

선박용 실내조명기구의 배광에 따른 불쾌글레어 분석

(Analysis of Discomfort Glare by luminous intensity distribution of Marine Indoor Luminaires)

조상희* · 김근율 · 유영문**

(Sang-Hee Cho · Kun-Yul Kim · Young-Moon Yu)

Abstract

In this paper, tried to find out the proper luminous intensity distribution for the cabin with low-level height by analyzing the changing tendency of discomfort glare according to luminous intensity distribution of marine indoor luminaires using Unified Glare Rating(UGR). First, we analyzed UGR of the indoor luminaires in the existing cabin, and then evaluated influence on luminous intensity distributions of marine indoor luminaire. The results showed that $\cos^2\theta$ distribution got almost low UGR results regardless of height and UGR 16.5 in cabin height of 2m. However, Gaussian distribution with the same beam angle showed that UGR results consistently increased by getting lower height and UGR 20.7 in the same height. In conclusion, the $\cos^2\theta$ distribution in consideration of luminous intensity on the direction of observer's eye was appropriate for general cabin indoor luminaires because it decreased UGR in the low-level height.

Key Words : Discomfort Glare, Luminous Intensity Distribution, $\cos^2\theta$ distribution, UGR, Marine Indoor Luminaire

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

선박의 실내 환경은 일반 육상의 거주 환경과 비교하여 층고가 낮고 공간은 협소하며, 또한 24시간 조명을 점등하면서 생활하는 공간이 대부분이다. 선박의 재실자는 오랜 시간을 실내에서 작업하고 이용하므로 밝기, 눈부심, 색온도 등의 조명환경이 중요하다. 건강한 실내조명환경을 조성하기 위해서는 실내의 밝기, 에너지 소비 등과 같은 단순한 물리적이고 정량적인 접근뿐만 아니라 재실자의 쾌적성을 해치지 않는

* 주저자 : 부경대학교 LED-해양 융합기술 연구센터
** 교신저자 : 부경대학교 LED-해양 융합기술 연구센터 센터장
* Main author : Pukyong National University
LED-Marine Convergence Technology
R&BD Center
** Corresponding author : Pukyong National
University LED-Marine Convergence
Technology R&BD Center, Professor
Tel : 051-629-7770, Fax : 051-629-7780
E-mail : ymyu@pknu.ac.kr
접수일자 : 2014년 1월 13일
1차심사 : 2014년 1월 16일
심사완료 : 2014년 3월 10일

빛을 제공하기 위한 질적인 접근이 함께 이루어져야 한다[1].

현재 실내 공간에서 시작업에 미치는 영향을 평가하는 방법 중 불쾌글레어를 분석하는 방법이 널리 사용되고 있다.

불쾌글레어는 시지각을 방해하지는 않지만, 심리적인 불쾌감을 유발하여 재실자의 쾌적성을 해치는 상태를 의미한다[2].

본 논문에서는 선박의 실내 조명환경에 주로 적용된 조명기구를 대상으로 조명설계 소프트웨어인 Reluxpro를 이용하여 조명기구의 배광이 불쾌글레어에 미치는 영향을 분석하여 불쾌글레어를 저감시킬 수 있는 최적 배광을 도출하는 것을 목적으로 하였다.

2. 이론고찰

2.1 불쾌글레어

IESNA에서는 글레어를 시야 내에 있는, 눈이 순응된 휘도보다 더 큰 휘도에 의해 발생된 감각으로서, 성가심, 불쾌감 또는 시각 성능과 가시성의 손실을 야기하는 상태로 정의하고 있다[3].

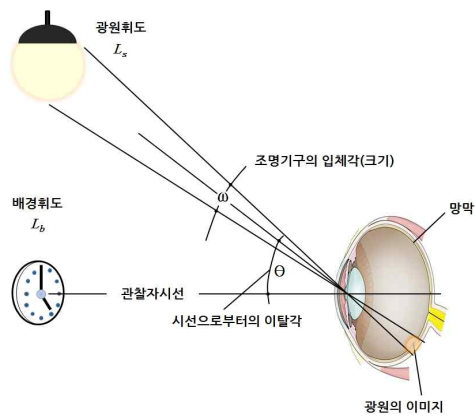


그림 1. 불쾌글레어에 영향을 주는 요인
Fig. 1. Influential factors on discomfort glare

글레어는 크게 시각적으로 대상을 인지하는 능력을 저하시키는 불능글레어와 눈부심 등으로 인해 심리적

으로 불쾌감을 주어 작업능률 하락 및 감성적 측면에 영향을 주는 불쾌글레어로 나눌 수 있으며 불능글레어를 기준으로 하는 도로조명과는 달리 실내조명에서는 일반적으로 불쾌글레어를 고려한다. 불쾌글레어에 영향을 미치는 요소는 조명기구로부터 관측자 방향으로의 휘도, 광원 휘도를 제외한 배경휘도, 광원의 시각적 크기, 조명기구와 관측자 시선 사이의 상대적인 위치, 조명기구의 배광 등이 있다. 광원의 휘도와 크기가 증가할수록, 배경휘도가 감소할수록, 조명기구가 관측자의 시선에 가까울수록 불쾌글레어는 증가한다. 이러한 영향량들을 다음 그림 1에서 보이고 있다[4-5].

2.2 불쾌글레어 평가법

현재 일반적으로 적용되고 있는 불쾌글레어 평가법은 북미조명학회(IESNA)의 VCP(Visual comfort Probability)와 국제조명위원회(CIE)의 UGR(Unified Glare Rating) 두 가지이다. VCP는 보통 미국에서만 사용되고 있으며, 보다 보편적인 불쾌글레어 평가법으로 UGR이 사용되고 ISO기준으로 채택되어 사용되고 있다[5].

UGR은 일반적으로 10부터 30 사이의 값으로 나타내며, UGR 값이 높을수록 심한 불쾌글레어를, 낮을수록 불쾌글레어가 별로 없음을 나타낸다[6].

불쾌글레어를 평가하는 가장 기본적인 매개변수는 광원의 크기, 배경 휘도, 광원의 휘도, 관측자와 광원의 상대적 위치이다. UGR 값은 이러한 매개변수를 이용하여 식 (1)과 같은 평가식에 의해 계산되며, 불쾌글레어의 평가기준과 UGR 값은 아래 표 1과 같다[2,7].

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L_s^2 \omega}{P^2} \right] \quad (1)$$

L_b : 주변의 배경휘도(cd/m^2)

L_s : 관측자 위치에서 바라 본 각 조명기구의 발광면 휘도(cd/m^2)

ω : 관측자 위치에서 바라 본 조명기구와 이루는 입체각(sr)

P : 각 조명기구에 대한 구스(Guth)의 위치지수

표 1. 불쾌글레어의 평가기준과 UGR 값
Table 1. Criteria of discomfort glare and UGR index

불쾌글레어 평가기준	UGR
Just intolerable(참을 수 없는)	31
Uncomfortable(불편한)	28
Just uncomfortable(단지 불편한)	25
Unacceptable(받아들일 수 없는)	22
Just acceptable(받아들일 만한)	19
Perceptible(감지할 수 있는)	16
Imperceptible(감지할 수 없는)	10

3. 시뮬레이션

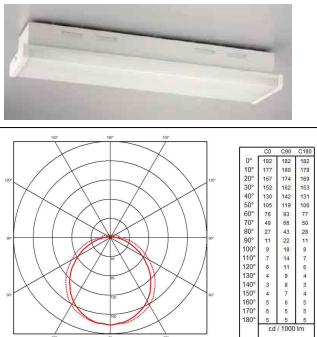
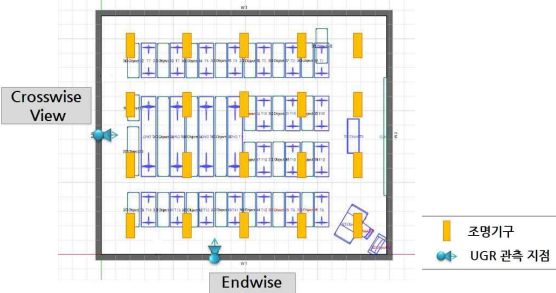
3.1 시뮬레이션 조건

본 연구에서는 먼저 현재 일반 선실에 사용되고 있는 조명기구의 배광을 적용하여, UGR 평가를 수행하였다.

먼저 불쾌글레어의 발생 정도를 선실공간과 육상의 일반 주거공간과 비교 평가해보기 위하여 층고의 높이에 따른 UGR 값을 알아보았다.

조명설계 시뮬레이션 조건은 표 2와 같다. 시뮬레이션 공간은 선박 내의 선실로써 강의실로 이용되는 곳으로 조명기구에 의한 UGR 차이를 확연히 알아보기 위해 비교적 큰 공간으로 설정하였다. 반사율은 시뮬레이션에서 사용되는 일반적인 반사율로 설정하였고, 조도 측정면은 작업면 높이(0.75m)로 설정하였으며, 유지보수율은 0.8(자주 유리관리가 이루어지는 깨끗한 방)으로 설정하였다. 현재 설치된 조명기구의 실제 배광데이터를 이용하여 실에 설치된 조명기구 위치에 맞게 배치하였으며, 동일한 면적과 조명기구 배치에서 층고의 변화만 주어 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 각 경우의 평균조도가 IES RP 12-97 일반 선실 기준 약 200lx가 되도록 조명기구의 광속값을 조정하였다[8]. 시뮬레이션 후 불쾌글레어(UGR)를 평가하였다.

표 2. 시뮬레이션 조건
Table 2. Condition of lighting simulation

실크기	9.9m(W) □ 8.3m(L) □ 1.8~3.6m(H) [0.2m씩 높이 변경]	
반사율	천장 : 70%	벽체 : 50% 바닥 : 20%
목표조도	200lx(±10%)	
조도측정면	0.75m	
유지보수율	0.8 (very clean room, low yearly usage)	
UGR 관측지점	Crosswise View	x=dimension endwise and y=dimension crosswise, H=1.2m
	Endwise View	x=dimension crosswise and y=dimension endwise, H=1.2m
조명기구 사진 및 배광		
	시뮬레이션 평면도 및 UGR 관측 지점	
		

크로스वाई즈뷰는 조명기구와 가로방향을 바라보는 시점(시점각도 : 좌우 15°), 엔드वाई즈뷰는 조명기구와 세로방향을 보는 시점(시점각도 : 좌우 15°)이며, 두 가지 관측지점의 시선 높이는 바닥으로부터 1.2m를 유지하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

3.2.1 층고 높이에 따른 불쾌글레어(UGR) 평가
 층고의 변화만 주어 수행한 결과, 다음 표 3, 그림 2와 같이 나타났다.

표 3. 시뮬레이션 결과
 Table 3. Results of lighting simulation

층고(m)	시뮬레이션 결과		조명기구
1.8	UGR	C.V.	24.4
		E.V.	23.0
2.0	UGR	C.V.	23.7
		E.V.	22.3
2.2	UGR	C.V.	23.2
		E.V.	21.9
2.4	UGR	C.V.	22.7
		E.V.	21.4
2.6	UGR	C.V.	22.3
		E.V.	20.9
2.8	UGR	C.V.	21.9
		E.V.	20.6
3.0	UGR	C.V.	21.5
		E.V.	20.3
3.2	UGR	C.V.	21.2
		E.V.	20.0
3.4	UGR	C.V.	20.8
		E.V.	19.7
3.6	UGR	C.V.	20.5
		E.V.	19.4

※ C.V. : Crosswise View, E.V. : Endwise View

시뮬레이션의 결과, UGR 값은 층고가 낮아짐에 따라 크로스와이즈 뷰에서는 20.5에서 24.4로, 엔드와이즈 뷰에서는 19.4에서 23.0으로 증가하였다. 이는 표 4의 ISO 8995에서 권장하는 사무실의 UGR 제한치 19를 초과하는 값으로 제한치에 만족하지 못하였다[9].

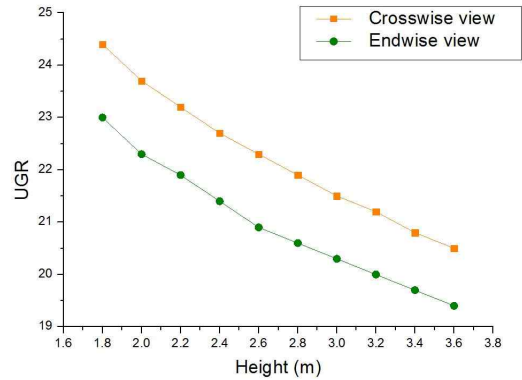


그림 2. 층고에 따른 UGR 값의 상관성
 Fig. 2. Dependence of the UGR on the room height

표 4. 실내조명에 대한 UGR 제한치
 Table 4. Criteria of discomfort glare limitation in interior lighting

Working Area(작업장)	UGR 제한치
Offices(사무실)	19
Drawing rooms(응접실)	16
Washrooms, bathrooms, toilets(샤워장, 화장실)	25
Passage ways(통로)	28
Industrial work, fine(좋은 산업작업)	22
Industrial work, medium(보통 산업작업)	25
Industrial work, rough(힘든 산업작업)	28

3.2.2 배광 분포 변화에 따른 불쾌글레어 (UGR) 평가

현재 선실에서 사용되고 있는 조명기구의 경우 층고 높이가 낮아짐에 따라 UGR 값이 크게 증가함을 알 수 있다. 일반적으로 UGR은 대략 조명 기구 설치 높이에 반비례하며 관측자 방향으로의 광도에 비례한다고 할 수 있다. 따라서 조명기구의 높이에 따른 UGR의 변화는 배광분포에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 만일 높이가 낮아짐에 따라 광도가 더 큰 쪽으로 감소한다면 UGR은 높이가 낮아지더라도 오히려 감소할 수도 있다. 그러나 현재 설치된 조명기구는 높이가 낮아짐에 따라 관측자 방향으로의 광도는 크게 감소하지 않

선박용 실내조명기구의 배광에 따른 불쾌글레어 분석

기 때문에 결과적으로 UGR이 크게 증가한 것으로 예상된다. 따라서 관측자 방향으로의 광도에 따른 UGR 값의 영향 정도를 평가할 필요가 있으며 이를 위하여 조명기구의 배광에 따른 UGR 값을 계산하였다. 배광의 요소 중 먼저, 확산각에 따른 UGR 값을 평가하기 위하여 $\cos^n\theta$ 함수에서 n을 1~2까지 변화시키며 시뮬레이션을 하였다. 아래 표 5는 n이 1~2까지 변화에 따른 확산각을 나타내고 있고, 시뮬레이션을 수행한 결과는 표 6과 같다.

표 5. $\cos^n\theta$ 의 n값에 따른 확산각
Table 5. Beam angle by n value of $\cos^n\theta$

n	확산각
1.0	120
1.2	112
1.4	105
1.6	99
1.8	94
2.0	90

표 6. $\cos^n\theta$ 의 n값에 따른 확산각에 따른 UGR 결과
Table 6. UGR results of beam angle by n value of $\cos^n\theta$

층고 (m)	시뮬레이션 결과	n					
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
1.8	C.V.	22.0	20.7	19.3	17.9	16.7	15.6
	E.V.	21.9	20.4	19.1	18.3	17.0	15.8
2.0	C.V.	22.0	20.8	19.5	18.4	17.5	16.5
	E.V.	21.9	20.6	19.4	18.4	17.5	16.6
2.2	C.V.	21.9	20.7	19.5	18.6	17.8	17.0
	E.V.	21.8	20.6	19.6	18.7	17.7	16.9
2.4	C.V.	21.8	20.6	19.5	18.6	17.7	17.0
	E.V.	21.6	20.5	19.4	18.5	17.7	16.9
2.6	C.V.	21.5	20.4	19.5	18.5	17.6	16.9
	E.V.	21.3	20.3	19.3	18.4	17.5	16.8
2.8	C.V.	21.3	20.4	19.5	18.7	17.8	17.0
	E.V.	21.1	20.2	19.3	18.4	17.6	16.8
3.0	C.V.	21.2	20.3	19.4	18.5	17.7	17.0
	E.V.	20.9	20.0	19.2	18.5	17.7	17.0

층고 (m)	시뮬레이션 결과	n					
		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
3.2	C.V.	21.0	20.1	19.3	18.5	17.8	17.1
	E.V.	20.7	19.8	19.1	18.3	17.6	16.9
3.4	C.V.	20.8	20.0	19.2	18.5	17.7	17.0
	E.V.	20.4	19.7	18.9	18.1	17.4	16.7
3.6	C.V.	20.7	19.9	19.1	18.4	17.7	17.0
	E.V.	20.2	19.5	18.7	18.1	17.4	16.7

※ C.V.: Crosswise View, E.V.: Endwise View

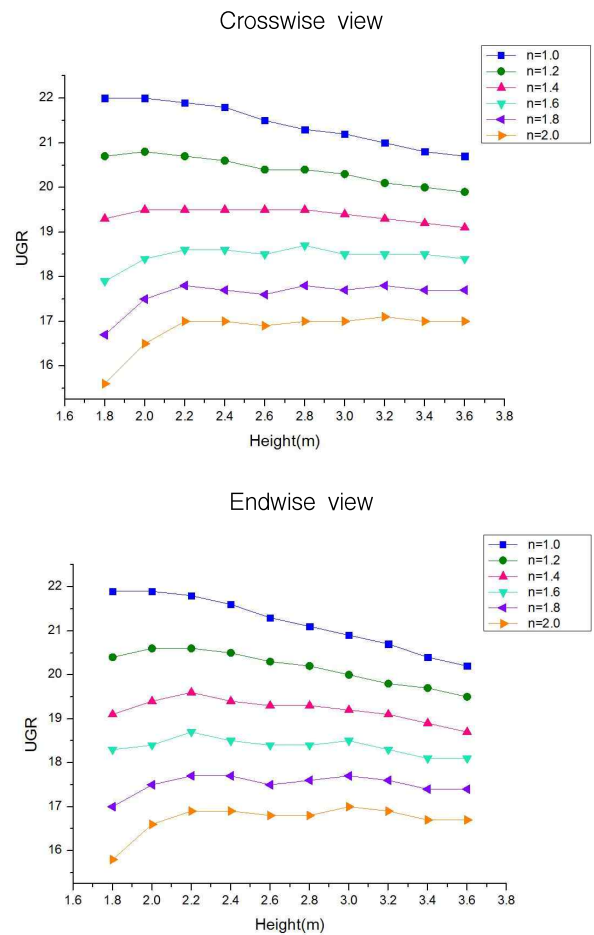


그림 3. 확산각에 따른 UGR 값의 차이
Fig. 3. Dependence of the UGR on the beam angle

시뮬레이션 결과 전반적으로 확산각이 좁을수록 UGR 값이 감소함을 알 수 있다. 이는 관측자 방향의

광도가 감소할 것이므로 쉽게 예상되는 결과이다. 그러나 그림 3에서 볼 수 있듯이 높이에 따른 UGR의 변화는 n값에 따라 다른 경향을 나타내었다. 즉 n=1일 때에는 높이가 낮아짐에 따라 UGR이 증가하는 경향을 보였지만 n이 증가함에 따라 증가율이 떨어져 n=2일 때에는 높이가 낮아져도 거의 일정한 UGR 값을 갖다가 2.2m부터는 높이가 낮아짐에 따라 UGR이 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 $\cos^2\theta$ 배광의 경우 조명기구의 높이가 낮아짐에 따라 관측자 방향으로의 광도가 급격히 감소하기 때문으로 예상된다. 다음으로 배광함수가 UGR에 미치는 영향을 비교 평가하기 위하여 동일한 확산각을 갖으나 다른 배광 모양을 갖는 $\cos^2\theta$ 배광 분포와 가우시안 배광 분포를 비교하였다. 배광 모양은 다음 표 7와 같다. 배광 모양 차이에 따른 UGR 값의 변화를 알아보기 위해 조명설계 시뮬레이션 조건은 표 2와 동일하게 적용하고, 2가지 타입의 배광만 변화시켜 시뮬레이션을 수행하였다. 수행한 결과는 다음 표 8, 그림 4와 같다.

표 7. 2가지 타입의 배광 분포
Table 7. 2 types of luminous intensity distribution

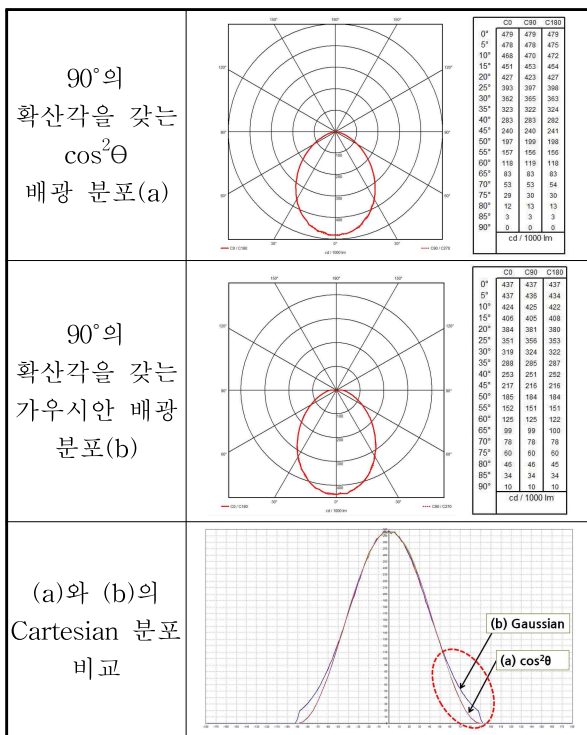


표 8. (a) $\cos^2\theta$ 와 (b) 가우시안 배광 분포 시뮬레이션 결과

Table 8. Results of lighting simulation by (a) $\cos^2\theta$ and (b) Gaussian distribution

층고 (m)	시뮬레이션 결과	(a) $\cos^2\theta$	(b) 가우시안	
1.8	UGR	C.V.	15.6	21.4
		E.V.	15.8	21.1
2.0	UGR	C.V.	16.5	20.8
		E.V.	16.6	20.6
2.2	UGR	C.V.	17.0	20.4
		E.V.	16.9	20.2
2.4	UGR	C.V.	17.0	20.1
		E.V.	16.9	19.8
2.6	UGR	C.V.	16.9	19.7
		E.V.	16.8	19.4
2.8	UGR	C.V.	17.0	19.5
		E.V.	16.8	19.2
3.0	UGR	C.V.	17.0	19.2
		E.V.	17.0	18.9
3.2	UGR	C.V.	17.1	18.9
		E.V.	16.9	18.6
3.4	UGR	C.V.	17.0	18.7
		E.V.	16.7	18.2
3.6	UGR	C.V.	17.0	18.6
		E.V.	16.7	18.1

※ C.V. : Crosswise View, E.V. : Endwise View

시뮬레이션 결과, UGR 값은 $\cos^2\theta$ 배광 분포의 경우 전 층고에서 17 이하로 낮은 UGR 값을 유지한 반면 가우시안 배광 분포의 경우는 층고가 낮아짐에 따라 UGR 값이 커져 1.8m에서는 21.4까지 증가하였다. 이는 가우시안 배광의 경우 $\cos^2\theta$ 배광과 동일한 확산각을 갖고 있지만, 관측자 방향으로의 광도에 주로 영향을 미치는 큰 각에서의 광도가 상대적으로 높고 각이 커짐에 따른 광도의 감소율이 완만하여 $\cos^2\theta$ 배광에 비하여 UGR이 높고 특히 층고가 낮아지는 경우에는 비교적 급격하게 UGR이 높아지는 것으로 사료된다.

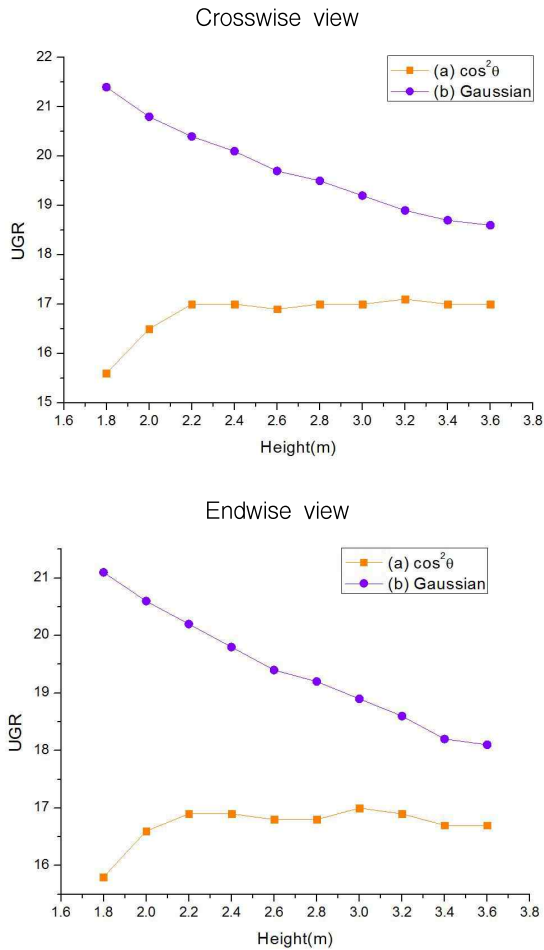


그림 4. (a) $\cos^2\theta$ 와 (b) 가우시안 배광 분포 결과 비교
 Fig. 4. Comparison of the UGR between (a) $\cos^2\theta$ and (b) Gaussian distribution

이를 통하여 조명기구의 높이에 따른 UGR의 변화 양상은 동일한 확산각을 갖더라도 배광분포에 따라서 큰 차이가 나타남을 확인하였다. 특히 $\cos^2\theta$ 배광 분포의 경우 층고가 낮은 경우에도 UGR 값이 15~16으로 낮아 층고가 낮은 선실 환경에 적합한 배광이라 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 선실 등에서 쾌적한 조명 환경을 구축하기 위하여 낮은 층고에서도 불쾌글레어를 낮출 수 있는 조명 기구의 적합한 배광을 찾고자 하였다.

먼저 기존 선실 등에 설치되어 있는 조명기구의 불쾌글레어를 평가하였다. 평가 결과 일반 선실의 높이 2m에서 평균 UGR 23 정도로 기준에 적합하지 않았다. 이에 적합한 배광을 찾고자 $\cos^n\theta$ (n: 1~2) 및 가우시안 배광의 층고에 따른 UGR를 평가하였다. 시뮬레이션 결과, $\cos^n\theta$ 배광의 경우 n=2일 때 층고에 관계없이 17 이하의 전반적으로 낮은 UGR 값을 나타내었으며 특히 2.2m 이하의 층고에서는 층고가 낮아질수록 오히려 UGR이 더 낮아지는 현상을 나타내었다. 반면 $\cos^2\theta$ 와 동일한 확산각을 갖는 가우시안 배광의 경우에는 $\cos^2\theta$ 배광과 비교하여 전반적으로 높은 UGR를 나타내었고 층고가 낮아짐에 따라 UGR이 계속 증가하여 2m 높이에서 UGR이 20을 넘는 값을 나타내었다. 이러한 현상은 조명기구의 배광 분포에서 관측자 방향의 광도에 영향을 크게 미치는 큰 각에서의 광도 값 및 변화 추세의 차이에 따른 결과로 사료된다. 결론적으로, $\cos^2\theta$ 배광 분포를 사용한 조명기구가 낮은 층고에서도 불쾌글레어를 저감시킬 수 있어 선실환경의 실내조명에 적합한 것으로 나타났다. 앞으로 선실 조명을 LED 광원으로 교체 시에는 확산각뿐만 아니라 배광분포를 고려하여 설계하여야 할 것으로 사료된다.

본이 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업(해양 LED 융합기술지원 기반구축 및 상용화 기술개발, 과제번호 : 10037416) 및 2011년도 부경대학교(PK-2011-15)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] S.-R.Park, Evaluation of discomfort glare from non-uniform luminance distribution windows, Department architectural engineering the graduate school, Kyunghee university, 2009.
- [2] CIE 117, "DISCOMFORT GLARE IN INTERIOR LIGHTING", 1995.
- [3] Michelle L. Eble-Hankins PE, LC, and Clarence E. Waters, PhD, PE, VCP and UGR Glare Evaluation System:A Look Back and a way Forward, LEUKOS VOL 1 No. 2, pp 7-38.
- [4] S.-R.Park,W.-W.Kim, J.-T.Kim, Effect of background luminance on the evaluation of discomfort glare from large and small light sources, Architectural Institute of Korea, Vol.25, No.3, 2009.03.

- [5] "Discomfort glare in interior lighting" Collective standard, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 2009.12.
- [6] A.-S.Choi, A study on the comparison of discomfort glare evaluation systems, Architectural Institute of Korea, Vol.17, No.6, 2001.06.
- [7] Y.-S.Kim, A.-S.Choi, Analysis of the change of intensity distribution and luminous environment by reflector shape in indirect reflected LED luminaires, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.25, No.1, pp. 9~17, 2011.01.
- [8] IESNA RP 12-97, "Marine Lighting", Table 3. Illuminance levels for marine lighting tasks, 1997.
- [9] ISO 8995 CIE S008/E Second edition "LIGHTING OF INDOOR WORK PLACES", 2002.

◇ 저자소개 ◇



조상희(趙相希)

1981년 1월 3일생. 2003년 세종대학교 건축공학과 졸업. 현재 부경대학교 LED-해양 융합기술 연구센터 전임연구원.



김근율(金近律)

1969년 5월 14일생. 1995년 고려대학교 물리학과 졸업. 현재 부경대학교 LED-해양 융합기술 연구센터 책임연구원.



유영문(劉永文)

1955년 4월 6일생. 1974년 고려대학교 재료공학과 졸업. 1983년 고려대학교 대학원 재료공학과 졸업(석사). 1994년 고려대학교 대학원 재료공학과 졸업(박사). 현재 부경대학교 전문대학원 LED공학 협동과정(교수). LED-해양 융합기술연구센터 센터장.