

## 반사판 광학형상 설계기술

김 훈 <강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수>  
김 기 훈 <강원대학교 전기공학과 대학원 박사과정>

### 1. 반사판 형상 설계의 중요성

조명기구는 광원의 배광 및 광색을 변환하는 기능을 갖고(광학적 기능), 이들 광원을 고정하고 보호하며(기계적 기능), 전원을 접속하기 위하여 필요한 모든 요소를 갖춘(전기적 기능)기구를 말한다. 조명기구는 위와 같은 세 가지 기능을 수행하기 위하여 램프 및 안정기를 수납하고, 기타 반사판 및 기계적 장치들을 포함하고 있으며, 이것들 외에 부수적으로 디자인 적인 관점에서의 아름다운 외형을 제공하는 장식적인 기능 또한 포함하고 있다.

이러한 조명기구는 이제까지 전기적 기능에 대한 여러 가지 규정과 함께 기계적, 열적 성능에 대한 시험만이 수행됨으로서 광학적 기능에 대한 고려는 무시되어 왔다. 즉, 램프의 배광을 일반적으로 바로 조명에 이용하기에는 적합하지 않으나, 이를 조명기구에 수납하여 그 배광분포를 조명에 적합한 형태로 바꾸어 줌으로써, 최선의 효율과 실내 분위기를 창출할 수 있음에도 불구하고, 그 광학적 기능을 설계하고 평가하는 어떠한 수단도 표준화되거나 규정되어 있지 않아서, 이 분야의 연구와 개발이 전혀 수행되고 있지 않은 결과를 가져온 것이다.

실제로 램프와 안정기의 개발을 통해 제품의 효율

을 10[%] 이상 향상시키는 것은 현재의 기술로는 매우 어렵고 많은 비용이 요구되지만, 저효율 조명기구에 대하여 반사판의 광학형상 설계기술로서 효율을 10[%]이상 향상시키는 것은 상대적으로 쉽고 싸게 이루어 질 수 있다[1].

### 2. 반사판 재료의 광학적 특성

조명용 반사판을 성공적으로 설계하기 위한 디자인의 주요 필수 조건은 반사판의 기하학적 구조에 대한 이해는 물론이고, 반사판 재료의 광학적 특성에 대해서도 풍부한 지식을 지니고 있어야 한다.

전자파복사(Electromagnetic-Radiation)가 반사판에 입사하면 여러 광학적 현상 중 한 가지 또는 그 이상의 현상이 복합적으로 수반된다. 이러한 현상을 반사판 형상을 설계할 때 이용하는 데 있어 중요한 순서로 열거하면, 반사(Reflection), 투과(Transmission), 흡수(Retention), 선택반사(Selective Reflection), 파장변환(Regradiation), 굴절(Refraction), 편광(Polarization) 순이다.

이들 중 반사가 반사판의 형상 설계에서 가장 많이 이용되므로 반사와 프리즘이나 렌즈의 설계 시 이용되는 투과와 굴절을 중점적으로 다루고, 그 외의 광학

적 현상에 대해서는 간략히 살펴보는 것으로 한다.

## 2.1 반사

반사는 경면반사(Specular Reflection)와 확산반사(Diffuse Reflection) 그리고 경면 반사의 일종인 전개반사(Spread Reflection)로 구분할 수 있다. 또한 모든 물질은 위의 특성을 복합적으로 가지고 있으며 이를 복합반사(Combination Reflection)라 한다. 보통 입사광의 50[%]이상을 흡수하면 흡수체로 간주하고 50[%]이상을 반사하면 반사체로 간주한다.

### 2.1.1 경면반사(Specular Reflection)

경면 반사판의 경우는 반사면의 법선에 대하여 입사각과 반사각이 같고, 입사광과 면의 법선, 반사광이 동일 평면에 있다. 반사면은 미시적으로 매우 평탄하며, 확산이 거의 없는 거울과 같은 면으로서 반사판의 형상이 반사광의 분포를 결정한다. 조명기구에 사용되는 경면 반사판의 경우 약 60-95[%]의 입사광을 경면 반사하게 된다. 경면 반사판에 사용되는 금속으로는 알루미늄, 금, 은, 동 등이 있고 알루미늄이 가격이 저렴하므로 많이 사용된다. 또한 은은 특성이 좋으나 자외선에 약하고, 금과 동은 IR, Red 영역에서 알루미늄보다 성능이 좋으나 동은 공기 중에서 빨리 변색된다.

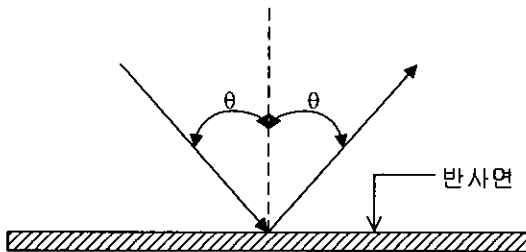


그림 1. 경면반사(Specular Reflection)

### 2.1.2 확산반사(Diffuse Reflection)

확산 반사판은 입사광이 어떠한 각도로 입사하더라도, 반사광을 cosine 패턴으로 반구 전체에 확산시

키는 면으로서, 입사각에 관계없이 어떤 방향에서 보아도 휘도가 같다. 이러한 면을 완전확산면이라고 하며 실제로 완전확산을 하는 물질은 없으나, 광속측정을 위한 적분구 내의 도장에 이용되는 산화마그네슘은 완전확산에 가까운 반사를 한다.

반사광의 분포는 표면 재질과 보는 각도에 따라 매우 다르며, 반사판의 형상이 넓은 반사광의 분포에 그리 영향을 주지 못한다.

실제 조명용 반사판에 사용 가능한 확산면으로는 법랑(porcelain enameled steel), 흰색 페인트 면, 산화마그네슘, 산화 티타늄 등이 있다. 확산 반사면도 일정 부분 경면 반사 성분을 포함하고 있으며, 이것은 어떤 응용분야에 있어서는 매우 곤란한 요소가 될 수 있기 때문에 연마(abrading), 부식(etching), 굽기(flocking)등의 처리를 하여야 한다. 확산 반사면은 세밀한 빔 조절은 되지 않지만, 넓은 작업면에 빛을 반사시킬 때 값싸게 이용할 수 있다. 반사판의 형상은 반사광의 분포에 그리 영향을 주지 못하기 때문에 주로 외관 및 비용에 의해서 형태가 결정된다.

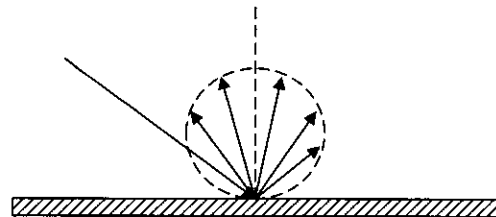


그림 2. 확산반사(Diffuse Reflection)

### 2.1.3 전개반사(Spread Reflection)

전개반사는 경면반사의 일종으로서 반사광을 한정된 각도에서 퍼뜨릴 수 있다. 즉 입사빔을 제한된 각도 내로 넓혀서 반사시킨다.

전개반사는 경면 반사판에 patterning, figuring, embossing, ribbing, peening, shot blasting등의 처리를 하여 얻을 수 있으며, 경면 금속에 화학적 에칭을 하게 되면 확산 성분이 가미되어 좋지 않으나, 광택

이 나는 경면 반사판에 pattern을 넣으면 원하는 대로 빛을 제어할 수 있다. 그림 3은 전개반사의 예를 나타내고 있으며, 그림 4는 경면 반사판에 구형 peen 처리를 한 경우의 빔의 퍼짐(spread)각을 나타낸다. 빔의 퍼짐각은 식(1)로부터 구할 수 있으며, 식(2)와 (3)의 유도과정을 통하여 구형 peen의 반경을 구할 수 있다.

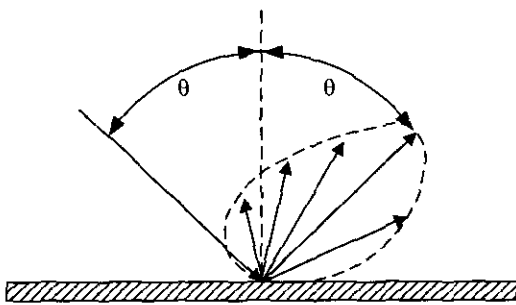


그림 3. 전개반사(Spread Reflection)

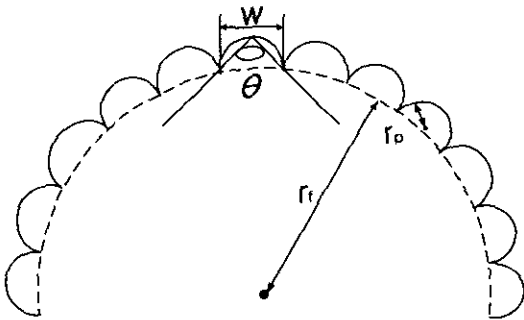


그림 4. 경면 반사판에서의 구형 peen 처리를 통한 빔의 퍼짐(spread)각

그림 4에서

$$\frac{\theta}{2} = \sin^{-1} \frac{w}{2r_p} \pm \sin^{-1} \frac{w}{2r_f} \quad (1)$$

와 같이 되고, 여기에서

+ : bumps

- : dents

$\theta$  : 반사빔의 최대 퍼짐(spread) 각

w : 요철부분의 직경

$r_p$  : peen 면의 반경

$r_f$  : peening된 반사판의 곡률 반경을 의미한다.

식(1)은 경면 반사판에 구형요철로서 균일한 spread 반사광을 만들 때 편 반경을 구하기 위한 일반식이다. 식 (1)에서 만일 반사면에 peen이 없으면  $r_p = \infty$  이다. 식(1)은

$$r_p = \frac{r_f}{\left[ \left( \frac{2r_f}{w} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \sin \frac{\theta}{2} \pm \cos \frac{\theta}{2}} \quad (2)$$

와 같이 되고, w가  $r_f$ 에 비해서 매우 작으면

$$r_p \approx \frac{1}{\frac{2}{w} \sin \frac{\theta}{2} \pm \frac{1}{r_f} \cos \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

과 같이 된다[2].

#### 2.1.4 복합반사(Combination Reflection)

대부분의 실용적으로 사용되는 반사면들은 그림 5와 같이 경면 반사와 확산반사가 혼합되어 있는 형태의 반사를 한다. 그러므로 반사광의 분포는 반사면의 재질과 바라보는 각도에 따라 매우 다르게 나타난다. 예를 들면 석양의 포장도로를 해를 향하여 바라보면 경면 반사 성분으로 인하여 매우 빛나 보이지만 해를 등지고 보면 검게 보인다. 이것은 경면 반사 성분과 바라보는 각도의 영향을 나타내는 것이다. 그림 5는 복합반사의 예를 나타내고 있다.

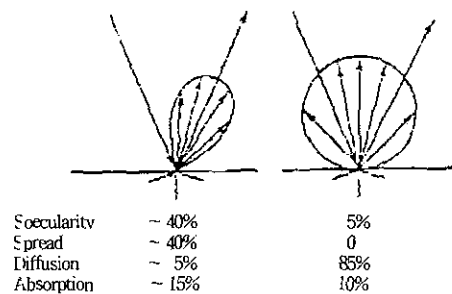


그림 5. 복합 반사 특성

### 2.2 투과 및 굴절

빛이 한 매질에서 다른 매질로 입사하여 투과하는 경우, 각 매질의 고유 특성에 따라 결정되는 특정 각도만큼 그 진행 방향이 바뀌게 된다. 이를 굴절이라 하고, 투명한 매질에서는 입사광 중 반사되지 않은 빛은 매질을 투과하며, 이때 입사각과 굴절각 사이에는 그림 6에서 보는 바와 같이

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (4)$$

의 Snell's Law 가 성립된다.

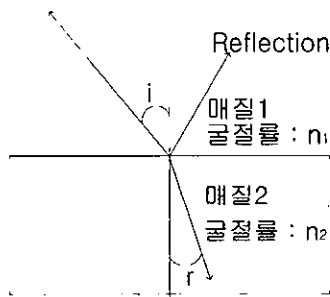


그림 6. 투과 및 굴절과 반사

굴절에 관한 스넬의 법칙은 프리즘의 설계에서 사용된다. grazing angle(Brewster angle)보다 작은 각도로 빔이 경면에 입사하였을 때 반사, 투과, 흡수빔의 비는 경면의 색뿐만이 아니라 입사각도에 의해서 결정된다. 투명한 경면 매질에 수직 입사 시 반사 비는 Fresnel의 유도에 의해서

$$\rho = \frac{1}{2}(A + B) = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)} \right] \quad (5)$$

이 된다. 여기에서

$$r = \sin^{-1}(n_1 \sin i / n_2)$$

$\rho$  : 투명 매질의 표면 반사율

A : 입사면의 편광량(종파)

B : 입사면에 수직 편광량(횡파)

i : 입사각

r : 굴절각

$n_1, n_2$  : 매질의 굴절률

이다. 공기 중에서 수직으로 빛이 입사하면  $i=0, n_1=1$  이 되고,  $n_2$ 를  $n$ 이라 하면

$$\% \text{ reflection} = \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \times 100 \quad (6)$$

### 2.3 흡수와 파장변환(Regradiation)

흡수는 방사에너지가 열에너지로 바뀌는 것을 말하며, Regradiation은 흡수된 파장의 방사 에너지를 제외한 나머지 파장의 방사 에너지가 Stockes' Law에 의해 보통 더 긴 파장의 에너지로 변환되는 것이다. 형광물질을 사용하여 자외선을 가시광으로 변환하는 수는 램프에서 많이 사용된다.

### 2.4 선택반사(Selective Reflection)

Selective Reflection에는 유리 위에  $TiO_2$ 와  $SiO_2$ 를 다층 코팅한 Dichroic Coating 과 입사빔을 정해진 비율만큼만 반사하고 나머지는 손실 없이 투과시키는 일종의 광학소자인 Transflectors가 있다.

Dichroic 코팅은 적외선을 반사시키고 가시광선을 투과시키는 Hot Mirror와 반대로 가시광선을 반사시키고 적외선은 투과시키는 Cold Mirror가 있다.

## 3. 반사판의 형상

특정 용도에 사용할 수 있는 반사판의 형상은 거의 무한한 가짓수가 있으므로, 그 설계도 대단히 어

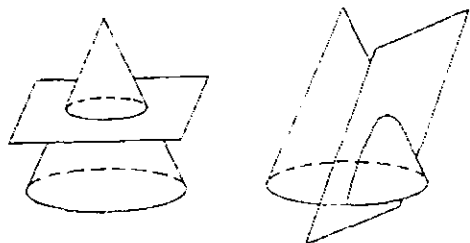
려운 일이 된다. 물론 반사판의 사용용도에 따라 선택은 제한된다. 설계의 면에서 보면, 반사판의 형상은 기본형상과 일반형상의 두 종류로 구분된다.[3, 4]

기본형상은 수학적으로 그 동작을 예측할 수 있고, 기하학적으로 작도가 가능한 것을 말하며, 일반형상은 여러 가지 배광곡선 특성을 만족시키면서 기본형상과 일치하지 않는 것을 말한다.

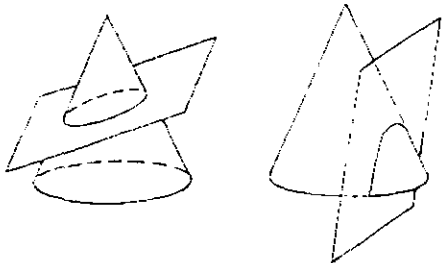
### 3.1 기본형상

모든 기본형상은 평면과 원뿔이 교차하여 형성된다. 그림 7은 원뿔을 평면으로 임의의 방향으로 절단할 때 나타나는 모양들을 나타내는 것으로 이를 대칭축에 대해 180° 회전시킴으로서 얻어지는 모양은 구형, 포물형, 타원형, 쌍곡선형의 4가지가 있다.

이러한 형상의 반사판은 대개 광학적으로 매우 작은 크기의 광원을 수납한 조명기구에서 엄밀한 배광을 얻고자 하는 경우에 이용된다. 그러나 대개의 실내 조명용으로 사용되는 광원인 형광램프는 그 크기가 백열전구나 할로겐 램프에 비하여 매우 크므로 기본



(a) 원(구형반사판) (b) 포물선(포물형반사판)



(c) 타원 (타원형반사판) (d) 쌍곡선 (쌍곡선형 반사판)

그림 7. 기본형상의 종류

형상을 그대로 적용하는 경우 엄밀한 배광을 유지하기 어려울 뿐만 아니라 기구효율도 매우 떨어진다.[5]

#### 3.1.1 구형 반사판

구형 반사판은 두 초점에서의 거리가 일정한 점들의 궤적으로서 타원형 반사판의 두 초점이 일치하는 특수한 경우로 볼 수 있다. 구형 반사판에서의 빛의 경로는 그림 8의 (a)에서와 같이, 초점상의 점광원을 떠난 모든 빛은 반사되어 출발점으로 다시 되돌아온다. 보통의 경우는 그림 8의 (b)와 같이 점광원이 아닌 광원이 수납되므로 빛의 경로는 왜곡된다.

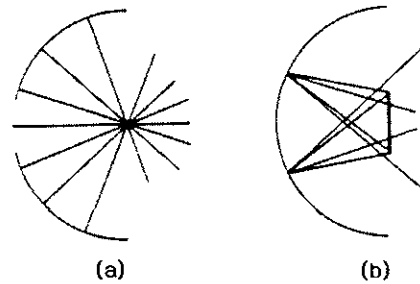


그림 8. 구형 반사판에서의 빛의 경로

구형 반사판은 실제의 경우에 있어 에너지가 집중되어 광원이나 유리구를 손상시키는 일이 있으므로 좋지 않다. 이 반사판은 그림 9와 같이 영사기 등에서 렌즈로 집광된 빛의 양을 증가시키기 위하여 이용된다.

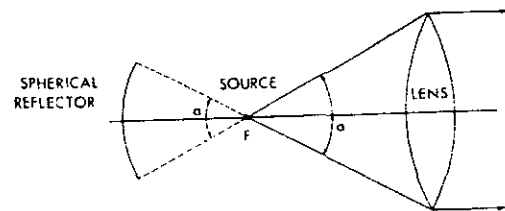


그림 9. 영사기에서 구형 반사판의 이용

#### 3.1.2 포물형 반사판

포물형 반사판의 기본적인 특징은 그 초점에 있는 광원에서 나온 빛을 그 대칭축에 평행한 방향으로

반사시킨다는 것이다.

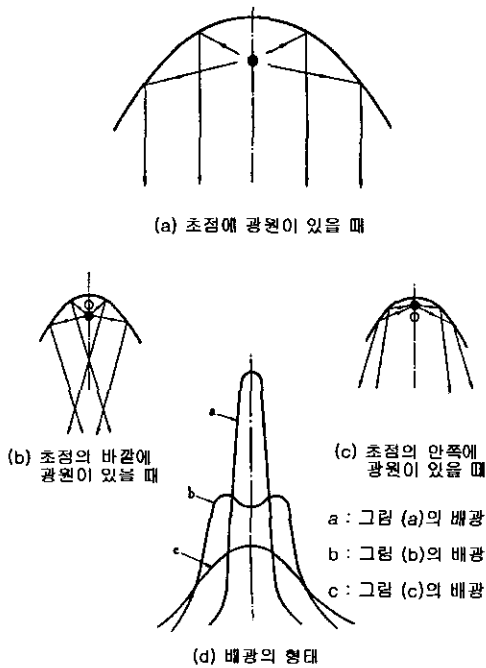


그림 10. 포물면 반사판의 반사광 분포

점광원이 완벽한 포물선거울의 초점에 있을 때, 그 광원에서 방사되어 반사판에서 반사되는 모든 빛은 축에 평행한 방향을 갖게 된다. 점광원과 완벽한 포물선이라는 이상적인 경우는 달성할 수 없거나와 바람직하지도 않다. 그림 10은 초점과 점광원의 위치에 따른 반사광의 분포를 보인 것이다.

### 3.1.3 타원형 반사판

타원형 반사판은 제어된 확산광의 빔을 발생시키거나 렌즈를 이용하여 제어하기 위하여 빛을 모으는데 유용한 수단이다. 그림 11에서 보인 타원은 다음 식으로 표현된다.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (7)$$

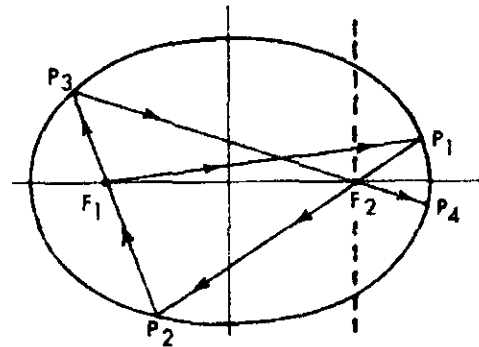


그림 11. 타원형 반사판과 반사광의 방향

완전한 타원형을 이룬 반사판내의 한 초점  $F_1$ 에 점광원이 놓여 있는 경우, 광원에서 나온 빛이 거울상의 한 점에 입사하면, 이 빛은 반사하여 다른 초점  $F_2$ 를 경유하게 된다. 만약 거울을  $F_2$ 의 위치 또는  $F_1$ 부근의 위치에서 절단하면  $F_1$ 에 있는 광원에서 나온 빛은 직접 또는 한번의 반사만을 거쳐 나오게 된다.

그림 12는 점광원과 초점의 위치에 따른 반사광의 분포를 보인 것이다.

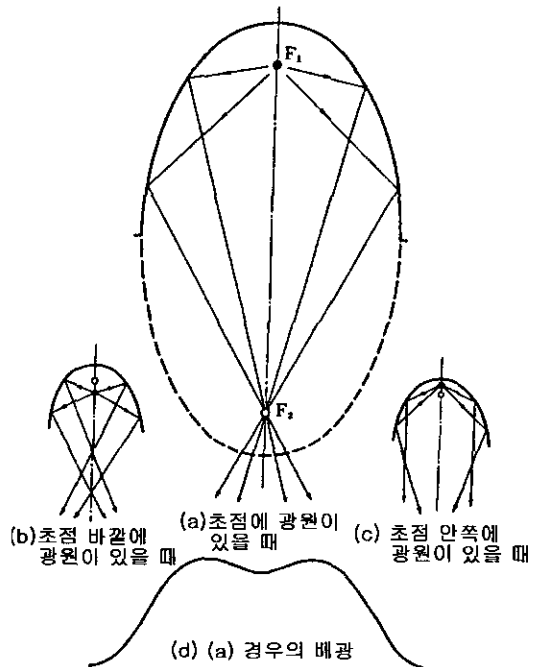


그림 12. 타원형 반사판의 반사광 분포

### 3.1.4 쌍곡선형 반사판

타원형 반사판에서 전형적인 확산광은 쌍곡선형 반사판으로도 만들 수 있다.

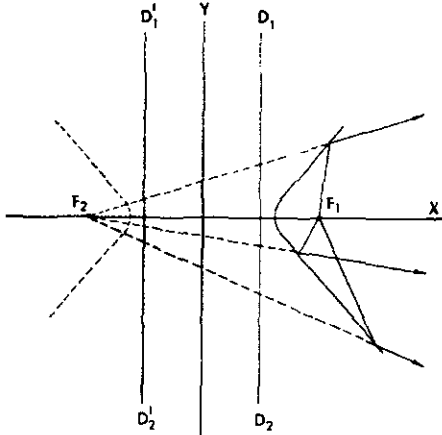


그림 13. 쌍곡선형 반사판

이 둘의 차이는 타원형은 초점의 앞에 실상을 만드는데 비하여, 쌍곡선형은 그림 13과 같이 초점의 뒤에 허상 F2를 만드는데 있다.

쌍곡선의 식은

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (8)$$

과 같다[6].

### 3.2 일반형상

많은 경우에 있어, 반사판은 수학적으로 설계할 수 있다. 그러나 일반적으로는 수학적 방법만으로는 부족하며, 원하는 배광곡선과 반사판 재질의 특성에 따라 반사판의 형상을 결정하여야 한다.

반사면 재질이 완전확산에 가까운 경우에는 반사판의 형상이 배광분포에 거의 영향을 미치지 못한다. 반사광만의 배광분포는 거의 원형에 가까우며 여기에 광원에서 나오는 직사광의 배광을 더하여 전체 조명기구의 배광분포를 얻을 수 있다. 단, 반사판의

아래부분이 광원에서의 빛을 적게 받는 경우가 많으며, 이 경우 반사광 중에서 위쪽 방향의 성분이 상대적으로 많이 감소하여 반사광 배광이 원형으로 되지 않게 된다. 설계자는 전체 반사판 형상을 변경시키는 외에 다른 대안이 없다[7].

배광제어가 충분히 행해지는 경면반사판을 이용한 반사판 설계는 미국과 일본의 조명학회에서 각각 설계방법을 제시하고 있으며 그 근본 개념은 같다. 여기에서는 반사판의 형상 설계법을 원격작업 및 근접작업으로 나누어서 설명한다. 일반적으로 작업면에서 조명기구까지의 거리가 조명기구 최대 폭의 5배를 넘으면 원격작업으로 볼 수 있다.

## 4. 반사판 형상의 설계

### 4.1 원격 작업용 반사판 설계

원격 작업용 반사판의 형상 설계를 위해서는 먼저 목표 배광을 결정하여야 한다. 목표배광은 주어진 조명기구의 각 모서리의 끝점 좌표와 Cut-Off Angle이 설정된 후 결정한다.

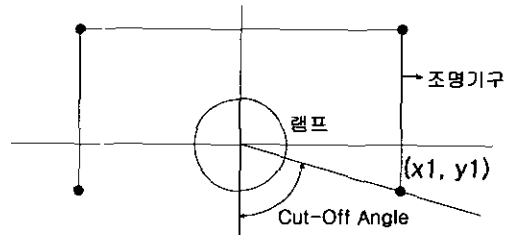


그림 14. Cut-Off Angle과 시작점

목표 배광이란 반사판이 Cut-Off Angle의 범위 내에서 주어진 조명상황의 요건을 만족시키기 위해 빛을 보내야 하는 배광의 형태를 미리 결정하는 것을 말한다. 이것은 Cut-Off Angle의 범위 내에서 이 조명기구로 조명되는 작업면의 각 위치에 원하는 조도를 입력하였을 때 거리의 역제곱 법칙에 의해서 광도를 계산하는 것으로 결정할 수 있다. 반사판의 형상은 이러한 목표배광을 만족시킬 수 있도록 설계되

어야 하고 반사판 형상을 설계할 때, 반사판 좌표의 시작점은 그림 14에서와 같이  $(x_1, y_1)$ 이 된다.

반사판의 기울기 및 좌표를 구하는 방법은 그림 15에서와 같이 반사빔이 정해진 반사판의 변화각  $d\theta_{r1}$ 의 중심에서 원하는 목표 배광의 방향  $\beta$ 로 향하도록 하면,

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha + \beta}{2} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \theta_{r2} + \frac{d\theta_{r1}}{2} \quad (10)$$

$$\tan \gamma_1 = \frac{r_1 \cos \theta_{r1} - r_2 \cos \theta_{r2}}{-r_1 \sin \theta_{r1} + r_2 \sin \theta_{r2}} \quad (11)$$

따라서,

$$r_2 = r_1 \cdot \frac{\cos \theta_{r1} + \tan \gamma_1 \cdot \sin \theta_{r1}}{\cos \theta_{r2} + \tan \gamma_1 \cdot \sin \theta_{r2}} \quad (12)$$

그러므로

$$\begin{aligned} x_2 &= r_2 \cos \theta_{r2} \\ y_2 &= r_2 \sin \theta_{r2} \end{aligned} \quad (13)$$

가 된다.

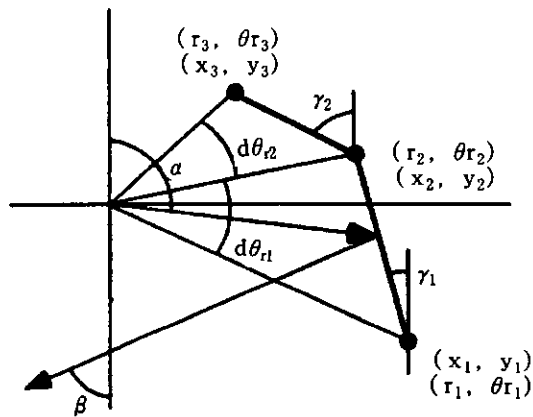


그림 15. 반사판의 기울기 및 좌표 결정

위의 과정을 통하여 구한 좌표에서 반사판 기울기에 수직인 직선이 광원과 만나는 가를 확인하기 위해서는 그림 16과 같이 광원의 중심에서 반사판에 직각인 직선에 수선을 그어 이의 거리  $d$ 가 광원의 반경보다 작으면 안 된다.

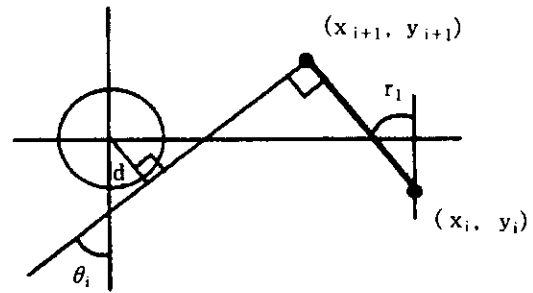


그림 16. 반사빔과 광원의 마주침

$$d = (x_{i+1} - y_{i+1} \cdot \tan \theta_i) \times \cos \theta_i \quad (14)$$

여기서  $d$ 가 램프 반경보다 크면 반사빔이 광원으로 되돌아가지 않으므로 좌표  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ 는 허용이 되나, 램프 반경보다 작으면 다음의 과정을 통하여 새로운 좌표를 결정한다. 즉, 반사빔이 광원과 만나게 되면 반사판 기울기에 수직인 선을 광원과 접하도록 하여 그때 반사판과의 교점  $(x'_{i+1}, y'_{i+1})$ 을 새로운 좌표로 결정한다. 그 값은 그림 17에서 보는 바와 같이 다음과 같다.

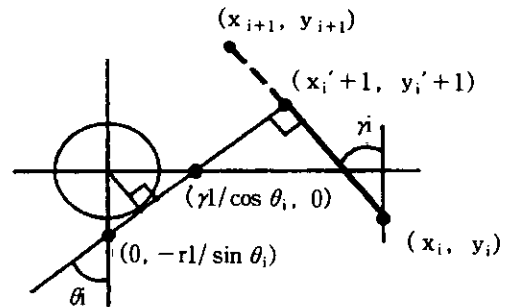


그림 17. 새로운 반사판 좌표의 결정



$$x'_{i+1} = \frac{\left( \frac{y_i x_{i+1} - y_{i+1} x_i}{x_{i+1} - x_i} + \frac{rl}{\sin \theta_i} \right)}{\left( \frac{1}{\tan \theta_i} - \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \right)} \quad (15)$$

$$y'_{i+1} = \frac{x'_{i+1}}{\tan \theta_i} - \frac{rl}{\sin \theta_i} \quad (16)$$

위와 같은 과정을 반복하여 반사판의 형상을 결정하면 목표 배광 각도를 전부 계산하여도 반사판의 여유가 생기게 된다. 따라서 마지막 점도 반사법이 광원과 마주칠 때의 과정처럼 끝점에서 반사판 기울기에 수직한 직선이 광원과 접하도록 한다.

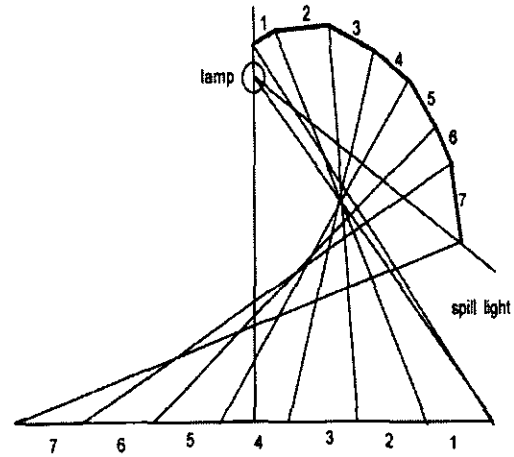


그림 18. 광속배분

#### 4.2 근접 작업용 반사판 설계

원격 작업면을 조명하기 위해서는 반사판의 크기는 작업면과의 거리에 비하여 무시할 수 있으므로 조명기구를 점광원으로 취급할 수 있으나, 작업면과의 거리가 반사판 직경의 5배 보다 더 가까우면 이러한 가정은 더 이상 성립하지 않게 된다. 그러므로 반사판 크기 자체가, 반사판 상의 한 점으로부터 대응하는 작업면상의 한 점까지 반사되는 반사각을 결정하는 것이 중요한 요소가 된다. 이것을 결정하기 위해서는 광원으로부터의 광속을 반사판의 각 구역에서 각각의 작업면 구역에 할당하여야 할 광속으로 배분함으로써 이루어 질 수 있다.

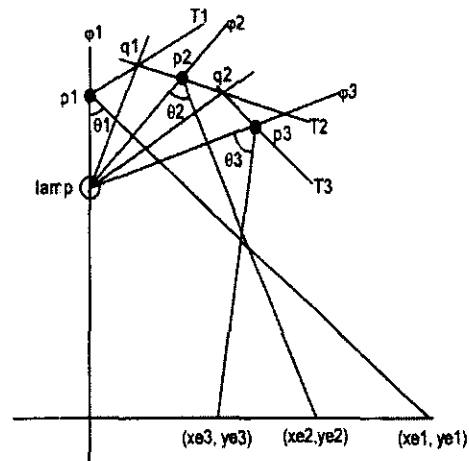


그림 19. 근접작업용 반사판 형상 설계

근접작업용 반사판 형상 설계는 그림 19와 같이 원점에 광원을 위치시킨 다음 임의의 p1 점을 정하고 p1에서 작업면(xe1, ye1)으로 직선을 그린다. 그 다음  $\theta_1$ 의 이동분선에 직각인 접선 T1(기울기  $\gamma_1$ )을 그리고, 반사판의 처음 변화각의 이동분선과 T1의 교점 q1에서 접선 T2를 다시 그린다. 그 다음 T2(기울기  $\gamma_2$ )와 반사판의 처음 변화각을 이루고 있는 아래쪽 직선과의 교점 p2를 정하면 된다. 단 이때 T2는  $\theta_2$ 의 이동분선에 직각이어야 한다. 같은 방법으로 p3, p4, ... 를 구한 다음, 반사판의 높이가 원하는 값이 되도록 p1점을 변화시킨다.

### 5. 설계 사례

#### 5.1 터널용 고효율 반사판의 개발

기존의 터널조명은 고효율의 터널조명용 반사판의 성능이 부족하여 불균일한 조도 균제도, 터널 내의 플리커 현상, 심한 눈부심 등으로 운전자의 시야상태를 저해할 뿐만 아니라 낮은 기구효율로 인한 낮은 조명률과 높은 에너지의 소비 등, 적지 않은 문제점을 가지고 있다. 이에 따라서 터널용 조명시설에 적

합하고 기존 터널조명에서의 문제점들을 해결하기 위한 반사판의 형상 설계기술을 적용하여 고효율, 고성능의 터널용 조명기구의 반사판을 개발하였다. 터널 조명용 반사판 형상의 개발로 기존의 터널조명이 갖고 있던 문제점들을 어느 정도 해결하였고, 기구자체 효율이 10[%]이상 상승함으로써 에너지 절감과 조명효과의 상승을 가져왔다. 뿐만 아니라 기구대수의 저감으로 시설비를 절감할 수 있었다[8].

### 5.2 인텔리전트 빌딩의 공간 특성을 고려한 배광결정과 형광등기구 설계

공간의 효율적 조명시스템의 설계를 위해서는 그 공간의 물리적 조건들과 작업의 내용 등을 고려하여 표준적인 상황을 규정하고, 그 상황에서 가장 유용한 조명환경을 찾아내어 표준화하여야 한다. 특히, 인텔리전트 빌딩에서는 OA기기의 도입으로 인한 VDT (Visual Display Terminal) 작업환경, 취업인구의 고령화 등의 특성을 고려한 조명계획이 요구되며, 이러한 조명계획을 구현할 수 있는 조명기구를 제작할 필요가 있다. 이러한 것들을 위해서 인텔리전트 빌딩의 공간별 특성을 분석하고 표준공간을 선정하여 각 기능공간의 특성에 적절한 조명설계를 구현할 수 있도록 형광등기구를 개발하였다. 개발한 형광등기구는 일반 사무공간용의 배트윙형 형광등기구, 복도 및 엘리베이터 공간용 형광등기구, 측면작업이 활발한 곳에 적합한 비대칭형의 화장실용 및 계단용 형광등기구, VDT 작업환경에 적합한 루버붙임형 형광등기구 등이다.

지식정보산업의 핵심공간으로 자리매김하고 있는 인텔리전트 빌딩의 주요공간별 특성을 분석하여 이를 조명기구 설계에 반영한 결과, 합리적이고 효율적인 조명기구를 설계할 수 있었고, 더 나은 조명환경을 제공할 수 있었다. 그러나 배광결정과 조명기구 설계의 의도가 보다 완전하게 공간에 적용되기 위해서는 다양한 설치 방식에 대한 연구와, 기구 설계와 제작 사이의 오차를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다[9].

## 6. 결 론

반사판의 광학설계 기술로 주어진 조명요건에 맞는 최적의 조명상황을 실현할 수 있었으며, 조명기구의 효율을 향상시킴으로써 에너지의 절감을 가져왔다. 현재 강원대학교에서는 조명기구의 광학설계와 관련하여 HID기구 및 투광기 등의 3차원 비대칭 복합형상 반사판 설계와 Fresnel 렌즈, 프리즘 렌즈 등의 설계에 대한 과제를 수행 중에 있다.

### 참 고 문 헌

- (1) 赤塚美津雄, “最近の照明器具の技術動向と展望”, 照明學會誌, 第81卷 第4号, 1997, pp. 306-307.
- (2) WILLIAM B. ELMER, “The Optical Design of Reflectors”, TLA Lighting Consultants, Inc., 1989, pp. 27.
- (3) IESNA, Lighting Handbook 8th edition, IESNA, 1993.
- (4) 照明學會, Lighting Handbook, オーム社, 1987.
- (5) 藤井信弘, “照明器具の規格・基準との整合”, 照明學會, 第81卷 第4号, 1997, pp. 308-312.
- (6) Joseph B. Murdoch, “ILLUMINATION ENGINEERING”, MACMILLAN, 1985, pp. 396-417.
- (7) 정세훈, “형광등기구용 경면 반사판의 광학설계 프로그램 개발”, 강원대학교, 1999, pp. 4-5.
- (8) 김 기훈, 황 재산, 윤 미림, 김 율, “터널용 고효율 조명기구 반사판의 개발”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 2, 2001, pp. 131-136.
- (9) 이 정욱, 김 흥범, 안 종성, 김 훈, “인텔리전트 빌딩의 공간특성을 고려한 배광결정과 형광등기구 설계”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 15, No. 3, 2001, pp. 254-261.

### ◇ 著 者 紹 介 ◇



**김 훈(金 煥)**  
1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1983년 2월 서울대 공대 전기공학과 석사 졸. 1988년 서울대 공대 전기공학과 박사 졸. 1993년 호주 국립대학 방문 교수. 현재 강원대 공대 전기전자정보통신공학부 교수, 당학회 편수 이사.



**김 기 훈(金 紀 勳)**  
1970년 4월 24일생. 1997년 2월 강원대 공대 전기공학과 졸. 1999년 2월 강원대 공대 전기공학과 석사 졸. 현재 강원대 공대 전기 공학과 박사과정.