

## 형광등기구용 경면 반사판의 광학설계 프로그램 개발

Development of the Specular Reflector Optical Design Program  
for Flourescent Luminaires

정 재 훈\* : 강원대학교 전기공학과 석사과정  
진 상 규 : 영동공대 전기공학과 조교수  
김 훈 : 강원대학교 전기공학과 교수

**Abstract** - 형광등용 조명기구에 사용되는 경면 반사판의 형상설계 프로그램(SpeROD)을 개발하였다.

이 프로그램은 조명기구 설계시의 많은 시행착오를 줄이고 설계시간을 단축시키며, 손쉽게 조명기구를 설계할 수 있게 도와준다.

SpeROD(Specular Reflector Optical Design er)는 2차원적인 형상설계 과정을 밟으며, 대칭형태의 반사판을 기초로 한다. SpeROD의 주요 관점은 배광의 만족과 효율의 개선이다.

SpeROD를 이용하여 설계된 반사판형태에 대하여 배광예측 프로그램을 통하여 배광을 시뮬레이션 해 본 결과, 배광면에서는 만족스러운 결과를 얻을 수 있었으며, 효율면에서도 상당한 진전을 가져올 수 있었다.

SpeROD는 조명기구 반사판 설계시 간편화와 신속화에 도움을 줄 것이다.

## 1. 서 론

조명기구는 조명시스템 중에서 실질적인 조명 효과를 지배하는 가장 중요한 요소로서 전기적 기능, 기계적 기능, 광학적 기능을 수행한다. 이중 조명기구의 가장 중요한 기능은 광학적 기능으로서 이를 통하여 조명의 전반적인 효과와 성능이 좌우된다.<sup>[1]</sup>

현재까지는 조명시스템의 에너지 효율 상승이나 성능개선에 대한 연구개발이 광원이나 안정기에 많이 치중되어 있는 상태이며, 조명기구에 대해서는 디자인측면에 치중되어 왔

다.<sup>[2]</sup>이 논문은 조명기구의 성능과 효율을 개선하기 위한 광학설계기법에 대한 연구결과를 서술한 것이다.

기존 조명기구의 설계는 설계자의 경험과 직관에 많은 부분을 의지하여 왔으므로, 조명기구 설계시 많은 시행착오가 있었으며, 설계시간도 오래 걸렸다. 또한 미국이나 일본 등 조명분야의 선진국 쪽에서는 그들 나름의 조명기구 설계 절차를 규정해 놓고 있는 상태<sup>[3]~[6]</sup>이나 우리나라에서는 아직까지 규정이 되어 있지 않은 상태이다. 또한 형상이 설계된 조명기구의 배광과 효율을 예측하는 프로그램들은 상당히 많이 실용화 되어 있는 상태이지만, 실제적인 조명기구의 형상 설계 프로그램은 실용화 되어 있지 않다.

이 논문은 컴퓨터 프로그램에 의해 조명기구 설계에 많은 경험이 없더라도 쉽게 반사판의 광학적 설계를 할 수 있도록 하고, 더 나아가 우리나라의 조명기구 설계 절차를 새로이 규정하기 위한 취지에서 쓰여졌다. 프로그램의 검증에는 상용화된 배광예측 프로그램인 Field를 이용하였다.

## 2. 본 론

## 2.1 SpeROD의 구성

그림 1은 SpeROD의 BlockDiagram을 묘사한 것이다. SpeROD는 경면 반사판을 이용한 흡통형태의 좌우대칭형 형광등용 반사판을 설

제할 수 있도록 작성되었다.

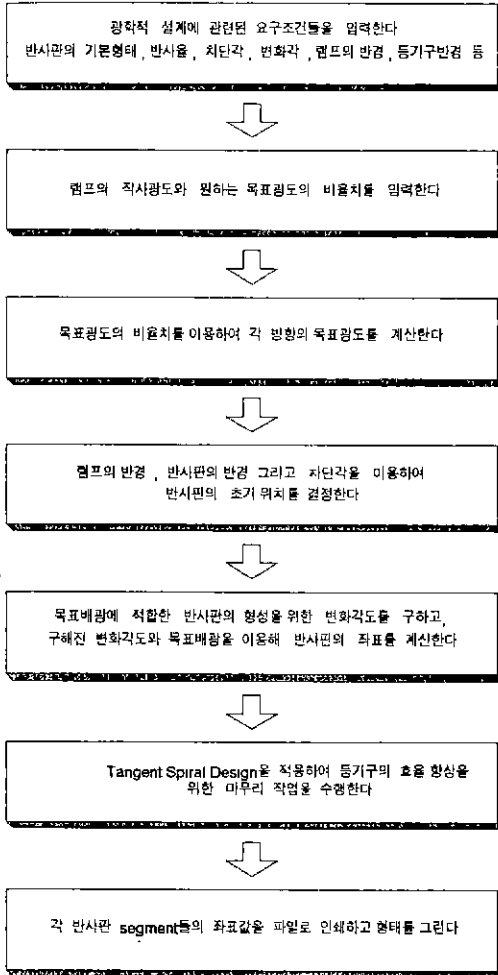


그림 1. SpeROD의 BlockDiagram

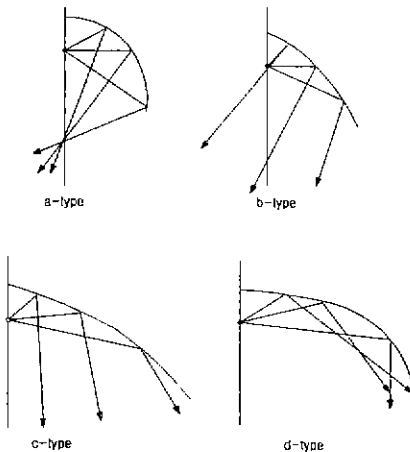


그림 2. 반사판의 기본형태

## 2.2 SpeROD의 부분별 기능

### (1) 설계조건 입력부분

#### 1) 반사판의 기본형태

반사판의 기본형태로는

- ① 목표배광의 직하방향의 광속을 램프광속의 개구부측에서 제공할 것인가 소켓측에서 제공할 것인가
- ② 반사광이 중심축을 통과할 것인가 아닌가

에 따라 4 종류가 있고, 반사판의 기본형상은 그림 2와 같이 된다. 조명기구로서의 제약조건(크기, 디자인등)에 따라 그 종류를 결정하여 반사판 설계를 행한다. b-type과 같은 형태는 반사광의 많은 부분이 램프를 통과하는 결점이 있으며, c나 d-type의 형태는 반사각이 일반적으로 커지는 경향이 있다.

#### 2) 목표배광의 입력

목표배광은 원하는 방향에 따라, 직하방향 광도에 대한 비율치로 입력한다.

### (2) 반사판의 초기 위치 결정

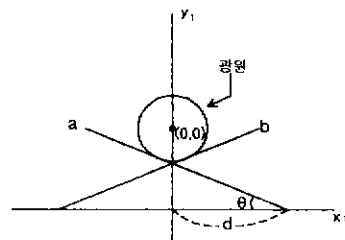


그림 3. 반사판의 초기위치 결정

그림 3의 거리 d는 등기구 폭의 반이 되고, 각  $\theta$ 는  $(90 - \text{차단각})$ 이 된다.

그림 3과 같이 초기광원의 위치를 결정하면 차단각 이상으로는 직사광 및 반사광이 없게 된다.

### (3) 목표광도의 절대치 구하기

$$I_k = C_k I_k$$

( $I_k$ : 목표광도,  $I_k$ : 목표광도 비율치,  $C_k$ : 비례상수)

- ① 조명기구로부터 방사되는 총광속을 구한다.

$$F_{tot} = F_{tot-1} + ((\rho \times F_{tot-2}) \times 0.95)$$

( $F_{tot}$ : 조명기구의 총광속,  $F_{tot-1}$ : 목표방향의 직사광속의 합,  $F_{tot-2}$ : 반사판으로 향하는 램프광속의 합,  $\rho$ : 반사율)

- ② 각방향의 목표광도 비율치를 이용하여 목표광속의 비례치  $F_{want}$ 를 구한다.

- ③ 비례상수  $C_k$ 를 구함.

$$C_k = \frac{F_{tot}}{F_{want}}$$

- (4) 반사판 설계

- ① 직사광도를 이용 직사광속을 구한다.

$$F_k(\theta) = \frac{(I_k(\theta) + I_k(\theta - \Delta\theta)) \times (\theta - \Delta\theta)}{2}$$

- ② 목표광도를 이용 목표광속을 구한다.

$$F_k(\theta) = \int_{\theta - \Delta\theta}^{\theta} 2\pi I_k(\theta) \cos(\theta) \sin(\theta) d\theta$$

- ③ 직사광도와 목표광속을 이용 반사광속 (반사에 의해 추가되어야 할 광속)을 구한다.

$$F_r(\theta) = F_k(\theta) - F_k(\theta)$$

- ④ 램프의 빛 중에서  $\theta_R$ 로부터  $\theta_R + \Delta\theta_R$ 의 범위에서  $\theta$ 방향의 반사광을 분담하는 양을 구하는 식을 이용 반사판의 변화각도인  $\Delta\theta_R$ 를 구함

$$F_r(\theta) = \rho I_k(\theta_R) \times \Delta\theta_R$$

( $\rho$ : 반사판의 반사율)

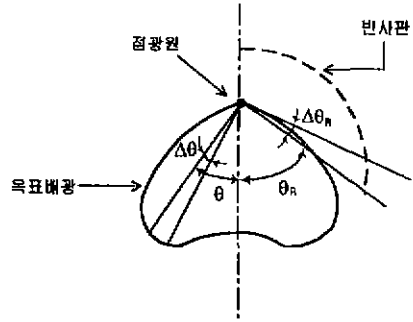


그림 4. 반사판 설계

- ⑤ 구하여진  $\Delta\theta_R$ 범위 안의 직사광을 목표하는 방향으로 반사할 수 있도록 반사판의 기울기를 결정

- (5) 반사판의 마무리 절차

Tangent Spiral Design 을 이용한다.

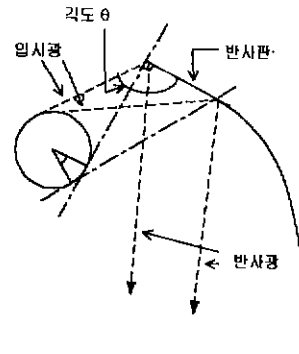


그림 5. Tangent Spiral Design

그림 5에서 보이듯이 광원의 어느 각도에서의 광선도 Tangent spiral design<sup>[8]~[9]</sup>에 의해 새롭게 형성된 반사판과 이루는 각도  $\theta$ 가 둔각을 이루기 때문에 광원 쪽으로는 되돌아가지 않는다.

### 3. 설계된 반사판의 형태 및 성능

- 1) 균일배광을 내는 반사판 설계결과

- ① 반사판 형태

- 그림 2의 a-type을 이용

- 목표배광은 각방향으로 균일한 광도값을 입력

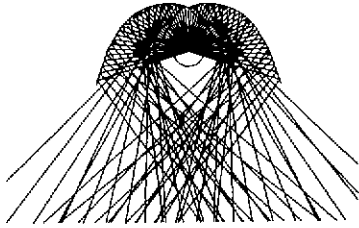


그림 6. 균일배광 반사판의 Raytracing 결과

② 3차원 형태

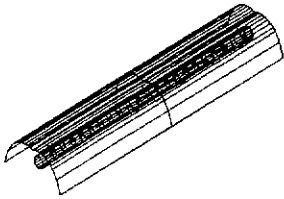


그림 7. 균일배광의 반사판 3차원 형태

③ 균일배광 반사판의 시뮬레이션 결과

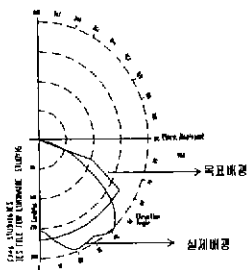


그림 8. 균일배광의 시뮬레이션 결과

그림 8에서 목표배광과 시뮬레이션 결과인 배광과의 차이는 Tangent Spiral Design 부분에서 반사된 빛이 증가분으로 작용한 것 때문이다.

2) Batwing 반사판 설계결과

① 반사판 형태  
- a-type 이용

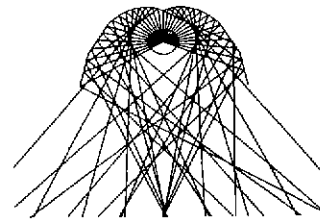


그림 9. Batwing 반사판의 Raytracing 결과

② 시뮬레이션 결과 배광

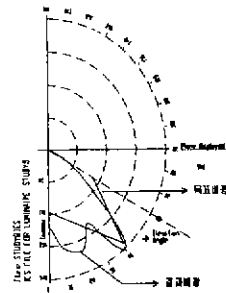


그림 10. Batwing 배광의 시뮬레이션 결과

그림 10에서 목표한 배광과 시뮬레이션 결과를 비교해 본 결과 Tangent Spiral Design 부분에 의해 수직각 30°이하에서 배광이 증가한 것을 알 수 있었다.

3) Tangent Spiral Design 부분의 삭제

Tangent Spiral Design 부분이 배광에 미치는 영향을 알아보기 위해 이 부분을 제거한 상태로 시뮬레이션을 해 보았다.

① 반사판 형태

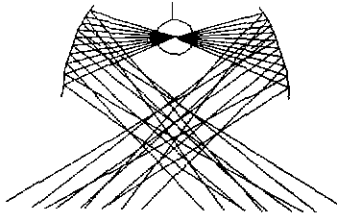


그림 11. Batwing 배광의 반사판 중 Tangent Spiral Design 부분 삭제 형태의 Raytracing

② 시뮬레이션 결과

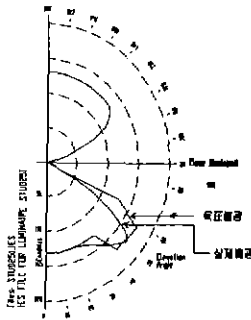


그림 12. Tangent Spiral Design 부분 삭제 시의 Batwing 형태의 시뮬레이션 결과

4. 결 론

배광예측 프로그램 Field를 이용해 설계된 반사판의 광학특성을 시뮬레이션 해 본 결과 배광면에서는 상당히 만족할 만한 결과를 얻었으나, 현재 SpeROD는 2차원 대칭 형태를 기준으로 하는 한계로 인하여 효율면에서는 아직 연구가 더 진행되어야 한다. 효율 향상을 위해서는 3차원적인 해석이 필요하다. 또한 반사판 설계의 마무리단계에 이용한 Tangent Spiral Design은 램프로 되돌아 가는 빛을 막는 효과로 효율면에서는 우수하나, 이 부분의 배광제어가 아직은 미비한 상태이며 계속 연구되어야 한다. 이 부분의 연구가 이루어 진다면 배광과 효율면에서 더욱 수준 높은 설계가 이루어 질 수 있을 것이다. 앞으로 Tangent Spiral Design의 배광제어의 연구를 계속할 것이며, 더 나아가 3차원적인 조명

기구 설계에 관한 연구를 계속 진행해 나갈 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 지철근, “조명원론”, 문운당, 1996.
- [2] 김훈, “조명기구에서의 에너지 절감과 효율표시 방안”, 조명·전기설비학회지, 제12권 제2호, pp. 42~47, 1998. 6.
- [3] 池田紘一, “照明器具反射笠の設計と配光制御”, 照明學會誌, 第81卷 第4号, pp.318~321, 1997.
- [4] 佐藤光治·松下信夫, “照明器具の 光學設計に あけるコンピュータ利用”, 照明學會誌, 第66卷 第12号, pp. 550~553, 1982.
- [5] 照明學會, “LightingHandbook”, 오ム社, 1987.
- [6] IES LIGHTING HANDBOOK, 1984.
- [7] 김창섭, “CAD를 이용한 HIDLamp용 반사기구의 설계”, 서울대학교 석사학위논문, 1985.
- [8] William B. Elmer, “The Optical Design of Reflectors”, TLA Lighting Consultants Inc., Salem, MA., 1989.
- [9] US Patent 4,729,075, “Constant Zone Reflector for Luminaires and Method”, 1985.