

창면의 상하부 휘도차에 따른 글레어 광원의 인식변화

Perception of Glare Source According to the Luminance Difference on a Window Plane

김 원 우* 김 정 태**
Kim, Wonwoo Kim, Jeong Tai

Abstract

The existing discomfort glare models are based on research that was conducted exclusively with uniform luminance sources. It is impossible to apply the models to windows of non-uniform luminance. For evaluating discomfort glare from windows, the method selecting glare source on a window plane is necessary. This study was carried out to propose a practical method to choose glare source from a non-uniform window plane. In the experiment, the perception of glare source according to the luminance difference is examined using a simulated window of non-uniform luminance. The surface of the window is divided into two or three parts, and different luminance is set on each surface. The observers were asked to decide whether the lower part of the window can be perceived as a glare source or not. The result shows that the lower part is perceived as a glare source when the lower part has over 37% of the luminance of the upper part of the window divided into two parts, and when it has over 51% of the luminance of the upper part of the window divided into three parts. The results may be applicable to select the glare source in a window.

키워드 : 불쾌 글레어, 불균일 휘도, 글레어 광원, 창

Keywords : Discomfort glare, Non-uniform luminance, Glare source, Windows

1. 서 론

채광창으로부터 발생하는 불쾌글레어를 평가하기 위한 기존의 대표적인 평가법으로는 Hopkinson이 제안한 Daylight Glare Index (DGI) 평가법¹⁾이 있다. 이 평가법은 균일한 휘도분포를 갖는 대광원을 사용한 실험을 기초로 만들어졌다. 따라서 엄밀히 말하면, DGI 평가법은 불균일한 휘도분포를 갖는 대광원 (예, 채광창) 의 불쾌글레어를 평가하기 위한 평가법이라고 할 수 없다.

채광창으로부터 발생하는 불쾌글레어를 객관적으로 평가하기 위해서는 몇가지 선결해야 할 과제가 있다. 창면의 휘도는 감각적으로 균일한가 불균일한가, 불균일 창면에서 글레어 광원을 추출할 수 있는 방법 구축, 불균일한 휘도분포를 갖는 대광원의 불쾌글레어를 평가할 수 있는 평가법의 구성 등이다.

1972년 Hopkinson이 DGI 평가법을 사용하여 실제의 창에서 불쾌글레어를 평가 했을 때, 창을 통해서 보이는 천공을 균일한 휘도분포를 갖는 글레어 광원으로 보고,

천공의 휘도를 글레어 광원의 휘도로 사용하였다¹⁾. 여기서 두 가지 문제점을 지적할 수 있다. 첫째는 창을 통해서 보이는 천공의 휘도분포가 항상 균일하지 않다는 것이다²⁾. 둘째는 창을 통해서 보이는 지물이 천공보다 높은 휘도를 가질 경우가 있으므로 항상 천공만을 글레어 광원으로 볼 수 없다는 것이다. 이러한 문제점들 때문에 DGI 평가법은 불균일한 휘도분포를 갖는 창면의 불쾌글레어를 적절히 평가하기 어렵다고 할 수 있다.

창면의 불쾌글레어를 평가할 수 있는 새로운 평가법은 불균일 창면에서 글레어 광원을 선별할 수 있는 방법을 포함하고 있어야 한다. 본 연구의 최종 목적은 채광창의 불쾌글레어를 평가할 수 있는 평가법을 제안하는 것이다. 이를 위하여 본 원고에서는, 불균일한 휘도분포를 갖고 있는 창면에서 글레어 광원을 추출할 수 있는 방법 제안하고자 한다. 실험을 통하여 창면의 상하부 휘도차가 글레어 광원의 인식에 미치는 영향을 검토한다.

* 경희대학교 박사후 연구원

** 교신저자, 경희대학교 건축공학과 교수 (jtkim@khu.ac.kr)

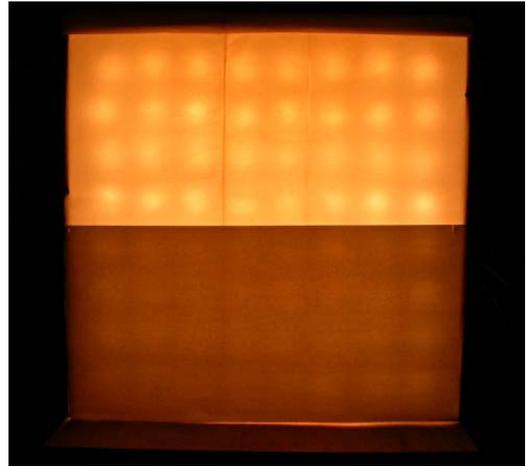
2. 연구방법

2.1 실험장치

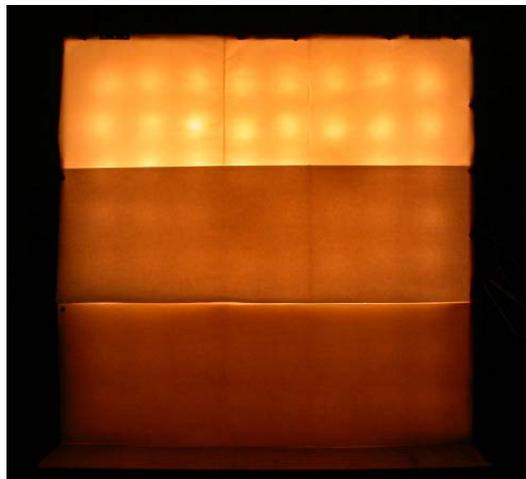
글래어광원으로 사용된 모형창은 90cm*90cm 사각형의 형태를 지니고 있고, 내부에는 64개의 백열전구가 부착되어 있다.

그림 1은 실험에 사용한 모형창을 보여주고 있다. 그림 2는 실험광경을 보여주고 있다. 모형창의 휘도 조절은 모형창 전면에 트레이싱 페이퍼와 모조지를 씌우고 그 매수를 조정함으로써 이루어졌다.

창면에 불균일한 휘도분포를 만들기 위하여 창면을 상하로 2분할 또는 3분할하였다. 그림 3에 모형창의 분할상태를 나타낸다. 각 분할면의 휘도를 조절하여 서로 다른 32휘도조건을 만들었다. 모형창의 입체각 크기는 관측거리를 조절하여 변화시켰다. 관측지점은 모형창 전면으로부터 1m, 1.5m, 3m 떨어진 3지점을 설정하였다. 결국, 휘도조건과 크기조건을 조합하여 총 96조건에서 실험이 진행되었다. 표 1에 실험조건을 나타낸다.



(a) 2분할 창면



(b) 3분할 창면

그림 3. 모형창의 분할상태



그림 1. 모형창

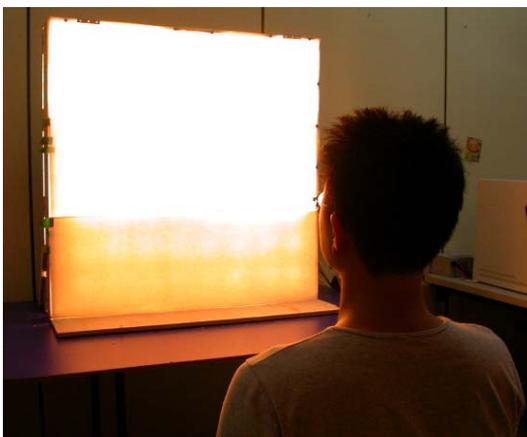


그림 2. 실험모습

표 1. 2분할의 경우 실험조건

No.	상부휘도 [cd/m ²]	하부휘도 [cd/m ²]	휘도비 [-] (하부/상부)	수직면 조도 [lx]		
				관측점1m	관측점1.5m	관측점2.5m
2-1	7,400	7,400	1.00	3,830	2,000	990
2-2	7,400	3,100	0.42	2,730	1,430	782
2-3	7,400	1,780	0.24	2,310	1,330	716
2-4	7,400	900	0.12	2,270	1,260	672
2-5	7,400	60	0.01	2,170	1,190	658
2-6	5,520	3,100	0.56	2,420	1,280	707
2-7	5,520	1,780	0.32	1,960	1,140	630
2-8	5,520	900	0.16	1,900	1,060	573
2-9	5,520	60	0.01	1,660	970	558
2-10	4,540	3,100	0.68	2,060	1,160	644
2-11	4,540	1,780	0.39	1,710	1,020	577
2-12	4,540	900	0.20	1,670	930	517
2-13	4,540	60	0.01	1,340	813	394
2-14	1,780	1,780	1.00	1,120	719	420
2-15	1,780	900	0.51	938	609	384
2-16	1,780	60	0.03	655	454	333

표 2. 3분 할의 경우 실험조건

No.	상부 휘도 [cd/m ²]	중앙부 휘도 [cd/m ²]	하부 휘도 [cd/m ²]	휘도비 [-] (하부/상부)	수직면 조도 [lx]		
					관측점 1m	관측점 1.5m	관측점 2.5m
3-1	7,400	7,400	7,400	1.00	4,190	2,300	1,170
3-2	7,400	7,400	3,100	0.42	3,470	1,890	1,000
3-3	7,400	7,400	1,780	0.24	3,110	1,760	930
3-4	7,400	7,400	900	0.12	3,090	1,700	878
3-5	7,400	7,400	60	0.01	2,810	1,600	859
3-6	7,400	5,520	3,100	0.42	3,020	1,700	900
3-7	7,400	5,520	1,780	0.24	2,830	1,590	866
3-8	7,400	5,520	900	0.12	2,860	1,540	827
3-9	7,400	5,520	60	0.01	2,600	1,470	803
3-10	7,400	4,540	3,100	0.42	2,990	1,580	859
3-11	7,400	4,540	1,780	0.24	2,770	1,550	813
3-12	7,400	4,540	900	0.12	2,420	1,520	730
3-13	7,400	4,540	60	0.01	2,340	1,340	764
3-14	7,400	1,780	1,780	0.24	2,010	1,160	668
3-15	7,400	1,780	900	0.12	1,870	1,120	649
3-16	7,400	1,780	60	0.01	1,670	1,010	614

2.2 관찰자의 특성

실험에 참가한 관찰자는 남자 4명, 여자4명으로 총 8명이었다. 관찰자의 연령은 20~42세이며, 평균연령은 25세였다. 안경을 착용한 관찰자 (3명) 는 벗은 상태에서, 콘택트렌즈는 착용한 관찰자 (1명) 는 착용한 상태로 실험에 임하였다. 관찰자의 시력은 설문으로 조사하였으며, 평균시력은 좌0.7 우0.6 이었다.

2.3 실험순서

관찰자는 모형창 전면의 지정된 위치에 착석한다. 준비된 순응박스 (내부휘도: 100cd/m²) 를 보면서 약 1분간 눈을 순응시킨다. 그 동안 실험자는 표 1의 각 실험조건에 해당하는 휘도를 모형창에 설정한다. 휘도 설정이 완료되면, 관찰자는 모형창의 중앙을 보면서 5초 이내에 창면의 하부가 글레이광원으로 인식되는지를 판단했다.

모형창의 휘도 조건과 크기조건은 실험자가 랜덤하게

제시했다. 5-6회의 평가가 이루어진 후 다시 1분간의 순응 시간을 가졌다. 측정시간은 휴식시간 10분을 포함하여 관찰자 한 사람당 약 40분이 소요되었다.

3. 실험결과 및 분석

표 1,2의 실험조건에 대한 관찰자의 평가를 표 3, 4에 나타낸다. 표 3, 4중의 검출률은 모형창의 하부가 광원으로 인식된다고 응답한 관찰자 수를 비율로 나타낸 것이다. 예를 들어, 표 4의 No.2-2의 경우는 모형창의 휘도비(하부 휘도/상부휘도)가 0.42일 때, 모형창의 하부가 광원이라고 응답한 관찰자는 관측점1m, 1.5m, 2.5m에서 각각 5명, 3명, 4명이다. 검출률은 관찰자 8명 중 하부가 광원이라고 응답한 관찰자 비율로 각각 0.63, 0.38, 0.50 이다.

표 3. 2분 할의 경우 실험결과

No.	휘도비 [-] (하부/상부)	하부를 광원으로 인식한 회수 (검출률)		
		관측점 1m	관측점 1.5m	관측점 2.5m
2-1	1.00	8 (1.00)	8 (1.00)	8 (1.00)
2-2	0.42	5 (0.63)	3 (0.38)	4 (0.50)
2-3	0.24	1 (0.13)	1 (0.13)	2 (0.25)
2-4	0.12	1 (0.13)	1 (0.13)	0 (0.00)
2-5	0.01	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.13)
2-6	0.56	7 (0.88)	7 (0.88)	6 (0.75)
2-7	0.32	3 (0.38)	3 (0.38)	6 (0.75)
2-8	0.16	1 (0.13)	2 (0.25)	3 (0.38)
2-9	0.01	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.13)
2-10	0.68	7 (0.88)	7 (0.88)	7 (0.88)
2-11	0.39	6 (0.75)	7 (0.88)	6 (0.75)
2-12	0.20	4 (0.50)	3 (0.38)	3 (0.38)
2-13	0.01	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.13)
2-14	1.00	8 (1.00)	8 (1.00)	8 (1.00)
2-15	0.51	7 (0.88)	6 (0.75)	5 (0.63)
2-16	0.03	2 (0.25)	1 (0.13)	3 (0.38)

No.	휘도비 [-] (하부/상부)	하부를 광원으로 인식한 회수 (검출률)		
		관측점 1m	관측점 1.5m	관측점 2.5m
3-1	1.00	8 (1.00)	8 (1.00)	8 (1.00)
3-2	0.42	2 (0.25)	3 (0.38)	2 (0.25)
3-3	0.24	0 (0.00)	1 (0.13)	0 (0.00)
3-4	0.12	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
3-5	0.01	1 (0.13)	1 (0.13)	1 (0.13)
3-6	0.42	5 (0.63)	4 (0.50)	5 (0.63)
3-7	0.24	0 (0.00)	1 (0.13)	0 (0.00)
3-8	0.12	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
3-9	0.01	1 (0.13)	1 (0.13)	1 (0.13)
3-10	0.42	6 (0.75)	4 (0.50)	5 (0.63)
3-11	0.24	3 (0.38)	3 (0.38)	0 (0.00)
3-12	0.12	1 (0.13)	0 (0.00)	0 (0.00)
3-13	0.01	1 (0.13)	1 (0.13)	1 (0.13)
3-14	0.24	1 (0.13)	0 (0.00)	0 (0.00)
3-15	0.12	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
3-16	0.01	1 (0.13)	1 (0.13)	1 (0.13)

표 4. 3분할의 경우 실험결과

4. 고찰

모형창을 2분할한 경우의 실험결과를 바탕으로 모형창 상하부 휘도비와 검출률의 관계를 관측점의 위치별로 그림 4, 그림 5, 그림 6에 나타낸다. 각각의 그림 (a)에서 실험으로 측정된 검출률이 표준정규누적분포 곡선 (Ogive 곡선)으로 나타난다고 가정하고 검출률 0.5에 해당하는 휘도비(역치 휘도비)를 구했다. 여기서, 실험으로 측정된 검출률이 표준정규누적분포 곡선으로 나타난다는 가정은 각각의 그림 (b)에서 검출률을 표준정규누적분포의 역함수에 의해 변화시킨 값과 휘도비가 선형비례관계로 나타난다는 것으로 증명된다.

관측점의 위치가 1m, 1.5m, 2.5m일 때, 그림 4(a), 그림 5(a), 그림 6(a)에서 역치 휘도비는 각각 0.39, 0.4, 0.31로 나타났다. 거리에 따라 역치 휘도비는 큰 차이가 없었으며, 평균은 0.37이다. 이것은 창 의 상하부의 휘도비가 0.37 이상일 때 창 의 하부는 글레어 광원으로 인식된다는 것을 의미한다. 즉, 불쾌글레어 평가 시 창 의 하부 휘도가 상부 휘도의 37%이상일 때는 창 의 하부를 글레어 광원으로 취급해야 한다는 것이다.

DGI 평가법에서는 채광창 상부의 천공만을 글레어 광원으로 보고, 천공의 휘도를 글레어 광원의 휘도로 사용하였다. 그러나 본 연구의 결과로부터 창을 통해서 보이는 천공부분만을 글레어 광원으로 볼 수 없으며, 하부에 보이는 지물을 휘도에 따라 선별적으로 광원으로 취급해야 한다는 것을 알 수 있다.

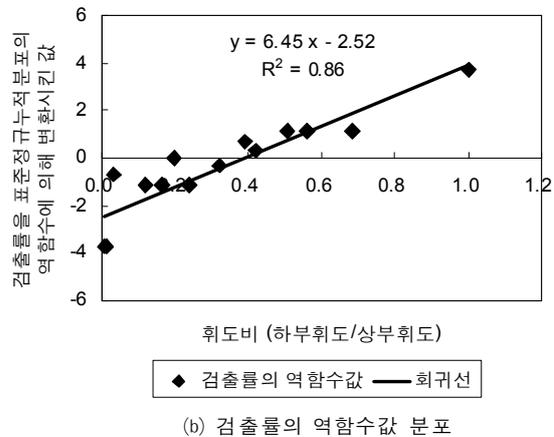
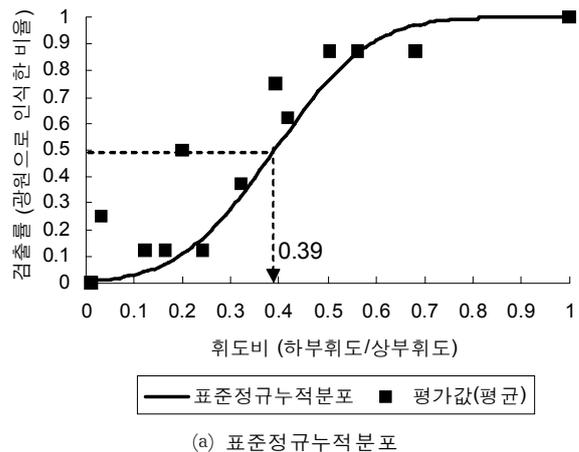
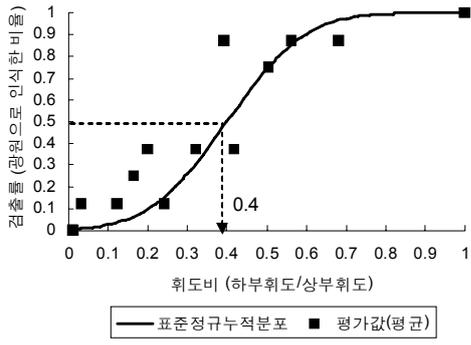
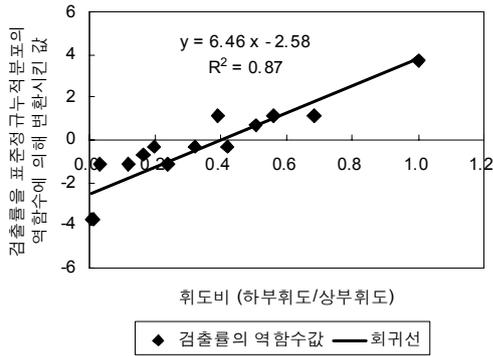


그림 4. 2분할 창 의 휘도비와 검출률의 관계(관측점 1m)

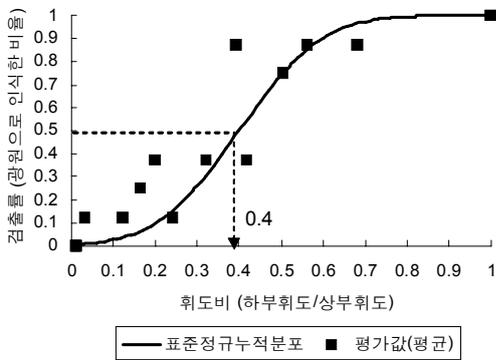


(a) 표준정규누적분포

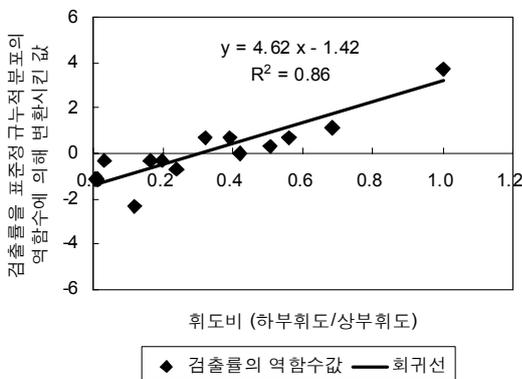


(b) 검출률의 역함수 값의 분포

그림 5. 2분할 창 휘도비와 검출률의 관계(관측점 1.5m)



(a) 표준정규누적분포



(b) 검출률의 역함수 값의 분포

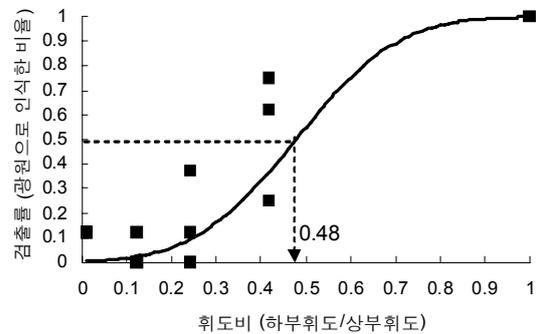
그림 6. 2분할 창 휘도비와 검출률의 관계(관측점 2.5m)

모형창을 3분할한 경우의 실험결과를 바탕으로 모형창 상하부 휘도비와 검출률의 관계를 관측위치 별로 그림 7, 그림 8, 그림 9에 나타낸다. 여기서 휘도비는 창의 중앙부의 휘도가 7420 cd/m² 에서 60 cd/m²까지 변화할 때 창의 상부와 하부의 휘도비를 말한다.

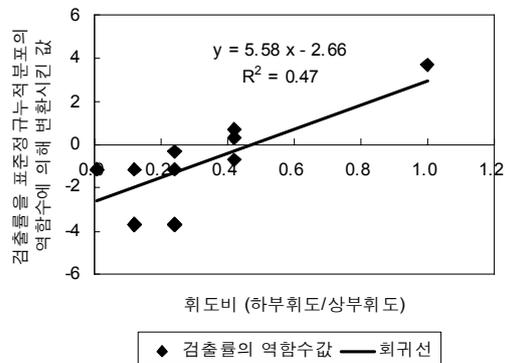
각각의 그림 (a)에서 실험으로 측정된 검출률이 표준정규누적분포 곡선으로 나타난다고 가정 (각각의 그림 (b)에서 증명) 하고 검출률 0.5에 해당하는 휘도비를 구했다. 관측점의 위치가 1m, 1.5m, 2.5m일 때, 역치 휘도비는 각각 0.48, 0.48, 0.57로 나타났다. 거리에 따라 역치 휘도비는 큰 차이가 없었으며 평균은 0.51다. 이것은 창의 하부 휘도가 상부 휘도의 51%이상일 때 창의 하부는 글레이 광원으로 인식된다는 것을 의미한다.

중앙부가 없을 경우 (2분할의 경우)는 창의 하부 휘도가 상부 휘도의 37%이상일 때 글레이 광원으로 인식되었으나, 중앙부가 있을 경우 (3분할의 경우)는 글레이 광원으로 인식되는 하부 휘도가 상부 휘도의 51%이상으로 높아 졌다.

이것은 창의 중앙부의 휘도는 글레이 감각을 낮추는 역할을 할 수 있다는 것을 의미한다. 이 결과를 응용하여 채광창의 불쾌글레이어를 억제하면서 주광을 실내에 적극 도입하고자 할 때, 창면의 휘도를 일괄적으로 줄이는 방법보다 다단으로 줄이는 방법을 사용하는 것이 효과적이라 할 수 있다.



(a) 표준정규누적분포



(b) 검출률의 역함수 값의 분포

그림 7. 3분할 창 휘도비와 검출률의 관계 (관측점 1m)

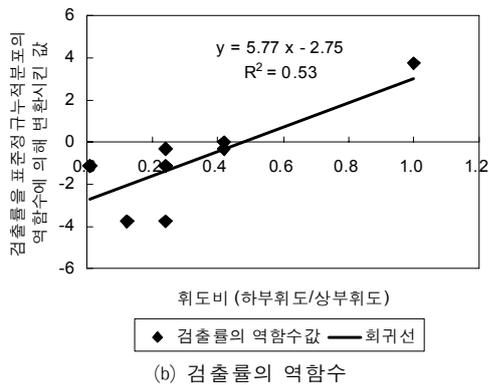
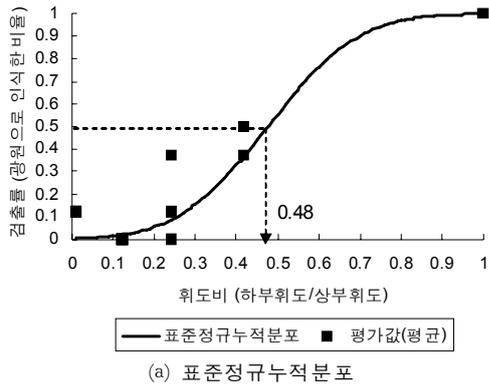


그림 8. 3분할 창 상하부 휘도차와 검출률의 관계 (관측점 1.5m)

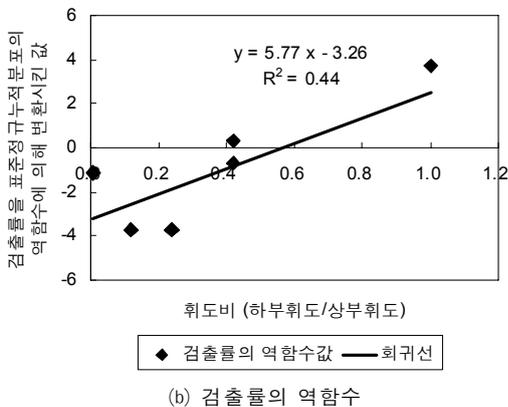
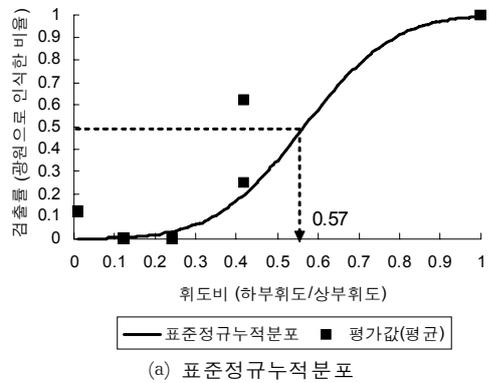


그림 9. 3분할 창 휘도비와 검출률의 관계 (관측점 2.5m)

5. 결론

채광창의 불쾌글레어를 평가할 수 있는 평가법은 불균일 창면에서 글레어 광원을 선별할 수 있는 방법을 포함하고 있어야 한다. 본 연구는 불균일 창면에서 글레어 광원을 추출할 수 있는 방법을 제안하기 위해서 실험을 통하여 창면의 상하부 휘도차가 글레어 광원의 인식에 미치는 영향을 검토했다. 모형창을 상하 2분할 또는 상중하 3분할하여 창면이 불균일한 휘도분포를 갖도록 한 다음, 창면의 하부가 어떤 휘도에서 글레어광원으로 인식되는지를 실험하였다. 창면의 휘도조건과 크기조건을 조합한 총 96조건에서 평가가 이루어 졌으며, 실험 결과는 다음과 같다.

1) 창을 통해서 보이는 상부의 천공부분만을 글레어 광원으로 볼 수 없으며 하부에 보이는 지물을 휘도에 따라 선별적으로 광원으로 취급해야 한다.

2) 창면 중앙부의 휘도는 글레어 감각을 낮추는 역할을 할 수 있다. 창면을 2분할한 경우(중앙부가 없는 경우)는 창면의 하부 휘도가 상부 휘도의 37%이상일 때 글레어 광원으로 인식되었으나, 창면을 3분할 한 경우(중앙부가 있는 경우)는 글레어 광원으로 인식되는 하부 휘도가 51% 이상으로 높아 졌다. 따라서 창면의 중앙부 휘도를 조절하여 글레어 감각을 감소시킬 수 있다.

이러한 연구결과들은 채광창으로부터의 불쾌글레어 평가 시 글레어광원을 선택하는 기준으로 활용될 수 있고, 또한 불쾌글레어 억제책을 마련하고자 할 때 참고가 될 수 있을 것이다. 앞으로 채광창의 불쾌글레어를 억제할 수 있는 창의리의 적정 투과율에 대한 연구가 요망된다.

후 기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10712-0).

참고문헌

- Hopkinson, R.G. Glare from daylighting in buildings. Appl. Ergon., 1972, 3, pp.206-215
- Kim, W., Koga, Y. and Masayasu Hara (2007) A method for evaluating discomfort glare from windows. J. Illum. Engng. Inst. Jpn., 91(2), pp.69-77 (written in Japanese)
- Kim, W., Koga, Y., Shin, I.(2007) Evaluation of discomfort glare from daylight, Proceedings of 26th session of the CIE, pp.D3-170-173
- Tokura, M., Iwata, T., and Shukuya, M. (1996) Experimental study on discomfort glare caused by windows, Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering, 489, pp.17-25
- ISO 15469:2004/CIE S011/E:2003: Spatial Distribution of Daylight-CIE Standard General Sky
- Waters, C.E., Mistrick, R.G., Bernecker, C.A. (1995) Discomfort glare from sources of nonuniform luminance. J. Illum. Eng. Soc., 24 (2): pp.73 - 85