  $y$  축 방향에 대해서도 동일하게 적용된다.

$$F_{res,x} = F_{1,x} + F_{2,x} = F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2$$

$$F_{res,y} = F_{1,y} + F_{2,y} = F_1 \sin \theta_1 + F_2 \sin \theta_2 \quad (\text{식 8})$$

합력의 크기는 위의 그림에서 피타고라스의 정리에 의해 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$F_{res} = \sqrt{(F_{res,x})^2 + (F_{res,y})^2}$$

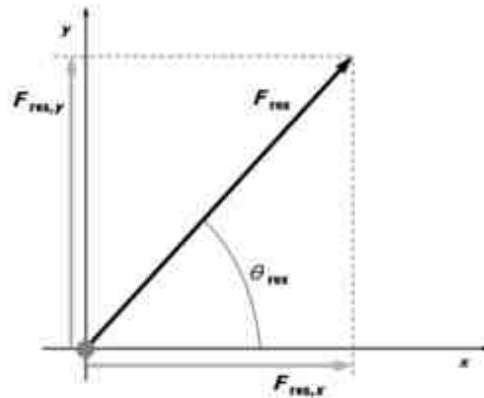


그림 12 각 분력의 합에 의한 최종 합력의 계산

합력의 방향은 다음과 같다.

$$\tan \theta = \frac{F_{res,y}}{F_{res,x}} \quad (\text{식 9})$$

### (3) 모멘트(Moment)

임의의 물체에 하중이 작용할 때 작용점이 물체의 무게중심을 지나지 않으면 그 물체는 회전하게 된다. 이때 회전하려는 힘의 경향을 모멘트(moment)라 하며, 그 크기는 힘의 크기와 회전중심과 힘의 작용선과의 수직 거리를 곱한 것과 같다. 따라서 모멘트의 크기는 작용하는 힘과 회전중심과 힘 사이의 거리에 따라 좌우된다. 모멘트의 단위는  $N \cdot m$ ,  $lb \cdot in$  등이 있다.

모멘트의 크기는 다음과 같다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

$$M = (\text{회전력의 크기}) \times (\text{회전중심과 힘의 작용선과의 수직거리}) = F \times d \quad (\text{식 } 10)$$

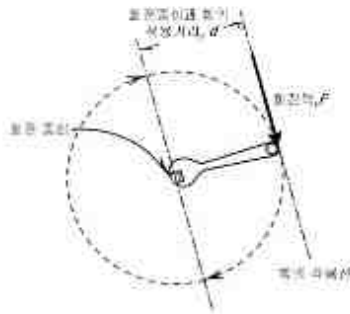


그림 13. 모멘트의 요소



그림 14. 무멘트의 부호규약

모멘트도 벡터로서 방향성을 갖는다. 위 그림에서 보여주는 것과 같이 시계방향으로 회전하려는 모멘트는 양의 방향으로 규정하고, 반시계방향으로 회전하려는 모멘트는 음의 방향으로 규정한다.

#### (4) 자유물체도 (Free Body Diagram)

자유물체도란 구조체에 작용하는 힘이나 힘의 방향, 힘 사이의 기하학적 거리 등을 도식적으로 단순화시켜 해당 계(system)를 설명하는 그림을 말하며 자유물체도를 그리기 순서는 다음과 같다.

- ① 그리려는 물체 혹은 관심의 대상이 되는 물체를 그 형태만 대략적으로 그린다.
- ② 물체에 직접 작용하는 힘을 표시한다.
- ③ 힘의 크기와 방향을 정확하게 표시하고, 미지의 힘은 기호로 표시한다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

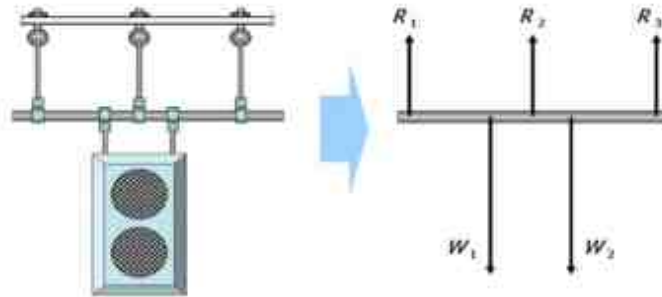


그림 15 자유물체도의 예(스피커의 장치용 결합에 따른 와이어로프 장력 분포)

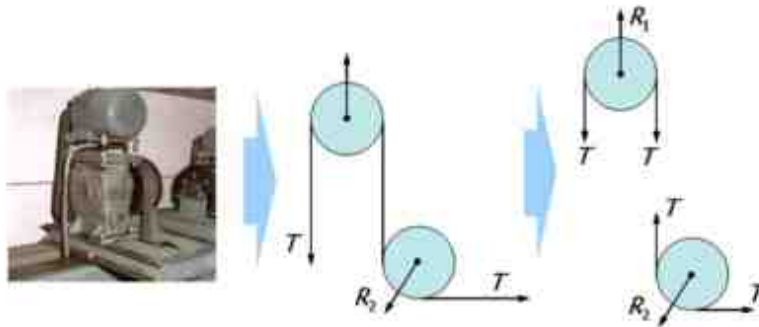


그림 16 평형추 구동부의 자유물체도 예(메인드럼과 보조드럼의 지지력)

아래 그림에서는 두 줄의 와이어로프가 그리드에 설치되어 150 kg의 스피커를 지지하고 있다. 여기서 주어진 정보는 와이어로프간의 간격(10 m), 스피커의 설치 위치(좌측에서 7 m), 스피커의 무게(150 kgf)이다. 와이어로프에 걸리는 장력  $R_1$ 과  $R_2$ 는 구하고자 하는 미지의 값이므로 자유물체도에서는 구체적인 값이 아닌 미지수로 표기되어 있다.

### 무대에슬인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

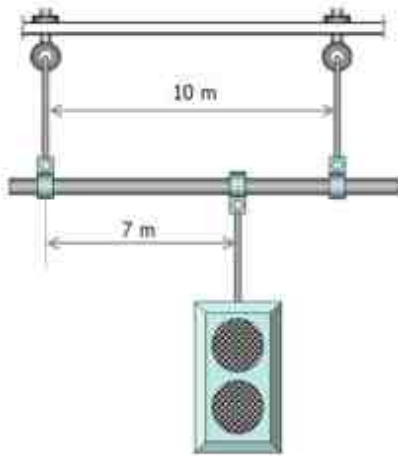


그림 17 10 m의 장치봉에 150 kg의 스피커가 좌측에서 7 m 거리에 설치됨

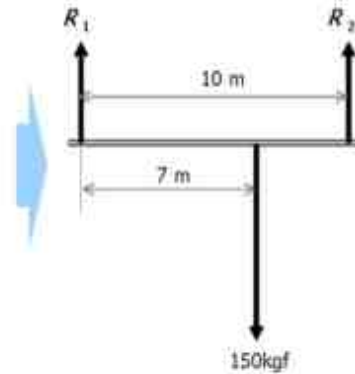


그림 18 주어진 하중과 거리 정보를 자유물체도에 기입함

#### (5) 힘의 평형 방정식

앞에서 정지해 있는 물체는 힘이 작용하지 않는 것이 아니라 작용과 반작용에 의해 각각의 힘이 평형을 이루고 있는 것을 설명하였다. 즉, 물체에 작용하는 힘이 해당 물체의 움직임에 변화를 주지 않으면 그 물체는 힘의 평형상태(equilibrium)에 있다고 말할 수 있다. 뉴턴의 제1법칙은 정지 상태 혹은 등속으로 운동하고 있는 계는 작용하는 힘의 합이 0 이라는 것을 의미한다. 이를 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

- |                            |                |
|----------------------------|----------------|
| ① 모든 수평력의 합은 영이다.          | $\sum F_x = 0$ |
| ② 모든 수직력의 합은 영이다.          | $\sum F_y = 0$ |
| ③ 임의의 지점에서 모든 모멘트의 합은 영이다. | $\sum M = 0$   |

한편 위의 스피커 달기 예에서 평형 방정식을 통해 와이어로프에 작용하는 장력을 구하면 다음과 같다.

첫 번째로 자유물체도에서 작용하는 모든 수평력을 합하고 이를 0으로 등치한다. 하지만 본 예에서는 수평력이 존재하지 않으므로 방정식을 생략한다.

두 번째로 자유물체도에서 작용하는 모든 수직력을 합하고 이를 0으로 등치한다.

$$\sum F_y = (+R_1) + (+R_2) + (-150) = 0 \quad (\text{식 11})$$

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

식 11에서  $y$ 축의 양의 방향으로 작용하는  $R_1$ 과  $R_2$ 는 양의 부호를,  $y$ 축의 음의 방향으로 작용하는 스피커의 하중은 음의 부호를 가짐을 유의하여야 한다.

세 번째로 임의의 지점에서 모든 모멘트를 합하고 이를 0으로 등치한다. 본 예에서는 그림과 같이  $R_1$ 이 작용하는 지지점을 회전중심  $a$ 로 가정한다.

$$\sum M = (-R_2 \times 10) + (+150 \times 7) = 0 \quad (\text{식 12})$$

위의 그림에서 회전중심  $a$ 를 중심으로 반시계방향으로 회전시키려는 힘  $R_2$ 에 의한 모멘트는 음의 부호를, 시계방향으로 회전시키려는 스피커의 무게에 의한 모멘트는 양의 부호를 가짐을 유의하여야 한다. 또한  $R_1$ 은 회전중심  $a$ 와의 거리가 0이므로 방정식에서 제외되었다 ( $R_1 \times 0 = 0$ ).

위의 방정식들로부터

$$R_2 = 105 \text{ kg}$$

이 되고 따라서

$$R_1 = 45 \text{ kg}$$

를 구할 수 있다.

다음은 비행기에 작용하는 힘에 대해 알아보자. 비행기에 작용하는 힘은 비행기를 앞으로 나아가게 하는 추진력, 비행기가 앞으로 가면서 받는 공기의 저항력, 비행기를 하늘로 띄워주는 양력, 비행기의 무게 등 4가지가 있다. 비행기의 추진력이 저항력보다 크면 비행기는 앞으로 가게 되며, 양력이 무게보다 크면 비행기는 하늘로 뜨게 된다.

위의 그림에서 항공기에 작용하는 힘에 대하여 평형상태를 이루기 위한 항공기의 추진력  $F_T$ 와 양력  $F_L$ 을 구해보자. 비행기에 작용하는 힘은 비행기의 무게중심을 중심으로 힘의 평형을 이루게 된다. 이 항공기는 힘의 평형상태를

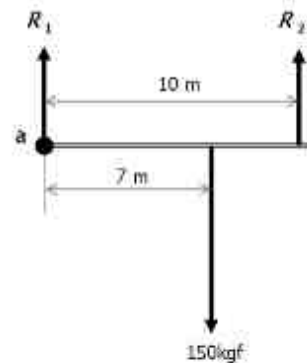


그림 19 모멘트에 대한 평형상태

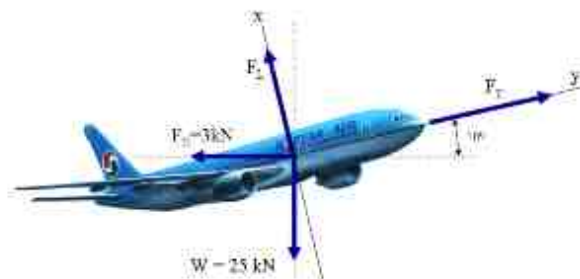


그림 20 항공기에 작용하는 힘



### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

유지하기 위하여 모든 수평력의 합은 0(zero)이되며 모든 수직력의 합도 0(zero)이된다.  
즉, 비행기의 진행방향에 대하여 x, y 좌표계를 그리면

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_T - F_D \cos 10^\circ - W \sin 10^\circ \\ &= F_T - 3 \times \cos 10^\circ - 25 \times \sin 10^\circ = 0\end{aligned}$$

이므로

$$F_T = 7.296 \text{ kN} \approx 7.30 \text{ kN}$$

한편, y축에 대하여

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_L - F_D \sin 10^\circ - W \cos 10^\circ \\ &= F_L - 3 \times \sin 10^\circ - 25 \times \cos 10^\circ = 0\end{aligned}$$

이므로

$$F_L = 24.099 \text{ kN} \approx 24.1 \text{ kN}$$

즉, 비행기가 평형을 이루기 위한 추진력과 양력은  $F_T=7.30 \text{ kN}$ ,  $F_L=24.1 \text{ kN}$  임을 알 수 있다.

#### 2.3 충격하중과 안전

달기 기구에서 발생할 수 있는 가장 최악의 상황은 물체를 무주의하게 매어달아 발생하는 추락(과학적으로는 이것을 자유낙하라 한다.)이다. 이 상황은 크게 나누어 물체가 와이어로프에 묶인 상태에서 추락하는 경우와 와이어로프가 끊어져 떨어지는 경우로 나누어 볼 수 있다.

##### (1) 묶인 상태에서의 자유낙하

물체가 느슨한 로프에 묶인 상태에서 떨어지게 되면 물체는 로프가 늘어날 수 있는 최대 길이까지 떨어지다가 다시 위로 튕기게 되며, 낙하와 반동이 주기적으로 나타나는 진동(oscillation)을 보이게 된다. 이러한 현상은 얼마동안 지속되다가 물체의 출렁이는 진동은 줄어들어 정지하게 된다. 이 과정에서 물체에 의한 충격력은 추락하는 낙하거리와 로프의 신축특성에 의한 신장량(伸張量) 혹은 정지거리에 의해 계산할 수 있는데 낙하거리가 할수록 충격하중(혹은 충격력)은 커지며 신장량이 할수록 충격하중은 작아진다. 이때의 충격력은 다음의 공식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{충격력} = \text{물체의무게} \times \left( 1 + \frac{\text{낙하거리}}{\text{신장량}} \right) \quad (\text{식 } 14)$$

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

여기서 힘, 무게, 낙하거리와 신장량의 단위는 동일한 단위계를 사용하며 식 14에서도 알 수 있듯이 여기서 중요한 것은 절대적인 낙하거리가 아니라 신장량 혹은 정지거리에 대한 낙하거리의 비가 가장 중요하다는 것을 이해하여야 할 것이다.

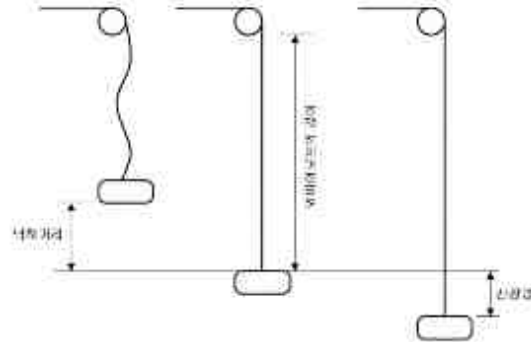


그림 21 물체의 충격력

아래 표는 물체의 무게를 1로 간주하였을 때 낙하거리와 신장량의 비에 따른 충격력 계산표이다. 이 표의 값은 무게에 대한 충격력의 비를 나타내는 것으로서 낙하거리와 신장량은 동일한 단위를 적용하면 된다. 예를 들어 1 kg의 물체가 4 m 높이에서 떨어져서 늘어난 신장량이 0.2 m 라면 충격하중은 약 21배 정도로 커지게 된다. 이 표에서 알 수 있듯이 낙하거리와 신장량에 따라 충격력은 기대 이상으로 크게 나타날 수 있으며 따라서 로프의 안전율이 매우 중요하게 다루어질 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

표 9 충격비중비

		낙하거리							
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
신장량	0.2	3.5	6.0	8.5	11.0	13.5	16.0	18.5	21.0
	0.4	2.3	3.5	4.8	6.0	7.3	8.5	9.8	11.0
	0.6	1.8	2.7	3.5	4.3	5.2	6.0	6.8	7.7
	0.8	1.6	2.3	2.9	3.5	4.1	4.8	5.4	6.0
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
	1.2	1.4	1.8	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3
	1.4	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.1	3.5	3.8
	1.6	1.3	1.6	1.9	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5
	1.8	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2
	2.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

#### (2) 로프의 파단에 의한 충격

두 지점에서 지탱하고 있는 장치봉에서 하나의 로프가 끊어지는 경우에도 큰 충격이 가해지게 된다. 일반적으로 아래 그림과 같이 양단에서 두 개의 로프로 지탱하는 장치봉에서 하나의 로프가 끊어지는 경우 매달린 장치나 물체의 하중을 하나의 로프에서 지탱하여야 하기 때문에 2배의 힘이 걸리고 안전율은 반으로 주는 것으로 생각하게 되는데 이것은 잘못된 생각으로 큰 사고를 유발할 수 있다.

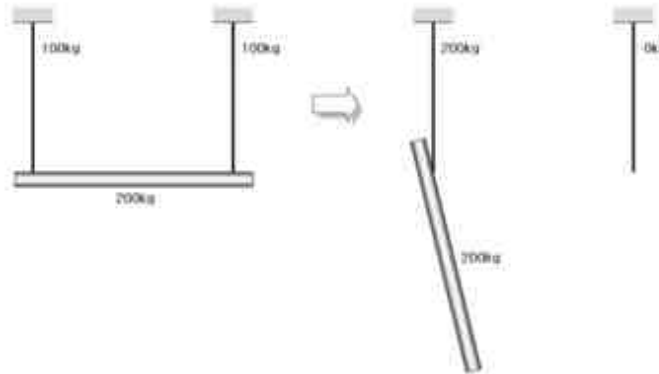


그림 22 로프 파단에 의한 지지하중의 변화

여기서 중요한 것은 하나의 로프가 파단되는 경우에 장치봉이 흔들리면서 공진에 의해서 다른 로프도 끊어질 수 있다는 것이다. 이와 같이 로프가 끊어지면서 장치봉이 떨어지고 한쪽 로프에 매달려 흔들리는 현상을 수학적으로나 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션하면 정확한 현상을 파악할 수 있으나 본 교재에서 이것을 다루는 것은 매우 복잡하고 어려운 일이 되기 때문에 여기서는 실험에 의해 얻을 수 있는 거동현상을 통하여 설명하고자 한다.

장치봉의 한쪽 끝을 센서가 부착된 로프에 매어달고 다른 쪽 끝은 손으로 잡아 장치봉이 수평이 되도록 위치시킨 다음 손을 놓으면 한쪽 로프가 끊어진 것과 같은 상태가 발생하게 된다. 이때 다른 쪽을 지탱하는 로프의 센서를 이용하여 로프에 걸리는 힘을 측정하면 충격하중의 변화를 관찰할 수 있다. 장치봉



그림 23 충격하중의 측정

이 낙하하기 시작하여 장치봉이 로프와 일치선이 되는 수직위치를 통과할 때에는 불규칙한 충격이 발생하는 경우도 많이 있다. 이와 같이 장치봉의 낙하에 대하여 로프에

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

걸리는 힘의 변화는 아래 그림과 같은 곡선을 보여주게 된다.

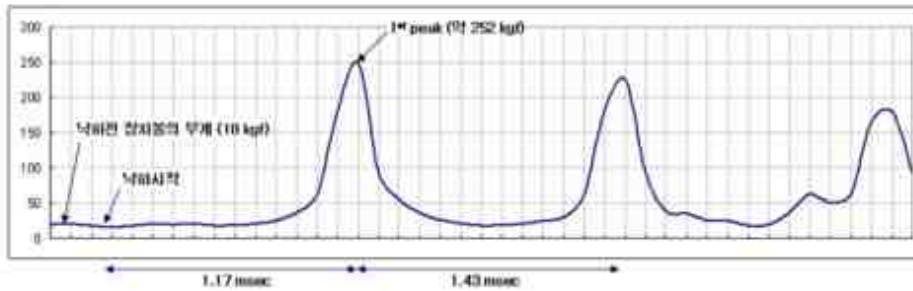


그림 24 진자운동에 의해 로프에 걸리는 힘의 변화

실험을 위하여 약 36 kg의 장치봉의 양쪽을 와이어로프로 매달면 한쪽 와이어로프에는 장치봉의 하중의 1/2인 약 18 kg의 하중이 걸리게 된다. 순간적으로 와이어로프를 자르면 와이어로프에 매달린 장치봉은 진자운동을 하게 된다. 그림을 보면 충격에 의한 최대 충격력은 평상시 장치봉의 하중보다 8~10배 정도 크게 발생하는 것을 볼 수 있으며 이 충격력은 장치봉의 진동이 멈출 때까지 계속된다. 특히 중요한 것은 일반적으로 무대에서 사용되는 와이어로프의 경우 안전율을 6으로 설정하는데, 그림의 예와 같이 장치봉을 양쪽에서 두 줄로 지탱하는 경우 한 줄이 파단되면 나머지 로프도 충격력에 의해서 파단된다는 것이다.

이 현상을 공학적으로 진자운동(振子運動)으로 설명할 수 있다. 이러한 충격현상은 로프의 파단 이후에 장치봉의 거동에 의해 발생하는 현상으로 단순한 정적인 하중분포와는 다른 현상을 보이기 때문에 설계단계에서부터 고려되어야 하며 이를 고려하여 로프의 안전율을 결정하여야 할 것이다.

### 3. 응력과 변형률

#### 3.1 응력의 이해

응력은 물체에 외력(하중)이 가해졌을 때 해당 물체 내부에 생기는 저항력으로서, 응력은 하중의 조건에 따라 인장응력 및 압축응력, 전단응력 등이 있다. 응력은 단위면적당 작용하는 힘으로서, 단위로는  $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ ,  $\text{kgf}/\text{mm}^2$ ,  $\text{psi}(\text{lb}/\text{in}^2)$  등이 있다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

#### (1) 인장 및 압축응력

인장 및 압축응력은 단면의 수직 방향으로 발생하는 내부응력으로서, 다음과 같이 단면적이  $A$ 이고 인장 또는 압축하중이  $P$ 일 때, 인장 및 압축응력은  $\sigma = P/A$ 이다.

옆의 그림에 나타난 예에서는 600 kg의 스피커가 볼트(M16) 2개로 지지되고 있다. 와이어로프의 자중효과를 무시하였을 때 볼트 하나당 작용하는 인장하중과 인장응력을 구해보자.

볼트 2개로 스피커의 무게가 지지되고 있으므로 볼트 하나당 작용하는 인장하중은 스피커 무게의 1/2에 해당한다. 따라서 인장하중은 300 kgf이다.

다음으로 인장응력은 단위면적당 힘(피)로 인장하중을 단면적으로 나누어야 한다. 따라서 인장응력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma &= P/A && \text{(식 15)} \\ &= 300\text{kgf}/1.57\text{cm}^2 \\ &= 191.1\text{kgf}/\text{cm}^2 \\ &= 1.91\text{kgf}/\text{mm}^2 \end{aligned}$$

볼트의 등급	볼트의 호칭	유효단면적( $\text{cm}^2$ )
F8T	M16	1.57
	M20	2.45
	M22	3.03
	M24	3.53



그림 25 단면적  $A$ 에 작용하는 인장하중  $P$

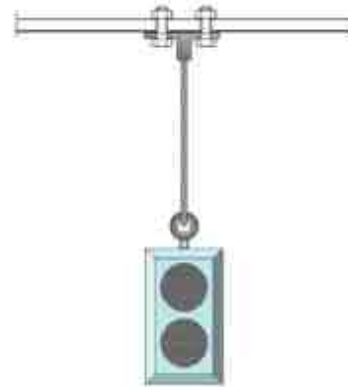


그림 26 볼트에 작용하는 인장하중과 인장응력

#### (2) 전단응력

전단응력은 단면에 평행하게 작용하는 내부응력으로서, 다음과 같이 단면적이  $A$ 이고 전단하중이  $V$ 일 때, 전단응력은  $\tau = V/A$ 이다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

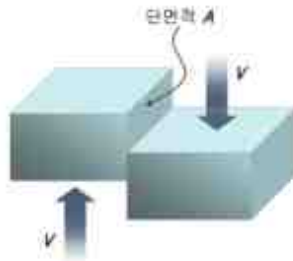


그림 27 단면적 A에 작용하는 전단하중 V

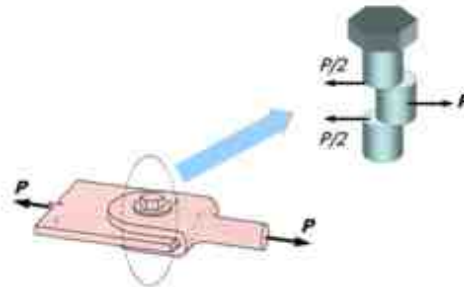


그림 28 이중전단의 예

전단면이 두 개일 때 이를 이중전단(double shear)을 받는다고 하며, 이때 각 전단면에서 작용하는 전단하중은 전체하중의 1/2에 해당한다. 이는 전체의 전단하중 P를 각 단면적이 양분하기 때문이다.

아래 그림과 같이 무게 4000 kgf인 음향반사판이 볼트(M16) 두 개로 체결되어 있다고 가정하자. 이 경우 볼트 한 개당 작용하는 전단응력은 다음과 같이 구할 수 있다.

볼트 한 개당 작용하는 하중은 전체 음향반사판 무게의 1/2이므로 2000 kgf이고, 볼트 한 개당 두 개의 전단면을 가지므로 최종 전단하중은 1000 kgf이다. 전단응력은 전단하중을 단면적으로 나눈 값이므로 다음과 같다.

$$\tau = V/A = 1,000\text{kgf}/1.57\text{cm}^2 = 637\text{kgf}/\text{cm}^2 = 6.37\text{kgf}/\text{mm}^2 \quad (\text{식 16})$$

볼트의 등급	볼트의 호칭	유효단면적(cm <sup>2</sup> )	인장강도(kgf)	전단강도(kgf)
F8T	M16	1.57	3925	1884
	M20	2.45	6125	2940
	M22	3.03	7575	3636
	M24	3.53	8825	4236

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

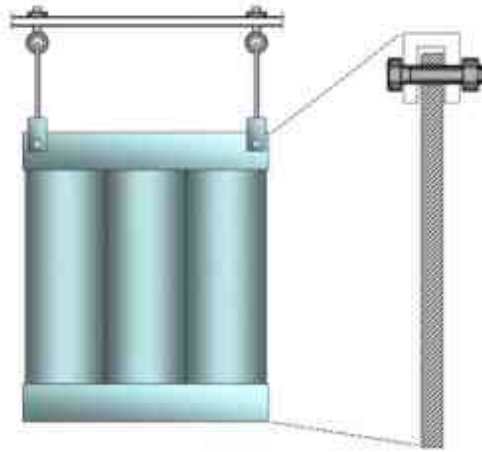


그림 29 음향반사판 체결 예(체결볼트에서의 전단응력)

### 3.2 변형률(Strain)

하중을 받는 봉의 길이는 인장을 받을 때에는 길어지고, 압축을 받을 때에는 줄어든다. 이 때, 전체 변형량( $e$ )을 초기길이( $l$ )로 나눈 단위길이당 변형량을 변형률( $\epsilon$ )로 정의한다.

$$\text{변형률}(\epsilon) = \text{변형량} / \text{초기길이} = e / l \quad (\text{식 17})$$

재료의 인장 및 압축시험에서 하중을 변화시키면서 변형률을 계산하면 응력 대 변형률 선도를 그릴 수 있다. 이러한 응력-변형률 선도는 재료의 특성을 나타내고 항복응력, 극한응력 등 재료의 중요한 정보를 제공한다.

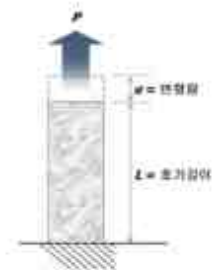


그림 30 인장하중에 따른 재료의 인장

아래 그림은 인장을 받는 구조용 강이 전형적인 응력-변형률 선도이다. 변형률은 수평축에, 응력은 수직축에 표시된다. 선도는 원점에서 점 A까지 직선으로 시작되며, 이것은 응력과 변형률이 비례함을 의미한다. 즉 원점에서 점 A까지의 선형구간(linear region)에서는 재료에 하중을 가하면 가한만큼 비례하여 재료에 변형이 생기는 영역이다. A점을 지나면 응력과 변형률 사이의 선형관계는 사라지며, 이 때 A점을 비례한도(proportional limit)이라 한다. 저탄소강에서 비례한도는 200~280 MPa 사이에 있고 고

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

강도강에서는 550 MPa 이상의 비례한도를 가질 수 있다. 원점에서 A까지의 직선의 기울기를 탄성계수(modulus of elasticity)라 부른다.

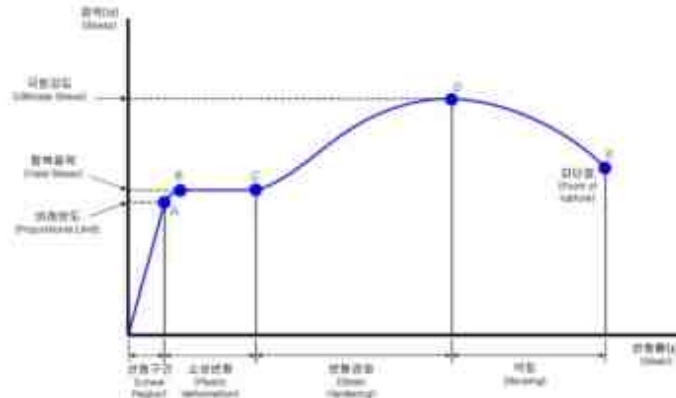


그림 31 응력-변형률 선도

비례한도를 넘어 하중을 계속 증가해 나가면 응력-변형률 곡선은 경사가 점점 작아지다가 곡선이 수평이 되는 B점에 도달한다. 이 점에서부터는 인장력이 증가하지 않더라도 상당한 신장이 일어난다(B점에서 C점까지). 즉 인장력을 더 증가시키지 않아도 변형이 계속 진행되는 구간이다. 이런 현상을 재료의 항복(yielding)이라고 하며, B점을 항복점이라고 한다. 또한 이 항복점 B에서의 응력을 항복응력(yield stress)이라 한다.

B~C 영역의 항복과정 중 큰 변형률이 생긴 후, 강은 변형경화(strain hardening)가 시작되는데 이 때 재료는 원자 및 결정구조의 변화를 일으키며 더 큰 변형에 대한 재료의 저항력을 증가시킨다. 따라서 C점에서부터는 인장력을 증가시켜야만 추가적인 신장이 더 발생한다. 하중은 결국 최대치 D에 도달하며 이때의 응력을 극한응력(ultimate stress)이라 한다. 이 점을 넘어서면 하중을 감소시켜도 계속 신장이 발생하며 결국 E점에 도달하여 파단이 발생한다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

### 3. 전동 구동 장치

무대기계의 구동부는 일반적으로 전동기-감속기 시스템과 유압시스템으로 구분된다. 대부분의 공연장에서는 전동기-감속기 시스템을 적용하고 있으며, 일부 하부무대에 유압시스템을 적용하여 운영하고 있다. 전동기-감속기 시스템에서의 구동부의 구성은 크게 전동기, 감속기, 브레이크, 풀리, 벨트 등으로 구성이 된다.



그림 32 전동기-감속기 직결형 구동부



그림 33 전동기-감속기 직결형 구동부



그림 34 전동기-감속기 직결형 구동부

무대시설 구동부는 구동부의 방진을 위해서 방진시스템을 적용한다. 방진시스템을 적용시에는 기계 등으로부터 나타나는 가진력의 크기와 주기적인 변화인 강제진동수 ( $f$ )와 기계 등의 탄성지지에 따른 고유진동수( $f_n$ )를 고려하여 설계하여야 한다. 이때에 일반적으로  $f/f_n > 3$ 으로 구성되게 하는 것이 바람직하다. 또한 탄성지지함 시스템의 무게 또한 고려하여 설치하여야 한다. 이러한 방진시스템은 스프링, 방진고무, 공기스프링 등 3가지로 구별이 되며 무대시설의 구동부에는 방진고무를 사용한다. 방진고무

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

의 특징은 고유진동수가 5 Hz ~ 100 Hz이내의 시스템에 적용이 되며, 형상의 선택이 비교적 자유롭고 압축, 전단, 나선 등의 사용방법에 따라 1개로 3축 방향 및 회전방향의 스프링 정수분 광범위하게 선택 할 수 있다. 또한 고무 자체의 내부마찰에 의해 저항을 얻을 수 있어서 고주파 진동의 차진에 양호하다. 하지만 내부마찰에 의한 발열 때문에 열화되고, 내유 및 내열성이 약하다. 이러한 방진고무는 정하중에 따른 수축률을 10% ~ 15% 이내로 하는 것이 바람직하며, 방진고무의 변화는 균일하게 하고 압력집중 현상을 피해야 한다. 사용온도는 50℃이하로 해야 하며, 고유진동수가 강제진동수의 1/3이하인 것을 내해야 한다. 이러한 방진고무의 적용은 구동부에 적용이 가능한데 구동부와 구동부의 베이스에 적용이 된다.

### 3.1 전동기

#### (1) 전동기 용량의 설계

무대시설에 적용되는 전동기의 용량을 선정하기 위해서 가장 중요한 것은 사용하고자 하는 설계 하중, 이동속도, 장치 전환 속도이다. 이동속도 및 전환속도가 빠르고 설계 하중이 클수록 출력이 높은 전동기를 사용하게 된다. 전동기는 직류 전동기와 교류 전동기를 사용하게 되는데 직류전동기는 주파수에 비례한 동기속도뿐만 운전되므로 50Hz나 60Hz의 인장주파수(상용주파수)의 전원으로 운전할 경우에는 일정한 속도뿐만 운전이 가능하다. 직류전동기에 속도제어가 필요하다면 인버터를 설치하여 속도 조절도 가능하다. 또한 전동기의 극수는 전동기의 용량과 회전수에 따라서 2극, 4극, 6극, 8극, 10극 등으로 나뉘게 된다. 전동기를 선정시에는 전동기의 토크와 용량에 따라서 결정이 되는데 전동기의 입력 토크( $T_{input}$ )는 다음 식과 같이 계산이 된다.

$$T_{input} = \frac{T}{i \cdot \eta} \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

여기서 T : 감속기 토크 (kg · m), I : 감속기 감속비율, η : 감속기 효율

일반적으로 상부 무대기구에서의 전동방식은 평형추식 전동방식과 원치식 전동방식으로 구분이 되는데 각 구동방식에 따른 전동기의 용량 계산식은 다음 식과 같다.

$$P = \frac{W \times V \times K}{6120 \times \eta} \text{ (kW)} : \text{평형추방식}, P = \frac{W \times V}{6120 \times \eta} \text{ (kW)} : \text{원치방식}$$

여기서 W : 기구 적용 총 하중(설계하중)(kg), V : 이동속도 (m/min),

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

K : 평형추 균형비,  $\eta$  : 총 효율(전동기 효율 × 감속기 효율, 플리 효율)

평형추식 전동방식인 경우의 평형추 밸런스(K)는 기구의 무게와 평형추의 무게가 1:1 균형을 이루었을 때에 0.5를 적용한다. 총 효율은 전동기, 감속기, 플리의 효율에 의해서 결정이 되는데 일반적으로 총 효율은 0.5 ~ 0.7의 효율을 갖게 된다.

### (2) 무대시설의 이동속도의 계산

정확한 전동기의 용량 설계는 가 기구의 자체 무게, 적용하중, 이동속도, 전동기의 입력 토크와 출력 등을 고려하여 선정을 한다. 전동기의 용량 설계를 위해서는 기구의 이동속도를 계산하여야 하는데 아래 식과 같이 계산할 수 있다. 전동기와 감속기로 벨트나 체인으로 연결된 경우 이동속도(V)는

$$V = \frac{N \times P_1 \times D \times \pi}{R \times P_2} \text{ (m/ min)}$$

여기에서 N : 전동기 회전수(RPM),  $P_1$  : 전동기 출력축 플리 직경(m), D : 메인 드럼의 직경(m), R : 감속기의 감속비,  $P_2$  : 감속기 입력 축 플리 직경(m)

전동기와 감속기가 플리의 벨트에 의한 연결이 아닌 직결 연결이 되어있다면 이동속도(V)는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$V = \frac{N \times D \times 2 \times \pi}{R} \text{ (m/ min)}$$

허부무대의 경우에 일반적인 계산은 다음과 같이 한다.

$$V = \frac{N \times L}{R \times P_1 \times P_2} \text{ : 스크루 제, 볼 스크루 방식의 승강무대}$$

$$V = \pi \times D \times N \text{ : 이동무대}$$

여기서 N은 전동기의 회전수(RPM), L은 스크루 제, 볼 스크루의 리드(나사피치:mm)를 나타내며, R은 감속기의 감속비를 나타내며,  $P_1$ 은 기어박스에 의한 감속비율,  $P_2$ 는 스크루 제, 볼 스크루에 의한 감속비, D는 회전 바퀴 외의 직경을 의미한다.

### 3.2 감속기

감속기는 크고 작은 여러 개의 기어들을 조합으로 사용하여 변속이 무단으로 수행될 수 있도록 만든 장치이며 감속기는 여러 기어를 조합하여 일정한 속도 분할을 통하여 변속하는 것을 말한다. 즉 감속기란 기어를 이용하여 속도를 변화시켜 주는 장치로,

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

구동원(전동기)의 회전수를 필요한 회전수로 감속하는 동시에 큰 토크를 얻을 수 있는 기구적인 장치이다.

동력원으로부터 동력을 전달하고자 할 때, 그 기계에 최적의 회전력과 회전수를 직접 얻는 것이 이상적이지만 현실적으로는 불가능한 경우가 많다. 따라서 여러 가지 기계설비들로부터 원하는 회전력과 회전수를 얻어내기 위해서 전동기 등의 동력원과 부하 축의 기계설비 사이에 변속장치를 설치하여 사용한다.

일반적으로는 변속이라 함은 감속을 말하는 것으로서 회전수를 낮추어 회전력(토크)을 올리기 위하여 사용하는 것이 보편적이지만 일부는 증속과 감속을 모두 수행할 수 있는 시설들도 있다.

#### (1) 감속기의 선정 및 설계

무대시설에 일반적으로 적용되는 감속기는 워엄 감속기를 사용하게 되고, 워엄식 감속기는 KS B 6877의 시험 방법 및 정의에 의한 감속기를 선정하게 된다. 워엄 축은 기계구조용 탄소강(KS D 3752)의 SM45C를 이용하여 열처리 가공된 제품을 사용한다. 감속기의 선정시에는 필요한 감속 비율을 선정하며(speed ratio), 필요한 출력(HP, kW), 회전력(토크)을 결정하며 적용되는 하중계수(Service Factor)를 결정하여 감속기를 선정하게 된다. 감속기에서 감속비란 서로 맞물린 치차에서 피도 치차의 잇수와 구동치차의 잇수로 나눈 값으로 1/10, 1/20, 1/30, 1/40, 1/50, 1/60 등 다양한 감속비의 감속기가 구성되어 있다. 감속기의 감속비는 무대기구의 이동속도와 관련이 되는데 전동기의 회전수가 1800rpm이고 출력 축의 회전수가 30rpm이 필요로 할 때에 감속비는  $1800/30=60$ 으로 1/60의 감속비를 갖는 감속기를 선정하면 된다.

$$\text{감속비} = \frac{\text{출력축 회전수}}{\text{입력축 회전수}}$$

감속기의 출력은 감속기의 특성표에 따라서 출력축의 토크와 감속비를 만족하는 출력을 선정하면 되고, 일반적으로 전동기의 선정시에 출력이 선정이 된다. 회전력의 결정에서는 감속기의 출력 토크를 의미하는데 감속기의 회전력(토크)은 회전운동을 일으키는 힘을 말한다. 회전수  $N(\text{rpm})$ , 회전반경  $R(\text{m})$ 의 권상 드럼에 중량  $W(\text{kg})$ 의 물체를 상하로 움직일 때 다음 관계식이 성립됩니다.

$$T(\text{회전력, 토크}) = W(\text{적용하중}) \times R(\text{드럼의반경})(\text{kg} \cdot \text{m})$$

$$\text{출력}(kW) = \frac{2\pi \times T(\text{회전력}) \times N(\text{회전수})}{102 \times 60} = \frac{T(\text{회전력}) \times N(\text{회전수})}{974} \text{ kW}$$

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

일반적인 산업현장에 적용되는 감속기의 경우에는 하중계수를 적용하여 최종적으로 감속기를 선정을 한다. 하중계수란 일정한 하중이 작용하고 있을 때 하루에 작동되는 시간(기본이 8시간)을 적용하여 하중계수를 적용하지만 무대시설은 산업현장에서 적용하는 작동조건이 다르므로 하중계수를 적용하지 않아도 큰 영향이 없다.

출력 축 회전수와 입력 축 회전수에 의한 감속비는 무대기구의 이동 속도의 변수가 되며, 감속기의 선정시에 요구되는 감속기의 회전력(토크) 계산은 다음 식과 같다.

$$T = \frac{P \times D}{2} \times S.F. (kg \cdot m)$$

P: 기구의 설계 및 적용 최대 하중(kg), D: 드림의 직경(m), S.F.: 안전율(1.25)

감속기의 토크를 계산시의 안전율은 1.25를 적용하여 선정한다. 또한 감속기의 선정시에 계산된 토크 값보다 출력 토크가 큰 감속기를 사용해야 한다.

감속기를 선택할 때에는 다음과 같은 유의 사항을 고려하여 선정하여야 한다.

- o 기어의 이는 언더 컷이 생기지 않도록 설계되어 있을 것.
- o 운전 중 이상 음이나 발열이 없어야 할 것.
- o 기어박스는 외부에서 윤활유의 양을 점검 할 수 있는 유변계나 창을 설치 할 것.

#### (2) 감속기의 오일

감속기에 적용되는 오일은 KS M 2127(기어유)에 적용되는 공업용 2종 윤활유를 사용한다. 이중에서 기어의 종류에 따라서 다음 표와 같이 적용이 되며 텀 감속기의 경우 ISO VG 320, ISO VG 460 계열의 윤활유를 사용한다. ISO VG 320, ISO VG 460 계열의 윤활유는 점도지수 90이상, 인화점 200℃이상, 유동점 -10℃ ~ -5℃ 이하 등의 성능을 만족하는 윤활유를 말한다. 감속기 오일의 경우 최초 설치시에 100시간을 사용한 후 교환을 해준 다음 그 이후로부터는 사용시간이 약 2,500시간 ~ 3,000시간을 사용하면 교체하여 주는 것이 교환주기이다. 공연장의 경우에는 해당 감속기의 사용 빈도에 따라서 교환을 하여야 하며 교환주기는 3년~5년에 한번은 오일을 교체하여 주는 것이 바람직하다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

표 10 감속기 종류에 따른 윤활유

제품종류	주위온도	하중상태	사용윤활유
기어드모터 (유성)	10℃이하	전하중	ISO VG 150
	10℃초과		ISO VG 220
유성감속기	10℃이하	전하중	ISO VG 150
	10℃초과		ISO VG 220
웜 감속기	10℃이하	보통하중	ISO VG 220
	10℃초과		ISO VG 320
	10℃이하	중하중	ISO VG 320
	10℃초과		ISO VG 460

### 3.3 브레이크

브레이크란 마찰을 이용하여 회전축의 속도를 조정하거나 정지시키는데 사용되는 장치이다. 브레이크의 기본원리는 회전축의 운동에너지를 마찰에 의한 열에너지로 변환·흡수하여 회전속도를 줄이거나 또는 정지시키는 것이다. 브레이크의 기본 구성은 마찰력을 발생시키는 작동부분과 이것에 힘을 작용시키는 조작부분으로 되어있다.

무대시설의 구동원으로 사용되는 전동기의 정지, 고정, 속도 조절에 사용되는 브레이크는 전자력을 사용하는 축압식 브레이크 중 원판(圓板, disk)을 이용하는 방식이 가장 널리 쓰이고 있으며, 전자식이 아닌 경우에는 전자식과 동등 혹은 그 이상의 성능(신뢰성, 내구성, 확실성)이 확보되어야 한다.

브레이크는 무대시설의 안전에 필수적인 요소이므로 신중히 선정되어야 한다. 공연장 무대시설안전진단시행세칙(문화관광부 고시 2002-11호) 별표 2에서 규정한 브레이크 설계검토기준은 다음과 같다.

- 가. 스프링 힘에 의해 제동되고 개방되는 마찰식 제동 장치가 설치되어야 할 것.
- 나. 정격하중의 125%가 가해진 상태에서 무대기구의 정지상태를 유지하기에 충분하도록 설계되어야 할 것.
- 다. 정전 등 이상 발생시 역전되지 않고 자동적으로 작동되는 구조일 것.
- 라. 제동 토크는 다음에 따른다.

$$Td = K \times 974 \times \frac{P}{N}$$

여기서 K : 부하계수(교류전동기 1.5, 직류전동기 1.0), N : 전동기 회전수(RPM), P : 전동기 동력(kW),  $T_d$  : 제동토크(kgfm)

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

근래에는 이중 브레이크를 적용하여 보다 안전한 환경에서 무대시설을 사용할 수 있도록 설치하고 있다.

### 4. 무대기계 요소부품

무대기계에서 주로 사용되는 요소 부품으로는 장치봉 및 체결부품, 전동기와 감속기를 비롯한 구동부의 체결 및 구동 부품, 평형추 및 가이드레일, 그리드 등으로 구성이 된다. 이 중에서 볼트와 너트, 드립과 활차, 배어링과 커플링, 축, 와이어로프와 체결 도구, 장치봉, 평형추와 가이드레일에 등에 대해서 살펴보고자 한다.

#### 4.1 장치봉

##### (1) 장치봉의 종류 및 재원

장치봉의 강관은 KS D 3566의 일반 구조용 강관 중에서 외경 42.7mm 두께 2.3mm, 외경 48.6mm 두께 3.2mm이 주로 사용될 수 있으며, KS D 3507의 배관용 탄소 강관 외경 48.6mm 두께 3.25mm 등도 사용이 가능하다. 이음매에는 심을 넣어 용접한다. 중량이 큰 장치를 적재하는 경우에는 장치봉의 굵힘이 크기 때문에 최근에는 비교적 적재하중이 작은 경우에 이용되어지고 있다.

표 11 장치봉용 강관의 치수 및 무게

KS D 3566 일반구조용 탄소강관			KS D 3507 배관용 탄소강관		
외경 mm	두께 mm	단위무게 kg/m	외경 mm	두께 mm	단위무게 kg/m
42.7	2.3	2.29	42.7	3.25	3.16
	2.5	2.48			
48.6	2.3	2.63	48.6	3.25	3.63
	2.5	2.84			
	2.8	3.16			
	3.2	3.58			
60.5	2.3	3.30	60.5	3.65	5.12
	3.2	4.52			
	4.0	5.57			

통상 도구용 장치봉에서는 외경 48.6 mm를, 경량 장치봉에서는 외경 42.7mm(조명

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

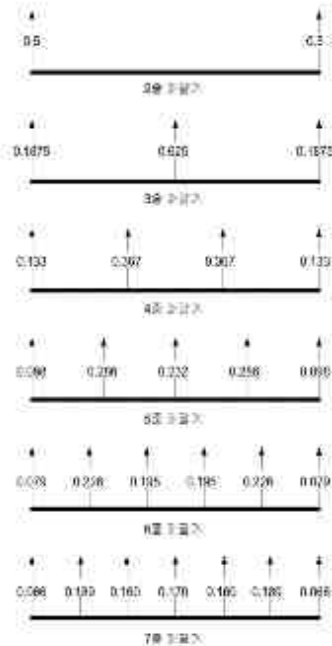
기구의 형저 사이즈에 따른)가 사용되어진다. 적체시 장치봉의 굽힘을 적게 하기 위하여 외경 60.5mm를 사용하는 일도 있지만 조립기구를 매달아 넣을 수 없는 불편도 있기 때문에 그 대신 사다리 형이나, 트리스 형을 사용하는 일도 있다.

### (2) 장치봉과 와이어로프의 하중분포

장치봉은 연속범이며 장치봉은 수평을 유지하도록 세팅한다. 장치봉 전체가 수평을 유지하면서 고른 하중분포를 갖기 위해서는 장치봉을 달고 있는 와이어로프의 장력 분포간에 차이가 발생하게 되며 이것은 3 모멘트 방정식(equation of three moments)에 의하여 수학적으로 입증할 수 있다. 3 모멘트 이론은 빔의 굽힘현상에 대한 미분방정식을 이용하여 1857년 Emile Clapeyron에 의해 유도된 이론으로서 연속보에서 연속된 3개 지점부에서의 단면의 내부 모멘트와 밖에 가해지는 하중사이의 관계를 나타낸 것이다. 3 모멘트 방정식은 어떠한 3개의 연속된 지점부의 모멘트에 대해서도 계산될 수 있으며 따라서 모든 지점부의 내부 모멘트를 구하는데 필요한 충분한 방정식을 얻을 수 있다. 각각의 지점부에서의 모멘트를 구한 후 각 지점의 수직 반력은 평형조건을 이용하여 결정할 수 있다. 결국 이 수직 반력만큼의 힘이 와이어로프에 부피되는 하중으로 작용한다.

다음 그림은 장치봉 전체에 고른 하중분포와 수평을 유지하기 위한 와이어로프의 하중분포도 보여주고 있으며 그리드 상부의 활차들에서도 이 하중 비율로 하중이 작용한다고 볼 수 있다. 그림에서 숫자는 각각의 와이어로프에 작용하는 하중의 퍼센트를 보여준다.

이러한 기술적인 내용은 하중분포와 수평유지의 상관관계를 설명하며 경우에 따라서는 고른 하중분포를 위하여 장력을 조절하고 또 다른 경우에는 수평을 맞추기 위하여 장력을 조절할 필요가 있다는 것을 보여준다.



### (3) 와이어로프의 고정 간격

상부 무대시설에서 대부분의 연줄은 장치봉을 활용하기 때문에 이를 지탱하는 와



### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

와이어로프의 역할은 기술적인 측면 뿐 아니라 안전측면에서도 가장 중요하게 다루어질 필요가 있다. 무대기계 및 기구를 지지하는 와이어로프는 최소 2줄 이상을 필수적으로 요구하고 있으며 대부분의 장치봉 등은 4줄 이상의 여러 줄로 지탱하는 것이 일반적이다.

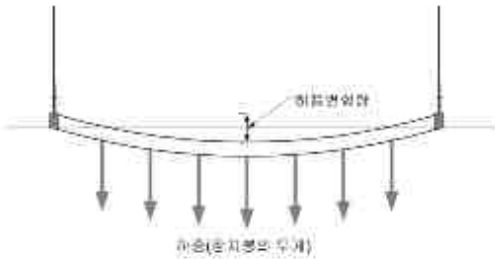


그림 36 장치봉의 처짐

장치봉을 와이어로프에 매다는 경우에 장치봉에는 장치봉 자체의 무게가 고르게 분포되어 작용하며 이 하중에 의해 장치봉은 그림과 같이 자연적인 처짐이 발생한다. 이때의 하중변형량은 소재가 가지는 탄성영역 범위 내에서만 변형되도록 하여야 하며 이 값은 장치봉의 길이 즉, 와이어로프 간의 간격에 의해서 결정된다.

탄소강관에 대한 소재의 기계적 물성치를 사용하여 와이어로프 간의 거리에 따른 처짐량을 구해보면  $L/240$  곡선과 마주치는 범위 내에서 와이어로프의 거리를 결정하면 된다. 그러므로 그림에서 나타낸 바와 같이  $\phi 42.7 \times 2.31$ 의 탄소강관이 허용하는 스패의 길이는 약 260(cm) 이고,  $\phi 48.6 \times 3.21$ 의 탄소강관이 허용하는 스패의 길이는 280(cm)가 됨을 알 수 있다. 실제 현장에서는 강관의 정확한 지경이나 소재 등을 확인할 수 없으므로 평균적으로 와이어로프 간의 거리는 2.7m를 적용하고 일반적으로는 3m를 넘지 않도록 하여야 한다.

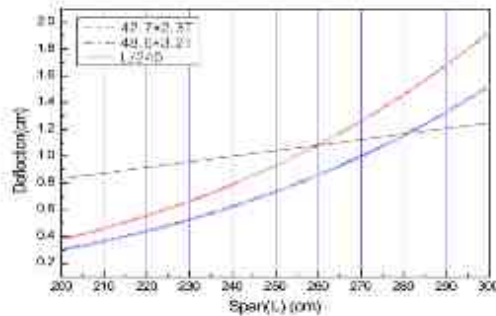


그림 37 와이어로프간 거리의 결정

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

### 4.3 드럼과 활차

#### (1) 드럼

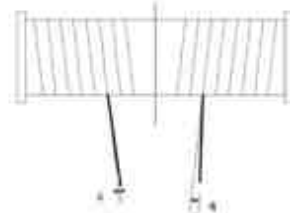
드럼은 감속기에 연결되어 회전력을 수평운동으로 변환해주는 역할을 해준다. 무대 시설에 적용되는 드럼에는 평형수 방식의 메인드럼과 보조드럼이 있으며, 원치방식의 원치드럼으로 구별되어 사용된다.

#### 1) 드럼에 감기는 와이어로프의 각도

메인드럼과 원치드럼은 와이어로프 직경의 30배 이상의 직경을 갖도록 설치하여야 한다. 아래 그림을 살펴보면 와이어로프의 굴곡반경과 와이어로프 직경비와의 비가 30배 이상인 경우에는 와이어로프의 95%이상의 효율을 갖는다.

메인드럼이나 원치드럼의 홈과 와이어로프가 이루는 각도는  $4^\circ$ 이하로 한다. 감는 홈이 없는 메인드럼이나 원치드럼의 경우, 회전축과 와이어로프가 이루는 각도는  $90^\circ \pm 2^\circ$ 이하(fleet 각도는  $2^\circ$ 이하)로 하여 원치드럼으로부터 와이어로프가 벗겨지지 않고 잘 감을 수 있도록 설치한다. 복수의 와이어로프를 잘 감는 원치드럼은 홈을 가진 것을 사용한다.

1. 드럼이 홈을 가진 경우의 각도는 로프의 평행과 홈의 각도



2. 드럼이 홈을 가진 경우의 Fleet angle

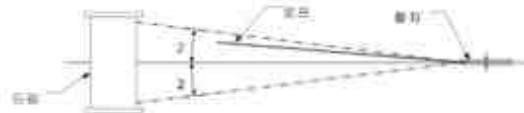


그림 38 홈의 각도와 Fleet angle

#### 2) 드럼에 적용되는 키의 설계

키의 치수를 결정할 때에는 단지 몇 개의 변수만이 유효하다. 키 자리부에서의 축 직경이 키의 폭을 결정해준다. 키 높이는 또한 키의 폭에 의해서 결정이 된다. 이러한 설계변수로는 오직 키의 길이와 사용될 키의 개수 정도만이 남게 된다. 진단력에 의해서 키의 수가 늘어나야 한다. 원래 키의 설치위치로부터  $90^\circ$ 의 위상각을 갖도록 추가적으로 설치를 한다.

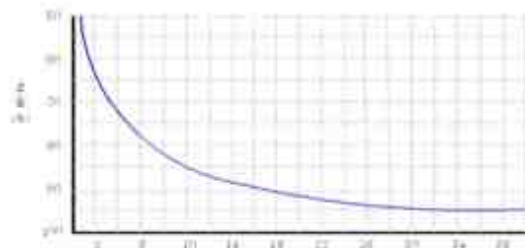


그림 39 굴곡반경과 와이어로프 직경과의 비에 따른 효율

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

해당 축에 과부하가 걸릴시에는 키 자리부나 축의 다른 부분이 파손되기 전에 키가 파손되도록 제작되는 것이 일반적이다. 키는 값싸고, 만약 키 자리부가 손상 받지 않으면 비교적 교체하기 쉬우므로 키 재료로 연강을 일반적으로 사용한다. 축보다 강도가 낮아 만약 기계계통이 설계범위를 넘어서는 과부하가 작용하게 되면 년 짐축 파손이 선택적으로 키 홈보다 키에 영향을 주게 된다.

키의 길이(L)를 설계시에는 작용하는 토크와 축의 지름에 의해서 결정이 된다. 축의 지름(d), 축에 작용하는 토크(T), 안전계수(S.F.=1.25), 축의 폭(W), 축의 높이(H)라 할 때 드림에서 작용하는 토크는 다음과 같이 계산이 된다.

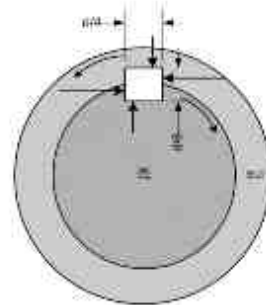


그림 40 키에 작용하는 하중

$$T(\text{작용 토크}) = F(\text{드림에 작용하는 하중}) \times \frac{D(\text{드림의 직경})}{2} \text{ kg.m}$$

선단에 의한 키의 길이는 키의 항복응력의 25%(F)를 적용하여 다음과 같이 계산한다.

$$L = \frac{2 \times T \times S.F.}{D \times W \times F_v} \text{ mm}$$

위 계산에 의한 키의 길이보다 큰 값으로 키를 선정해야 한다.

### 3) 원치드림의 종류

전동-원치식 구동방식에 사용되는 원치드림은 홈이 있는 경우와 홈이 없는 경우, 원치드림에 홈이 적체되는 디스크 원치방식으로 구별이 된다. 각 원치드림의 형태는 아래 그림과 같다.

여기서 홈이 없는 원치드림의 경우에는 와이어로프간의 간섭 현상, 와이어로프가 걸리는 현상으로 인하여 거의 사용되지는 않고 있으며, 홈이 있는 경우와 와이어로프가 적체되는 경우의 원치드림을 공연장에서 많이 적용하고 있다. 홈이 있는 경우의 원치드림(좌측)의 경우에는 원치드림에 와이어로프가 걸리는 상태, 고정상태 등을 육안으로 쉽게 확인할 수 있어서 유지관리상의 장점이 있으나 와이어로프의 수가 6줄~8줄이 적용이 될 때에 적체되는 와이어로프의 권선 수만큼의 드림의 크기가 증가해야 하므로 크기의 제약이 따른다. 또한 각 홈치 및 시트에 유입되는 유입각의 만위를 넘어서는 단점을 기질 수 있다. 와이어로프가 적체되는 경우의 디스크 원치의 경우에는 공간상의 제약이 줄어드는 장점을 갖는다. 하지만 디스크 원치 안에 와이어로프가 적체되는

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

형태나 와이어로프의 고정부분을 점검하기 힘들다는 단점을 갖고 있어서 하중 부담이 작은 기구에 적용이 되고 있다.

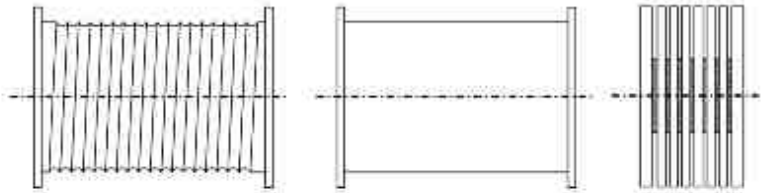


그림 41 홈이 있는 경우의 원치드림(좌측), 홈이 없는 경우의 원치드림(중앙), 와이어로프가 적용되는 경우의 디스크 펀치(우측)

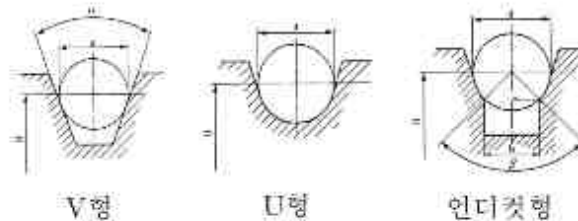
### (2) 활차(Sheave)

활차(sheave)란 회전력을 전달하는 회전관을 말하는데 무대시설에서는 와이어로프를 통하여 이동시에 이용된다. 활차의 구성에서는 도르래의 외면에 로프가 접촉하도록 가공된 홈인 그루브(groove)와 도르래의 외면 그루브와 로프가 접촉하여 로프의 중심이 이루는 위의 지름을 나타내는 피치원 지름(PCD)으로 나타낸다.

#### 1) 활차의 홈(groove)

로프 풀리는 시브(sheave)라고도 한다. 와이어로프에 대하여 V홈이 과거 있고,  $\alpha = 30^\circ \sim 60^\circ$ 를 맺는 V 모양 홈 밑바닥을 로프반지름 보다 0.4~1.5 (mm) 정도 큰 둥근새 반지름으로 맺는 형상으로 한다.

와이어로프는 활차의 홈 부분을 넓게 접촉시켜 이동한다. 또한 마닐라 로프와 같은 섬유질인 것은 홈의 양 경사면에 접촉시키지 않도록 한다. 와이어로프와 활차 사이에는 미끄럼이 생기기 쉬우므로 마찰의 방지와 함께 마찰저항을 증가시키고, 와이어로프의 수명에 대한 신뢰성을 유지하기 위해서는 홈의 밑부분에 고무 및 수지 재질의 재질이 부착되어 있는 것이 좋다.





## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

여기에서  $D$ 는 피치원 지름,  $d$ 는 와이어로프의 지름,  $\alpha$ 는 그루브의 각 (일반적으로  $35^\circ \sim 45^\circ$ ),  $\beta$ 는 언더컷 각 (일반적으로  $45^\circ$ ),  $b$ 는 언더컷 폭을 의미한다.

### 2) 활차의 홈 마모

로프와 활차의 상호 마찰에 의해 발생하는 것으로 활차 홈이 기준치 이상으로 마모되면 권인능력의 저하 현상이 발생할 수 있으며, 활차 회전시 로프의 미끄럼 발생이 커서 위치제어가 되지 못하거나, 정지시 마찰력의 저하로 미끄럼이 발생할 수도 있는데, 마모는 두 가지 요인에 의한다.

- o 로프와 활차가 마찰을 이용하여 장치봉을 승·하강시키므로 정지, 가속, 정속운동, 감속, 정지의 동작을 반복함으로써 가속·감속 및 정지시 로프와 도르래 사이에 미끄럼이 발생하여 상호 마모를 발생한다.
- o 로프에 작용하는 장력의 변화로서 감속기의 드림을 기준으로 활차에 걸리는 하중과 평형추에 걸리는 하중이 다른 조리하에서 동작을 하게 되므로 로프 팽창의 정도차이로 활차와 와이어로프 사이에 미끄러짐이 발생하는데 이를 크리프(creep)라 하며, 이때 마모를 일으킨다.

활차의 홈이 1개 이상일 때 다른 홈과 리브량이 다르게 되는 편마모가 발생할 때 마모된 홈은 와이어로프는 좀 더 작은 활차의 반경으로 회전하게 되어 다른 로프와의 주행거리 차이에 따른 와이어로프 소음과 로프에 연결되는 장치봉 등의 주행진동의 원인이 되기도 하며 활차의 수명을 단축시킨다.

### 3) 활차에 인입되는 와이어로프의 각도

활차는 와이어로프의 방향을 바꾸는 역할을 한다. 활차 본체, 베어링, 취부재 등으로 이루어지며 그리드 위에서는 활차 빔에 고정된다. 활차 본체는 와이어로프에 적합한 와이어 홈을 갖추고 구조품을 기계 가공한 것을 사용하지만, 하중이 작은 경우에는 철판 프레스 가공, 나일론 수지계 등을 사용하기도 한다. 특히 최근에는 저소음 활차로서 중심부는 금속으로 하고 와이어로프가 갈아 도는 부분은 합성수지계통으로 제작하는 경우도 많다. 베어링은 장기간의 유지보수가 없이도 정상적으로 작동되는 내구성 밀폐형 볼 베어링 등을 사용하고 있다. 활차에 걸리는 하중은 무대기구의 자중, 석재하중, 기동 정지시의 충격하중, 지진하중 등이 와이어로프를 통하여 전해지므로 그것에 충분히 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

와이어로프와 와이어 홈이 이루는 각도(fleet angle)는 2도 이하로 한다. 활차, 시브(Sheave), 수평활차 등에서 활차의 직경(피치 지름)은 사용하는 와이어로프의 공칭 직경 또는 로프 직경의 20배 이상으로 한다.

장치봉 등의 승강 와이어로프를 그리드 등에서 매다는 위치에 설치하므로 와이어로프의 줄 수만큼의 활차가 장치봉 등의 바로 위 그리드에 나열되어진다.

반사관, 브리지 등의 하중이 큰 무대기계의 와이어로프 방향을 변환하는 경우는 가능한 한 느슨한 각도로 방향을 변경하는 것이 바람직하다. 방향전환용 활차 등에서는 활차 궤부재의 상부 등을 연결함으로써 하중의 일부를 없애 활차 빔 등에 가해지는 하중을 줄이는 경우도 있다.



그림 44 방향전환용 수평활차



그림 45 수직활차



그림 46 장력조절용 가이드롤러



그림 47 활차와 로프의 fleet angle

#### 4) 드럼 및 활차의 크기

와이어로프의 수명은 와이어로프의 직경( $d$  : 공칭 직경 또는 로프 직경)과 활차, 드럼 등의 직경( $D$  : 피치 직경)과의 비  $D/d$ 에 영향을 받는다.

드럼은 드럼 홈에서 큰 힘이 걸리고 권상 드럼에서는 감는 회수가 많아지므로  $D/d$ 의 영향을 적게 하기 위해  $D/d$ 를 30배 이상으로 한다.

활차에 감는 길이는 활차 바깥둘레의  $1/2 \sim 1/4$  정도이므로  $D/d$ 의 영향이 적을 것으로 여겨진다. 일반 활차의 크기비는  $D/d$ 를 20배 이상으로 한다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

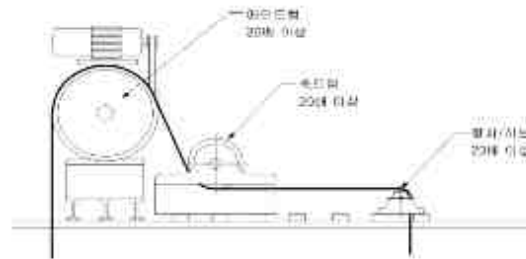


그림 48 와이어로프의 직경과 드럼, 활차의 크기

#### 5) 해의 규격에 따른 드럼 및 활차의 적용

활차의 직경과 유입각도에 대한 규격 내용은 ISO 4308-1에 설명되어 있다. 활차의 최소 피치 직경은 다음과 같이 계산한다.

$$d_{\min} = C\sqrt{S}$$

여기에서  $d_{\min}$ 은 로프의 최소 직경,  $C$ 는 로프의 선택 지수,  $S$ 는 최대 장력을 나타내고 있다. 최대 장력을 표현할 때는 적용 하중, 막구조물에 부착된 무게와 활차의 무게, 로프의 이동 효율, 경사지게 로프가 유입될 때의 하중 증가 등을 고려하여 적용한다.

활차의 홈의 지름은 다음 식에 의해서 계산된다.

$$D_1 \geq h_1 \cdot t \cdot d_{\min}$$

여기에서  $D_1$ 은 활차 홈의 최소 직경을 나타내고,  $t$ 는 로프 종류에 따른 계수를 나타낸다.  $h_1$ 은 활차의 선택 지수를 나타내는데 로프 지름으로부터 계산된 활차의 피치 직경비를 나타낸다.

활차를 제작시에는 다음과 같은 사항을 고려하여 드럼을 제작, 설계한다.

나산 형태의 드럼 홈은 드럼에 감기는 로프의 직경을 고려하고, 로프가 감기는 길이를 고려하여 제작 및 설계한다.

드럼 홈의 원형 모양의 홈에서 홈의 반경이  $r$ 은  $0.525d \sim 0.550d$  범위에서 설치되는 것이 적합하며,  $0.5375d$ 를 하였을 때가 가장 최적이다.

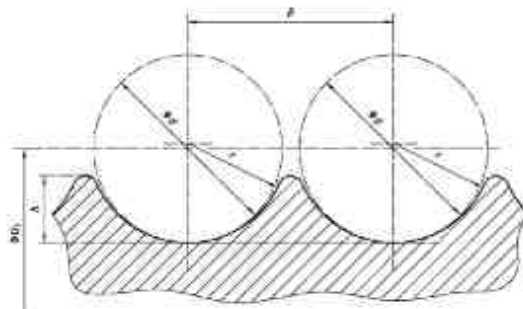


그림 49 드럼, 활차 홈의 설계 및 제작

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

아래 그림에서  $d$ 는 로프의 지름,  $h$ 는 홈의 길이,  $p$ 는 홈의 피치,  $r$ 은 홈의 반경,  $D_1$ 은 로프 드럼의 피치 지름을 나타낸다. 드럼에서의 피치 각도를  $\alpha$ 라 하고, 와이어로프가 드럼과 활차사이에 유입되는 각도를  $\beta_{right}$ ,  $\beta_{left}$ 라 할 때, 드럼으로의 유입각도는  $\beta_{right} + \alpha$ ,  $\beta_{left} + \alpha$ 로 표현된다. 로프는 제한된 각도 이내에서 유입되어야 만이 로프의 피로도를 감소시켜주고, 로프의 손상을 방지할 수 있다. 이러한 관점에서 모든 로프의 유입각도는  $4^\circ$ 이하이어야 하고, 드럼 홈이 없는 경우에는  $2^\circ$  이하로 설치해야 한다. 단 드럼의 여러 층의 와이어로프가 감길 때에는 로프의 겹쳐서 감김을 피하기 위해 최소 유입각도  $0.5^\circ$ 이상은 만족해야 한다.

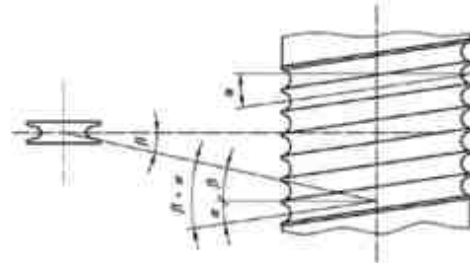


그림 50 드럼에서 와이어로프의 유입각도

DIN 규격에서는 다음 표와 같은 로프의 직경에 따른 드럼 및 활차의 직경을 정의하고 있다.

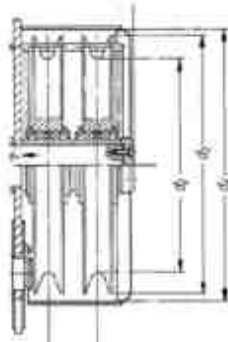


그림 51 활차의 직경

표 12 DIN 규격에 따른 활차의 크로셀 직경

로프 지름 (mm)	d2 (mm)	d3 (mm)	d4 (mm)
20	560	630	640
22	630	700	715
26	710	790	805
28	800	880	895
32	900	990	1010
36	1000	1110	1130
40	1120	1240	1265
44	1250	1380	1405

DIN 규격에서 정의하는 로프 직경별 활차의 직경은 20배 이상을 나타내고 있으며, 활차에서의 와이어로프 이탈방지장치는 활차에서 로프가 이탈되지 않도록 로프의 직경보다 작은 간격을 같도록 높이가 설정되어 있다.

DIN 규격에서는 활차의 직경비가 25배 이상을 적용하게 되어 있으며, 다음 표와 같은 규격의 베어링과 와셔를 사용하게 되어있다.



### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

표 13 활차의 제원

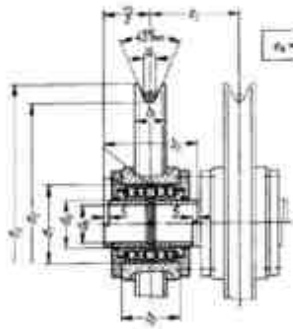


그림 52 활차의 제원

로프 직경 (mm)	$d_2$ (mm)	$d_1$ (mm)	베어링	고정 볼트
9	225	110	6212	M8×20
11	280	125	6214	M8×20
13	315	125	6214	M8×20
14	355	140	6216	M8×20
16	400	160	6218	M10×25
18	450	180	6220	M10×25
20	500	200	6222	M10×25
22	560	215	6224	M10×25
26	630	230	6226	M12×30

#### 4.4 와이어로프

##### (1) 와이어로프의 구조 및 특징

무대기계의 승강에는 와이어로프가 가장 많이 사용되고 있다. 체인에 비하여 탄력성이 있으므로 기동정지의 충격을 저감시킬 수 있으며, 하중이 분산되어 운전이 조용하다는 특징이 있다. 사용에 따른 노후로 와이어로프 직경의 감소, 마모, 절손 등이 나타나므로 외관검사를 통하여 사용한도에 달한 것을 알 수 있으며 수명을 판단할 수 있는 등의 이점도 있다.

가장 일반적인 와이어로프는 그림과 같이 와이어를 몇 가닥 꼬아서 만든 스트랜드(strand)를 다시 심(core) 주위에 꼬아서 만든 스트랜디드 로프(stranded rope)이다. 와이어로프를 꼬는 방법에는 Z꼬임과 S꼬임이 있는데 Z꼬임을 원칙으로 한다. 그러나 다수의 와이어로 된 로프를 만들 때 x는 로프에 발생하는 비틀림 작용을 경감시키기 위해 양자를 조합하는 경우도 있다. 한편, 스트랜디드 로프를 만드는 데는 로프와 스트랜드를 반대방향으로 꼰 보통꼬임과 양자를 같은 방향으로 꼰 랭꼬임이 있다.

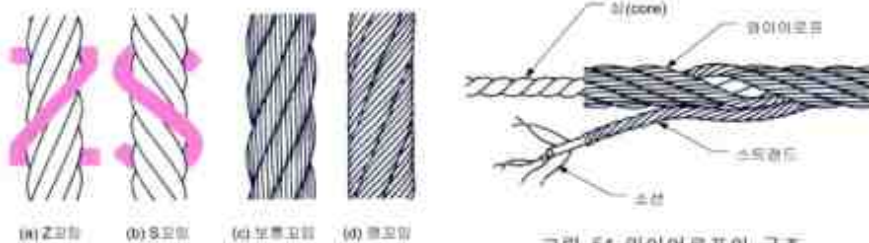


그림 53 와이어로프의 꼬임형태

그림 54 와이어로프의 구조

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

무대시설에 사용하는 와이어로프는 표준규격제품으로서 KS D 7010의 항공기용 와이어로프를 사용하거나 KS D 3514에서 규정하는 일반용 와이어로프를 사용하며 또는 그것과 동등 이상의 제품으로 한다. 무대시설에는 유연한 와이어로프가 적합하며, 일반적인 무대기구에서는 KS D 7010의 A7×19 혹은, KS D 3514의 6×19, 6×24, 6×25가 많이 이용되고 있다. 시중에는 보통 Z코일이 많이 사용되고 있다. 항공기용 와이어로프의 경우 일반용 와이어로프에 비하여 동인 직경의 경우 과단하중이 크게 나타나고 있어 많이 사용되고 있으나 일반용 와이어로프도 충분한 강도를 가지고 있기 때문에 사용상에 지장은 없다고 할 수 있다.

표 14 무대에서 사용되는 와이어로프의 종류 및 형상

형 태					
호 칭	7가닥선 7mm	19가닥선 7mm	19가닥선 6mm	24가닥선 6mm	25가닥선 6mm
용 도	항공용	항공용	일반용, 기계용	일반용, 기계용	일반용, 기계용

장치봉을 와이어로프로 매다는 경우 와이어로프 측면에서는 다수의 와이어로프 모두가 동일한 하중분포 즉, 정력분포를 갖도록 하는 것이 좋으나 장치봉 측면에서는 어느 곳에서도 장치봉이 처지지 않도록 하는 것이 중요하다. 이 두 가지 상반된 조건사이에서는 이론적으로 충족시킬 수 없는 경우가 발생하는데 이것에 대하여는 three-moment theorem을 이용하여 입증된다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

표 15 무대기구용 와이어로프의 인장하중 비교 (단위:mm, kN)

6x19 일반용 와이어로프		6x24 일반용 와이어로프		7x9 항공용 와이어로프	
로프지름	파단하중	로프지름	파단하중	로프지름	파단하중
4	8 <sup>9.5</sup>			3.18	7.5 <sup>9</sup>
				4.0	10 <sup>12.5</sup>
				4.76	16.5 <sup>19</sup>
5	12.5 <sup>14.5</sup>			5.56	22 <sup>2.5</sup>
				6.35	28 <sup>3.1</sup>
6.3	30 <sup>2.3</sup>	8	29 <sup>3.2</sup>	7.14	24.5 <sup>3.7</sup>
8	32 <sup>3.7</sup>			8.0	40 <sup>4.4</sup>
9	40 <sup>4.7</sup>	9	37 <sup>4.0</sup>	9.53	50 <sup>6.4</sup>
10	50 <sup>5.8</sup>	10	45 <sup>5.0</sup>		
11.2	63 <sup>7.2</sup>	11.2	57 <sup>6.2</sup>		
12	72 <sup>8.3</sup>	12	65 <sup>7.1</sup>		
12.5	78 <sup>9.0</sup>	12.5	71 <sup>7.7</sup>		
14	98 <sup>11.3</sup>	14	89 <sup>9.7</sup>		

### (3) 와이어로프의 안전율

와이어로프의 안전율은 일반적으로 제조상의 강도변동, 사용에 따른 강도저하, 단말 처리에 의한 강도저하, 지진에 의한 하중의 추가, 매달린 기구의 기동정지에 따른 충격 하중의 추가, 적체의 편중 등에 의하여 일부 와이어로프에서의 하중집중 등에 대비한 것으로 와이어로프의 안전율은 다음과 같이 정의한다.

$$\text{안전율} = \frac{\text{파단하중}}{\text{최대작용하중}}$$

무대기구를 매달아 승하강하는 장치봉에 사용하는 와이어로프의 안전율은 6, 하중을 매달지 않는 안전장치용 로프나 보조 와이어로프의 안전율은 4이상을 필수적으로 확보하여야 한다. 그러나 최근에는 무대시설의 발전으로 고속화의 경향이 두드러지고 있으며 이와 더불어 가속성능이나 급정지성능 등도 강화되고 있어 강한 충격에 대한 내력을 확보하지 않으면 안되는 현실이다. 따라서 선진국에서부터 안전율에 대한 기준이 강화되고 있으며 정격적제시의 무대기구가 정지했을 때 무대기구에 사용되는 와이어로프에 가해지는 하중은 와이어로프의 파단하중의 1/10 이하로 권장하고 있다.

와이어로프는 주의 깊게 취급하여야 하며 와이어로프의 강도가 저하하는 것을 방지하여야 한다. 특히 파대한 충격하중이 가해지거나 꼬여있는 경우에는 교환한다.

### 무대예술인 기본과정 - 무대 - 3. 무대기계 기초공학

#### (4) 스테인리스 와이어로프

스테인리스 강은 대단히 많은 종류와 용도가 있으며 각기 다른 성질을 갖고 있다. 스테인리스 로프용 소재는 대표적인 것으로 SUS 304, 316이 있고 알칼리성과 산성 및 전해부식 이외에 화학약품에도 강한 내식성을 갖고 있으며, 내열성, 내온도성도 양호하기 때문에 화학공장, 전력, 자동차, 선박, 항공기, 원자력관련, 공해방지관련기와 장식을 목적으로 하는 레저용품으로서 요트, 전동 보트 등 주로 환경의 변화가 심한 곳의 광범위한 분야에 사용되고 있다.

공연장에서는 야외무대나 노천극장 등의 공연장 등에서 많이 사용될 수 있으며 특히 바닷가 근처의 공연장에서는 염분에 의한 부식 등의 예방에 매우 유익할 것이다.

스테인리스 와이어로프의 특징으로는

- o 통상 온도의 대기 중에서 발청되기가 어렵고 미려하며 광택을 갖고 있다.
- o 고온에서도 부식되기 어렵고 또한 기계적 성질의 저하가 거의 없다.
- o 각종 공업 약품 및 고온 환경에 대하여 뛰어난 내식성을 갖는다.
- o 스테인리스는 일반적으로 약자성을 나타내지만 SUS 316은 특히 자성이 낮다.

로프의 피로는 주로 반복굴곡에 의한 것으로서 동색으로 스테인리스 로프가 사용되는 경우는 특히 중요한 특성이 된다. 특히 해수 중에서 사용하는 경우 스테인리스 로프는 아연도금 로프에 비해 약 10배정도 내식성이 우수하다. 또한 황산과 같은 영향이 많은 장소는 SUS 316이 특히 효과적이다.

#### (5) 와이어로프의 감기

드럼에 로프를 감을 때 시차 부분의 감는 방향은 아래 그림과 같이 로프 꼬임 방향과 드럼의 위치, 회전방향 등에 따라 달라지므로 주의해야 한다. 이것은 로프의 꼬임 방향과 반대방향으로 감으면 로프의 반발력이 약해지는 방향으로 감기 때문에 로프의 장력이 느슨해질 수 있기 때문이다.

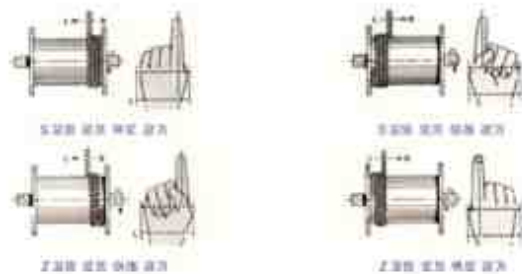


그림 55 드럼 및 한치에 와이어로프 감기

## IV. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### 1. 안전사고 유형

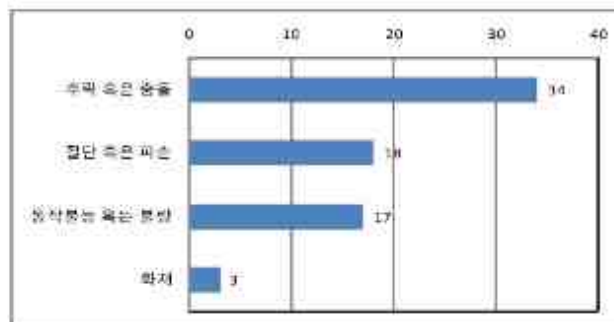
#### 1.1 안전사고의 종류

공연장은 층간높이가 높은 곳에 배열되어 있거나 무대바닥에 깊은 계구부가 생기는 경우가 많아 안전사고의 위험이 높다. 공연장의 시설과 관련된 안전사고의 유형은 다음과 같다.

- 추락 혹은 충돌 : 사람이나 물건의 추락하거나 충돌하는 사고
- 절단 혹은 파손 : 사람이나 물건의 일부가 절단되거나 파손되는 사고
- 동작불능 혹은 불량 : 공연 시설이 동작되지 않거나 오작동 되는 사고
- 화재 : 시설의 화재사고

#### 1.2 안전사고의 빈도수

과거 실시된 공연장 안전사고 사례 조사결과에 따르면 공연장 안전사고 중 추락 혹은 충돌 사고가 34회(47%)로 가장 빈도수가 높은 것으로 나타났다.



유형별 공연장 안전사고 빈도수

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### 1.3 안전사고의 원인

국내 공연장의 사고사례를 살펴보면 다음과 같이 다양한 사고가 발생하고 있으나, 실질적으로 국공립공연장이 많아 외부로 들어나지 않는 경우도 많은 것으로 파악됨

공연장의 안전사고 중에서 화재사고는 15%에 해당되어 물리적 사고 등 보다는 작아 보이지만, 한번 사고가 발생하면 대형 인명 사고가 발생할 수 있어 실질적인 사고에 따른 피해는 큰 것으로 파악됨



그림 2 공연장 사고 발생

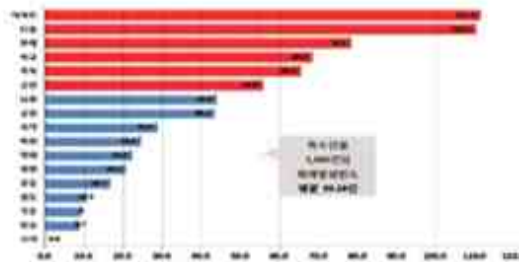


그림 3 화재 사고 발생 통계

※ 출처 : 문화체육관광부 지정 한국산업기술시험원 공연장안전지원센터

## 2. 안전사고 사례

### ■ 무대막 화재

#### (1) 사고 개요

- 일시 : 2001년 1월 18일
- 장소 : 세종문화회관 대극장
- 사고경위 : 신파극 '애수의 소야곡' 공연 도중 과일 조명등의 열기가 무대막에 옮겨져 발화
- 피해 : 공연 중단, 관객 1,700여명 긴급 대피, 인명피해 없음

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### (2) 문제점 및 대책

- 무대막을 비롯한 무대시설 방염, 무대시설 사이의 간섭 주의
- 공연시설에 대한 철저한 안전관리

### ■ 공연 입장객 압사사고

#### (1) 사고 개요

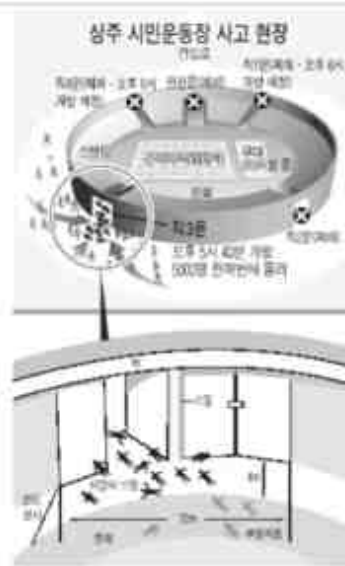
- 일시 : 2005년 10월 3일
- 장소 : 상주시민운동장
- 사고경위 : MBC 가요콘서트 녹화현장을 보기 위해 입장하던 관객이 한꺼번에 물리면서 앞사람이 넘어지고 뒤따르는 사람들이 잇달아 넘어지는 압사사고
- 피해 : 사망 11명, 부상 162명

#### (2) 문제점 및 대책

- 관객 관리 및 동선 확인, 공연/행사장 안전 매뉴얼 준수



압사사고 현장사진



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### ■ 조명기 추락사고

#### (1) 사고 개요

- 일시 : 2006년 1월 20일
- 장소 : 대전시 B나이트클럽
- 사고경위 : 높이 5~6m 위에 설치된 직경 8m, 무게 800kg의 원형조명시설이 무대로 추락하여 무대에 있던 손님이 부상
- 피해 : 중상 4명(척추골절 등), 경상 20명
- 사고 원인

추정 사고 원인	비 고
감속기 파손으로 인한 해당기구 제동능력 상실	감속기 톱니바퀴 파손
무대시설 부설시공	사용기간 4개월
조명시설 제어장치 결함	경찰 추정
지지구조 안전을 미확보	6개의 첩선으로 지지



사고현장



원장의 조명기구 배치형태

#### (2) 문제점 및 대책

- 과거에도 유흥업소 조명시설의 추락사고가 빈발  
 사례 : 2000.12 비아동 헬파이어 나이트클럽 조명시설 추락사고  
 손님 62명 부상
- 무대시설의 부설시공



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

- 4개월의 사용기간에 과손된 것은 부실시공으로 판단됨.
- 무대시설에 대한 규격품 사용 및 안전을 적용 의무화 필요
- 무대시설의 설치 후 설치검사(완성검사)가 필수적으로 요구됨.
- o 무대시설의 안전관리
  - 나이트클럽과 같은 기술인력부족 공간에서는 유지관리가 허점
  - 유흥업소, 가설공연장 등에 대한 정기적인 안전진단이 필요.
  - 공연장, 유흥업소 등 다중이용시설의 자체적인 안전관리대책 및 제해대책계획 수립이 필요

### ■ 무대시설 화재사고

#### (1) 사고 개요

- 일시 : 2007년 12월 12일
- 장소 : 예술의전당 오페라극장
- 사고경위 : 오페라 '라보엠' 공연 중 무대에 설치된 난로에서 불꽃이 먼저 막 등 무대시설을 태움
- 피해 : 인명피해 없음, 주무대 70% 소실, 해당 공연 및 차기 공연 취소



화재사고 현장사진



화재사고 현장사진

#### (2) 문제점 및 대책

- 공연소품 등 공연시설 방염 철저, 전국 공연장 안전 점검 실시



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### ■ 작업자 추락사고

#### (1) 사고 1

- 일시 : 2007년 12월 18일
- 장소 : 모방송국 가요시상식
- 사고경위 : 무대 스피커 철거 작업 도중 음향담당 직원이 높이 12 m의 대형 트러스 (철골 구조물) 위에서 추락하여 사망
- 피해 : 사망 1명

#### (2) 사고 2

- 일시 : 2008년 9월 21일
- 장소 : 국립극장 해오름극장
- 사고경위 : 한려교류축제 리허설 도중 한려교류협회 이사장이 준비상태 점검을 위하여 무대에 올라갔다가 발을 헛디뎠다 무대 약 4 m 아래 오케스트라 석으로 추락하여 사망
- 피해 : 사망 1명

#### (3) 사고 3

- 일시 : 2008년 10월 22일
- 장소 : KBS홀
- 사고경위 : 근로자 문화예술대상 시상식 세트장에 무대설치를 위하여 유압 사다리에 올라 천장에 철사를 묶던 중 유압 사다리가 넘어지면서 5미터 아래로 추락하여 사망
- 피해 : 사망 1명

### 3. 안전사고 대처 방안

#### ■ 인명피해사고

- 피해자에게 심폐소생술 등 필요한 응급조치를 시행한다.
- 119 구조대 등에 신고하여 피해자를 가까운 병원으로 신속히 후송한다.
- 관람객에게 조치내용과 향후계획 등을 알려 사후처리가 차분히 이루어질 수 있도록 한다.

#### ■ 화재사고

- 비상연락체계에 따라 신속하게 화재발생 사실을 안전관리책임자에게 보고한다.
- 안전관리책임자는 전 근무자에게 상황을 전파하고, 소방서 등 유관기관에 화재발생 신고를 한다.
- 관람객이 밀시에 출입구로 집중되지 않도록 침착한 상황 설명과 대피 안내를 실시한다.
- 안전관리자 감독 하에 자체 소화시설에 의한 진화작업을 실시한다.

#### ■ 정전사고

- 조명이 들어올 때까지 혹은 정전원인을 확인할 때까지 관람객이 세자리에서 대기하도록 한다.
- 장기간 정전복구가 불가능하여 관람객을 대피시켜야할 경우 비상구에서 가까운 관람객부터 천천히 대피도록 안내한다.
- 대피 완료 후 관류하거나 부상당한 관람객은 있는지 확인한다.

#### ■ 사고조사 수행절차

사고 조사를 수행하는 개인이나 팀은 다음과 같은 절차를 따른다.

- ① 현상을 확보한다.
- ② 다친 사람을 돌본다.
- ③ 더 이상의 상해나 피해가 없도록 노력한다.
- ④ 사고의 "전체적인 모습"을 파악한다.
- ⑤ 관련 장비와 세트를 검사한다.
- ⑥ 물리적인 증거를 수집하고 보호한다.
- ⑦ 현장 사진을 찍는다.



## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

- ⑧ 관련된 사람들과 면담하고, 가능하다면 진술서를 확보한다.
- ⑨ 모든 정보를 분석하여 원인을 규명한다.
- ⑩ "직원이 시스템을 잘못 작동했는가" 뿐만 아니라 "시스템이 오작동을 일으켰는가"를 조사한다.
- ⑪ 재발 방지를 위해 어떤 조치가 필요한지를 결정한다.
- ⑫ 보고서를 완성한다.

※ 주의 : 사고 조사는 책임 소재를 밝히고자 하는 것이 아니라 재발 방지에 목적이 있다.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### 4. 공연장 안전사고 모음

#### 4.1 국내 사례

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
쇼뮤지컬 평키평키	2003. 8. 15. 명동 유네스코 회관	□ 부대 스피커 추락 2명 사상 쇼케이스 공연을 위해 마지막 무대 장치를 점검하던 중 발생. 공중에 매달려 있던 스피커(약 450kg)의 연결 고리가 끊어지면서 바닥으로 떨어져 밑에 있던 특수효과 오퍼레이터 권도씨(22)를 덮친 것이다. 1명 사망, 1명 부상
방귀대장 뽕뽕이의 초록별 대보현	2004. 2. 29. 교육문화회 관	□ 공연중 화재 사고 공연도중 3층 객석 뒤쪽에서 화재 사고 발생. 뮤지컬 중간에 특수효과를 위한 장치 도화선에 불을 붙이는 순간 불뿔이 튀어 순간적으로 불길 발생함. 관객들이 대피하는 동안에 안전요원 등 안내직원 부세, 1차 진화 후에 완전히 진화가 되지 않은 것을 확인하고 관객들이 대피함.
두용 공연	2004. 3. 18. 문예진흥위 예술극장	□ 공연 중 석고 조각 떨어짐 공연 중에 천장 석고 조각이 떨어져서 관객들이 긴급 대피함. 연하는 도중 '쿵'하는 소리와 함께 천장에서 하얀 조각들이 떨어져 내리기 시작했으며 관객들이 놀라 비명을 지르며 대피하는 바람에 아수라장이 되었음. 초등학교 1명 부상
검은 수사 연극	2002. 8. 30. LG아트센터	□ 정전사고 발생 공연이 시작된지 30분이 지난 후에 공연장 정전 발생, 암전 발생. 관객들 모두 공연장 객석에서 대기하고, 전기가 들어온 이후 공연 진행. 공연장 스태프의 운영으로 인하여 사고 미발생

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
명심황후	2003. 9. 20. 예술의전당 오페라극장	□ 공연장 무대장치 정지 명심황후를 살해하려는 유모를 꾸미는 상황. 이 중 무대 세트가 솟아오르면서 1층은 넘어질 위험, 2층은 조션 활성을 동시에 보여주었다. 이 때 무대로 솟아오른 세트는 정지되었고, 2층에 있던 배우들은 사다리를 타고 내려왔으며, 공연 중단. 사고원인은 무대장치의 전기설비 고장.
전대동화관	1999. 1. 28. 과천 서울랜드	□ 회전무대에 머리 끼어 사망 초등학교생이 회전식 객석과 무대칸막이 사이에 끼여 숨졌다. 이 학생은 이날 학원 친구들과 서울랜드를 방문, 총 5개 무대를 차례로 회전하며 관람할 수 있도록 설계된 「전대동화관」을 찾아 원형객석이 자동 이동하던 중 4, 5번 무대사이 칸막이 벽과 객석 사이에 머리가 끼어 사망.
-	진주 전통문화센터	□ 음향반사판 추락하여 파손 무대 위에 설치된 9개의 음향반사판 가운데 130kg짜리 음향반사판 1개가 갑자기 떨어져 무대의 일부가 파손. 천장에 음향반사판을 매달고 있는 와이어보드가 하중을 견디지 못해 추락 사고 발생.
-	2004. 11. 11 대구 오페라하우스	□ 무대장치 추락 무대 장치가 떨어지 무대에서 공연 연습을 하고 있던 배우 4명이 머리와 어깨 등에 다박상 발생

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
여름 불꽃놀이 축제	2006. 8. 12. 롯데월드	<p><input type="checkbox"/> 불꽃놀이로 인한 화재발생</p> <p>야외에서 여름축제 불꽃놀이를 하던 중 불꽃이 배직아일랜드 모형 성곽의 탑 꼭대기에 옮겨 붙어 불이 났다. 화재 지점에 일반 관람객이 출입하지 않아 인명피해는 없었다. 이 불은 20분 만에 진화됐으나 롯데월드측이 안내방송을 하지 않아 시설 이용자들의 불만이 잇따랐다.</p> <p>롯데월드 배직아일랜드 야외공연장에서 불꽃놀이 도중 불꽃 잔해가 이용객에게 떨어져 이용객 1명이 귀에 부상을 입었다.</p>
라 보엠	2007. 12. 12. 예술의전당 오페라극장	<p><input type="checkbox"/> 공연 중 화재 사고</p> <p>공연 중 대도구인 벽난로에서 화재가 발생. 화재는 벽난로 내부에 설치된 팬(fan)과 조명 등에서 발생한 것으로 추정. 자체 긴급상황 대처 기준에 따라, 객석으로 화재가 확산되는 것을 방지하기 위하여 자동시스템 가동 이전에 무대감독이 판단하여 미리 수동으로 무대와 객석 간의 방화막(Safety Curtain)을 내렸음. 인명 출연자 90여명이 호흡 중 연기를 흡입하였으므로 국립오페라단은 이들을 인근 병원으로 후송하여 검사</p>
한려 문화예술의 밤	2008. 9. 21. 국립극장	<p><input type="checkbox"/> 오케스트라 석으로 추락</p> <p>리허설 중 준비상태를 점검하러 올라갔다 발을 헛디디 약 4m 아래 오케스트라 석으로 떨어짐. 병원 후송 후 사망</p>

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

4.2 외국 사례

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
전쟁과 평화	2002. 2. 뉴욕 메트로폴리 탄	□ 오케스트라 피트로 출연자 추락 개막공연에서 출연자가 무대 아래로 떨어져 공연이 중단. 개막공연에서 종료 10여분을 남 겨놓고 피날레 장면이 진행되던 중 나폴레옹 의 병사로 출연한 연극자가 등근 등형식의 무 대에서 미끄러져 오케스트라 피트로 떨어졌다. 출연자는 부상
알제리의 이탈리아 여인	2004. 3. 8. 뉴욕 메트로폴리 탄	□ 무대 천장에서 화재 발생 공연중 무대 천장에서 화재 발생. 무대 박을 달아 격석과 분리. 조명 시스템의 문제로 작은 화재가 발생. 공연 스태프가 수습 후 공연을 재 개하겠다고 알리고, 화재 진압 후에 공연 진행
-	1963. 1. 30. 부카레스트 돔	□ 부카레스트 돔 붕괴사고 직설로 인한 집중하중으로 돔 구성 부재인 강관에 좌굴이 발생하여 붕괴되었고, 설계시 좌굴저항력분석의 누락으로 사고가 발생한 것 이고, 직접적인 원인은 집중하중으로 5개의 강 관이 방사선방향을 따라 국부 좌굴 했고, 구속 에 필요한 압축력을 상실하여 사고 발생
하나구미공연	1558 다카라즈카구 대극장	'봄의 춤, 꽃속의아이들'에 출연중인 코즈키히로 미씨가 복장이 무대장치에 걸려들어 무대기계에 의해 신체가 절단되어 사망.
레즈고 젊은이여	1981 NHK홀	리허설 중 카와이나오코씨가 스테이지의 앞쪽에 있는 무대기구에서 천막에서 전치 3개월



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
키부이자와 신드류	1988 동경도 미나토구 롯본기의 무도회장	조명장치(중량 약 2톤)이 떨어져 추락하고 있던 17명이 사망. 아외 편영 중에 일어났던 사고로 스텝헌명 사망, 배우 니타르세를 비롯해 출연자 스텝6명이 중경상을 입음.
-	1994 신주쿠 코마극장	무대 조명기구 설치 작업을 하던 무대조명기사 이사이키요시씨가 잡고 있던 로프와 함께 약 7미터 밑으로 떨어져 로프를 놓치고 바닥으로 전락, 목뼈가 꺾여 사망.
-	1994 제국극장	무대의 세단위에서 스탠바이 중, 스텝이 △씨가 있는 줄 모른채 무대계단을 움직여 전락. 골절로 입원.
-	1996 예술미술관 대홀	무대조명의 물탱크 작업을 하던 조명기사사 전다하여 사망.
사망, 시간을 넘어 드리콜라 인 세렌	1997 나오야극장	무대 약 3미터의 무대장치에서 전락. 오른손 골절 및 근골 관절 등으로 전치 1개월 반의 중상.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

공연명 및 구분	일시, 장소	사 고 내 용
-	1997 신국립극장 중극장	무대 설치 작업 중에 2층에서 창문들이 떨어져 아래에서 작업 중이던 관객자 스킨스키씨의 머리에 직격, 14바늘을 꿰매고, 경추손상
신편터펜	1999 신국립극장	리허설중에 플라잉을 담당한 미국인 기술자의 동열을 맡은 여성스텝 아오야나기카요코씨가 세트에 가려진 지하실을 발견 못하고 15.7미터 아래로 전락하여 두부타박상으로 사망.
-	2000 국립하이쿠사	이배우 이코메구미씨가 로프를 타고 무대로 내려오는 장면에서 손이 미끄러져 4미터 아래의 무대로 떨어지고, 왼쪽손목 골절 및 왼쪽 새끼발가락 골절의 증상.
산전수전 인생사	2001 북리매주 사쿠라홀	세트가 무너져 미술스텝이 깔려 사망. 무대장치를 정기점검 중에 보수회사의 직원 5명이 무대장치 사이에 끼여져 3명 즉사.
-	2006 다키자와 연무실	공연중 무대장치 등이 탄 작은 화재발생. 관객스텝 약 1600명이 피난, 약 40원이 목의 통증을 호소, 공연중지

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

4.3 기타 사고 사례

사고 내용	사 고 내 용
하부 바닥으로 떨어짐	소형 승강무대가 아직 바닥까지 내려가지 않았는데도 내려가 있는 것으로 착각하고 확인 없이 소형 승강무대를 정지 위치로 움직이는 충격에 기계위에 걸러 떨어짐.
	조명의 반입도중에 설치 업체 작업자가 무대 연결리프트의 뒤에 있는 조명용 Hanger를 부착하고 있었는데 하중을 적재하여 상승중의 연결 리프트의 위에서 실수로 걸러 떨어짐. 사고 당시 연결 리프트는 약 4m 아래에 위치하고 있었다.
	Curtain call의 리허설 중 출연자와 보조자가 무대로부터 주 승강무대로 무대하부 바닥까지 내려간 후 출연자는 소형 리프트로 무대에 올라가기 위해 소형 리프트 승강구로 갔다. 보조자가 문을 열자 출연자가 진입했을 때, 소형 리프트의 바닥은 아직 무대면에 있고 하부에 도착하지 않았기 때문에 1.8m 아래의 모터 피트로 걸러 떨어졌다. 계속해서 1.2m 아래의 바닥에 걸러 떨어졌다.
객석으로 떨어진 사고	오케스트라 피트가 아래로 내려가 있을 때 무대에서 객석으로 내려오던 스태프가 오케스트라 피트로 걸러 떨어짐.
	가면을 쓴 출연자가 무대에서 객석으로 추락
	오케스트라 피트가 아래로 내려가 있을 때 무대에서 객석으로 내려오던 스태프가 오케스트라 피트로 걸러 떨어짐.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

사고 내용	사 고 내 용
조명 반입중 추락 사고	주최자가 위탁하여 외부의 조명 스테프가 조명용 브리지(높이 7.7m)에 올라 조명기구의 조정 작업을 하다가 도중에 떨어짐, 안전 벨트를 착용하지 않았음.
	반입 종료 후에 조명기구를 맞추는 작업 중에 실수로 무대면으로 추락, 작업 중 이두운 곳에서 작업할 때 밧아대를 식별하지 못해 추락.
가동 의자 이동 중 사고	앞쪽 열의 파이프 의자 뒤에 다가왔을 때 진동식 이동관람석이 빠져나오면서 조각 중의 화석과 난차에 다리가 끼임.
수동 조작시 사고	시진이 발생하여 수동용 보프 부근에서 출연 대기 중의 출연자의 머리에 평형추가 추락
	박시현의 헬런스를 맞추기 위해 평형추 볼을 내려서 평형추를 손은 넣어 힘을 주던 곳에서 쌓아둔 평형추가 붕괴되어 떨어짐, 그 때문에 균형을 잃어 박시현이 추락.
어린이 사고	가동 의자를 수납 중에 관계자에 붙어서 일실하여 들어오던 어린이가 이동 중의 의자에 흥미를 가지고 고개를 내밀고 쳐다보다가 머리가 끼임.
	오케스트라 피트를 사용하는 공연 중에 어린이가 신발을 벗어뜨려 주우러 가다가 잘못해서 약 4m 아래의 파루면으로 떨어짐.

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

사 고 내 용	사 고 내 용
조명에 의한 화재	이동한 다리막에 low horizon가 접촉하여 불이 남. 다리막을 이동시키는 경우, low horizon light에 접촉되어 있어서 잠등하고 불이남. 다리막은 방재 가공되어 있으므로 큰 불은 막았음.
	연기가 시작된지 몇 분 후 끝막 뒤에 있는 Stage side spot light에 끈타이 당겨져 길러 연기가 나서 불이 나고 있는 것을 알아차림. 전환시 출연자가 끝막을 접촉하여 무대로 나아가기 때문에 막이 라이트에 당겨져 길남.
	연기종료 중간에 무대 하수 뒤에 이상한 냄새가 발생. 흑막 하수측의 R부(곱어져 있는 부분)가 low horizon light에 접촉되어 소손 발생.

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### 4.4 공연장 화재사고 사례

#### □ 국내 공연장 화재 사고 사례

발생일시	발생장소	화재내용	화재원인	피해현황	
1	72.12.02	SU시민회관 (원SJ문화회관)	MBC개국1주년 남녀10대가수 청백전 공연후 화재	전기화선	인명 : 사망 53명, 부상 76명
2	94.10.09	NB극장	2,3층 극장 스크린 위쪽 천장부분에서 화재	전기화선 추정	인명 : 없음 재산 : 극장 전소
3	96.02.00	IC중합문화예술 회관	보수공사 용접 중 화재발생, 방화막으로 인해 화재 차단	보수공사 (용접)	인명 : 없음 재산 : 메인키테 전소
			방화막을 차단시켜 놓고 작업하여 객석으로 화재 번지지 않았음		
4	01.02.00	SJ문화예술회 관	"예수의 소야곡" 공연 중 화재발생	조명등기구 시일	
5	02.03.25	JNK극장	중계측 공사 도중 발생	용접	인명 : 없음 재산 : 1.8억원
6	04.02.02	SG문화회관	어린이 뮤지컬 공연도중 객석 뒤편에서 화재 발생		인명 : 없음 재산 : 극장 전소
7	05.01.09	GRC영화관	노숙자 방화 추정	방화추정	-
8	06.00.00	BL문화예술회 관	신속공사중 화재발생	용접	인명 : 없음 재산 : 극장 전소
9	07.12.01	XX체육관	특수인준요리장비	특수요리	-
10	07.12.12	SA 오페라극장	라보엠 공연도중 소품 벽난로에서 화재발생	세트장비	인명 : 없음 재산 : 200억원
			화재감지 후 방화막을 화재 번지지 않았음	자유낙하 차단되어 객석으로 대형참사 모면(2천명대피)	
11	10.04.24	SHUB관 공연장	개그콘서트 공연도중 화재발생	원인미상	
12	12.11.00	JCG경기장	"썬머스랜드 더 혼백쇼"도중 무대에 화재발생	특수효과	

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### □ 해외 공연장 화재 사고 사례

년도	공연장명	내용
1845	Canton, China	1,670명 사망
1876	Brooklyn Theater, NewYork, USA	295명 사망
1881	Ring Theater, Vienna, Austria	850명 사망
1887	Theater Royal, Exeter, England	186명 사망(10월 5일)
1902	Birmingham Church	115명 사망(10월 20일)
1903	Iroquois Theater, Chicago	최소 600명 사망
1908	Rhoads Theater, Boyertown, Pennsylvania	170명 사망
1927	Lauier Palace Theater, Montreal, Canada	어린이 77명 사망(1월 9일)
1928	Teatro de Novelades theater, Madrid, Spain	68명에서 110명 사망(10월 22일)
1929	Glen Cinema, Paisley, Scotland	71명 사망(12월 31일)
1940	Rythim Night Club, Natchez, Mississippi	198명 사망
1942	Cocoonut Grove, Boston, Massachusetts	492명 사망
1943	Hoteiza theater, Kucchan, Japan	205명 사망(3월 6일)
1955	Catholic Church, Yokohama, Japan	100명 사망(1월 16일)
1973	Upstairs Bar, New Orleans, Louisiana	32명 사망
1974	Gulliver's Discotheque, New York	24명 사망(6월 30일)
1976	Puerto Rican Social Club the Bronx, New York	25명 사망(10월 24일)
1977	Beverly Hills Supper Club, Kentucky	165명 사망
1978	Cinema Rex, Abadan, Khuzerstan, Iran	438명 사망
1979	Lakshimki Talkies Cinema, Tuticorin, India	73명 사망(7월 29일)
1981	Bangalore Circus, Bangalore, India	66명 사망
1983	Turin Movie Theater, Turin, Italy	64명 사망
1990	Happy Land Social Club, New York	87명 사망
1993	Branch Davidian, Waco, Texas	80명 사망
1994	Karamay Theater, Xinjiang, Uygur, China	324명 사망(12월 10일)
1994	Fuxin Discotheque, Fuxin, Liaoning, China	234명 사망(11월 27일)
1997	Uphaar Cinema, Green Park, New Delhi	59명 사망(6월 13일)
1998	Gothenburg Nightclub, Gothenburg, Sweden	사망 63명(10월 30일)
1999	Yogyakarta, Central Java, Indonesia	75명 사망(10월 24일)
2000	Tiantang Cinema, Jiaozuo, China	74명 사망(3월 29일)
2001	Volendam Discoteque	14명 사망, 180명 부상
2003	Station Nightclub	96명 사망
2004	Republica Cromagnon nightclub, Buenos Aires	194명 사망, 부상 714명

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### 5. 무대기계 진단 사례 분석

#### 5.1 구조물의 고정부 및 체결부

##### (1) 전동기, 감속기 등 볼트·너트의 체결

문제점 :

- 전동기, 감속기 등 고정 볼트 나사산 부족
- 전동기, 감속기 등 고정 볼트 와셔 혹은 너트너트 미사용
- 볼트의 체결 반대방향으로 체결
- 고정 볼트 풀림 발생
- 고정 볼트 누락
- 볼트, 너트의 체결력 및 볼트 용량 부족



감속기 고정 볼트, 너트 나사산 여유 부족



전동기 고정 볼트, 너트 나사산 여유 부족



감속기 고정부 나사산 2권 이상 확보



전동기, 감속기 나사산 2권 이상 확보



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



고정 볼트 풀림 발생 - 1



고정 볼트 풀림 발생 - 2



장치봉 고정 볼트 누락



릿트 고정 볼트 누락



볼트 체결 방향 반대



볼트의 체결 강도 부족

(2) 음향반사판의 체결부

문제점 :

- 측면음향반사판 현저부 너트 풀림 발생, 더블너트 미체결
- 측면음향반사판 현저부 풀림방지 분할핀 미설치
- 정면음향반사판, 천정음향반사판 U-클립부 나사산 부족

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

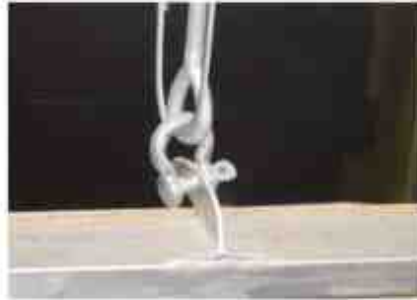
- 음향반사판 프레임부 적용 볼트, 너트에 더블너트 등 풀림방지 조치
- 측면음향반사판의 스톱퍼(stopper) 미설치



고정부 나사산 여유 부족



고정부 나사산 여유 부족



음향반사판 고정부 변형 발생

### (3) 평형추 박스의 볼트, 너트에 의한 체결

문제점 :

- 평형추 박스 고정 볼트 풀림 발생, 너트 누락 등
- 평형추 박스 볼트에 풀림 방지 분할핀 미체결
- 평형추 박스 상단부, 하단부의 더블너트 미체결

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



더블너트 미사용



분할핀 미사용



더블너트 및 분할핀 사용



감형추 하부조립상태

### 5.2 용접에 의한 고정상태

#### (1) 용접상태 불량

문제점 :

- 그리드 강재의 용접상태 불량
- 활차 고정부의 용접상태 불량
- 활차 측면부만을 용접하여 고정강도 부족
- 부분 용접으로 인한 용접 상태 불량

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



건축 구조물과 그리드 고정의 상태 불량



그리드 행거 및 부재 고정부 용접상태



그리드 행거 및 부재 고정부 용접상태



가이드 슈의 용접상태 불량



그리드 H빔 용접상태 불량



그리드 H빔 용접상태 불량

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



전장지지 H빔의 고정 구조 및 용접불량



활차 고정 지지부 용접 상태 불량



활차 측면부 용접상태 불량



활차 측면부 용접상태 양호

### 5.3 그리드

#### (1) 그리드 행거 고정 상태

문제점 :

- 행거의 고정 상태 불량
- 행거의 턴버클 변형 발생
- 그리드 행거 느슨하여 장력이 작용하지 않음
- 그리드 행거 고정 시 용접으로 고정하였으나 용접 상태 불량

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

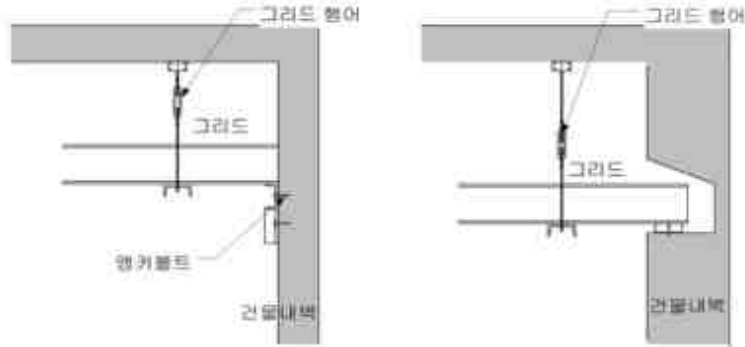


그림 37 그리드의 고정 및 보강



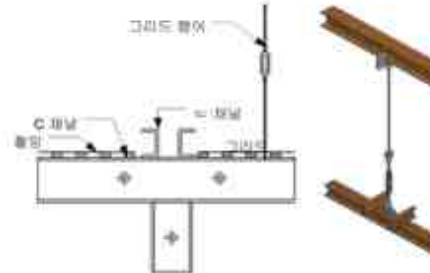
벽에 앵커볼트가 체결된 상태



앵커볼트가 격자배치 되었을 때



그리드 행거 및 부재 고정부 영결상태



그리드 행어 고정부 상세도

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



그리드 고정 행거의 고정불량



용접불량 및 앵커볼트 탈락

그리드 고정 행거의 변형 및 턴버클 용접불량



그리드 고정 행거의 변형



그리드 행거 고정 상태 불량

### (2) 그리드 일반사항

문제점 :

- 천정의 누수 발생
- 그리드 부재, 활차 등 산화 발생
- 철망 부분적으로 누락
- 그리드 점검로 미확보
- 그리드 점검 및 보수 공간 미확보
- 그리드의 앵커 볼트 체결시 체결 강도 부족
- 그리드 내의 조명기 미설치 및 조도 부족

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



천정의 누수 발생



47 볼트, 너트 등 산화 발생



감속기 풀리 축 산화



그림 49 전동기 프레임 고정 볼트 산화



그림 50 그리드내 일부 철망 누락



그림 51 그리드 진입 사다리



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



낙하방지가 된 진입 사다리



상부 진입 계단 및 사다리 미확보



2단 돌리 그리드 철망 미설치



그리드 내 조도 부족



그리드 앵커 볼트부의 너트 누락



그리드 앵커 볼트부의 너트 풀림 발생

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



그리드내 불필요한 물건 제거 요망



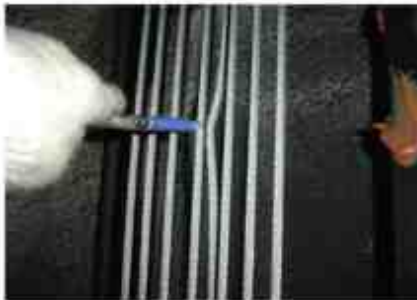
그리드내 불필요한 물건 제거 요망

5.4 와이어로프, 클립, 새클, 턴버클 등

(1) 와이어로프

문제점 :

- 와이어로프 꺾임(kink) 발생, 손상, 마모 발생
- 구동시 와이어로프 그리드 부재, 활차 부재, 철망 등과 간섭 발생
- 와이어로프 마감처리 불량
- 와이어로프 장력 불균형
- 직경이 다른 와이어로프의 사용
- 와이어로프 장치봉으로 일직선으로 유입이 않됨
- 가이드 로프와 로프분배기의 간섭



와이어로프 꺾임(kink)



와이어로프 꺾임(kink)

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



용접 불동에 의한 파손



와이어로프 산화 발생

표 10 와이어로프의 손상 및 원인

손상유형	손상의 원인
	스트랜드가 돌출되어 마모된 형상으로 소켓팅이나 시이징(seizing)이 부적당 했을때나 킥크 및 dogleg원인에 의한 손상
	국부적인 손상으로서 드럼 및 시프나 플러모서리에 찌려서 손상된 형태
	로프가 드럼에서 로프간 접촉 및 플랜지 모서리에 로프가 끼여 손상된 형태
	dogleg현상으로 로프의 취급 부주의로 인해 발생한다.
	철심이 외층 스트랜드 밖으로 돌출된 형태로 갑작스런 충격 하중에 따른 역반발에 의해 발생되며 시프의 홈경이 지나치게 작을 때에도 발생된다.
	bird caging 현상으로 과하중이 갑자기 제거될 경우 역 반발에 의해 발생하며 변형된 스트랜드는 복원이 안된다.
	로프가 시프 등을 이탈하여 과단되는 것으로 과단면이 폐기 형태이며 과단부 근처에 국부적으로 굽곡된 부위가 있는 것이 보통으로 소선의 과단형태는 하상과 인장과단 형태의 2가지가 있다.
	과도한 굽곡에 의한 피로단선
	로프의 굽 사이에서 단선된 것으로 과하중 상태에서 지나치게 작은 시프를 사용했을 경우 발생된다.
	로프의 편마모에 의한 손상 형태로 홈경이 너무 큰 시프에서 하중을 받을 경우 발생한다.
	현저한 부식에 의한 손상
	다중연의 bird caging현상으로 지나치게 작은 굽곡을 받거나 적은 시프 홈경에 의해 발생한다.
	' - ' 킥크손상
	' + ' 킥크손상
	스트랜드 돌출현상
	소선의 돌출

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



와이어로프 구성부재와 간섭



와이어로프 그리드 구성부재와 간섭



와이어로프 마감처리 불량



와이어로프 장력불균형



와이어로프 일직선 유입 없음



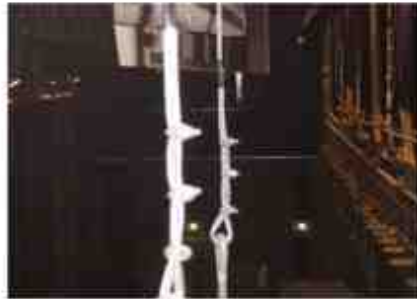
가이드 와이어로프와 로프분배기의 간섭

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



플림 간격 조절 요양

와이어로프 플림 수량 부족



플림 체결 방향 반대

### (2) 턴버클의 설치

문제점 :

- 턴버클 미설치
- 턴버클의 파손 및 변형
- 턴버클 이유없음, 너무 풀린
- 턴버클 풀림방지 조치 미실시
- 비규격품의 턴버클 사용
- 와이어로프에 비해 용량이 큰 턴버클 사용

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



턴버클 미설치



턴버클의 올바른 체결모습



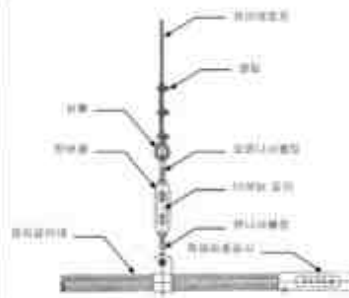
턴버클의 설치 방법



턴버클의 변형



턴버클의 돌림



턴버클의 설치

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

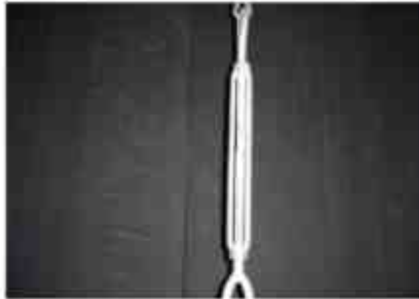


그림 95 턴버클 여유 없음



그림 96 eye 타입의 턴버클로 교체 요망

(3) 새클 및 심블의 설치

문제점 :

- 새클 미설치
- 새클의 풀림 발생
- 심블 미설치
- 심블 파손 및 구부러짐 발생으로 와이어로프를 잡아주지 못함



새클 없음



새클의 올바른 체결모습

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



세공의 설치 기울어짐



와이어로프 심볼 틀러있음

### 5.5 드럼 및 활차

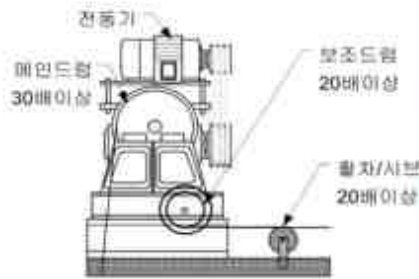
#### (1) 메인드럼 및 보조드럼의 설치 상태

문제점 :

- 메인드럼 및 보조드럼의 크기 미달
- 메인드럼과 보조드럼 비정렬
- 메인드럼 및 보조드럼의 밀림 현상 발생
- 보조드럼의 부재와 간섭 발생
- 메인드럼 및 보조드럼 홈의 마모 발생, 홈 크기 작음
- 메인드럼 및 보조드럼의 과손 발생
- 메인드럼 및 보조드럼 홈에 와이어로프 프린팅 발생
- 메인드럼의 키 크기 및 설치 상태 불량
- 메인드럼 및 보조드럼의 키 고정 소켓 볼트 누락
- 와이어로프 메인드럼에서 보조드럼으로 유입시 교차하여 유입



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



드럼의 직경



메인드럼과 보조드럼 일치선 아님



보조드럼 우측으로 밀리기 현상 발생



보조드럼 좌측으로 밀리기 현상 발생



메인드럼에서 보조드럼으로 와이어로프  
유입시 교차하여 유입됨

(2) 윈치드럼

문제점 :

- 윈치드럼 권선여유 없음
- 윈치드럼 홈 가공 상태 불량, 홈 크기 상태 불량
- 윈치드럼의 와이어로프 감김 상태 불량

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

■ 윈치드럼의 과손



윈치드럼 권선어유 부족



윈치드럼 권선어유 부족



디스크 드럼 가공 상태 불량



윈치드럼에 와이어로프 겹쳐서 감김



와이어로프 감김 상태 불량



와이어로프 감김 상태 불량

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

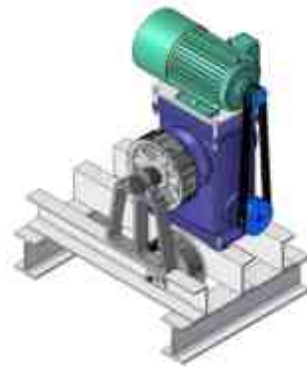
(3) 베어링 지지대의 설치 상태

문제점 :

- 프레임 휨 발생, 변형 발생
- 니플누락
- 베어링 파손으로 인한 이상소음 발생



베어링 하우징 변형



베어링 지지대의 설치 상태



니플 누락



니플 누락

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석

### (4) 활차의 설치 상태

문제점 :

- 활차에서 와이어로프 자리 못잡음, 와이어로프 교차하여 유입됨
- 활차 홈 부족, 활차 홈 1개인데 와이어로프 2개 유입
- 와이어로프 유입각도 불량, 활차에서 와이어로프 이탈
- 활차 와이어로프 이탈방지장치 회전 않됨
- 활차 지지대 변형
- 활차 회전 소음발생 및 베어링 이상소음 발생
- 활차 홈 마모 및 와이어로프 프러팅 발생



와이어로프의 이탈



활차 홈에서 와이어로프 자리 못잡음



활차 홈에서 와이어로프 자리 못잡음



활차 홈에서 와이어로프 자리 못잡음

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



와이어로프 교차하여 유입됨



와이어로프 교차하여 유입됨



와이어로프 줄 수에 비해 활차 홈 수 부족



활차 홈이 1개인데 와이어로프 2줄 유입



와이어로프 유입각도 불량



활차에서 와이어로프 이탈

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



황차 지지대 휨 발생



황차 풀 그룹부 파손

### 5.6 가이드레일 및 평형추

문제점 :

- 가이드 레일 휨 발생
- 가이드 레일 들뜸부 발생
- 가이드 레일의 고정 상태 및 고정 간격
- 가이드 레일에서 가이드 슈 이탈



가이드 레일 용접이음부 표면처리 불량



고정 브라켓 용접상태 불량

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



고정 브라켓 일부 누락



가이드 슈가 가이드레일에서 이탈됨

### 5.7 전동기 감속기 등 구동부

#### (1) 전동기

문제점 :

- 전동기 과전류 발생
- 전동기 베어링 파손에 의한 이상 소음 발생
- 풀리 파손, 키 누락, 키 접촉 상태 불량, 키 고정 소켓 볼트 누락
- 벨트 줄 수 부족, 벨트 장력 느슨함, 벨트 장력 불균형
- 전동기-감속기 축 비정렬
- 전동기 과진동 발생
- 기동, 정지시 그리드에 충격 발생으로 흔들림
- 전동기 등 구동부가 건축물과 이격되어 있지 않아 점검이 용이하지 않음



전동기 풀리 파손



전동기 키 조립상태 불량

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



벨트 장력 불균형



오일 누유



소켓 볼트 대신 일반 볼트로 키 고정됨(볼트도 파손)



감속기 축과 지지대가 가까워 벨트 교환이 어려움

### 5.8 프레임 및 구조 분야

문제점 :

- 무대 바닥간 간섭, 높이차 발생
- 하부무대 습기 발생 및 산화 발생
- 점검로 미확보, 구동부의 접근이 용이하지 않음, 조명 미설치
- 승강무대 스톱퍼(stopper) 미설치 및 조정 상태
- 프레임간 간섭 발생
- 안전장치의 설치
- 웨이트의 적재 상태 및 가이드레일 설치 상태
- 가이드 롤러와 가이드레일의 설치 상태



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



무대바닥간 간섭



각 체결부 및 프레임 산화



브레이크, 축 등 산화 발생



감속기 연결축 산화



감속기 연결축 산화



기구 최하단 하강시 첩근이 움직이지 않음

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



스토퍼(멈춤장치) 누락



스토퍼 고정 안됨



축과 가이드부 간섭 현상 발생



웨이트 고정 및 설치 상태 불량



웨이트 박스 고정 상태 불량



가이드롤러의 접촉 상태 및 가이드레일의  
마모상태

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



고정 볼트 누락



세경 볼트 풀림



너트 누락



축 고정부 볼트 체결이 아닌 용접으로  
고정함



프레임 용접상태 불량



프레임 용접상태 불량

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



프레임 동접상태 불량



축 연결부 동접으로 고정함

### 5.9 구동부의 운전

#### (1) 전동기

문제점 :

- 과전류 발생
- 전동기 베어링 이상 소음 발생 및 베어링 파손
- 구동부 지지 상태 불량
- V-벨트 줄수 부족, 장력 불균형, 장력 느슨함
- 풀리의 파손, 키 설치 상태 불량, 키 및 축 고정 상태 불량



구동부지지 베이스 프레임 없이 설치됨



감속기 축연 및 배출구에서 누유

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



감속기 오일 누유



승강무대 브레이크 산화 발생 및 미작동

(2) 커플러

문제점 :

- 커플러 베어링 이상소음 발생
- 커플러의 회전 상태 및 체결 상태 불량
- 커플러 실링 파손



연결 커플러 및 베어링부 이상소음



연결 커플러 및 베어링부 이상소음



커플러 체결 불량



베어링 하우징 고정부 파손

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



커플러 회전방향으로 밀림 발생

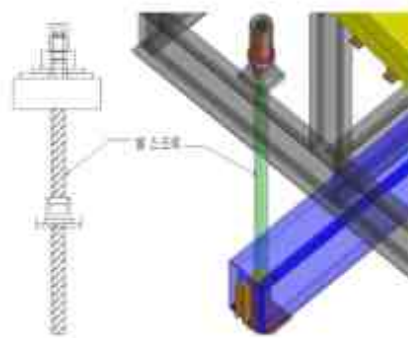


베어링 지지대 고정 볼트부 파손

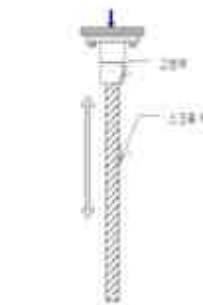
### (3) 축과 기어

문제점 :

- 축 회전시 간섭소음 발생
- 수직 축의 인장 및 좌굴하중 안전을 미확보, 스크류 잭의 고정 및 뒀, 설치 상태 불량
- 랙-피니언 치면 파손
- 회전무대 기어 캡의 파손으로 인한 이상소음 발생
- 축의 윤활상태



승강무대 볼 스크류 축



승강무대 스크류 잭 방식

## 무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



기어부 플라스틱 커버 파손



기어 치면 파손

### (4) 유압 시스템

문제점 :

- 유압 누유
- 유압 동기화 안되어서 무대 기울어져서 승, 하강됨
- 별도의 유압통 미설치
- 유압배관의 마모 및 손상
- 유압게이지의 작동 상태 및 작동 압력



밸브에서 유압이 새고 있음



유압 동기화 안됨

무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



별도의 유압통 없음



유압 시스템 작동 게이지

5.9 기타

(1) 기구간의 간섭

문제점 :

- 인접 기구와 간섭 발생



배경막(흑막)과 배경막(백막)간의 간섭



마이크와 부분조명기 간의 간섭



배경막 하단과 공조기 덕트간의 간섭



배경막 하단과 공조기 덕트간의 간섭



무대예술인 기본과정 - 무대 - 4. 무대기계 안전사고 사례 및 진단 사례 분석



음향반사판간의 간섭 발생

(2) 운전실

문제점 :

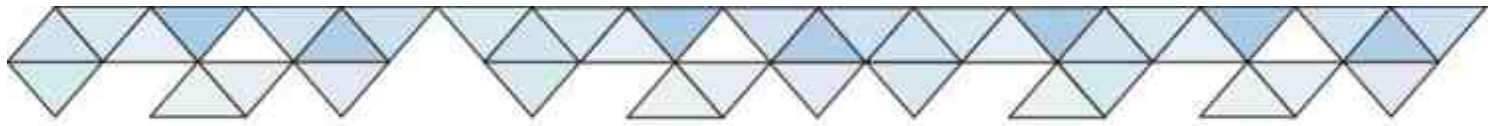
- 운전실 미확보, 운전실 시계 미확보



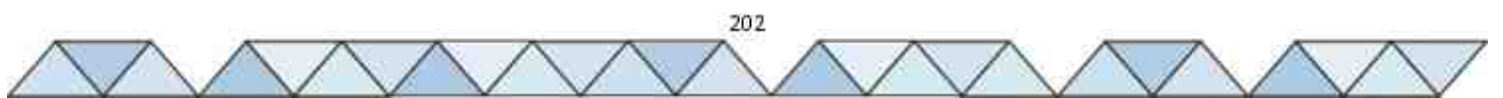
운전실 시계 미확보



별도의 운전실 미확보



**감사합니다.**

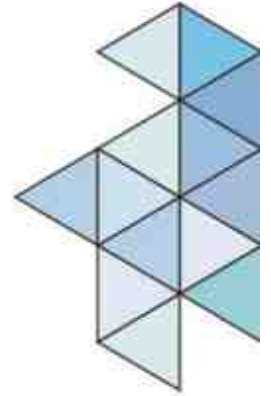










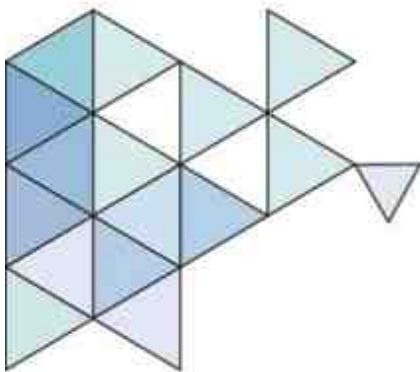


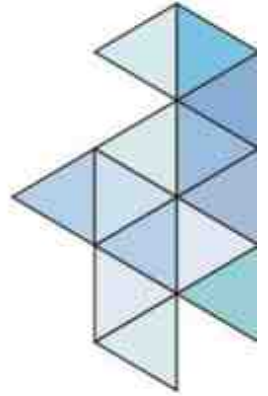
## 제2장

2023 문예회관 아카데미

# 안 전 교 육

1. 안전관리자의 중요성
2. 공연의 위험요소
3. 공연법에서의 안전제도
  - 3.1. 공연법 적용대상
  - 3.2. 재해예방조치
  - 3.3. 무대시설 안전진단
  - 3.4. 규정위반에 대한 제재
4. 공연법령 개정(22.07.19) 주요 내용
  - 4.1. 공연자 및 공연예술 작업자의 안전한 창작환경 조성
  - 4.2. 공연장 외 공연 피난안내
  - 4.3. 사고보고
  - 4.4. 공연장안전정보시스템
5. 중대재해처벌법 주요 내용
6. 공연시설 방염 관련 법규
7. 이등식 사다리 작업안전 지침
8. 공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서





## 제2장

2023 문예희관 아카데미

# 안 전 교 육

## 한진실

공연장안전지원센터 연구원

현) 공연장안전지원센터 연구원

영국 극장기술인협회(ABTT) 회원

2019년~국가기술표준원

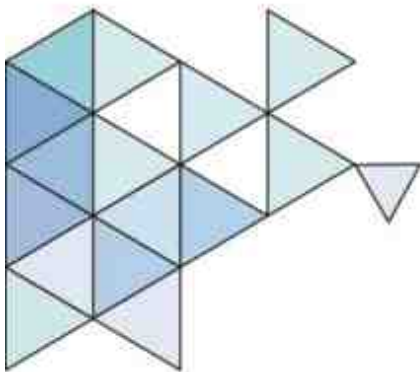
표준개발협력기관(COSD) 공연분과 간사

2021년 공연장 감염병 대응 매뉴얼 개발

2019년 야외공연 폭염 대응 안내서 개발

전) 2022년 공연장 위기관리 매뉴얼 전주기 개선 연구

2022년 문화체육관광부 장관상 수상





공연장 및 공연 안전관리조직 안전교육  
- 공연장 및 공연 안전제도의 이해 -



■ ■ ■ 목 차 ■ ■ ■

Ⅰ] 안전관리자의 중요성 .....	1
Ⅱ] 공연의 위험요소 .....	3
Ⅲ] 공연법에서의 안전제도 .....	6
1. 공연법 적용 대상 .....	7
2. 제해예방조치 .....	8
3. 부대시설 안전진단 .....	22
4. 규정위반에 대한 제재 .....	31
Ⅳ] 공연법령 개정(2022.07.19 시행) 주요 내용 .....	33
1. 공연지 및 공연예술 작업지의 안전한 착석현상 조성 .....	33
2. 공연장 외 공연 피난안내 .....	34
3. 시코 보고 .....	35
4. 공연장안전정보시스템 .....	36
Ⅴ] 중대재해처벌법 주요내용 .....	38
Ⅵ] 공연시설 방연 관련 법규 .....	42
Ⅶ] 이동식 사다리 작업안전 지침 .....	51
Ⅷ] 공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서 .....	55

## 안전교육 - 1. 안전관리자의 중요성

### 1. 안전관리자의 중요성

가. 공연장 화재사고(2007년 12월 12일 예술의전당 오페라극장)



○ 무대시설 전소 피해액 194억원, 인명피해 없음(사진 출처 : 오마이뉴스)

- 1 -

### 나. 공연장의 대응

- ① 화재 발생 → 무대 주위에 배치된 소화기로 진화를 시도 → 초기 진화 실패
- ② 화재 감지기 작동
- ③ 화재발생 사실을 모를 수 있는 분장실 및 출연자 휴게실 공간에 화재 소식 알람
- ④ 하우스 매니저가 관객 대피를 위해 객석 출입문을 열고 관객의 대피를 유도
- ⑤ 무대와 객석 사이의 방화막 하강

※ 객석에 안내방송 하지 않음 : 화재 발생과 진행 정도를 관객들이 목격하며 상황판단을 하고 있었고, 이미 안내원의 유도에 따라 대피가 이뤄지고 있어 안내방송을 하면 출입구로 관객들이 몰릴 것으로 판단



서울시민회관 화재  
1972년 12월 2일  
사망-51명, 부상-76명

- 2 -

안전교육 - 2.공연의 위험요소

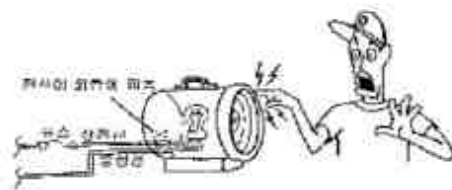
㉑ 공연의 위험요소

가. 추락



-3-

나. 감전



※ 비접촉식 검전기 사용으로 안전하게 동전 여부를 확인

-4-

안전교육 - 2.공연의 위험요소

다. 낙하



- 5 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

### 3 공연법에서의 안전제도

순번	자주 하는 질문
1	공연장에서 강연 행사가 있습니다. 안전조치를 어떻게 해야 하나요?
2	공연장이 아닌 곳에서 하는 공연도 안전조치를 해야 하나요?
3	우리 시설은 꼭 등록해야 하나요?
4	우리 공연장의 재해대처계획은 언제 어디로 제출해야 하나요?
5	지역 축제에 공연이 있습니다. 관할 지자체에 축제에 대한 안전계획을 승인 받았는데, 공연법에 따른 재해대처계획도 신고해야 하나요?
6	안전관리비는 모든 공연장에서 계상해야 하나요?
7	어떤 비용이 안전관리비로 인정받나요?
8	안전관리비를 회계비목으로 새로 만들어야 하나요?
9	공연자 안전교육을 꼭 받아야 하나요?
10	관객에 대한 피난 안내는 언제 어떻게 해야 하나요?
11	무대시설 안전진단은 언제 받아야 하나요?
12	자체 안전검사는 1년에 몇 번 해야 하나요?
13	자체 안전검사 결과는 얼마나 오랫동안 보관해야 하나요?

- 8 -

### 1. 공연법 적용 대상

#### 가. 공연의 정의

- (공연법 제2조제1호) “공연”이란 음악·무용·연극·연예·국악·곡예 등 예술품을 실연(實演)에 의하여 공중(公衆)에게 관람하도록 하는 행위를 말한다. 다만, 상품 판매나 선전에 부수(附隨)한 공연은 제외한다.

#### 나. 공연장과 공연장 외 공연

- **등록된 시설** → 공연법의 공연장에 대한 규정 준수
- **등록되지 않은 시설이나 장소에서의 공연** → 공연장 외 공연에 대한 규정 준수

#### 다. 공연장의 정의

- (공연법 제2조제4호) “공연장”이란 공연을 주된 목적으로 설치하여 운영하는 시설로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
- (공연법 시행령 제1조의2) 「공연법」 제2조제4호에서 “대통령령으로 정하는 것”이란 인간 90일 이상 또는 계속하여 30일 이상 공연에 제공할 목적으로 설치하여 운영하는 시설을 말한다.

- 9 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

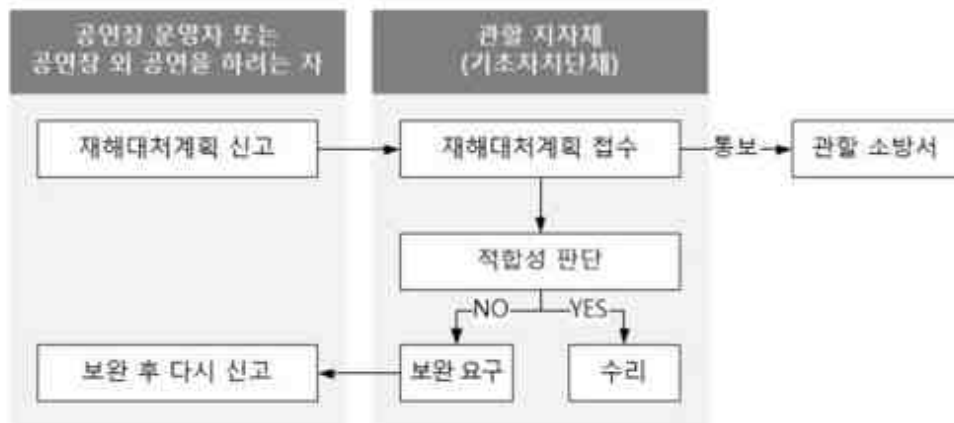
### 2. 재해예방조치

#### 가. 재해대처계획 제출 - 공연법 제11조

- 공연장 : 모든 공연장은 매년 재해대처계획을 관할 지자체에 제출
  - 공연장 등록 시 제출
  - 연말(12월 31일)까지 다음 연도 계획 제출
  - 변경 신고 : 변경할 세목 적용하기 전에 신고
  - 제출자 : 공연장 운영자
- 공연장 외 공연 : 예상 관람객 **1천명** 이상 공연장 외 공연은 재해대처계획을 관할 지자체에 제출
  - 공연 14일 전 제출
  - 부정 신고 : 공연 7일 전까지
  - 제출자 : 공연을 하려는 자

- 6 -

#### ● 제출 및 처리 절차



- 7 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

### 나. 재해대처계획 내용 - 공연법 시행령 제9조

#### ● 공연장

1. 공연장 시설 등을 관리하는 자의 임무 및 관리 조직에 관한 사항
2. 비상시에 하여야 할 조치 및 인락처에 관한 사항
3. 화재예방 및 인명피해 방지조치에 관한 사항
4. 안전관리비, 안전관리조직 및 안전교육에 관한 사항

☞ **피난안내 추가 : 공연법 제11조제5항 개정(2021.6.23.부터 시행)**

개정 전	개정 후
제1항 및 제4항에 따른 재해대처계획에는 제11조의2부터 제11조의4까지에 해당하는 안전관리비, 안전관리조직, 안전교육에 관한 사항이 포함되어야 한다.	제1항 및 제4항에 따른 재해대처계획에는 제11조의2부터 제11조의5까지에 해당하는 안전관리비, 안전관리조직, 안전교육 및 <b>피난안내</b> 에 관한 사항이 포함되어야 한다.

※ 국가법령정보센터 law.go.kr > 공연법 > 3년 비교

- 11 -

#### ● 공연장 외 공연

- 공연장 제출 서류 + 안전관리인력의 확보·배치계획 및 공연계획서
- **공연을 하려는 자와 해당 시설이나 장소 운영자와 공동으로 신고**

※ 공연법 시행규칙 별지 제16호 서식, 재해대처계획 신고서

공연종류 공연장	대표자 설명		생년월일		
	대표자 주소		(전화번호: )		
공연종류 공연장 외	영종	공연 및 운영 형태		[ ]공연 공연장 [ ]극단 [ ]극하 [ ]방 [ ]민간 공연장 [ ]자가 [ ]일차	
	소재지	(전화번호: )			
	화공일	개관일			
	시설설치 내역 (후쿠기계·기구 수업·공연장 시행인 제안서제기기의 고사제 피라 산술 기제)	건축연차	n( 명)	무대연차 (후대제공연장)	n( 명)
		후대기계 기구수	구동식	개	
			고정식	개	
	객석규모	개	객석이 되는 바닥연차	n( 명)	
등록번호	등록연월일				

- 11 -

### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

공연법 시작 사항	공연주최자	대표자성명			성년월일			
		대표자주소						
	공연(회) 정보	제목			공연장 규모 (출연 및 제작인원)			
		공연기간			마포 방법			
		공연에 따른 시설 추가 설치수	무대설치면적	㎡ ( )		설치완료일 :		
			무대기계·기구 추가 설치수	구동식			개	
고정식				개				
	좌석 추가설치수	개	총 좌석수(좌대에상인원)		개			

**유의 사항**

○ 동쪽 공연장의 경우는 ①, ②, ③항은 기재하지 않습니다.

○ 동쪽 공연장의 경우는 개별 공연장별로 신고서와 ①, ②항을 공연장을축성해서 작성 가운데 파악 기재한 후, 첨부서류를 첨부하여 신고하여야 합니다(예 : 국립중앙극장의 경우 해오름극장, 달오름극장, 별오름극장, 하늘극장을 각각 별개로 작성합니다).

○ 동쪽 공연장 최대 장소에서 (합합 이상)의 편원이 예상되는 공연의 경우는 공연시설이나 장소 운영자가 안전을 기재하고, 공연주최자가 안전을 기재하여 각각 첨부서류를 첨부하여 신고인원에 사실이나 장소 운영자와 공연주최자가 각각 서명 또는 날인하여 공동으로 신고하여야 합니다. 이 경우 사실이나 장소 운영자는 공연주최자가 첨부서류를 제출할 수 있도록 협조하여야 합니다.

- 12 -

- 다. 안전관리비 - 공연법 제11조의2**
- 공연장
    - 객석 **500석** 이상 공연장은 안전관리비 계상
    - 공연장운영비의 1% 이상
    - 매년 2월 말까지 사용내역서 제출
  - 공연장 외 공연
    - 1천명 ~ 3천명 : 공연제작비용의 1.15% 이상
    - 3천명 이상 : 공연제작비용의 1.21% 이상
    - 공연이 종료된 날부터 30일 이내에 사용내역서 제출
  - 안전관리비 용도
    1. 안전관리 인력의 인건비 및 수당
    2. 공연장 및 공연의 안전관리를 위한 설비의 설치·유지 및 보수
    3. 보호장비의 구입
    4. 법 제11조의4에 따른 안전교육과 그 밖의 안전교육 및 훈련
- 13 -



### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

5. 법 제12조에 따른 무대시설의 안전진단과 그 밖의 안전점검
6. 안전 관련 보험
7. 그 밖에 공연장 및 공연의 안전관리를 위하여 필요한 사항으로서 문화체육관광부장관이 정하여 고시하는 용도

※ 여러 공연장이 있는 공연시설의 공통 경비 분할 예시

비목	세목	예산	범용 운영비	비고
인건비	상용임금	1,300	1,300	-
	임용임금	200	200	-
운영비	공공요금 및 제세	500	500	-
	임차료	100	100	-
	시설장비유지비	30	30	-
	복리후생비	20	20	-
	관리용역비	1,600	1,600	-
	자산취득비	700	700	-
	고용부담금	120	120	-
건설비	환경개선비	150	-	A공연장 전용 운영비
	개보수비	500	-	B공연장 전용 운영비
	폐기물 처리비	50	50	-
합계		5,270	4,620	-

- 14 -

복합 공연시설 연면적 (a)	연면적		범용 운영비 (d)	개별 공연장 운영비		A공연장 운영비 결정액 (g=e+f)
	A공연장 연면적 (b)	연면적 비율 (c=b/a)		A공연장 운영비 할당액 (e=d×c)	A공연장 전용 운영비 (f)	
33,000 m <sup>2</sup>	18,000 m <sup>2</sup>	0.55	4,620	2,541	150	2,691

복합 공연시설 연면적 (a)	연면적		범용 운영비 (d)	개별 공연장 운영비		B공연장 운영비 결정액 (g=e+f)
	B공연장 연면적 (b)	연면적 비율 (c=b/a)		B공연장 운영비 할당액 (e=d×c)	B공연장 전용 운영비 (f)	
33,000 m <sup>2</sup>	4,300 m <sup>2</sup>	0.13	4,620	600	500	1,100

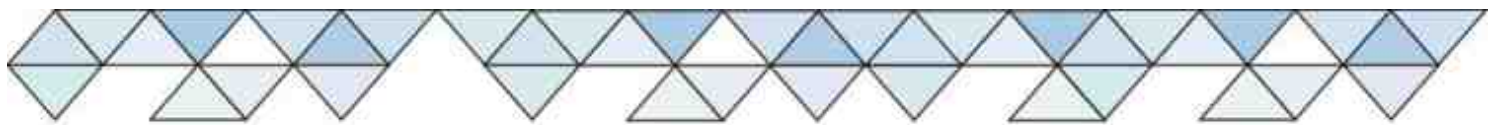
  

복합 공연시설 연면적 (a)	연면적		범용 운영비 (d)	개별 공연장 운영비		C공연장 운영비 결정액 (g=e+f)
	C공연장 연면적 (b)	연면적 비율 (c=b/a)		C공연장 운영비 할당액 (e=d×c)	C공연장 전용 운영비 (f)	
33,000 m <sup>2</sup>	1,400 m <sup>2</sup>	0.04	4,620	185	0	185

※ 공연장안전지원센터 [www.stagesafety.or.kr](http://www.stagesafety.or.kr)

안전자료 아카이브 > 도서자료 > 재해대처계획 작성 안내서 증보판

- 15 -



### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

라. 안전관리조직 - 공연법 제11조의3

- 공연장
  - 500 - 1천석 : 안전총괄책임자 1명, 안전관리담당자 1명 이상
  - 1천석 이상 : 안전총괄책임자 1명, 안전관리담당자 2명 이상
- 공연장 외 공연
  - 1천명~3천명 : 안전총괄책임자 1명, 안전관리담당자 1명 이상
  - 3천명 이상 : 안전총괄책임자 1명, 안전관리담당자 2명 이상

- 16 -

마. 안전교육 - 공연법 제11조의4

- 안전총괄책임자 : 2년마다 4시간
  - 안전관리담당자 : 2년마다 8시간
  - 공연자
    - 모든 공연장 및 예상 관람객 1천명 이상 공연장 외 공연에서의 공연자
    - 공연 전 1시간 이상
- ※ 공연자의 정의(공연법 제2조제3호) : "공연자"란 공연을 주체(主幸)하거나 직접 하는 자를 말한다. → 포괄적으로 해석
- ▶ 직접 하는 자 : 배우, 가수, 무용수, 연주자 등
  - ▶ 주체 하는 자 : 연출, 감독, 스태프, 작업자 등

- 17 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

바. 피난안내 - 공연법 제11조의5

- 모든 공연장에 관람자 피난안내도 구비와 피난안내 실시
- 피난안내 방법 및 시기

- 1) 방법 : 안내방송 또는 영상물 방영 등의 방법으로 관람객에게 안내
- 2) 시기 : 관람객이 공연장 입장을 완료한 후 매 회 공연 시작 전까지 안내

※ 세부내용 : 공연법 시행규칙 별표 1. 피난안내도의 비치 대상 등

▷ 노약자, 장애인 등 피난 방법 안내 추가: 공연법 제11조의5제1항 개정(2021.6.23.부터 시행)

▷ 공연장 외 공연 피난 안내 추가: 공연법 제11조의5제2항 개정(2022.7.19.부터 시행)

개정 전	개정 후
<p>공연장운영자는 화재 등 재해나 그 밖의 위급한 상황의 발생 시 관람자가 안전하게 피난할 수 있도록 공연장에 피난계단·피난통로, 피난설비 등이 표시되어 있는 피난안내도를 갖추어 두거나 피난 절차, 그 밖에 비상시에 대비하기 위하여 관람자가 알고 있어야 할 사항을 공연 시작 전 관람자에게 주지시켜야 한다.</p>	<p>공연장운영자는 화재 등 재해나 그 밖의 위급한 상황의 발생 시 관람자가 안전하게 피난할 수 있도록 공연장에 피난계단·피난통로, 피난설비 등이 표시되어 있는 피난안내도를 갖추어 두거나 피난 절차, 노약자·장애인 등 거동이 불편한 관람자의 피난 방법, 그 밖에 비상시에 대비하기 위하여 관람자가 알고 있어야 할 사항을 공연 시작 전 관람자에게 주지시켜야 한다.</p>

- 19 -

※ 소규모 공연장 피난안내 음성안내원고(참고 예시)

안녕하십니까? 오늘도 00 공연장을 찾아주신 관객여러분, 대단히 감사합니다. 공연을 시작하기에 앞서 안전한 관람을 위해 비상시 피난요령을 말씀드리겠습니다. 우선, 00 공연장에는 (바라보고 계시는 무대의 우측)에 비상구가 위치해 있으며 이어진 비상계단을 통해 안전한 장소로 이동하실 수 있습니다. 비상시에는 관객안내요원의 안내에 따라 침착하게 안전한 장소로 이동하여 주시기 바라며, 주변에 보행이 불편한 장애인, 노인, 아동이 있으면 도움을 요청하여 같이 안전한 장소로 대피하여 주시기 바랍니다. 화재가 발생한 경우에는 "불이야" 라고 크게 외치고 손수건 등으로 입과 코를 막고 낮은 자세로 이동하여 주시기 바랍니다. 엘리베이터 사용은 위험하오니 반드시 계단을 통하여 대피하여 주시기 바랍니다. 마지막으로 본 공연에서는 연출을 위하여 인체에 무해한 연기 및 불꽃 효과가 사용될 수 있으나 참고하여 주시기 바랍니다.

Ladies and gentlemen, may I have your attention please. In the event of an emergency, please locate the closest emergency exit. Staffs will direct you to the closest exit. Please quickly but calmly exit the hall by following the instructions of the staffs. Thank you for your understanding and cooperation

- 19 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

※ 소규모 공연장 피난안내(참고 예시)



- 20 -

< 재해대처계획에 포함되어야 할 내용 정리 >

구 분	공연장(객석 수)		공연장 외 공연 (1천명 이상의 관람 예상)
	500석 미만	500석 이상	
공연장 시설 등을 관리하는 자의 임무 및 관리 조직에 관한 사항	○	○	○
비상시에 하여야 할 조치 및 연락서에 관한 사항	○	○	○
화재예방 및 인명피해 방지조치에 관한 사항	○	○	○
안전관리비 계상 (공연법 제11조의2)	×	○	○
안전관리조직 구성 (공연법 제11조의3)	×	○	○
안전교육 관련 사항 (공연법 제11조의4)*	△*	○	○
피난안내 (공연법 제11조의5)	○	○	○
안전관리인력의 확보·배치계획	×	×	○
공연계획서	×	×	○

\* 3개의 안전교육(안전총괄책임자, 안전관리담당자, 공연자) 중 "공연자 안전교육" 만 해당

- 21 -

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

### 3. 무대시설 안전진단 - 공연법 제12조

#### 가. 안전진단 순서

- 선계검토 → 등록 전 안전검사 → 정기 안전검사 → 정밀안전진단
- ※ 모든 공연장 대상(단, 선계검토는 구동 무대기계·기구수 40개 이상만 의무)
- ※ 자체 안전검사는 공연장 자체 수행(안전진단기관 대행 가능)

#### 나. 안전진단 주기

- 정기 안전검사 : 3년
- 정밀안전진단 : 9년
- 자체 안전검사 : 매년(주간, 월간, 반기)
- ※ 자체 안전검사 기록 3년간 보존 의무 (공연법 제10조제4항)

- 22 -

#### • 주기에 따른 안전진단



- 23 -

### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

■ 공연법(2019년 6월 25일 시행)

안전진단 구분	안전진단 주기
설계검토 등록 전 안전검사	공연장 설치 공사 시작 전 공연장 등록 전
정기 안전검사	① 등록한 날부터 3년이 경과한 경우 ② 정기 안전검사를 받은 날부터 3년이 경과한 경우 ③ 자체 안전검사 결과 공연장운영자 또는 무대시설 안전진단 전문기관이 특별히 필요하다고 인정하는 경우
정밀안전진단	① 등록한 날부터 9년이 경과한 경우 ② 정밀안전진단을 받은 날부터 9년이 경과한 경우 ③ 정기 안전검사 결과 무대시설 안전진단 전문기관이 특별히 필요하다고 인정하는 경우
자체 안전검사	매년 무대시설에 대한 검사계획을 수립하여 자체 안전검사 실시

★ 정기 안전검사 사이의 기간은 3년(+31일)을 초과되지 않아야 함

※ 정밀안전진단을 받으면 동시에 정기 안전검사를 받은 것으로 봄(공연법 제12조제3항)

■ 개정 공연법에 따른 무대시설 안전진단 주기 적용 방법

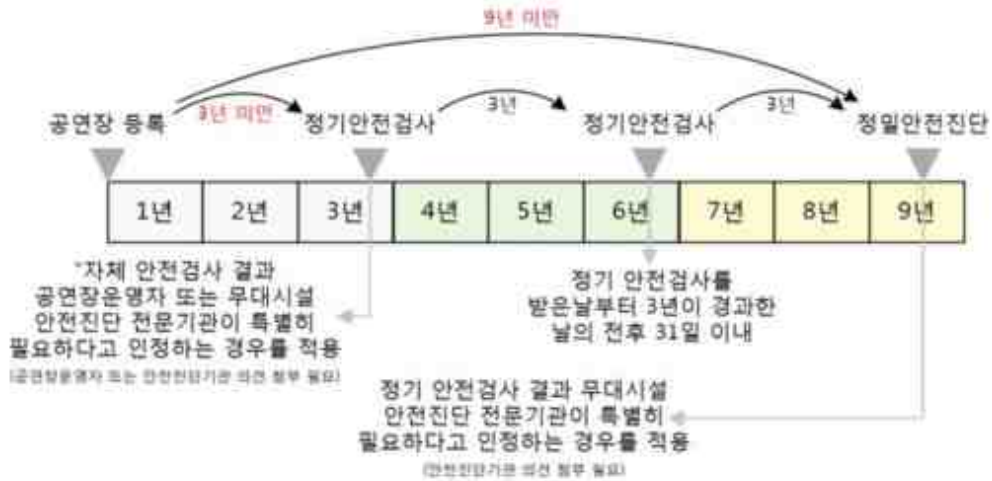
실시일	무대시설 안전진단 구분		
	등록 전 안전검사	정기 안전검사	정밀안전진단
최초 실시일	무대시설 설치 완료 후, 공연장 등록 신 청 이전	등록일로부터 3년이 되는 날의 전후 31일 이내	등록일로부터 9년이 되는 날의 전후 31일 이내
차기 실시일 (정기적 실시)	-	정기 안전검사를 받은 날부터 3년이 경과한 날의 전후 31일 이내	정밀안전진단을 받은 날부터 9년이 경과한 날의 전후 31일 이내
그 외	-	자체 안전검사 결과 공연장운영자 또는 무 대시설 안전진단 전문 기관이 특별히 필요하 다고 인정하는 경우	정기 안전검사 결과 무대시설 안전진단 전 문기관이 특별히 필요 하다고 인정하는 경우

• “정기 안전검사를 받은 날” 및 “정밀안전진단을 받은 날”의 기준

무대시설 안전진단 주기 산정에서 법 제12조제2항제2호와 제12조제3항제2호  
의 안전진단을 받은 날의 기준은 **안전진단 계약이 종료되는 날**을 의미함.

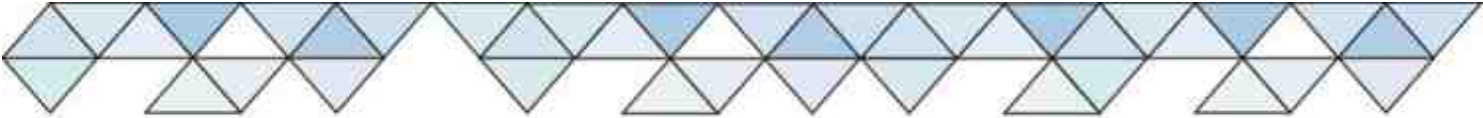
### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

• 주기와 다른 안전진단(규정 준수)



• 주기를 초과하여 안전진단 실시 (규정 위반)





## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도

※ 안전진단 주기 문의([dkkim@ktl.rc.kr](mailto:dkkim@ktl.rc.kr))

필요 서류

- ① 공연장 등록증
- ② 가장 최근 받은 정기 안전검사 계약서
- ③ 가장 최근 받은 정밀안전진단 계약서(정밀안전진단을 받은 적이 없다면 없다고 알려주세요)

- 28 -

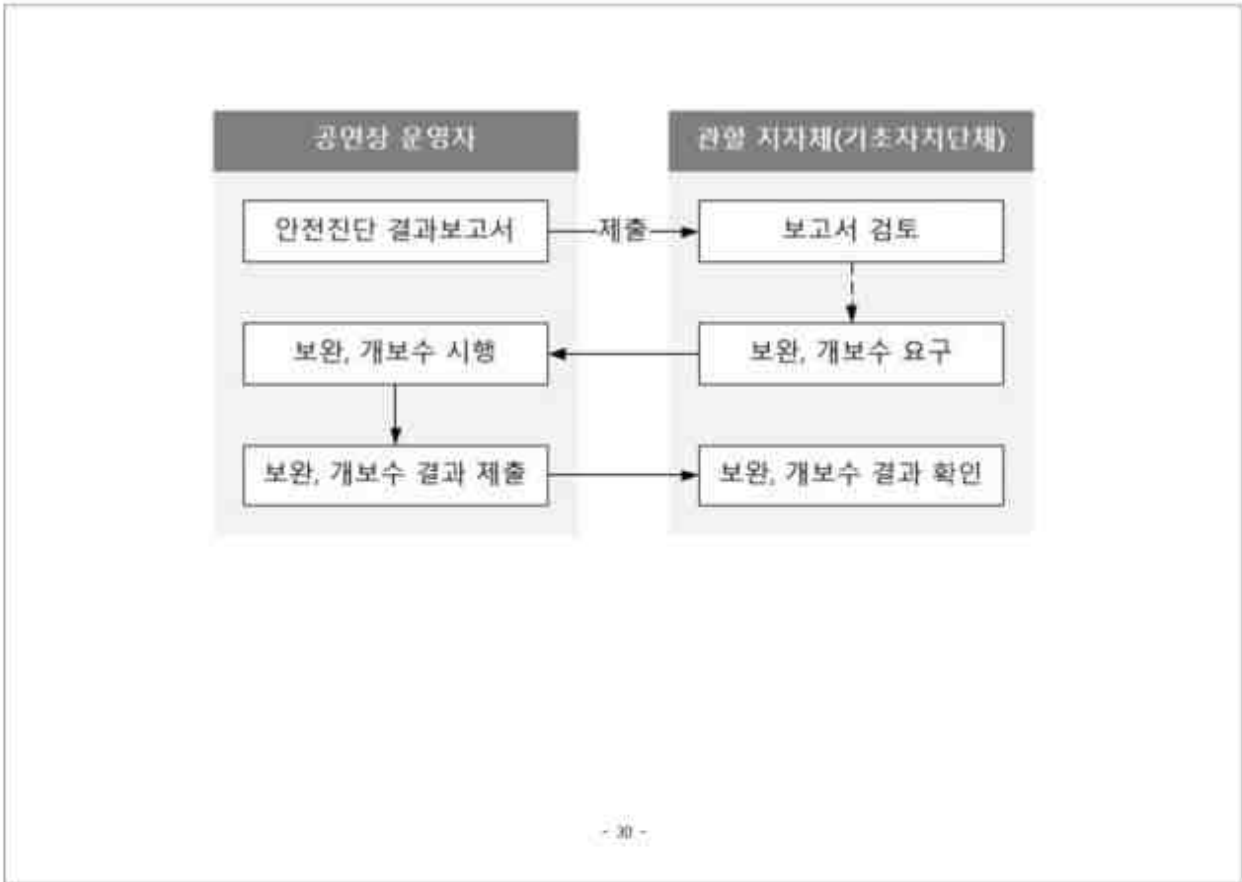
### 다. 안전진단 결과 조치

- (공연법 제12조제5항) 공연장운영자가 제1항제2호·제2항 및 제3항에 따라 등록 전 안전검사 등을 받은 경우에는 그 결과를 지체 없이 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.
- (공연법 제12조제6항) 제5항에 따라 등록 전 안전검사 등의 결과를 제출받은 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 공연장운영자에게 무대시설에 대한 보완이나 개수 또는 보수를 요구할 수 있다. 이 경우 공연장운영자는 정당한 사유가 없는 한 이에 따라야 하며, 보완이나 개수 또는 보수의 결과를 지체 없이 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다.

- 29 -



### 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도



#### 4. 규정위반에 대한 제재

- 제33조(행정처분)

① 특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수·구청장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에 대하여는 6개월 이내의 기간을 정하여 공연 활동 또는 공연장 운영의 정지를 명할 수 있다.

5. 제11조제1항 전단, 제2항 또는 제3항을 위반한 자

5의2. 제11조에 따른 재해대처계획에 따라 필요한 재해예방조치를 취하지 아니한 자

6. 제12조제1항부터 제6항까지의 규정을 위반한 자

## 안전교육 - 3.공연법에서의 안전제도 & 4.공연법령 개정 주요내용

- 제43조(과태료)
  - ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 2천만원 이하의 과태료를 부과한다.
    - 1. 제11조제1항 전단, 같은 조 제2항 또는 제3항을 위반하여 세해대책계획을 수립, 신고 또는 보완하지 아니한 자
    - 2. 제11조에 따른 세해대책계획에 따라 필요한 세해예방조치를 취하지 아니한 자
  - ② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 1천만원 이하의 과태료를 부과한다.
    - 1. 제11조의2제1항을 위반하여 안전관리비율 공인장운영 또는 공인비용에 계상하지 아니한 자 또는 같은 조 제2항을 위반하여 안전관리비율 사용할 자
    - 2. 제12조제1항부터 제6항까지의 규정을 위반한 자
  - ③ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 300만원 이하의 과태료를 부과한다.
    - 1. 제11조의5제1항을 위반하여 피난안내도를 갖추어 두거나 피난안내에 관한 사항을 주지시키는 것 중에 어느 하나를 하지 아니한 자

- 30 -

### ④ 공연법령 개정(2022.07.19. 시행) 주요 내용

#### 1. 공연자 및 공연예술 작업자의 안전한 창작환경 조성

- 공연법 제1조(목적)

이 법은 예술의 자유를 보장하고, 공연자 및 공연예술 작업자의 안전한 창작환경 조성과 건전한 공연활동의 진흥을 위하여 공연에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다.
- 공연법 제10조의2(안전한 창작환경에서 활동할 권리)
  - ① 공연자와 공연예술 작업자(무대시선의 선치, 운영 등을 위하여 공연 현장에서 일하는 자를 말한다. 이하 같다)는 안전한 창작환경에서 공연예술에 필요한 활동을 수행할 권리를 가진다.
  - ② 공연장운영자 및 공연장 외의 장소에서 공연을 하려는 자(이하 “공연장운영자등”이라 한다)는 제1항에 따른 공연자와 공연예술 작업자의 권리를 보장하도록 노력하여야 한다.

- 31 -

## 안전교육 - 4.공연법령 개정 주요 내용

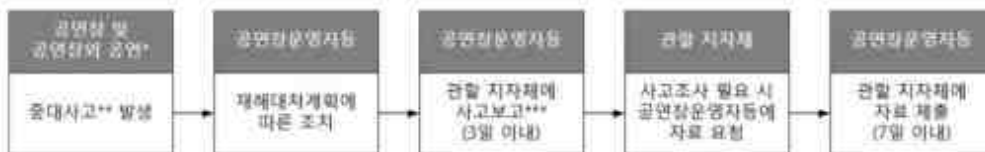
### 2. 공연장 외 공연 피난안내

- 공연법 제11조의5 제2항 : 공연장 외 공연에 대한 피난안내 의무
- 공연법 시행령 제9조의5 : 의무 대상은 1천명 이상의 관람 예상 공연장 외 공연

- 34 -

### 3. 사고 보고

- 공연법 제11조의6, 시행령 제9조의6, 시행규칙 제6조의4



\* 예상관람객 1천명 이상

\*\* 1. 사망자가 1명 이상인 사고

2. 사고가 발생한 날부터 3일 이내에 실시된 의사의 최초 진단결과 2개월 이상의 입원 치료가 필요한 부상자가 1명 이상인 사고

3. 공연 중에 화재나 무대시설 등의 낙하·추락·전도(顛倒) 등에 의한 시설파손으로 공연이 중단된 후 공연이 재개될 수 있을 정도로 시설을 복구하기까지 7일 이상이 걸릴 것으로 예상되는 사고

\*\*\* 1. 사고 발생 일시 및 장소

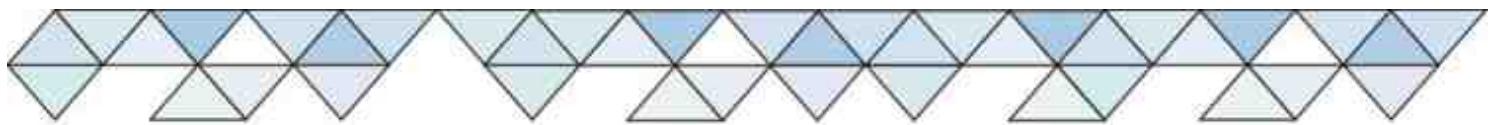
2. 사고 발생 경위

3. 사상자 등 피해 상황

4. 사고 후 취한 재해예방조치 내용

5. 향후 조치계획

- 35 -



## 안전교육 - 4.공연법령 개정 주요 내용

### 4. 공연장안전정보시스템

- 목적 : 공연장 안전 정보의 종합적 수집 및 관리
- 근거 법령 : 공연법 제12조의7, 시행규칙 제6조의15
- 수집 및 관리 정보
  - ① 공연장의 등록 정보 및 등록 현황
  - ② 공연장의 제해대시계획
  - ③ 공인자, 안전총괄책임자 및 안전관리담당자 등의 안전교육 수료 정보 및 현황
  - ④ 사고보고의 내용
  - ⑤ 안전검사등의 결과
  - ⑥ 안전진단기관의 지정 현황
  - ⑦ 공연장의 피난안내에 관한 정보
  - ⑧ 안전검사등의 결과를 평가한 정보

- 36 -

- 공개 정보
  - ① 공연장의 명칭 및 소재지
  - ② 안전검사등을 실시한 안전진단기관 및 안전검사등의 실시 기간
  - ③ 안전검사등의 결과와 유효기간
  - ④ 다른 법령에 따른 공연장에 대한 안전진단·검사·점검 등의 결과
  - ⑤ 공연장의 등록·변경등록·폐업에 관한 정보
  - ⑥ 공연장의 피난안내에 관한 정보
  - ⑦ 안전검사등의 결과를 평가한 정보
- 문화체육관광부의 자료 제출 또는 등록 요청 대상  
공연장 운영자, 안전진단기관, 공연안전지원센터, 관계 행정기관

- 37 -



## 안전교육 - 5.중대재해처벌법 주요 내용

### ⑤ 중대재해처벌법 주요 내용(중대시민재해를 중심으로)

#### 1. 목적 [법 제1조(목적)]

- 이 법은 사업 또는 사업장, 공중이용시설 및 공중교통수단을 운영하거나 인체에 해로운 원료나 제조품을 취급하면서 안전·보건 조치의무를 위반하여 인명피해를 발생하게 한 사업주, 경영책임자, 공무원 및 법인의 처벌 등을 규정함으로써 중대재해를 예방하고 시민과 종사자의 생명과 신체를 보호함을 목적으로 한다.

#### 2. 중대재해의 종류 [법 제2조(정의)]

##### 가. 중대산업재해

「산업안전보건법」 제2조제1호에 따른 산업재해\* 중

- ① 사망자가 1명 이상
- ② 동일한 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자가 2명 이상
- ③ 동일한 유해요인으로 인한 직업성질환자\*가 1년 이내 3명 이상

- 36 -

\* "산업재해"란 노무를 제공하는 사람이 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것을 말한다.

##### 나. 중대시민재해

특정원료 또는 제조물, 공중이용시설\* 또는 공중교통수단의 설계, 제조, 설치, 관리상의 결함을 원인으로 하여 발생한 재해 중

- ① 사망자가 1명 이상
- ② 동일한 사고로 2개월 이상 치료가 필요한 부상자가 10명 이상
- ③ 동일한 원인으로 3개월 이상 치료가 필요한 질병자가 10명 이상

\* 공연법 제2조제4호의 공연장 중 객석 수 1천석 이상인 실내 공연장

※ 다만, 중대산업재해에 해당하는 재해는 제외

- 39 -

## 안전교육 - 5.중대재해처벌법 주요 내용

### 3. 안전·보건 확보 의무 대상은? [법 제2조(정의)]

중대재해처벌법에서는 “사업주 및 경영책임자 등”에 안전 및 보건 확보의무를 부과한다.

- ▶ 사업주 : 자신의 사업을 영위하는 자, 타인의 노무를 제공받아 사업을 하는 자
- ▶ 경영 책임자 등 : 사업을 대표하고 사업을 총괄하는 권한과 책임이 있는 사람 또는 이에 준하여 안전 보건에 관한 업무를 담당하는 사람
- \* 중앙행정기관, 지방자치단체, 지방공기업, 공공기관의 장도 해당

### 4. 공중이용시설 중대시민재해에 대하여 어떤 안전 및 보건 의무사항이 있을까?

#### [법 제9조(사업주와 경영책임자등의 안전 및 보건 확보의무)]

사업주 또는 경영책임자등은 사업주나 법인 또는 기관이 실질적으로 지배·운영·관리하는 공중이용시설 또는 공중교통수단의 설계, 설치, 관리상의 결함으로 인한 그 이용자 또는 그 밖의 사람의 생명, 신체의 안전을 위하여 다음 각 호에 따른 조치를 하여야 한다.

- ① 재해예방에 필요한 인력 및 예산 등 안전보건관리체계의 구축 및 그 이행에

- 41 -

관한 조치

- ② 재해 발생 시 재발방지 대책의 수립 및 그 이행에 관한 조치
- ③ 중앙행정기관·지방자치단체가 관계 법령에 따라 개선, 시정 등을 명한 사항의 이행에 관한 조치
- ④ 안전·보건 관계 법령에 따른 의무이행에 필요한 관리상의 조치

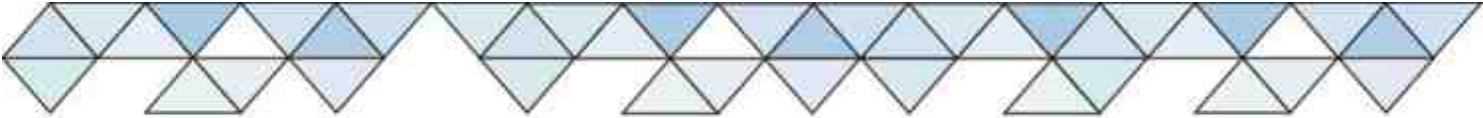
### 5. 중대시민재해 처벌내용은?

#### [법 제10조(중대시민재해 사업주와 경영책임자 등의 처벌)]

- ① 사망자 1명 이상 발생 : 사업주 또는 경영책임자등은 1년 이상의 징역 또는 10억원 이하의 벌금
- ② 동일한 사고로 2개월 이상 치료가 필요한 부상자가 10명 이상 발생 또는 동일한 원인으로 3개월 이상 치료가 필요한 질병자가 10명 이상 발생 : 사업주 또는 경영책임자등은 7년 이하의 징역 또는 1억원 이하의 벌금

### 6. 시행 시기 [법 부칙 제1조] : 2022년 1월 27일부터 시행

- 41 -



안전교육 - 6.공연시설 방염 관련 법규

⑥ 공연시설 방염 관련 법규

1. 방염 대상 공연장

- 1) 방염 대상 공연장의 범위 : 모든 공연장(2019.08.16.)
- 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 300㎡ 미만인 근린생활시설로서의 공연장
  - 공연장으로서 근린생활시설에 해당하지 않는 문화 및 집회시설

- 42 -

2) 관련 법조문

- 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률(약칭, 소방시설법) 제12조 (소방대상물의 방염 등)

- ① 대통령령으로 정하는 특정소방대상물에 실내장식 등의 목적으로 설치 또는 부착하는 물품으로서 대통령령으로 정하는 물품(이하 "방염대상물품"이라 한다)은 방염성능기준 이상의 것으로 설치하여야 한다.
- ② 소방본부장이나 소방서장은 방염대상물품이 제1항에 따른 방염성능기준에 미치지 못하거나 제13조제1항에 따른 방염성능검사를 받지 아니한 것이면 소방대상물의 관계인에게 방염대상물품을 제거하도록 하거나 방염성능검사를 받도록 하는 등 필요한 조치를 명할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 방염성능기준은 대통령령으로 정한다.

- 43 -

## 안전교육 - 6.공연시설 방염 관련 법규

### ■ 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제19조 (방염성능기준 이상의 실내장식물 등을 설치하여야 하는 특정소방대상물)

법 제12조제1항에서 "대통령령으로 정하는 특정소방대상물"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.

1. 근린생활시설 중 제력단련장, 공연장 및 종교집회장
2. 건축물의 옥내에 있는 시설로서 다음 각 목의 시설
  - 가. 문화 및 집회시설
  - 나. 종교시설
  - 다. 운동시설(수영장은 제외한다)
3. 의료시설 중 종합병원, 요양병원 및 정신의료기관
- 3의2. 노유자시설 및 숙박이 가능한 수련시설
4. 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」 제2조제1항제1호에 따른 다중이용업의 영업장
5. 제1호부터 제4호까지의 시설에 해당하지 아니하는 것으로서 층수(「건축법 시행령」 제119조제1항제9호에 따라 산정한 층수를 말한다. 이하 같다)가 11층 이상인 것(아파트는 제외한다)
6. 별표 2 제8호에 따른 교육연구시설 중 합숙소

- 44 -

### ■ 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 별표 2

#### 특정소방대상물(제5조 관련)

1. 공동주택 - (생략)
2. 근린생활시설 - (가목·마목 생략, 차·카목 생략)
  - 나. 공연장(극장, 영화상영관, 연예장, 음악당, 서커스장, 「영화 및 비디오물의 진흥에 관한 법률」 제23조제16호기목에 따른 비디오물감상실업의 시설, 같은 호 다목에 따른 비디오물소극장업의 시설, 그 밖에 이와 비슷한 것을 말한다. 이하 같다) 또는 종교집회장(교회, 성당, 사찰, 기도원, 수도원, 수녀원, 제실(祭室), 시당, 그 밖에 이와 비슷한 것을 말한다. 이하 같다)으로서 같은 건축물에 해당 용도로 쓰는 바닥면적의 합계가 300㎡ 미만인 것
3. 문화 및 집회시설
  - 가. 공연장으로서 근린생활시설에 해당하지 않는 것

(이하 생략)

- 45 -



## 안전교육 - 6.공연시설 방염 관련 법규

### 2. 방염 대상 물품

#### 1) 방염 대상 물품

- 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제20조제1항제1호, 제2호에 해당

#### 2) 관련 법조문

##### ■ 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 제12조

- ① 대통령령으로 정하는 특정소방대상물에 실내장식 등의 목적으로 설치 또는 부착하는 물품으로서 **대통령령으로 정하는 물품**(이하 "방염대상물품"이라 한다)은 방염성능기준 이상의 것으로 설치하여야 한다
- ② 소방본부장이나 소방서장은 방염대상물품이 제1항에 따른 방염성능기준에 미치지 못하거나 제13조제1항에 따른 방염성능검사를 받지 아니한 것이면 소방대상물의 관계인에게 방염대상물품을 제거하도록 하거나 방염성능검사를 받도록 하는 등 필요한 조치를 명할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 방염성능기준은 대통령령으로 정한다.

- 46 -

##### ■ 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제20조 (방염대상물품 및 방염성능기준)

- ① **본 조제1항에서 "대통령령으로 정하는 물품"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.**
  1. 제조 또는 가공 과정에서 방염처리를 한 등품(합판·목재류의 경우에만 설치 환경에서 방염처리를 한 것을 포함한다)으로서 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 것  
가. 창문에 설치하는 커튼류(블라인드를 포함한다)  
나. 카펫, 두께가 2밀리미터 미만인 벽지류(종이벽지는 제외한다)  
다. 신시용 합판 또는 섬유판, 무대용 합판 또는 섬유판  
라. 일박·무대막(「영화 및 미디어물의 진공에 관한 법률」 제2조제10호에 따른 영화촬영관에 설치하는 스크린과 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 제2조제7호의4에 따른 공연·연습장업에 설치하는 스크린을 포함한다)  
다. 섬유류 또는 합성수지류 등을 원료로 하여 제작된 소파·의자(「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 제2조제1호나목 및 같은 조 제5호에 따른 단란주점영업, 유흥주점영업 및 노래권승상업의 영업장에 설치하는 것만 해당한다)
2. 건축물 내부의 커튼이나 벽에 부착하거나 설치하는 것으로서 다음 각 목의 어느 하나에

- 47 -

## 안전교육 - 6.공연시설 방염 관련 법규

해당하는 것은 말한다. 다만, 가구류(옷장, 찬장, 식탁, 식탁용 의자, 사무용 책상, 사무용 의자, 계산대 및 그 밖에 이와 비슷한 것은 말한다)라 너비 10센티미터 이하인 판자틀임대 등의 「건축법」 제52조에 따른 내부 마감재도는 제외한다.

가. 종이류(두께 2밀리미터 이상인 것은 말한다)·합성수지류 또는 섬유류류 쿠션류로 한 물품

나. 합판이나 목재

다. 공간을 구획하기 위하여 설치하는 칸이 칸막이(접이식 등 이동 가능한 벽체나 천장 또는 반자가 실내에 접하는 부분까지 구획하지 아니하는 벽체)를 말한다)

라. 흡음(吸音)이나 방음(防音)을 위하여 설치하는 흡음재(흡음용 커튼을 포함한다) 또는 방음재(방음용 커튼을 포함한다)

(제2항, 제3항 생략)

- 44 -

### 3. 방염 성능 기준

#### ■ 화재 예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 제12조 (소방대상물의 방염 등)

- ① 대통령령으로 정하는 특정소방대상물에 실내장식 등의 목적으로 설치 또는 부착하는 물품으로서 대통령령으로 정하는 물품(이하 "방염대상물품"이라 한다)은 방염성능기준 이상의 것으로 설치하여야 한다.
- ② 소방본부장이나 소방서장은 방염대상물품이 제1항에 따른 방염성능기준에 미치지 못하거나 제13조제1항에 따른 방염성능검사를 받지 아니한 것이면 소방대상물의 관계인에게 방염대상물품을 제거하도록 하거나 방염성능검사를 받도록 하는 등 필요한 조치를 명할 수 있다.
- ③ 제1항에 따른 방염성능기준은 대통령령으로 정한다.

40

## 안전교육 - 6.공연시설 방염 관련 법규 & 7.이동식 사다리 안전작업 지침

### ■ 화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제20조 (방염대상물품 및 방염성능기준)

(세1항 생략)

② 법 제12조제3항에 따른 방염성능기준은 다음 각 호의 기준에 따르되, 제1항에 따른 방염대상물품의 종류에 따른 구체적인 방염성능기준은 다음 각 호의 기준의 범위에서 소방청장이 정하여 고시하는 바에 따른다.

1. 버너의 불꽃을 제거한 때부터 불꽃을 올리며 연소하는 상태가 그릴 때까지 시간은 20초 이내일 것
2. 버너의 불꽃을 제거한 때부터 불꽃을 올리지 아니하고 연소하는 상태가 그릴 때까지 시간은 30초 이내일 것
3. 난화(炭化)된 면적은 50제곱센티미터 이내, 난화한 길이는 20센티미터 이내일 것
4. 불꽃에 의하여 완전히 녹을 때까지 불꽃의 침투 횟수는 3회 이상일 것
5. 소방청장이 정하여 고시한 방법으로 발원량(發煙量)을 측정하는 경우 최대위기당도는 400 이하일 것

- 61 -

### 7 이동식 사다리 안전작업 지침

사다리 사용이 불가피한 경우 작업에 한하여

□ 경작업, 고소작업대·비계 등의 설치가 어려운 협소한 장소에서 사용

\*경작업 : 손 또는 발을 기점으로 사용하는 작업으로서 연구교제 작업, 전기통신 작업, 불안전 곳의 조공 작업 등



평탄·견고한 바닥에서

□ 평탄·견고하고 미끄럼이 없는 바닥에 설치



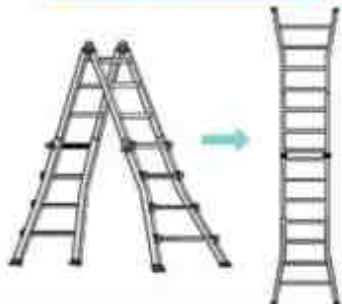


- 51 -

## 안전교육 - 7.이동식 사다리 안전작업 지침

<p><b>3.5m 이하의 A형 사다리를 사용하여</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>최대길이 3.5m 이하 A형 사다리(조경을 포함)에서만 작업</li> <li>* 보통(일자형)사다리, 신축형(연장형)사다리, 일자형으로 펼쳐지는 발발임 경사 사다리(A형)에서는 작업금지</li> </ul>	 <p>3.5m 이하</p> <p>작업금지인 사다리를 사용</p> <p>발발임 경사 사다리를 사용하지 마세요</p>
<p><b>보호구를 반드시 착용하고</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 사다리 작업 시 안전모 착용, 작업높이가 2m 이상인 경우 안전대 착용</li> <li>* 작업높이 : 발을 딛는 디딤대의 높이</li> </ul>	
<p><b>2인 1조로 작업하세요!</b></p>	<p>작업높이가 바닥 면으로부터</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2m 이상 ~ 2m 미만 : 2인 1조 작업, 최상부 밑판에서 작업금지</li> <li>2m 이상 ~ 3.5m 이하 : 2인 1조 작업, 최상부 및 그 하단의 디딤대에서 작업금지</li> </ul>	


- 52 -

<p><b>보통(일자형) 사다리</b></p> 	<p><b>신축형(연장형) 사다리</b></p> 	<p><b>발발임 사다리(A형)</b> (일자형으로 펼쳐서 사용하는 경우)</p> 
<p><b>안전작업 지침</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>오르내리는 이동통로로만 사용(발판 및 디딤대에서 작업금지)</li> <li>반드시 안전모 착용</li> <li>* 사다리 구조 등 그의 안전보전조치는 '산업안전보건 기준에 관한 규칙, 준수'</li> </ul>		

- 53 -

안전교육 - 7.이동식 사다리 안전작업 지침 & 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

이동식 사다리 (A형, 조립형)



작업 높이 <small>(정물 또는 디딤대의 높이)</small>	안전작업 지침
1.2m미만	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 반드시 안전모 착용</li> </ul>
1.2m이상 ~ 2m미만	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 반드시 안전모 착용</li> <li>● 2인 1조 작업</li> <li>● 최상부 밑판에서 작업금지</li> </ul>
2m이상 ~ 3.5m이하	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 반드시 안전모 착용</li> <li>● 2인 1조 작업 및 안전대 착용</li> <li>● 최상부 밑판 + 그 하단 디딤대 작업금지</li> </ul>
3.5m초과	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 작업발판으로 사용금지</li> </ul>

공통사항

- 평탄·견고하고 미끄럼이 없는 바닥에 설치
- 경작업\*, 고소작업대·비계 등의 설치가 어려운 협소한 장소에서 사용

\* 손 또는 발을 기댈 수 있는 작업으로서 천구교체 작업, 전기·통신 작업, 평탄한 곳의 조경 작업 등

※ 사다리 구조 등 그의 안전보건요지는 '산업안전보건 기준에 관한 규칙, 훈수'

- 54 -

**8] 공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서**

본 안내서의 내용은 공연 안전을 위한 참고자료로서 법적의무나 강제를 의미하지 않으며, 관련 법령에 의한 규정보다 우선하지 않습니다.

본 안내서를 참고하여 (1) 각 공연장에서 비화재보가 발생하는 원인을 파악하고 (2) 전문가의 도움을 받아 (3) 공연장의 설치 및 사용 환경에 적합한 개선방안을 마련하는 것을 권장 드립니다.

- 55 -

237

## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

### ■ 비화재보란?

화재가 발생하지 않았으나 화재경보가 발생하거나 반대로 화재가 발생하였으나 경보가 발생하지 않는 것을 말한다.

### ■ 비화재보의 종류

실보	기기나 회로의 기능이 정상적이지 않아 발생하는 비화재보 (단선, 감지기의 고장 등)
일과성 비화재보	감지기가 감지하는 조건이 충족되어 발생하는 비화재보 (감지기 정상작동)

- 56 -

### 1. 화재감지기의 화재감지 방식

비화재보 발생 원인을 알아보기 전에, 화재감지기의 화재검출 방식을 알아야 한다.

감지 대상	감지방식	감지원리
열	차동식	온도차이가 급격히 변할 때 작동
	정온식	설정 된 온도에서 작동
	감지선형	분포된 감지선이 화재에 의해 녹아 단락되면 작동
연기	이온화식	연기로 인한 이온흐름 저감 감지
	광전식	연기로 인한 빛 산란을 감지
	공기흡입형	분포된 관으로 흡입된 공기를 분석하여 감지
불꽃	자외선식	화재 시 발생하는 자외선을 감지
	적외선식	화재 시 발생하는 적외선을 감지
	자외선 및 적외선 겸용식	화재 시 발생하는 자외선과 적외선을 감지

- 57 -

## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

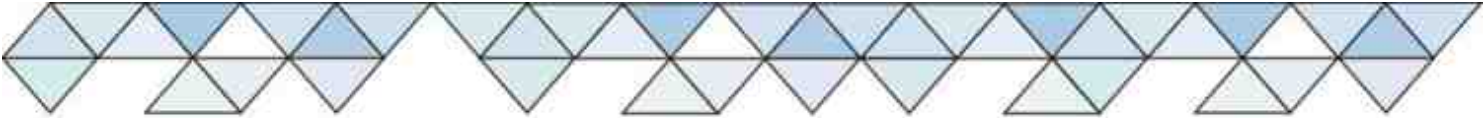


- 58 -

### 2. 비화재보 발생원인

- 인위적인 요인 (가장 많이 발생)
  - 조리실, 탕비실, 기계실 등에서 발생하는 수증기 등
  - 흡연에 의한 연기 변화
  - 자동차 배기가스
  - 공사 중 먼지 분진 변화
- 기능상의 요인
  - 경년 변화에 의한 감도의 변화
  - 부품의 불량
- 환경적 요인
  - 풍압, 온도, 습도의 이상변화
  - 빛, 기압의 변화
  - 모래, 먼지 등의 분진 침투
  - 해충의 침입
  - 결로

- 59 -



## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

- 환기가 잘 되지 않는 곳
- 유지관리상의 요인
  - 청소불량
  - 미방수 처리로 인한 낙수
- 설치상 요인
  - 감지기의 선정오류, 배선이 접속불량, 부하불량 등
  - 감지기, 중계기, 수신기 등의 부품 또는 회로의 불량
  - 감지기 설치 후 설치 장소의 환경 변화

※ 공연 연출에 사용하는 연무나 불꽃은 일과성 비화재보를 유발할 수 있다.

- 60 -

### 3. 비화재보 저감 방안

- 연기감지기 사용의 억제
  - 연기감지기는 열감지기보다 비화재보 가능성 높음
  - 연기감지기 필수 장소 외에는 열감지기 사용
- 설치 장소의 환경에 적응성 있는 감지기의 설치 또는 교환
  - 환경은 시간에 따라 변화 ⇒ 바뀐 환경에 맞는 감지기로 교환 필요

(예시)  
무대바닥과 화재감지기 간의 거리가 3m 인 공연장에 차동식 열감지기가 설치되어 있었다. 공연을 위하여 무대바닥에 80cm의 단을 쌓아 무대를 만들었다.  
→ 감지기와 바닥 사이의 간격이 가까워 일시적으로 발생한 열·연기 또는 먼지 등으로 인하여 화재신호를 발신할 우려가 있음. 그러므로 불꽃감지기 등 환경에 적응성 있는 감지기를 설치하여야 함

- 61 -



## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

- 경년 변화에 따른 유지보수
  - 10년경과 감지기가 5년 경과된 경우보다 불량률 25% 높다.
  - 주기적 점검, 청소 및 교체 등의 유지 보수
- 축적형 감지기 혹은 수신기 사용
  - 축적기능이 있는 감지기 혹은 수신기를 사용하여야 한다.
  - 감지기와 수신기 모두 축적기능을 사용하여서는 안된다.
  - 축적형 감지기는 시간지연이 발생하게 되므로 주의하여야 한다.

### 축적형이란?

화재에 의한 신호가 일정시간 연속하여 발생하는 것을 화재로 감지하는 방식

- 62 -

- 복합형감지기 설치
  - 하나의 감지기에 서로 다른 감지소자가 조합되어있는 감지기로서 열연기복합형, 열복합형, 연기복합형 등이 있다.

연기복합형	열복합형	열연복합형
광전식, 이온화식 감지	차동식, 정온식 감지	열과 연기를 감지

- 공연장의 환경에 따라 AND 회로 혹은 OR 회로로 연결하여 사용

회로 구성	특 정	장 점	단 점
AND 회로	두 종류의 감지기에 모두 화재가 탐지되어야 화재신호를 발함	비화재보 가능성 낮음	화재 조기감지 취약
OR 회로	종류 중 하나의 감지기에 화재가 탐지되면 화재신호를 발함	화재 조기감지	비화재보 가능성 높음

- 63 -

## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

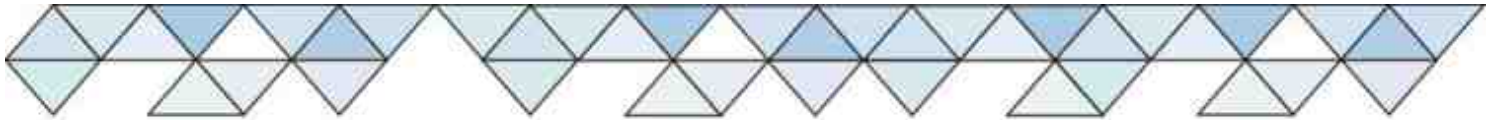
- 오작동 저감 가능한 감지기의 선치
  - 아날로그 감지기 : 주위의 온도 또는 연기량의 변화에 따라 각각 다른 전류치 또는 전압치 등의 출력을 발하는 방식의 감지기로, 화재성보 감도를 조정할 수 있다.
  - 공기흡입형 감지기 : 능동적으로 공기를 흡입하여 분석하며 미량의 연기까지 감지하는 감지기로 화재를 조기에 감지할 수 있고 주의단계, 경보단계가 있어 초기 단계에서 확인이 가능하다.

- 64 -



< 공기흡입형 감지기 >

- 65 -



## 안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

### 4. 비화재보 저감 방안의 현장 적용

내가 운영하는 공연장에서 공연 중 비화재보가 발생한다면 이를 해결하기 위하여 어떻게 해야할 것인가?

이러한 질문 했을 때, 저감 방안에 적힌 다양한 방법이 있을 것이고, 운영자는 이 중에 자신의 공연장에 적합한 방법을 택하여 적용하여야 할 것이다.

- 실보에 대한 점검

우선 관리자는 화재감지기가 올바른 위치에 설치되어있는지, 그리고 회로는 양호하게 설치되어있는지를 먼저 살펴보아야 할 것이다. 그 후 감지기가 세기능을 하고 있는지를 살펴보아야 한다.

- 일과성 비화재보에 대한 점검

설치 된 자동화재탐지설비가 양호하고 정상작동을 한다면, 공연장의 공연환경과 연출에 대하여 고려 해 보아야 할 것이다.

- 66 -

공연시 연출효과를 위해 불꽃 혹은 인기를 쓰는지 확인해야 하고, 혹시 인기효과나 불꽃효과를 주었을 때 화재감지기가 비화재보를 말하였다면,

① 감지기의 종류의 변경

② 자동화재탐지설비의 축적방식 채택

등의 옵션을 고려할 수 있을 것이다. 운영자는 개선에 필요한 비용과 화재경보의 신속성을 고려해야 한다.

**주의!**

일과성 비화재보의 가능성을 낮추기 위해서는 아날로그 감지기를 사용하여 경보가 울리는 수치를 조절한다든지, 연기감지기에 비해 반응이 늦은 연기감지기를 사용하거나, 축적형 감지기를 사용하게 되는데, 이러한 기능들은 실제 화재가 발생하였을 때, 경보의 신속성을 떨어뜨린다.

- 67 -

안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

< 비화재보 저감이 가능한 감지기의 특징 비교 >

1. 공기흡입형 감지기

작동원리	설치 예시
 <p>공기포집 방식</p>	
장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 화재 조기감지 능력 우수</li> <li>● 단계별 화재감지 알림 기능으로 비화재보 예방</li> <li>● 편리한 유지보수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 고가의 장비</li> </ul>

- 66 -


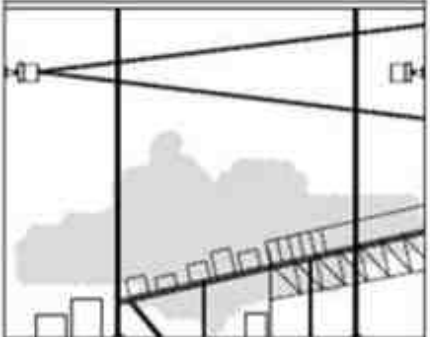
2. 불꽃 감지기

작동원리	설치 예시
 <p>가시광선 외 파장 인식방식</p>	
장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 화재 감지 능력 우수</li> <li>● 바람의 영향이 적음</li> <li>● 층고가 높을수록 감시면적이 넓어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 고가의 장비</li> <li>● 장애물이나 시설물로 인한 사각지대 발생</li> </ul>

- 67 -

안전교육 - 8.공연장 화재감지기 비화재보 저감 안내서

3. 아나로그식 광전식 분리감지기

작동원리	설치 예시
 <p>투광량과 수광량의 차이를 인식하는 방식</p>	
<p>장점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 배관배선이 적어 시공이 용이함.</li> <li>● 감시면적이 넓음.</li> </ul>	<p>단점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 고가의 장비</li> <li>● 진동으로 인한 수광부, 발광부 편차 발생으로 오동작 가능</li> <li>● 감지기 작동이 늦어, 작동되는 연기 농도 도달 시 소손 피해가 상당히 진행된 상태임.</li> </ul>

- 70 -

4. 차동식 분포형 감지기

작동원리	설치 예시
 <p>화재 시 발생된 열에 의해 공기관내 팽창된 공기로 인식하는 방식</p>	
<p>장점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 저렴한 자재 단가</li> </ul>	<p>단점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 8m이상의 장소는 화재 시 천장까지 열전달이 어려움. ⇨ 화재경보 상대적으로 느림</li> <li>● 공기관의 실링 손상이 쉬워 정기적인 보수 필요</li> <li>● 20m이상 층고 사용불가.</li> <li>● 높고 넓은 설치위치로 인한 유지보수 비용 증가</li> </ul>

- 71 -

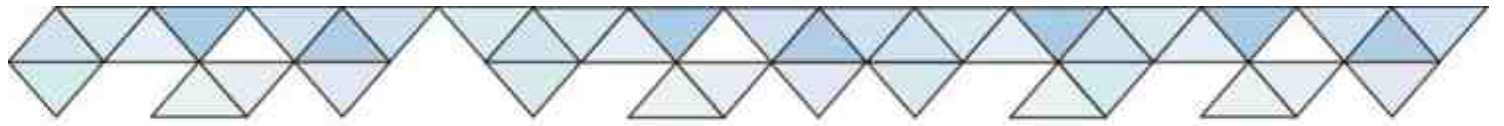






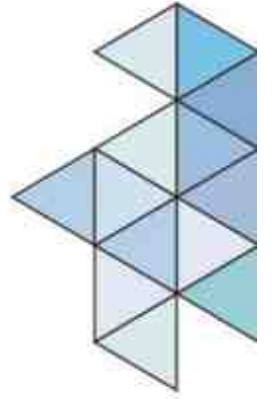






**2023 문예회관아카데미에  
참여해 주셔서 감사합니다.**

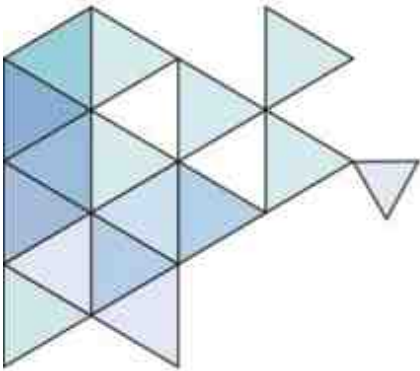




별첨1

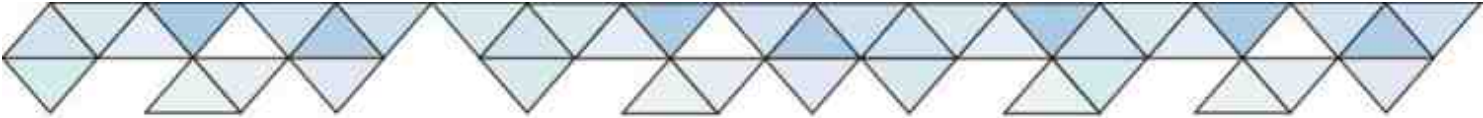
2023 문예회관 아카데미

# 참가자 명단



무대예술인 기본과정 무대

연번	지역	운영기관명	성명
1	강원(1)	흥천문화재단 흥천문화예술회관	이혁규
2	경기(1)	평택시문화재단(남부, 북부)	이재혁
3	경남(2)	김해문화재단 (김해문화의 전당)	정태욱
4		창원문화재단	이재혁
5	경북(4)	고령군 대가야문화누리	강정구
6		성주문화예술회관	신유진
7		영덕문화관광재단 (예주문화예술회관)	이세민
8		청송문화예술회관	권인한
9	서울(2)	강서구민회관	송성범
10		강서구민회관	함영주
11		금천문화재단 (금나래아트홀)	남희주
12	전남(2)	목포시문예시설관리사무소 (목포문화예술회관)	이종곤
13		목포시문예시설관리사무소 (목포시민문화체육센터)	이경훈
14	충남(4)	계룡문화예술의전당	배동준
15		공주문화관광재단 (공주문예회관)	서광
16		서산시문화회관	윤정열
17		태안군문화예술회관	원영섭



## 운영진 안내

이승정	회장	02-3019-5801
서영철	사무처장	02-3019-5802
김태훈	문화기반연구소장	02-3019-5880
김근오	연구2팀 과장	02-3019-5890
유승현	연구2팀 담당	02-3019-5891

## 2023 문예회관 아카데미 「무대예술인 기본과정 - 무대 -」

발행일	2023년 07월 14일
발행인	이승정
발행처	서울 서초구 남부순환로 2406(서초동) 예술의전당 내 오페라하우스 4층 전화 02-3019-5890   팩스 02-586-5996 홈페이지 <a href="http://www.kocaca.or.kr">www.kocaca.or.kr</a>
인쇄처	하나DNP 02-972-0212

