

# 대학 스포츠施設에 對한 照明 設計

오 성 보\* · 김 덕 구\*\*

## Lighting Design for Campus Sports Facilities

Seong-Bo Oh\* · Deog-Goo Kim\*\*

### ABSTRACT

This paper presents the simulations on the lighting design and actual measurement analysis for recreational sports facility. Typical multidirectional aerial sports include jokcu and basketball. For aerial sports, the players and spectators view the playing object from multiple positions, normally looking downward or horizontally, but occasionally upward. These sports require well distributed horizontal illumination and uniformity according to aiming.

Therefore, this paper estimates horizontal illuminance and uniformity ratio by actual measurement of sports lighting at recreational game court in Cheju National University and evaluation of sports lighting conditions for optimal design by computer simulation.

**Key Words** : simulation lighting design, aiming, horizontal illuminance

### 1. 서 론

산업기술이 발전함에 따라 조명기술이 발전하게 되고 스포츠의 활동 시간대도 주간에서 야간으로 확대 되는 현실에 부응하여 야간 스포츠 활동을 가능하게 하는 각종 옥외 스포츠를 위한 조명기술이 개발되고 있다.

그리고 적절한 스포츠 조명기준은 스포츠 별로 여러 측면에서 고려되는데 이들은 수평면 조도, 수직면

조도, 균제도, 글레어지수 및 연색성에 대하여 고려하여야 한다.

대학의 스포츠 시설은 다양하고 안전하게 활용할 수 있어야하고 야간에도 학과 또는 동아리 단위의 스포츠 활동을 원활하게 진행할 수 있는 적절한 조명 설비를 갖추어 안락하고 안전한 경기가 되도록 하여야 한다.

이 논문에서는 제주대학교 학생회관 앞 한라터 레크리에이션 스포츠 설비인 야외 족구장과 농구장의 조명상태를 실측에 의해 수평면 평균조도 및 균제도를 분석 평가하여 야간의 야외 레크리에이션 설비로 활용할 수 있는 안정된 조명 설계를 위하여 등기구의 배치와 조사(aiming) 등을 고려한 대학 스포츠 시설에 대한 조명설계를 제시 하고자 한다[1].

\* 제주대학교 전기전자공학부, 첨단기술연구소,  
Faculty of Electrical & Electronic Eng., Cheju Nat'l Univ.,  
Res. Inst. Adv. Tech.

\*\* 한국폴리텍 I 대학 제주캠퍼스  
Korea Polytechnic I College Jeju Campus.

## II. 대학스포츠시설조명현황분석

측정 및 해석에 관련된 KS A3011[2]의 조도 기준에 따른 족구장과 농구장의 수평면조도와 균제도에 대하여 제시하였으며 정확한 현장 측정 데이터의 신뢰도를 확보하기 위하여 족구장과 농구장의 넓이를 실측하고 주변의 등기구 설치 현황을 조사하였다.

### 2.1. 조도기준

경기 대상물을 잘 보며 쾌적하고 안전한 경기를 하기 위해서는 조도가 높고 균일한 것이 좋다. 조도기준이 경기 종류와 장소에 따라 KS A3011에 추천되고 있다[2]. 조도기준과 균제도가 조명기구의 배치와 부착높이를 결정하게 된다. 경기영역 내에서 평균조도와 최소 조도의 비가 클수록 좋은데, 대개 일반경기에서는 2:1 이상이 이상적이다. Table 1에 레크리에이션 경기장 규격에 해당하는 옥외 테니스 코트와 농구장에 대한 수평면 평균조도와 균제도에 대한 KS 기준치를 나타내고 있다.

Table 1. Standard illuminance of KS

Sports Class	Horizontal average illuminance [lx]	Uniformity [ $\frac{\min.}{\text{avg.}}$ ]
Tennis or jokcu (outdoor)	250 or more	0.5 or more
Basketball (outdoor)	100 or more	0.5 or more

### 2.2 조명기구 설치 현황

Fig. 1에서 농구장 주위에는 등주의 높이가 4[m]인 고압나트륨등 150[W] 5개가 조명에 이용되고 있고, 야간 경기를 위한 조명등은 Table 2와 같이 학생회관 벽면에 메탈헬라이드 등 1[kW] 1개와 고압수은등 250[W] 3개의 투광기가 설치되어 있음을 알 수 있다.

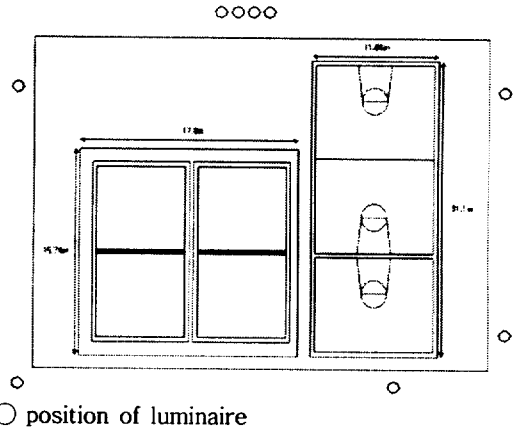


Fig. 1. Luminaire arrangement of sports facility in front of Cheju National university Student Hall

Table 2. Lighting specification of recreational sports facility

Place	Light source
Wall of Cheju National University Student Hall	1000[W] metal halide lamp, 1ea. 250[W] mercury lamp, 3ea.
Surrounding of playing area	150[W] sodium lamp, 5ea.

### 2.3 그리드의 구성에 따른 조도측정

정확한 측정을 위하여 달이 없는 기간을 정하여 밤 9시부터 레크리에이션 경기장의 조도를 측정 하였고, 측정에 사용한 조도계는 YOKOGAWA 51001 디지털 조도계를 사용하였다.

#### 2.3.1 조도측정

조도 실태 조사를 통한 측정에서 족구장의 면적이 17.8×15.8[m] 이므로 가로 1.48[m] 12등분, 세로 1.58[m] 10등분하고 조도측정은 120그리드로 구분한 후에 조도 측정을 하였으며, 농구장의 면적이 11.81×31.1[m] 이므로 가로 1.89[m] 8등분, 세로 1.94[m] 19등분 하고 조도 측정은 152그리드로 구분한 후에 조도 측정을 실시하였다.

21.1	23	26.1	24.5	25.7	23.7	24	16	21.3	23.9	23.7	21.1
18	19	22.6	19.4	20.4	20.2	20.5	16.7	24.4	25.9	22.3	17.8
17.3	16.6	19.6	16.3	15.8	19.2	17.5	17.3	23	22.4	17.2	16
13.5	13.5	16.1	15.5	15.3	15.1	16.0	18.6	21.5	19.4	15.6	14.4
12.1	13.3	13	14.1	12.5	13	12.7	14.6	17.6	14.9	13.6	13
11.8	12.4	12.3	13.5	10.4	10.7	11.7	13.4	15.1	9.4	10.6	9.9
10.2	11.5	11.4	11.6	10.1	8.8	9.5	9.7	11.7	10.8	10	9.5
4.0	10.2	9.4	10.3	8.5	8.4	8.9	8.2	9.8	10.2	9.3	8.7
7.9	9.3	7.3	8.7	7.8	7.5	7.8	8.4	8.5	9.2	8.3	7.9
7.4	8.2	6.3	7.7	6.7	6.7	7.6	7.9	7.9	8.7	7.0	6.7

Fig. 2. The measurement of illuminance value at jokcu court

36.4	30.0	22.5	18.2	11.0	9.4	9.4	8.6
31.9	26.6	21.0	17.2	10.2	10.6	8.3	8.8
30.7	24.2	19.2	15.1	10.0	10.4	7.1	7.8
28.4	21.9	18.7	15.5	10.4	10.4	5.3	7.1
28.2	21.3	18.2	14.0	10.1	8.8	6.6	6.6
26.1	20.8	17.0	13.4	10.2	8.2	6.5	5.5
24.4	20.4	15.2	12.2	10.2	8.1	6.1	5.3
22.7	18.2	14.0	12.1	8.1	8.0	6.1	4.7
21.9	18.9	15.6	10.4	7.8	7.6	5.2	4.3
21.1	17.0	12.7	9.5	7.2	6.9	4.8	3.9
20.2	16.4	11.4	9.4	7.5	6.4	4.5	4.0
17.0	16.2	9.9	8.3	7.8	6.4	4.7	4.1
13.6	13.3	8.7	6.3	5.9	5.9	4.3	3.7
11.0	11.2	7.8	6.2	4.9	5.5	4.1	3.5
8.6	8.9	7.4	6.1	4.9	5.1	4.0	3.4
7.9	7.5	6.7	5.5	4.9	4.5	3.9	3.6
7.4	8.0	7.2	5.4	5.3	4.5	4.1	3.4
7.3	6.1	5.5	5.2	4.9	4.4	4.0	3.5
6.4	5.9	5.7	4.7	5.1	4.3	3.4	4.2

Fig. 3. The measurement of illuminance value at basketball court

족구장의 120개 그리드로 구획한 각 점에서 실측한 수평면 조도값을 Fig. 2에 나타내고 있으며 이때의 최대조도값은 26.1[lx]이고 최소조도값은 4.0[lx]로 측정되었다. 그리고 농구장 152개의 그리드로 구획된 지점내에서 실측한 수평면 조도값은 Fig. 3에 나타내고 있으며 이때의 최대조도값은 36.4[lx]이고 최소조도값은 3.4[lx]로 측정되었다[3].

### 2.3.2 조도계산

조도 측정치에서 측정범위내의 평균조도를 산출하려면 측정범위를 적당한 등면적의 그리드로 나누고, 우선 그리드마다의 실측조도치를 합하여 그리드 수로 나누어서 수평면 평균조도 및 균제도를 구한결과 평균조도는 10.5[lx]이고 균제도는 0.37로 KS조도 기준치에 현격한 차이가 있음을 보여주었다.

그러므로 측정결과 해석을 통하여 한라터 레크리에이션용 스포츠 코트의 조명시설은 매우 열악한 상태를 보여줌으로써 체계적인 설계모델 제시를 통하여 개선이 요구되어지고 있다.

## III. 조명 설계

레크리에이션 경기장의 각 영역별 조도기준에 적합한 조도를 확보하기 위해 필요한 조명 설비를 적절하게 설계 배치하여 에이밍에 따른 시물레이션을 실시하였다.

### 3.1 조명기구 특성

시물레이션에 사용한 조명기구는 경기장 주변에는 컷오프(cutoff)형, 학생회관 벽면 조명등은 조명거리가 길어 배광곡선이 한쪽으로 좁게 향한 투광기를 사용하는 것으로 선정하였다. Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6는 각각 400[W], 1[kW], 1.5[kW]의 배광곡선과 광원의 특성을 나타내고 있다[4].

Test: 1193051801  
 Manufacturer: LITHONIA ARCHITECTURAL OUTDOOR  
 TYPE 5, SHORT, CUTOFF  
 Luminaire catalog: KSF2 400M R55  
 Lamp: 400 WATT METAL HALIDE (ED-28 ENVELOPE)  
 Lamp catalog: MH400/LJ/ED28

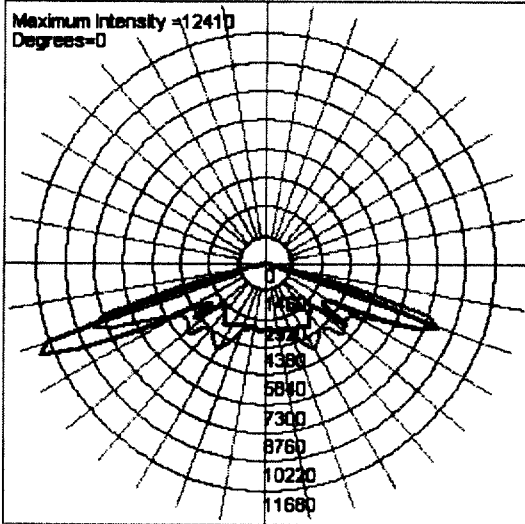


Fig. 4. Distribution curve of luminous intensity [400W]

Test: 98120902  
 Manufacturer: LITHONIA LIGHTING  
 SPORTSLIGHTER W/DIFFUSE REFLECTOR, FLUX MANAGER, CLEAR GLASS  
 Luminaire catalog: TSP 1500M GP24WFX  
 Lamp: ONE 1500-WATT CLEAR BT-56 METAL HALIDE, HORIZONTAL POS.  
 Lamp catalog: M1500/BU-HOR

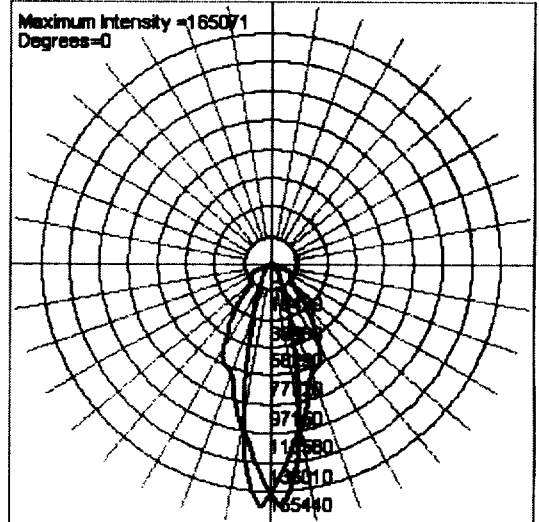


Fig. 6. Distribution curve of luminous intensity [1.5kW]

Test: 1193022601  
 Manufacturer: LITHONIA ARCHITECTURAL OUTDOOR  
 TYPE 5, SHORT, CUTOFF  
 Luminaire catalog: KSF3 1000M R55  
 Lamp: 1000 WATT METAL HALIDE - BT-37 ENVELOPE  
 Lamp catalog: M1000/LJ/BT-37

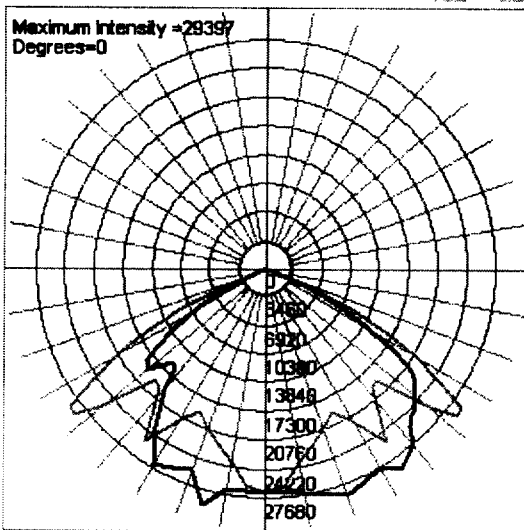


Fig. 5. Distribution curve of luminous intensity [1kW]

### 3.2 조명기구 에이밍

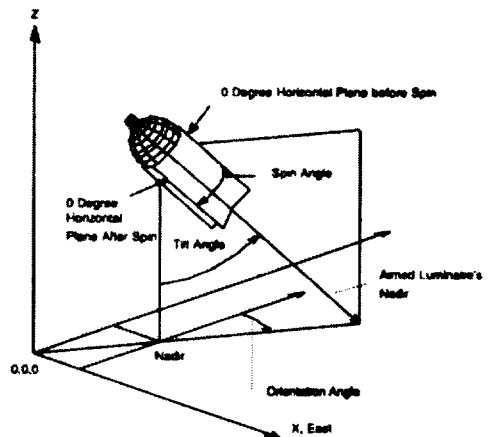


Fig. 7. Luminaire aiming angles

에이밍 조정을 하기위한 방위각(orientation angle) 스펀각(spin angle)과 경사각도(tilt angle)를 Fig.7에 나타내고 있으며 경사각도는 등기구가 아래로 향하는 수직면으로부터 올려서 조사되는 각도로

정의된다[5].

이 논문에서는 양의 경사각도를 적용하여 에이밍시 경사각도 10°, 15°, 20°의 조사 방향을 고려하여 시뮬레이션을 실시하였다.

#### IV. 조명 시뮬레이션

시뮬레이션은 Lighting Technologies Inc.의 Lumen Designer를 이용하였다.

시뮬레이션 결과 등기구 개수 및 에이밍 방법에 따라 해석한 결과 족구장의 경우는 1[kW] 1등 설치시는 Table 3에서 알 수 있듯이 에이밍 20°인 경우가 수평면 평균조도 300[lx], 균제도 0.80으로 기준치를 만족하였다.

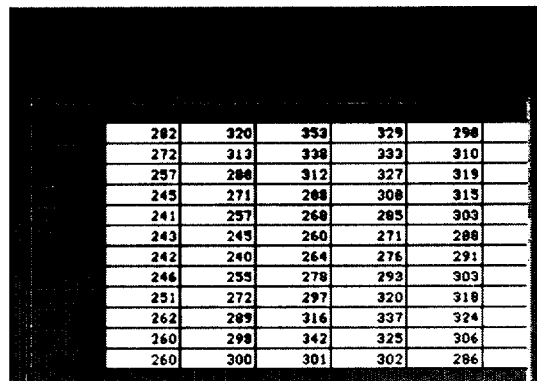
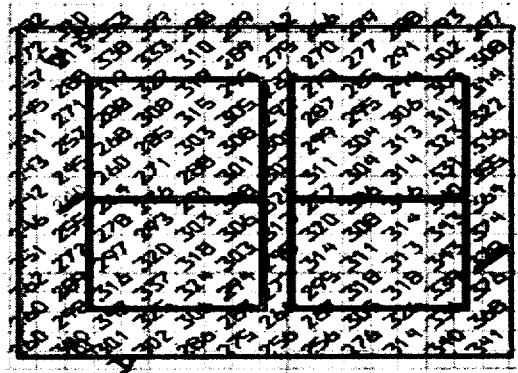
Table 3. The simulation results of jokcu court

Jokcu court		Aiming (tilt angle; 10°)		Aiming (tilt angle; 15°)		Aiming (tilt angle; 20°)	
		Illuminance [lx]	Uniformity	Illuminance [lx]	Uniformity	Illuminance [lx]	Uniformity
Luminaires (1ea.)	1000[W] *3	282	0.57	299	0.79	300	0.80
	1500[W] *3	268	0.1	318	0.16	364	0.21
Luminaires (2ea.)	400[W] *3	114	0.72	113	0.72	112	0.72
	1000[W] *3	549	0.61	555	0.60	555	0.62

그리고 농구장의 경우는 Table 4에서와 같이 0.4[kW] 2등 설치시 에이밍 15°인 경우가 수평면 평균조도 170[lx], 균제도 0.55로 기준치를 만족하여 양호한 설계모델로 타당하다고 사려 되었고 시뮬레이션에 따른 조도분포도 및 계산은 Fig. 8 과 Fig. 9 에 나타내었다.

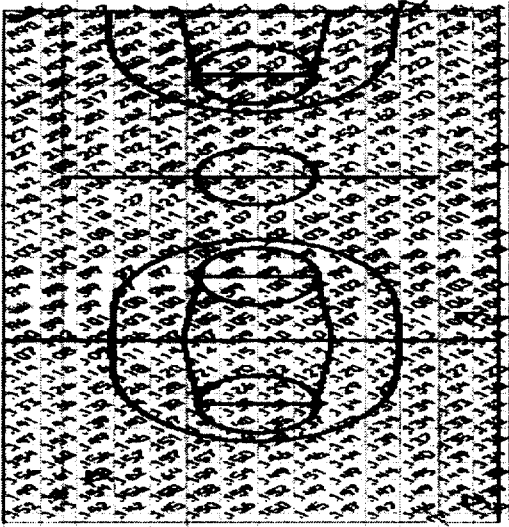
Table 4. The simulation results of basketball court

Basketball court		Aiming (tilt angle; 10°)		Aiming (tilt angle; 15°)		Aiming (tilt angle; 20°)	
		Illuminance [lx]	Uniformity	Illuminance [lx]	Uniformity	Illuminance [lx]	Uniformity
Luminaires (1ea.)	1000[W] *3	361	0.62	366	0.62	368	0.62
	1500[W] *3	506	0.51	460	0.27	500	0.33
Luminaires (2ea.)	400[W] *3	171	0.33	170	0.55	170	0.54
	1000[W] *3	497	0.53	505	0.53	506	0.51



Aiming (tilt angle 20°)

Fig. 8. Distribution of horizontal illuminance and uniformity at jokcu court



511	482	462	451	451
490	439	436	422	419
467	436	409	392	384
441	409	381	359	349
410	380	352	330	314
368	342	317	298	280
319	301	281	262	245
271	257	241	225	211
227	216	204	192	179
191	183	174	165	155
162	157	150	143	136
140	136	131	127	122
123	121	118	114	111
111	110	108	106	104
103	104	102	100	100
98	100	99	97	97
94	98	99	97	96
94	98	99	100	100
96	99	101	103	104
100	102	104	106	107
107	108	109	111	114
114	116	116	118	120
124	126	125	126	128

Aiming (tilt angle 15°)

Fig. 9. Distribution of horizontal illuminance and uniformity at basketball court

### V. 결과 및 고찰

제주대학교 학생회관 앞 한라터 레크리에이션 경기장 내의 야외 족구장과 농구장을 대상으로 넓이 실측 및 등기구 설치 현황 조사를 하였다.

이를 바탕으로 수평면 평균조도 및 균제도를 계산

한 결과 족구장은 평균조도 13.8[lx], 균제도 0.24이고, 농구장은 평균조도 10.5[lx], 균제도 0.37로 KS A3011에서 제시된 기준조도에 현저히 미달되는 조명 시설로, 체계적인 설계모델 제시를 통한 개선이 요구 되어 지고 있음을 알 수 있었다.

시뮬레이션은 메탈 헬라이드등 0.4[kW], 1[kW], 1.5[kW]을 1등용 또는 2등 병용하여 24가지 경우에 대하여 모델링 하였다.

학생회관 벽면에 기 설치되어있는 투광기를 활용하여 메탈 헬라이드등 1.5[kW] 3개를 설치하고 에이밍은 30°로 고정시킨 상태에서 족구장에는 메탈 헬라이드등 1[kW] 1등용 3개를 설치하고 에이밍 15°일 때 수평면 평균조도는 299[lx], 균제도 0.79이고 에이밍 20°일 경우는 수평면 평균조도 300[lx], 균제도 0.80으로 2개 모델 모두가 기준치를 만족하나 평균조도와 균제도가 양호한 에이밍 20°를 선택하였고 농구장에는 메탈 헬라이드등 0.4[kW] 2등 병용 3개를 설치하고 에이밍 15°일 때 수평면 평균조도 170[lx], 균제도 0.55이고 에이밍 20° 경우에는 수평면 평균조도 170[lx], 균제도 0.54로 에이밍 20° 보다 에이밍 15° 경우가 우수한 모델로 해석되었다.

### VI. 결론

스포츠 설비의 조명설계시 고려되어야 할 사항은 수평면 조도, 균제도 그리고 에이밍이므로 에이밍에 따른 수평면 조도와 균제도를 24가지 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과는 학생회관 벽면에 기 설치된 투광기에 메탈 헬라이드등 1.5[kW] 3개를 설치하고 에이밍 30°로 고정시킨 조건에서 족구장에는 등기구 높이 8[m] 폴에 1[kW] 1등용 등기구 3개를 설치하고 에이밍 20°일 경우가 기준치를 만족하였으며 농구장은 등기구 높이 8[m] 폴에 0.4[kW] 2등 병용 3개를 설치하고 에이밍 15°일 경우가 기준치를 충족하는 모델로 도출되었다.

이를 토대로 다른 대학스포츠 시설에 대한 조명 설계에 기여하리라 판단된다.

참고문헌

- [1] 오성보 · 권순구, 2006, 스포츠 설비의 조명 모델링, 대한전기학회·대한전자공학회·한국통신학회 제주지부 2006 합동학술 발표회, pp. 50-53.
- [2] 한국산업규격(KS A3011), 1998, 조도기준, 한국표준협회, pp. 2-4.
- [3] 최홍규 외 7인, 2004, 조명설비 및 설계, 성안당, pp. 5.47-5.48.
- [4] 오성보·김덕구, 2007, 족구장 조명설비에 대한 해석 및 모델링, 한국조명·전기설비학회, pp. 173-177.
- [5] 오성보·김덕구, 2007, 레크리에이션용 농구장에 관한 조명 해석 및 설계, 제주대학교첨단기술연구소, pp. 58-60.
- [6] Lighting Technologies INC, 2004, Lumen Designer Manual, pp. 141-142.