

무대기계장치 및 무대조명설비 안전관리

(A Study on the Safety Management for Stage Machine Equipment and Stage Lighting Equipment)

이 장 원
대전보건대학 방송제작과 / (주)스타LVS CEO(jwlee02@unitel.co.kr)

서론

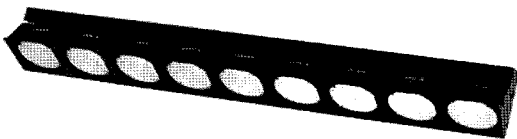
최근 산업은 급진적인 기술혁명 및 자동화 설비의 개발에 힘입어 많은 발전을 거듭하고 있으나 그 이면에는 산업재해로 인한 인적, 물적 손실이 계속 증가하고 재해의 양상도 복잡다양해 가고 있다.

특히, 공연극장이나 실내체육관과 같이 관객이 많이 입장하여 있는 상태에서 사고가 일어난다면 중대·대형재해로 야기되며, 사소한 고장이 발생한다면 무대공연의 진행이 지연되어 곤란을 겪을 것이다. 따라서 무대에서는 자신의 안전도 문제지만 가장 생각해야 할 것은 관객의 안전이다.

그러므로, 이러한 재해요인을 미연에 방지하고 각종 공연 및 행사에 대비하여 무대설비의 잘못된 요인을 조사하고 실질적인 안전대책 등에 대하여 서술하고자 한다.

무대조명 설비

무대 조명기구



[그림 1] 보더라이트(Border Light)

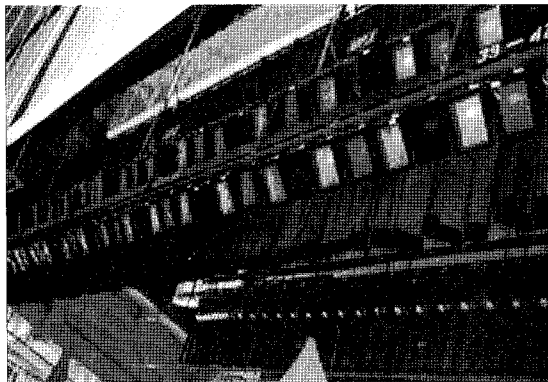
• 무대 상부

(가) 보더라이트(Border Light)

무대상부의 조물기구에 설치하여 무대전체에 균등한 조명을 하기 위한 홈통모양의 기구이다. 백열전구 150 ~ 300 W, 또는 할로겐 전구 500 ~ 1000 W를 사용한다. 기구와 파이프에 안전 체인을 걸어두고 기구가 어긋나지 않도록 주의한다.

(나) 어퍼호리존트라이트(Upper Horizont Light)

호리존트 막에 균등한 조명을 하기 위한 기구이며 Lower Horizont와 같이 사용되고 높은 조도를 얻기 위해서 할로겐전구 500 ~ 1000 W, 또는 백열전구 200 ~ 300 W를 사용한다.



[그림 2] 어퍼호리존트라이트(Upper Horizont Light)

(다) 서스펜션 라이트(Suspension Light)

서스펜션 라이트는 일명 Acting Area Light(연기면의 빛)라고도 부르며 연기지를 무대 조명하는 중요한 기구이다. 공연 중에 전구 또는 렌즈가 깨져서 유리 조각 등이 머리 위에서 떨어지는 위험이 많이 있으므로 보호망이 부착된 칼라틀(Color Frame)을 반드시 설치하여야 하고 렌즈앞에 그물망을 설치 하여야 한다.

• 무대 바닥

(가) 로워 호리젠트 라이트(Lower Horizont Light)

무대 후방의 바닥에 설치하여 호리젠트막을 비추기 위한 기구로 사용되며 많은 칼라를 필요로 할 때는 2단으로 설치한다.

광원으로 100 ~ 200 W의 백열전구 또는 500 ~ 1000 W의 할로겐전구를 사용한다.

(나)푸트 라이트(Foot Light)

무대의 앞 끝에 설치하여 하부에서 무대 전체

에 균등한 무대 조명을 위해 일반적으로 사용되는 백열전구인 프로스트형의 60~100(W)로 은폐형의 경우는 피트 속에 가연성 분진이 집적되지 않도록 청소와 필터의 파손 상태 등을 철저히 점검한다.

백열전구의 표면온도를 측정하여 온도로 상당히 고열임을 알 수 있다. 특히 플로워 콘센트의 정격전압과 정격용량 및 접촉저항이 과대하지 않도록 하며 오접속으로 인한 화재에 유의해야 한다.

(다) 사이드에서 조명하는 사이드 스포트 라이트 등이 있다.

• 프론트

(가) 실링 라이트(Ceiling Light)

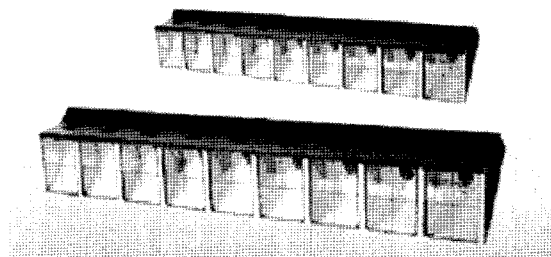
관람석 상부에서 무대 전면을 무대조명하는 기구로서 관람석의 천정에서 작업할 때는 대개 작업장이 협소하여 추락 또는 장치의 낙하 등의 위험이 따르므로 각별히 주의를 해야 한다.

칼라체인지 장치의 리모트 콘트롤을 설치하며 수동으로 무리하게 색지들을 교환하는 일이 없도록 한다.

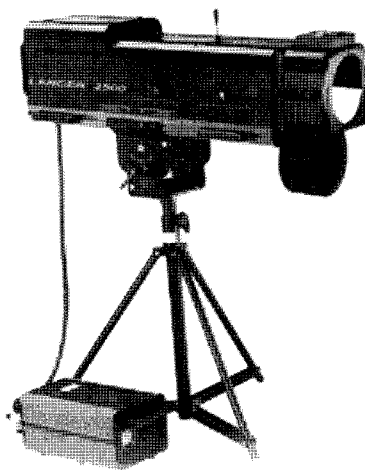
(나) 양벽 상단에서 조명하는 프론트 사이드 라이



[그림 3] 서스펜션 라이트(Suspension Light)



[그림 4] 로워 호리젠트 라이트 (Lower Horizont Light)



[그림 5] 팔로우 스포트 라이트



트, 연기자의 움직임에 따라가며 조명하는 팔로우 스폿 라이트 등이 있다.

특히, 스폿 라이트(Spot Light)를 조작할 때 주의할 요점은 다음과 같다.

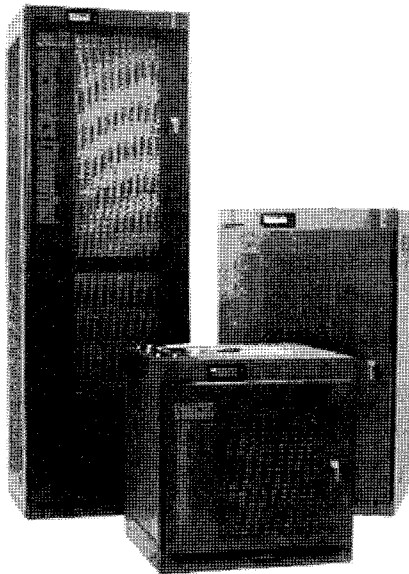
- ① 광원이 항상 렌즈의 중심축에 위치 할 것.
- ② 램프 하우징은 높은 열을 발산하기 때문에 분진 등 가연물의 집적을 방지하며 진구 부분은 절대로 손으로 만져서는 안된다.
- ③ 스폿 라이트에 안전체인을 체결하고 렌즈 앞에 보호망의 색지틀을 부착한다. 보호망의 간격은 일반적으로 직경 2.5 cm 이내면 문제가 없으리라 판단된다.

디머 장치(Dimmer System)

무대조명의 중추부인 조광 배전설비의 총칭으로 무대의 조명등기구의 빛을 자유롭게 조정하여 빛에 시간적인 강약을 주어 무대를 그림으로 만드는 연출 시에 무대조명의 효과에서 매우 중요한 장치이다.

• 변압기 방식

단권 변압기(Auto Transformer)가 사용되며 2



[그림 6] DIGITAL DIMMER (EDI - 미국)

차축에 많은 단자 a를 내고 이것에 습동편을 이동시켜 전동부하의 전압을 변화시켜 조광하는 방식이다. 저항은 습동편이 단자 위를 이동할 때 인접한 단자에 접촉하는 경우에 생기는 단락전류의 위험을 방지하기 위해서이다.

• 싸이리스터(Thyristor)방식

반도체인 트라이악을 사용한 위상제어식으로 트라이악의 게이트 트리거 신호를 가하여 도통각을 제어함으로써 조명설비의 명암 또는 조광도를 그림 4와 같이 조절한다.

변전실

변전실에는 원칙적으로 비상용 발전기 및 예비전원용 축전지반(盤) 등이 설치되어 있어야 한다. 변압기가 설치된 장소 위에 조명기구를 부착하여 전구를 새로 교환시에 부스바 또는 변압기 부싱(Bushing)에 신체가 접촉하여 감전사 또는 부상을 당하는 경우가 빈번히 발생하고 있으므로 근본적으로 전동설비는 부스바 또는 변압기에 근접하게 부착하지 말고 안전방책 밖으로 설치하도록 한다. 또한 변압기 부싱 및 전력용 콘덴서의 금구에는 절연캡을 덮어서 충전부에 접촉 되지 않도록 하는 것이 중요하다.

향후 신설 또는 교체 시에는 몰드변압기를 설치하여 안전성과 신뢰성을 높이는 것이 바람직하다.

무대기계

무대기구를 크게 나누면 조물기구와 마루기구로 분류할 수 있다. 소규모의 극장이나 홀에서는 마루기구를 설비하지 않는 경우가 대부분이다.

조물기구(組物機構)

조물기구란 원칙으로 무대천정에 단 활차에 와이어프로 매달려 있는 각 설비를 말하며 다음과 같은 종류가 있다.

- 방화 셔터
- 면막류
- 기타의 막

- 무대장치용 철관
- 음향 반사판, 기타

• 방화 셔터

방화셔터는 관객석과 무대의 경계선, 다시 말하면 무대 개구부의 바로 무대측에 설비 되어 있는 철제 또는 내화재의 방화문이다.

법규에 의해서 설치가 의무화 하도록 하고 있다.

• 무대장치용 철관(파이프)

무대에서 철관이나 파이프라고 부를 EO는 이 무대장치용의 철관을 말한다.

대부분이 전동 또는 수동의 카운터 웨이트 식이며 최대 허용 하중이 일반적으로 300 kg 정도이다.

그러나 공연장의 규모에 따라서 또는 철관마다 허용된 하중이 다른 경우도 있다. 허용 하중을 잘 확인해서 사용 하여야 한다.

• 무대조명용 조물

조명을 위한 조물에는 다음과 같은 종류 등이 있다.

- 플라이 브리지(Fly Bridge)
- 보더 라이트(Border Light)
- 조명 바톤(Fly Duct)
- 얽퍼 호리즌트라이트(Upper Horizont Light)

무대조명의 입장에서는 무대 조명용의 조물이 많을수록 좋겠지만 무대 상부의 공간이 한정되

어 있기 때문에 무대장치를 위한 철관이나 기타의 조물과의 균형을 생각해야 한다.

또한 바톤의 상하 이동시에 유동으로 인한 조명기구의 파손 및 충돌의 방지를 위해 안전링(Safety Ring)을 적당한 간격으로 그림 5와 같이 부착하면 효과적이다.

• 음향 반사판

음향 반사판은 정면과 천정과 측벽의 3가지로 구분되는 수가 많은데 자체 중량이 많으므로 와이어로프와의 연결 상태, 클립(Clip), 턴버클(Turn Buckle) 등의 체결, 변형 상태를 정기적으로 점검하여야 한다.

마루 기구

마루기구는 무대의 마루를 말하며, 마루를 수직 또는 수평으로 움직여서 조물기구와 함께 무대장치를 바꾸거나 연출 표현에 사용 되는데 점검 관리의 소홀과 운전 조작의 미숙 및 안전수칙의 미준수로 인한 설비에 협착 등 재해의 위험성이 높다.

마루기구는 다음과 같이 분류할 수 있다.

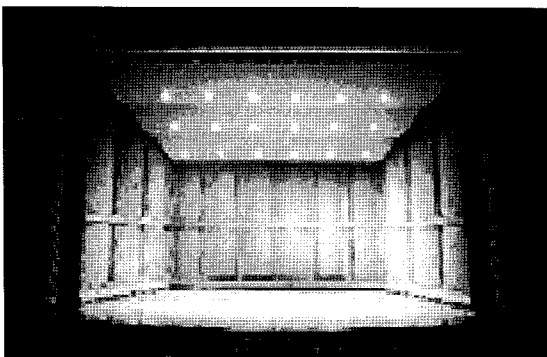
- 승강기(Lifting Stages)
- 슬라이딩 스테이지(Sliding Stages),왜건
- 회전무대(Revolving Stages ; Turn-tables)
- 무대기구 조작반
- 기타

• 승강기

오케스트라 승강기의 크기는 1인당 0.9 m²가 필요하며 조작자가 가까운 위치에서 비상 정지를 시킬 수 있도록 23개 이상의 정지 스위치를 부착하고 브레이크의 제동시험을 하여 제동거리가 정상이어야 한다. 정지스위치는 조작자의 착각을 방지하기 위해서 적색, 운전은 녹색 등으로 구분을 명확히 한다.

유압에 의한 승강 방식이 대부분으로 장시간 상승 시 압력의 미세한 누출로 하강 되는 경우가 많으므로 유압장치부의 점검관리를 철저히 한다.

승강기는 전동방식이 일반적이다.



[그림 7] 음향 반사판



• 슬라이딩 스테이지, 왜전

승강기가 상하의 운동과 전환기능을 가지는데 비해서 슬라이딩 스테이지는 좌우의 운동과 전환 기능을 가진다.

또한 승강기가 가라앉은 뒤에 무대 마루면의 구멍을 매워 추락 등의 방지 기능도 가진다.

• 회전 무대

회전무대에는 입형과 평면형의 두 종류가 있다. 입형은 승강기 속에 설치되어 있기 때문에 무대 마루면에서 무대 지하 밑바닥까지 원통모양이 되어 있다.

여러 가지 속도로 회전 시킬 수 있으며, 일반적으로 1회전에 75 ~ 125초 걸리며 무대장면을 빠르게 전환시키기 위해 승강무대가 상승하는 동안에도 회전식 등 여러 가지 변형 시스템이 있다.

오늘날 많이 쓰여지고 있는 승강회전 무대는 트리플 턴테이블로 구성된다.

• 무대기구 조작반

조물기구의 조작반과 마루기구의 조작반을 개별로 설치하는 경우가 있는데 마루기구와 조물기구는 연출상 자주 변형을 해야 하므로 후자가 이상적이다. 어느 경우에도 무대를 가장 잘 둘러 볼 수 있는 장소에 설치 되어야 한다.

또한 턴테이블 등 마루기구의 피트에는 습기가 차 있어 바닥이 썩는 경우가 있으므로 습기 제거용의 스페이스 히터(Space Heater)를 설치한다. 감속기어, 전동기, 리미트 스위치 등의 설비 점검의 편리를 위해 콘센트 전동기구를 설치하되 인입구배선에는 누전차단기(정격감도전류 30 mA, 동작시간 0.03초 이내 작동형의 고감도 형식)를 반드시 부착하여 감전 등 전기재해를 예방한다.

안전점검

무대기계, 설비가 안전하게 제작, 설치되어 있어도 일정기간 지나면 마모, 부식, 균열 등이 생겨서 불안정한 상태 및 위험요인의 방치로 인한 동종의 사고가 빈번하고 결국은 재해로 초래하는 것이 명

백하다.

안전점검의 실질적이고 효과적으로 달성하기 위해서는 먼저 다음의 기본조건이 갖추어져야 한다.

첫째, 안전점검의 실시에 관한 제도 및 조직의 확립.

둘째, 설비 치 작업별로 점검 책임자를 지정.

셋째, 설비 및 작업별 점검 내용의 구체화.

넷째, 점검의 실시 시기의 선정.

다섯째, 점검효과의 측정 및 점검표(Check List)를 작성하여 사후관리의 실시 등이 추진되어야 하며 동시에 기능, 방법 기계, 기구의 사용 등 전문성의 확보와 함께 작업자의 안전작업방법 준수 등 안전의식 고취 등도 함께 병행되어야 한다.

공중 작업

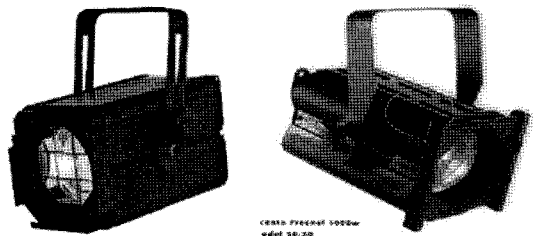
무대조명작업을 위해서는 높은 곳에 오르내리는 수가 많다. 천정 혹은 10 m 이상 등의 고소 작업시에는 안전벨트 또는 안전블록(Safety Block) 등 보호장구를 반드시 착용해야 한다. 이때 자기자신이 추락하지 않도록 주의하는 것은 물론 작업하기 위한 스펀너 등 수구공류를 떨어뜨리지 않도록 조심한다.

스포트라이트의 색지틀은 조명기구의 후레임(Frame)에 붙어 있는 조임나사와 바인드선 등으로 단단하게 고정시킨다.

또한 조명기구 등은 안전체인(Safety Chain)이나 안전로프(Rope)로 매달아 스포트라이트 등의 조명기구가 낙하되지 않도록 조치한다.

이동용 작업대(Rolling Tower)를 사용시에는 바퀴에 스톱퍼(Stopper)를 설치하여 작업대가 유동되지 않도록 한다.

반드시 작업지휘자 및 감독자를 배치하는 것을 잊지 않도록 한다.



[그림 8] 스포트 라이트

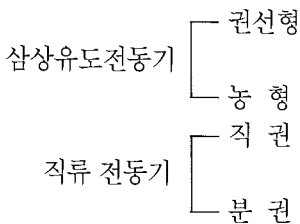
실내체육관과 같이 돔(Dome)식의 지붕구조에 있어서는 원형조명기구를 타고 천정에 올라가는 경우가 대부분인데 이는 로우프의 체결력 약화와 결합으로 인해서 기구와 함께 추락 위험이 있으므로 조물기구에 탑승하는 것을 반드시 금지하여야 한다. 또한 천정에서의 안전통로나 발판이 없어 전선덕트나 파이프로 통행하는 경우가 많아 위험이 뒤따른다. 향후 천정통로(Back Guide)를 부착하여 추락을 미연에 방지하되 사후 대책이 아닌 사전 예방에 치중한다.

전기 설비

• 전동기

조물기구의 승하강에 사용되는 전동기를 분류하면 다음과 같다.

조물기구의 승하강에 사용되는 전동기를 분류하면 다음과 같다.



(가) 교류전동기

① 권선형 유도전동기

고정자 및 회전자의 양쪽에 권선을 지니고 있으며 이 회전자의 권선과 슬립링을 통해서 외부 저항을 증감하면 부하를 걸었을 때의 속도를 가감할 수 있다. 또 기동시 기계에 충격을 부여하지 않으므로 서서히 가속할 수도 있다. 이 전동기는 일반적으로 연속운전하는 것, 기동정지가 빈번한 것, 대용량인 것에 사용된다.

② 농형 유도전동기

회전자에 봉상의 도체를 사용하는 것으로서 기동회전력의 조절은 할 수 없으나 소형이며 값이 싸고 취급이 간단하므로 소형의 기계이거나 기동토크를 그다지 필요로 하지 않는 것에 많이 사용된다.

(나) 직류전동기

① 직권전동기

직류직권전동기는 기동회전력이 크고 부하의 변동에 따라서 속도가 변화하는 정출력 특성을 지니므로 활차(Drum)에 감아올림 등에는 아주 적합하다.

단, 감아내릴 때에는 부하가 부(-)가 되어 가속으로 위험하므로 분권접속으로 변환해서 운전하고 있다.

속도제어는 회전자회로에 직렬로 저항을 넣어서 넓은 범위로 조정하고 있다.

② 직류분권전동기

회전자 및 회전자선륜이 병렬로 접속된 것으로서 부하의 변동에 의해서 속도 변화가 적은 정속도 특성을 지니고 있다. 단, 워어드레오너 어드 방식을 채용하면 상당히 광범위한 속도제어가 가능하다.

• 전압의 영향

출력의 결정에 있어서는 전동기의 설치장소의 전압강하에 관해서도 주의해야 한다.

농형전동기일 때에는 기동시에 450 ~ 600%의 기동전류가 흘러서 역율이 매우 낮은 관계로 배선의 접압강하가 커지므로 기동토크를 충분히 검토할 필요가 있다.

• 리미트 스위치

① 각 리미트스위치는 동작이 확실한 것으로서 공업규격(KS)의 제품을 사용한다.

• 조명설비

① 천정의 그리드는 무대지붕으로부터 약 1.8미터 하단에 위치하여 점검자가 자유롭게 걸어다니며 모든 조물 시스템을 손쉽게 점검할 수 있게 하도록 되어 있으나 천정 조명시설의 부족으로 점검이 곤란하므로 작업의 편의를 위하여 전반적으로 250 Lux 이상을 위해 광원으로 300 ~ 500 W의 백열전구 또는 동등한 성능 이상의 전등을 설치하고 점검용으로서 콘센트를 적당한 곳에 부착한다.



• 경보 통신시설(Paging System)

조정실과의 상호 연락 및 기계 운전 신호의 정확한 전달을 위해 천정에 인터폰, 무선통신 등의 페이징(Paging)설비가 되어 있어야 한다.

와이어로프의 승하강시에 작업자에 대한 경보용 벨 또는 버저를 부근에 설치한다. 또 안전조치상 과부하경보장치와 권과방지장치를 부착하는 것이 필요하다.

• 감전방지 대책

전기부품의 점검보수에 있어서는 감전의 위험이 따르므로 항상 만전의 감전방지 대책을 강구한다.

감전은 실제로는 경미한 것이라도 그 전적으로 인해 발판을 잃거나 높은 곳에서 떨어져서 사상 등의 재해가 많으므로 저압이라도 충분히 주의해야 한다.

- ① 수전설비, 전기기기 등에서 감전될 염려가 있는 장소에 대해서는 안전커버, 위험표시나 조명을 충분히 조치한다.
- ② 정전 또는 운전이 끝났을때 및 점검수리시는 반드시 전원스위치를 차단한다. 특히 점검수리시에는 다른 사람이 함부로 스위치를 넣지 않도록 주시시키고 그 내용을 표시 및 인터락한다.
- ③ 작업자의 복장은 되도록 피부가 노출되지 않게 하고 단정히 복장을 착용하고 절연장갑, 절연화 등의 전기절연용 보호장구를 착용한다.

기계설비

무대기계에 있어서 와이어로프와 그 결속 금구의 역할이 상당히 중요한 비중을 차지한다고 해도 과언이 아니다.

• 와이어로프(Wire Rope)

와이어로프는 권양등 운도우분에 사용되는 가장 중요한 부품이며 절단으로 인한 직접 재해에 관련되는 것이므로 점검에는 특히 신중을 기해야 한다.

와이어로프는 사용중 활차, 드럼과의 접촉에 의

한 마모, 반복굽힘에 의한 소선의 피로·절단 및 부식 등에 따라 수명이 좌우된다. 로프의 주유에도 관심을 갖고 정기적으로 실시하여 부식을 방지한다. 와이어로프의 자체검사에서는 와이어로프 1련간에 있어서 소선수(필러선을 제외)의 10% 이상이 절단된 것 및 직경의 감소가 공칭경의 7%를 초과한 것을 사용하면 안된다고 규정되어 있다. 이 절단선 수를 조사하기 위해서는 상당한 숙력을 요하는데 세척유를 브러쉬에 묻혀서 잘 씻고 나서 주의깊게 센다. 보통의 로프는 절단된 소선이 밖으로 거슬러져서 나오지만 비반발성인 것은 나오지 않으므로 밝은 전구로 잘 살펴야 한다. 소선이 꼬임속에서 절단되는 경우는 거의 없다. 소선이 마모 또는 절단되는 곳은 활차의 통과 회수가 많은 부분이며 로프의 전장에 걸쳐 있는 것이 아니므로 최악의 일부를 점검하면 된다.

또 장기간 사용한 로프는 충격에 대해서는 해를 거듭할수록 내력이 약해지고 있으므로 주의해야 한다.

• 활차(홈바퀴)

활차는 로프에 접촉하는 홈부분이 마찰한다. 항상 비스듬하게 당기면 플랜지부도 마모하거나 변형한다.

플랜지에 파손 또는 변형이 생겼을 때는 포르가 벗겨져서 사고를 일으킬 때가 있으므로 반드시 교환해야 한다. 또 재료가 나쁘면 로프의 꼬임과 같이 홈 밑에 그림 8과 같이 자국이 나 있는데 새로운 로프와 교환했을 때는 그 요철이 로프의 수명에 악영향이 미치므로 활차를 교환한다.

점검요령은 다음과 같다.

- ① 활차의 홈의 마모 유무
- ② 활차는 로프를 벗기고 나서 가볍게 손으로 돌아가는가.
- ③ 활차장착 브라켈에 이상은 없는가
 편으로 현수되어 있는 브라켈은 그 자체도 가볍게 움직이는가.
 이상의 사항을 확인한다.

• 체인(Chain)

체인은 안전체인, 조물기구, 현수구 등에 사용되는데 장기의 사용으로 연결부분의 안쪽이 마모한다. 또 전체적으로 가늘게 늘어난다. 균열은 연결부의 겉쪽에 발생하기 쉽다. 수직방향의 중앙에 이음매가 있는 것은 전기저항용접 등으로 붙어져 있는데 이 부분에 균열이 들어 절단될 때도 있다. 이것은 용접방법이 나쁘기 때문이다. 그림 9에서 변형 및 균열상태를 표시한다. 체인은 마모, 변형, 균열에 관해서 주의 깊게 점검해야 한다.

- ① 신장은 당시 체인이 제조 되었을 때의 길이의 5%를 초과하는 것.
 - ② 링크의 단면직경이 제조 되었을 때의 당시 링크의 단면직경의 10% 이상 감소한 것.
 - ③ 균열이 있는 것.
- 이상의 각항에 해당하는 체인은 교환해야 한다. 절단된 체인을 잇거나 볼트를 끼워서 사용하면 안된다.

• 링, 샤편

이것 들도 체인과 같은 주의를 하면 되는데 심하게 변형되어 있는 것. 균열이 생긴 것은 사용하지 안된다. 샤편은 핀을 넣거나 빼거나 해서 사용하는 것도 있는데 핀의 작용이 확실한가를 확인해야 한다.

결론

재해를 예방하기 위해서는 사람과 기계 설비와 조작성, 환경에 잠재되어 있는 위험성을 종합적으로 통제하는 안전관리 중심으로 무대설비를 계획 설계하고, 그 특성에 따라 발생 가능성이 있는 모든 위험을 예측해서 기술적으로 안전에 관한 사전 평가가 충분히 이루어진 후에 절대로 살수가 없도록 안전조치를 취하여(Foolproof and Failsafe) 제작, 설치해야 하고 이와 같이 안전설계된 기계 설비 또는 시설을 점검 및 유지의 기술을 통해서 안전관리를 해야 할 것이다. 