

축구경기장 조명의 이해 - 서귀포 월드컵 경기장 중심으로 -

오성보 <제주대 전기전자공학부 교수>

1. 머리말

우리가 그토록 열망해 오던 FIFA 월드컵 대회가 2002년 5월 31일, 이 땅에서 화려한 막을 올린다. 21세기 최초로 개최되는 2002 FIFA 월드컵은 인류 누구나 바라는 세계의 평화, 전 인류의 융합이라는 공통의 목표실현에 크게 기여할 것으로 확신한다. FIFA 월드컵은 단일종목으로는 세계에서 가장 큰 규모의 스포츠행사로써 올림픽을 능가할 정도로 세계적인 사랑을 받고 있다.

1994년의 미국대회에서는 FIFA 월드컵 사상 최고인 350만여 명의 관객을 동원했고, TV중계는 세계 188개국에 달해 그 시청자수가 연 321억명이었다. 1998년 프랑스대회에서는 시청자수가 연 370억명에 달했다. 이는 1996년의 애틀란타올림픽의 시청자 연 196억명을 훨씬 능가하는 숫자이다. FIFA 월드컵대회에서 미디어가 중시되는 이유도 여기에 있다. 오늘날 축구는 대중 전달 매체로서 아주 중요한 역할을 하고 있다는 것을 잘 알고 있기 때문에, 다음 세기에는 한층 더 그것의 존재가 강화될 것으로 보여진다. 텔레비전은 이점에 있어서 특히 중요한데, 그것은 텔레비전이 “고화질 텔레비전”(HDTV)이라고 불리는 새로운 시스템을 지닌 또 다른 기술적 혁신을 가져

왔기 때문이다. 1990년 이탈리아에서 벌어진 세계경기에서 이미 보여주었듯이 특히 축구는 텔레비전 상에서 축구의 장을 열어 줄 수 있는 고화질 텔레비전의 요구사항을 충족시키기에 아주 적합한 스포츠라는 사실이 확인 되었다. 이러한 새로운 품질과 더욱 넓은 텔레비전의 화면은 축구 시청자에게 경이로운 경험을 할 수 있게 한다. 경기장 조명은 새롭게 준비되어야 할 요소 중 하나이다. 국가간 상이한 표준 규정들간에 있을 수 있는 혼란을 없애기 위해 FIFA는 고화질 텔레비전을 수용하는 수준뿐만 아니라 아마추어와 프로 수준의 경기를 위한 축구 경기장 조명의 최소조명 기준을 마련하였다. 이들 요구사항들은 새어나가는 빛에 대한 제한, 최소 경기 조건들, 조명이 될 장소에 대한 경기장 크기의 표준화, 균일도 그리고 여러 가지 요소들을 충분히 고려하여 제시하였으며 이들 조건들을 충분히 축구경기장 조명 계획에 반영하여야 한다.

2. 기본적 사용자 요구사항

월드컵 축구경기장 조명은 축구경기장 시설물을 이용하는 사용자 요구사항을 충족시킬 수 있는 조명 기준, 조명계획에 따른 조명설계가 이루어져야 한다.

국제 체육행사 및 문화행사를 효율적으로 운용하기 위해서는 다음과 같은 활동주체 및 환경 등을 고려하여야 하며, 활동에 따라 구분되는 사용자들의 요구에 부응해야 한다.

- 선수 및 진행관계자
- 관객
- TV(HDTV) 방송담당자 및 경기 기록자

① 경기진행의 주체인 선수, 심판, 경기 관계자가 최고 기술을 발휘하기 위해서는 경기장에서 일어나는 모든 사항을 분명하게 인식 할 수 있도록 하여야 한다.

② 관객들은 쾌적한 환경에서 선수들의 동작과 경기진행 사항을 관전할 수 있어야 하며 또한 조명은 비상시 관객들이 안전하게 시설물에 입·출입 할 수 있는 안전보장이 선행되어야 한다.

③ 경기장 조명 설비는 TV 및 방송을 위해 뛰어난 컬러 화질을 보장 할 수 있어야한다.

열거한 요구사항은 빛의 분산제한, 경기를 위한 최소조건, 조명대상 지역의 표준 치수, 균제도 및 수평, 수직 조도들을 고려하여 계획하여야 한다.

또한 뛰어난 조명의 필수적인 요소들을 확보하기 위해서 축구경기는 다음과 같은 수준별로 경기를 분류하여야 한다.

아마추어 수준 :

- 체력단련 및 축구연습
- 시합경기가 아닌 축구(연습경기)
- 국내시합 경기

프로수준 :

- 체력단련 및 축구연습
- 국내시합경기
- (고화질)텔레비전을 방영하는 국내(국제) 경기시합/토너먼트

현재까지 개발된 기술적 관점에, (고화질)텔레비전 방영을 위한 수준은 다음과 같이 분류되어야 한다.

- 텔레비전(그리고 필름) :
- 국내경기

- 국제경기
- 고화질 텔레비전
- 비상용 텔레비전

모든 조명 매개변수와 수준별로 적당한 조명의 필수 요소들에 대하여 충족되어야 한다.

3. 축구경기장 조명계획

일반적인 조명 요구사항에 대하여 이해를 하였다면, 경기수준에 따른 조명 기준을 정할 수 있을 것이다. 그러므로 이들 조명 기준들을 확인하여, 가능한 어느 곳이나 개개의 경우에 해당되는 조명 매개변수를 이끌어 내는 것이다. 경기 수준에 따른 최소 조명 요구사항에 대한 최소의 수치는 청명한 대기조건을 기준으로 하였다. 텔레비전이나 녹화방영이 관련이 되어 있다면, 경기장 위에서 벌어지는 상황과 선수들, 심판진, 그리고 관객들의 클로уз업에 대한 충분히 높은 화면의 질이 보장이 되어야 한다. 연속적인 텔레비전 방영을 위한 요구사항에 응하기 위해서는 최소의 조명 수준은 텔레비전/고화질 텔레비전 설계의 하나의 부분이 되어야 하고, 임시 전원 공급 또는 2차 전원 공급과 같은 안전장치가 되어 있어야 한다. 이것은 소위 말하는 "비상용 텔레비전 조명 수준"을 확보하기 위한 것이다.

3.1 경기장 개요

- 1) 관중 수용 능력 : 42,256석 규모
- 2) 국제경기 수준 : COLOR TV 및 HDTV 방영
- 3) FIELD DIMENSION : 110[m] x 70[m]
- 4) 경기종류 : 축구전용
- 5) 특징있는 외관의 건축물 : 전통의 배와 자연경관인 「오름」을 형상화

3.2 경기장 조명 개요

축구 경기장의 야간 조명설비로써 국제경기 및 문화행사를 효율적으로 운영하여 최대의 효과를 얻을

수 있도록 다음과 같은 사항에 중점을 두고 설치 및 조정되어야 한다.

1) 국제경기 운영시 COLOR TV 및 HDTV 중계가 가능한 LIGHTING 설치

2) 경기종류에 따른 효과적인 조명제어가 가능하도록 조명배열

(1) COLOR TV 및 HDTV 중계를 위한 조명

(2) 일반 시합 경기조명 PATTERN

(3) 비상 TV 조명

3) 조명기구 설치 가능한 위치 확보 및 소형, 경량의 LIGHTING SYSTEM 채택

4) 관중석에는 최소한의 안전조명설치

5) 정전시의 비상조명 계획

3.3 경기장 조명계획

1) 공통사항

(1) 조명시스템은 관중, 선수 및 TV 시청자들에게 쾌적한 조명환경이 되어야 한다.

(2) 고효율의 조명방사 및 BEAM SPREAD와 CONTROL 특성이 좋아야 한다.

(3) 불필요한 상향의 조명방사를 차단하는 장치를 갖추어 조명효율이 높아야 한다.

(4) 조명설계의 배경에 적합하도록 5~7종류의 OPTICAL SYSTEM을 갖는 조명기구를 선택하여야 한다.

(5) 옥외시공에 적합하도록 방수, 방진, 부식방지 등 내구성이 뛰어난 IP 65(IEC 598 규정에 의거) 이상 이어야 한다.

(6) COLOR TV / HDTV 방송에 적합한 수직면 조도, 색, 온도, 연색성을 갖추어야 한다.

2) 조명기구의 설치위치

(1) 투광등기구는 기둥이나 타워 또는 스탠드 지붕아래에 터치라인과 평행이 되는 방향으로 무리를 지어 설치 할 수 있으나 콜키피에게 눈부심을 발생시킬 수 있는 위치는 조명 기구의 설치를 금한다.

(2) 투광기의 설치위치는 설계도면에 의거, 경기장

위에 향하는 개개의 투광기의 조사좌표(Aiming Point)와 연관하여 설치하여야 한다.

(3) 인공광원을 제공하는 시설물들은 관중이나 TV 카메라에 시각적인 장애를 일으키지 않는 방법으로 설치되어야 한다.

(4) 여하한 경우에도 그라운드 20m이상의 높이에 설치하고 광축은 65도를 초과되지 않도록 설치한다.

3) 수평면 조도

경기장의 경기 진행과 관중들의 관전에 적합하도록, 또한 관중들의 출입하는데 안전한 조명이 되어야 하고, 정전시 비상 조명을 준비한다. 수평면 조도의 측정기준점은 GROUND LEVEL로 한다.

4) 수직면 조도

TV와 FILM의 화면의 질은 이 수직면 조도에 의하여 좌우되므로, 이에 적절한 조명을 준비한다. 이 수직면 조도의 측정기준점은 GROUND LEVEL에서 1.5[m] 높이의 목적물 수직면이다.

5) 균일도

균일도는 경기자와 관중의 시각에도 중요하지만, 카메라일 경우는 더욱 중요하다. 각 경기 종목 및 조도 LEVEL에 따라 점등할 때 추천 균일도를 유지할 수 있도록 적절한 수량의 조명기구를 사용한다.

표 1. 경기구분에 따른 균일도

구 분	수평면		수직면	
	U1*	U2**	U1*	U2**
아마추어 레벨				
- 체력단련 및 축구연습	0.3	0.5		
- 시합경기가 아닌 축구(연습 경기)	0.4	0.6		
- 국내시합경기	0.5	0.7		
프로 레벨				
- 체력단련 및 축구연습	0.4	0.6		
- 국내시합경기	0.5	0.7		
- (국내)국내 시합경기/토너먼트: (HD)TV 그리고 녹화시				
· TV : - 국내경기	0.5	0.7	0.3	0.5
- 국제경기				
· HDTV	0.6	0.7	0.4	0.6
· 비상용 TV	0.7	0.8	0.6	0.7
	0.5	0.7	0.3	0.5

균일도의 측정은 최소 조도 / 최대조도 = (U1) 및 최소 조도 / 평균 조도 = (U2)에 기준으로 하고 경기내용별 수평면, 수직면의 균일도는 표 1과 같다.

$$U1(\text{균일도 1}) = \frac{E_{\min}(\text{최소조도})}{E_{\max}(\text{최대조도})}$$

$$U2(\text{균일도 2}) = \frac{E_{\min}(\text{최소조도})}{E_{\text{average}}(\text{평균조도})}$$

(수평면에서의 조도 및 수직면에서의 TV 및 녹화 촬영을 위한 필요 균일도)

6) 눈부심

눈부심 비율은 CIE 규정 83항에 의거 최대 50을 초과 하여서는 아니 된다. 또한 눈부심을 최소화 할 수 있도록 기구의 위치, 각도조정 그리고 시야의 주 방향에 영향을 주는 투광기구의 선정에 세심한 배려를 갖고 설계한다.

7) 색온도

경기조명용 광원의 색온도는 주간경기에서 야간경기로 이어질 경우 COLOR-BALANCE 문제 때문에 광원의 색 온도는 5000[K]이상이어야 한다. 높은 색온도의 광원일수록 보다 선명한 시야 및 TV 중계 화면을 얻을 수 있으나 5600[K]이상의 높은 색온도는 청색이 강해지므로 배제한다.

8) 연색성

연색성은 자연색을 표현하는 지수로써 높을수록 색상의 구분 등 선명한 HDTV 중계 화면을 볼 수 있으므로 최소한 90이상이어야 한다. 따라서 메탈할라이드 LAMP로서 HDTV방영조건을 만족하는 연색성 90이상의 광원을 선택하도록 한다.

9) 램프 수명

유지 보수면을 고려하여 램프 수명은 길수록 좋으며, 최소한 3000시간 이상인 램프를 사용한다.

10) 조명제어

경기장 조명은 다음과 같은 PATTERN으로 구성 점등하도록 하며 일시에 모든 조명을 점등되도록 하지 않고, 설계도서에 따른 경기내용에 따라 단계별

점등되도록 조명제어사업자와 충분히 협의하여 조명제어가 완벽히 되도록 DATA를 상세설계 도면에 포함하여 제출되도록 한다.

(1) 훈련·연습경기

(2) 일반시합 경기 점등

(3) CTV/HDTV 비상방송 중계점등(긴급 재점등 등기구 시스템 적용)

(4) COLOR TV 방송 중계시(국제 경기규모) 점등

(5) HDTV 방송 중계시(국제 경기규모) 점등

(6) 메탈할라이드 LAMP는 방전등으로서 소등 후 재점등시 수분이 걸리는 관계로 순간 정전시 재점등을 위한 LAMP로써 즉시 재점등 될 수 있는 조명을 전체 조명의 50[%] 내외로 설치한다.

(7) 관중석과 비상안전조명은 비상조명등으로서 메탈할라이드 LAMP 또는 텅스텐 할로겐 LAMP 로써 즉시 재점등형 조명등을 설치하도록 한다.

11) 조명기구

조명기구는 알루미늄으로 다이캐스팅하여 견고하고 경량의 몸체를 가지고 IP 65 이상의 내구성이 뛰어난 것을 선택한다. 건축물의 외관에 어울리는 미려하고 COMPACT한 것을 사용한다.

12) 전용전압

220[V]와 380[V]중 선택이 가능한 SYSTEM을 사용하되 본 서키프 월드컵경기장의 주 투광등에 대해서는 380[V]전압을 선택하도록 하였다.

13) 안정기

2000[W] 양극형 메탈할라이드 램프(380[V] 60 [HZ])에서 최적의 작동이 가능한 구조이어야 하며 국제 품질규격 인증 자재를 사용토록하고 안정기 BOX는 알루미늄 재질로 IP55이상의 방수, 방진을 충족하고 90[%]이상의 효율을 유지하는 것이어야 한다.

4. 조명설계

조명설계시에는 3장의 축구경기장 조명계획에서 규정된 필요로 하는 모든 조명 매개변수들을 포함하

표 2. FIFA 추천 최소 조명기준

구 분	Eh	Ev*1	Ev*2	수평면		수직면		클래어 (max)	연색성 (Ra)	색온도 (Tk)
				U1	U2	U1	U2			
아마추어 레벨										
- 체력단련 및 축구연습	50	-	-	0.3	0.5	-	-	50	20	2000
- 시합경기가 아닌 축구 (연습경기)	100	-	-	0.4	0.6	-	-	50	20 (최도 65이상추천)	4000
- 국내시합경기	200	-	-	0.5	0.7	-	-	50	65	4000
프로레벨										
- 체력단련 및 축구 연습	100	-	-	0.4	0.6	-	-	50	65	4000
- 국내시합경기	500	-	-	0.5	0.7	-	-	50	65	4000
- (국제)국내시합 경기/토너먼트:										
- TV: - 국내	-	1000	700	0.5	0.7	0.3	0.5	50	65 (최도 65이상추천)	4000
- 국제	-	1400	1000	0.6	0.7	0.4	0.6	50	65 (최도 65이상추천)	4000
- HDTV	-	2000	1500	0.7	0.8	0.6	0.7	50	90	5000
- 비상용 TV	-	800	500	0.5	0.7	0.3	0.5	50	65 (최도 65이상추천)	4000

Eh : 경기장에 대한 평균유지의 최소 수평면 조도(그라운드 레벨임)

Ev : 이동용 카메라포지션 또는 카메라 포지션 방향안의 오른쪽 각도에서의 고정용 카메라 포지션의 경우에서 PLAYING AREA의 4사이드라인들에 평행인 PLAYING AREA의 1.5M 높이에서의 평균유지의 수직면 조도

여야 한다. 조명설계에 필요로 하는 성과물은 적당한 조도계산법에 의해서 작업이 되어야 하고, 이 작업을 위해 보편적인 컴퓨터 프로그램이 이용되며, 서귀포 월드컵경기장의 SIMULATION 프로그램은 Philips사 CalcuLux를 이용하였다.

조도계산이 되어져야 하는 수평면 조도 Eh, 수직면 조도 Ev, 최대치에 대한 최소 균일도 U1, 평균치에 대한 최소 균일도 U2, 균일도의 증감, 눈부심 비율 등과 같은 것을 계산하는데 기초가 되는 지역은 최소 5미터×5미터 간격의 좌표점으로 구분되어져야 한다.

좌표점들 사이, 골과 터치라인 사이의 간격 구분은 항상 2.5[m] 이내에서 제한 되어져야 하며 좌표점은 경기장 위에 대칭으로 구분되어져야 한다. 이는 어떠한 조도계산을 할 때 최소한 14×21의 좌표점 (최소 경기장 규격, 즉 65미터×105미터일 경우) 또

는 15×22개의 좌표점(최대 경기장 규격, 즉 75×110미터일 경우)에 대한 조도 수치를 보여 주어야 하고 또한 표 2와 같이 FIFA에서 요구하는 최소조명 기준에 따라 설계되어야 한다. 그리고 POLE 배치 및 MAST의 높이를 고려한 투광등 배열을 결정하여야 한다.

$$U1 : \text{균일도} = \frac{E_{min}(\text{최소조도})}{E_{max}(\text{최대조도})}$$

$$U2 : \text{균일도} = \frac{E_{min}(\text{최소조도})}{E_{average}(\text{평균조도})}$$

GR : 눈부심 지수

Ra : 연색성 지수

Tk : 색온도(Kelvin Degree)

* 1 : For main camera (s) : 주카메라(들)

* 2 : For secondary camera (s) : 보조카메라(들)

4.1 투광등 배열

4.1.1 아마추어 레벨 및 연습용 프로페셔널 레벨 POLE 배열 및 투광등 높이

터치라인과 골라인을 따라 무장에 위치가 있기 마련이며, 본 라인으로부터 뒷방향 최소 4[m]이고, 정식 시험경기가 아닐 경우에는 투광등의 최소 추천 높이는 15[m]이다. 다른 아마추어 레벨의 경우 18[m]가 적당하며 골키퍼에 눈부심을 피하기 위해 그림 1에 표시된 지역에는 등기구 설치를 하지 말아야 한다. 최적의 POLE 배치는 터치라인을 따라 3개 내지 4개 정도이고, 골라인과 터치라인 뒤쪽 지역의 특성상 POLE의 위치가 보다 뒤로 옮겨질 경우, MAST의 높이도 따라서 높아져야 하는데, 이것은 그림 2에서와 같이 운동장 중앙의 길이방향으로 수평 25도의 각도에 따라 등기구 높이를 결정하는 방법을 고려함에 따라 결정된다.

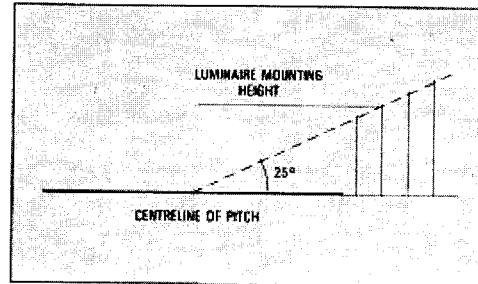


그림 2. 경기장 센터라인에 길이 방향으로의 MAST 설치 높이

4.1.2 프로페셔널 레벨에서의 투광등 배열 및 설치 높이

그림 3과 같은 배열에서 등기구들을 운동장 4개의 모서리 뒤쪽에 위치한 4개의 POLE에 설치된다. 골키퍼의 눈부심 현상을 없애고 골문 뒤 2차 보조 카

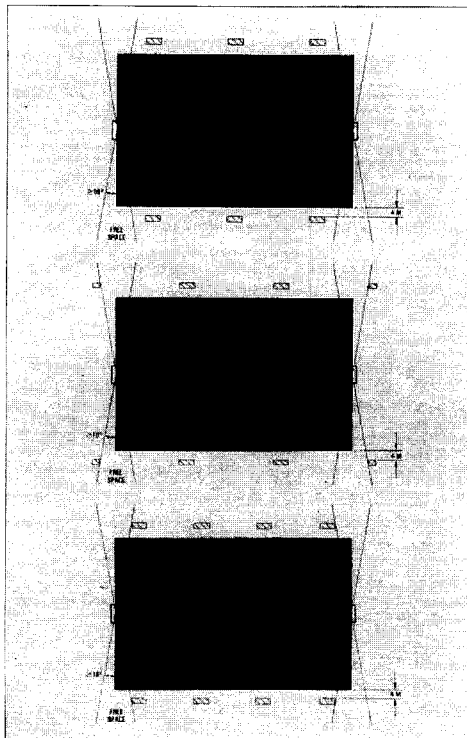


그림 1. 3가지 유형으로 허용되어지는 POLE MAST의 설치위치들

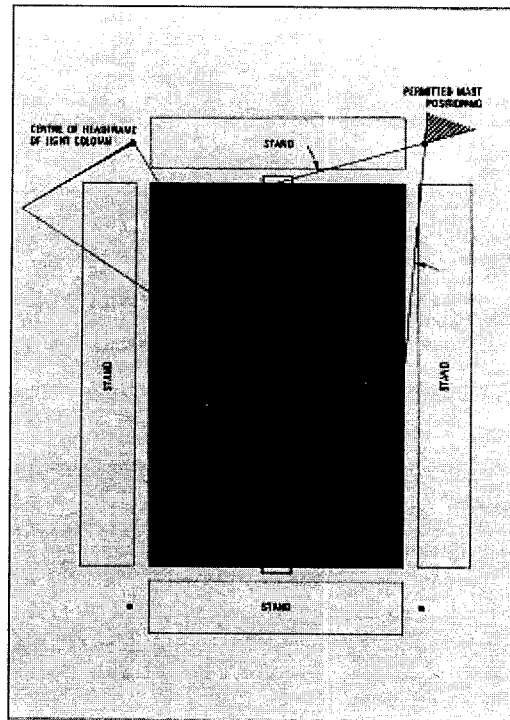


그림 3. 경기장 센터에서 길이방향으로의 MAST들의 높이와 허용되는 MAST 설치위치를 보여주는 4개 코너의 배치상태

2. Summary

2.1 General Information

The overall maintenance factor used for this project is 1.00.

2.2 Observer Information

Code	Observer	Position		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
Aa	Main Camera	0.00	96.00	43.00
Dd	Glare 1	52.50	34.00	1.50
Ee	Glare 2	52.50	0.00	1.50
Ff	Glare 3	52.50	-34.00	1.50
Gg	Glare 4	26.00	34.00	1.50
Hh	Glare 5	26.00	17.00	1.50
Ii	Glare 6	26.00	0.00	1.50
Jj	Glare 7	26.00	-17.00	1.50
Kk	Glare 8	26.00	-34.00	1.50
Ll	Glare 9	0.00	34.00	1.50
Mm	Glare 10	0.00	0.00	1.50
Nn	Glare 11	0.00	-34.00	1.50

2.3 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
K	66	MVF403 CAT A1	1 * MHD380V2000W	2142.0	1 * 180000
L	118	MVF403 CAT A2	1 * MHD380V2000W	2142.0	1 * 180000
M	60	MVF403 CAT A3	1 * MHD380V2000W	2142.0	1 * 180000
P	4	MVF403 CAT A6	1 * MHD380V2000W	2142.0	1 * 180000
R	52	QVF416/1000 NB	1 * T3Q-P-L-1KW	1000.0	1 * 24200
S	20	MVF480/1000 NB	1 * HPI-T1000W	1046.0	1 * 85000

Code	Maintenance factor	
	Luminaire	Lamp
K	0.80	1.00
L	0.80	1.00
M	0.80	1.00
P	0.80	1.00
R	0.80	1.00
S	0.80	1.00

The total installed power: 604.14 (kWatt)

Number of Luminaires Per Switching Mode:

Switching Mode	Luminaire Code						Power (kWatt)
	K	L	M	P	R	S	
Soccer Training	14	28	18	0	0	0	128.52
Soccer Competition	28	52	30	2	0	0	261.32
Soccer CTV	56	100	52	4	0	0	454.10
Soccer HDTV	66	118	60	4	0	0	531.22
Emerg-field	4	2	4	0	0	0	21.42
Emerg-Stand	0	0	0	0	52	0	52.00
Spectator	0	0	0	0	0	20	20.92
Hot Restrike	30	54	34	2	0	0	278.46

Number of Luminaires Per Arrangement

Arrangement	Luminaire Code						Power (kWatt)
	K	L	M	P	R	S	
1training1-49.6	4	6	2	0	0	0	25.70
2training1-50.6	0	12	0	0	0	0	25.70
3trainingcomp1-51.6	0	6	6	0	0	0	25.70
4competition1-52.6	10	0	2	0	0	0	25.70
5competition1-53.6	0	6	4	2	0	0	25.70
6competitionCTV1-54.6	2	4	6	0	0	0	25.70
7ctv1-55.6	6	6	0	0	0	0	25.70
8ctv5-56.6	6	4	0	0	0	0	21.42
Block1	2	14	0	0	0	0	34.27
Block2	0	12	4	0	0	0	34.27
Block3	2	6	12	0	0	0	42.84
Block4	8	12	4	0	0	0	51.41
Block5	2	8	14	0	0	0	51.41
Block6	10	2	0	0	0	0	25.70
Block7	4	10	0	0	0	0	29.99
Block8	2	10	6	0	0	0	38.56
Block9	8	0	0	2	0	0	21.42
Emergency Stand	0	0	0	0	0	0	0.00
PolarSpectator	0	0	0	0	52	0	52.00
Polartemplate	0	0	0	0	0	0	0.00
Spectator Stand	0	0	0	0	0	20	20.92

2.4 Calculation Results

Switching Modes:

Code	Switching Mode
1	Soccer Training
2	Soccer Competition
3	Soccer CTV
4	Soccer HDTV
5	Emerg-field
6	Emerg-Stand
7	Spectator
8	Hot Restrike

(II) Illuminance Calculations:

Calculation	Switching Mode	Type	Unit	Avg	Min	Max	Min/Ave	Min/Max
Soccer Training	1	Surface Illuminance	lux	545	353	949	0.65	0.37
Competition	2	Surface Illuminance	lux	1121	795	1520	0.71	0.52
Soccer CTV	3	Surface Illuminance	lux	1921	1412	2309	0.73	0.61
Soccer CTV Camera	3	Illuminance -> Aa	lux	1609	1032	2092	0.64	0.49
Soccer HDTV	4	Surface Illuminance	lux	2266	1915	2611	0.85	0.73
Soccer HDTV Camera	4	Illuminance -> Aa	lux	2077	1625	2589	0.78	0.63
Hot-Resrike	8	Surface Illuminance	lux	1195	887	1548	0.74	0.57
Hot-resrike cam	8	Illuminance -> Aa	lux	1045	808	1370	0.77	0.59
Emergency Field	5	Surface Illuminance	lux	91.0	23.5	227.8	0.26	0.10
Emergency Stand	6	Surface Illuminance	lux	54.0	0.6	178.6	0.01	0.00
Spectator-HDTV	4	Surface Illuminance	lux	402	8	1887	0.02	0.00
Spectator1	7	Surface Illuminance	lux	62.1	8.7	144.7	0.14	0.06

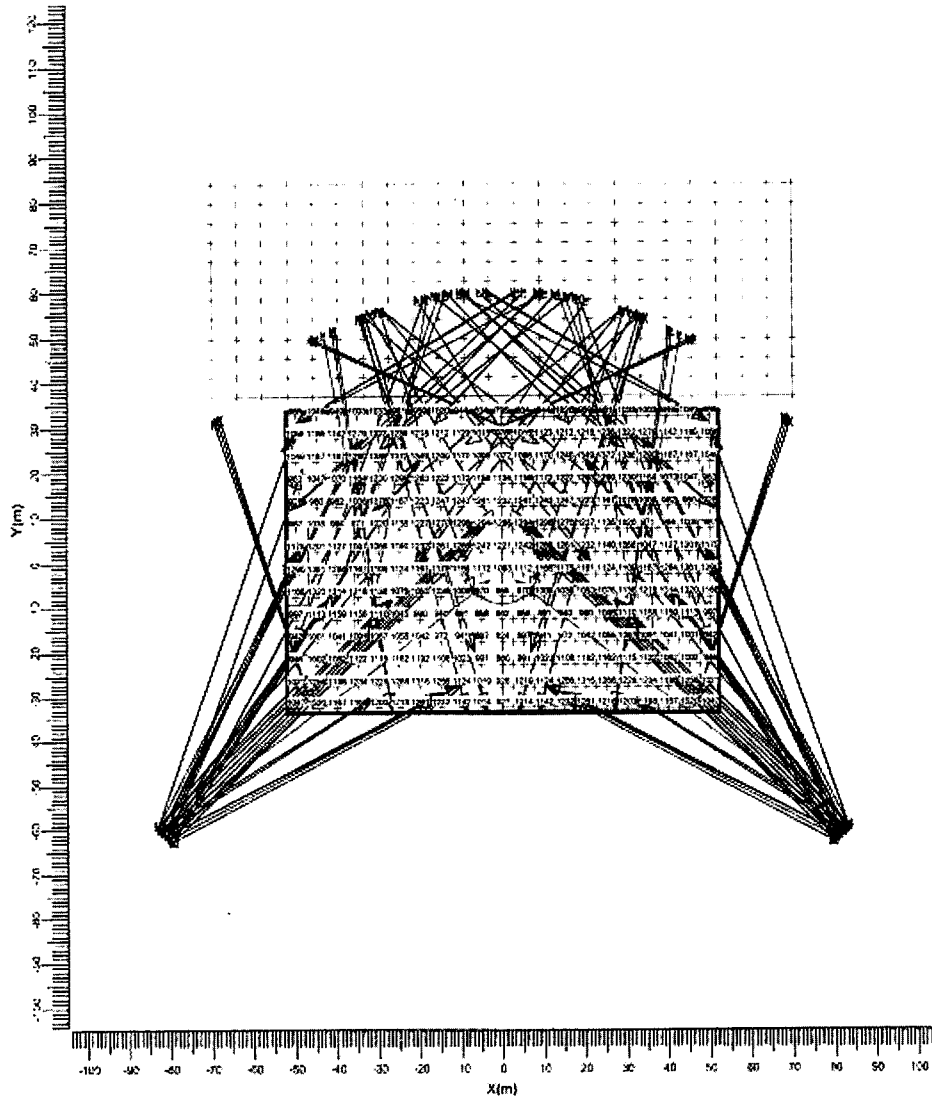
Glare Rating Calculations:

Calculation	Switching Mode	Observer	Reference Grid	Reflectance	GR-Max
Glare 1	4	Dd	Football	0.25	30.7
Glare 2	4	Ee	Football	0.25	30.8

3.3 Competition: Graphical Table

Soccer Competition

Grid : Football at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



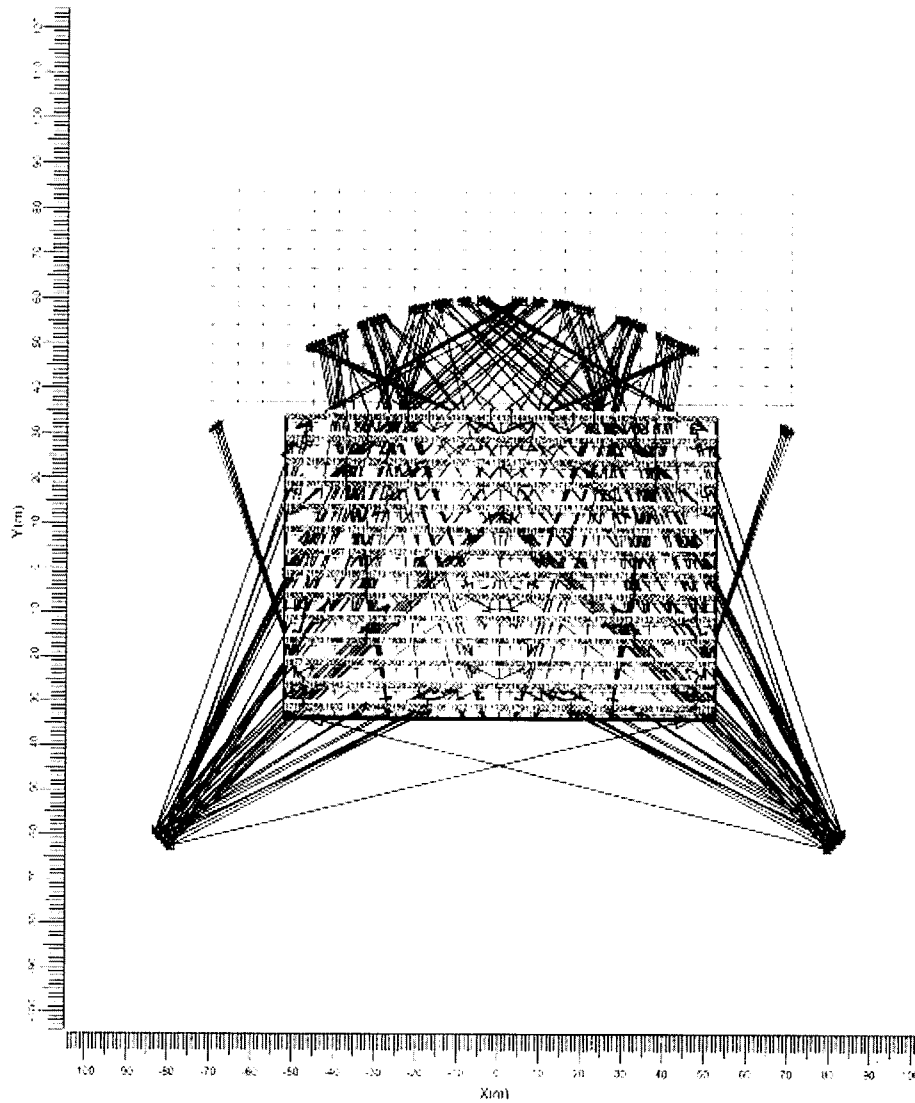
- K ———> MVF403 CAT A1
- L ———> MVF403 CAT A2
- M ———> MVF403 CAT A3
- P ———> MVF403 CAT A6

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Maintenance factors	Scale
1121	795	1520	0.71	0.52	See summary	1:1250

3.5 Soccer CTV: Graphical Table

Soccer CTV

Grid : Football at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



K —▶ MVF403 CAT A1 P —▶ MVF403 CAT A6
 L —▶ MVF403 CAT A2
 M —▶ MVF403 CAT A3

Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Maintenance factors	Scale
1921	1412	2309	0.73	0.61	See summary	1:1250

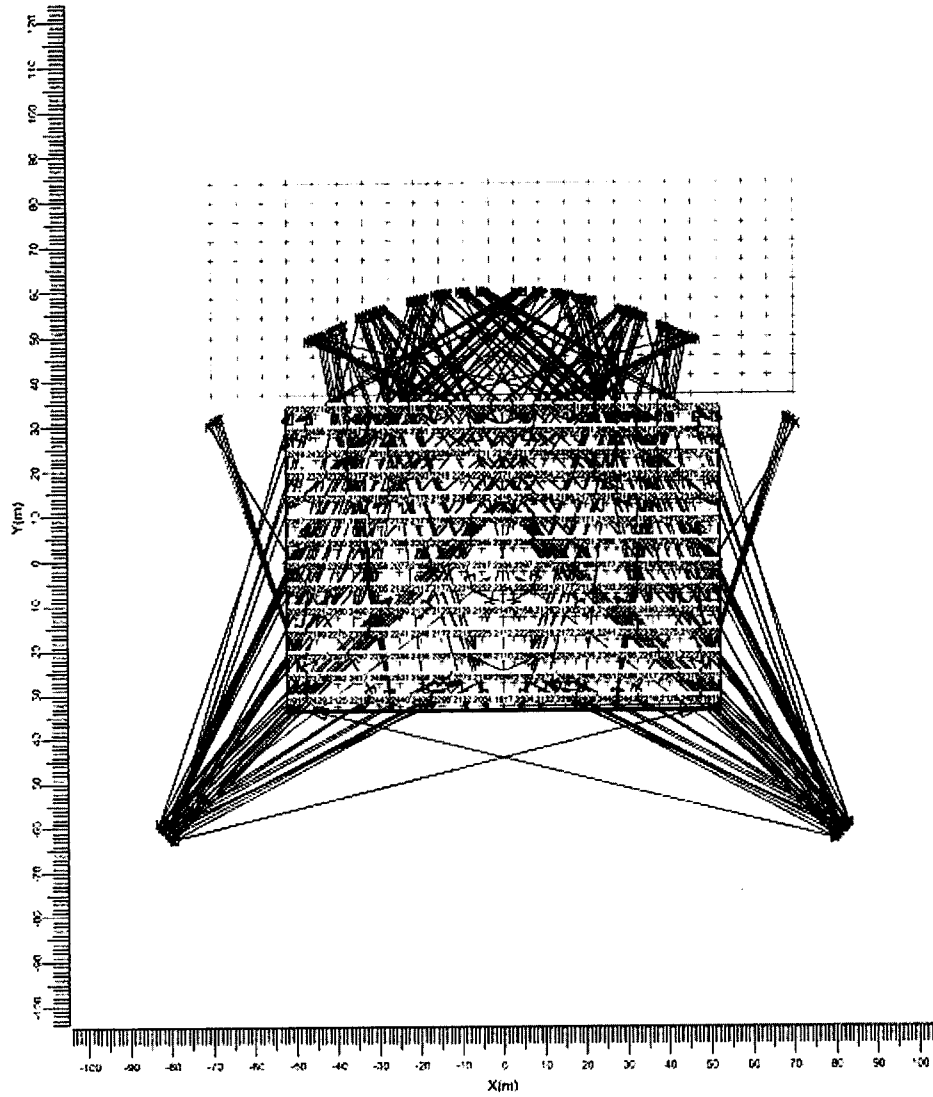
CalcLuX Area 4.0a 12sgokypo 001005FINAL.CAT Philips Lighting B.V

Page: 10/54

3.9 Soccer HDTV: Graphical Table

Soccer HDTV

Grid : Football at Z = 0.00 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)



Average	Minimum	Maximum	Min/Ave	Min/Max	Maintenance factors	Scale
2266	1915	2611	0.85	0.73	See summary	1:1250

CalculuX Area 4.0a 12seokypo 001005FINAL.CAR Philips Lighting B.V.

Page: 14/54

메라를 위한 수직면 조도를 창출하기 위해서는 POLE MAST가 항상 지시된 위치내에 위치해야 한다. STAND의 구조가 조명에 방해가 되지 않는가 체크하는 것도 중요하고, COLUMN 혹은 MAST HEADFRAME의 평균 높이는 운동장 중앙의 길이 방향으로 수평 25도의 각도에 따라 등기구 높이를 결정하는 방법을 기초로한다.

5. 조명 SIMULATION과 현장적용

서귀포 월드컵 축구경기장 조명 SIMULATION은 Philips사의 Calculux 4.0a에 의해 4장의 조명설계에 제시된 FIFA 추천 조명 기준 경기 LEVEL에 따라 수평면조도, 수직면조도, 균제도, 글레어, 연색성과 색온도 등을 계산하였다.

서귀포 경기장에는 관중석 비상조명용 할로젠 LAMP 52[Set], 관중석 조명용 메탈할라이드 20[Set], 경기장 조명용 메탈할라이드 248[Set]에 대해 General Information에서 보듯이 스위칭모드에 의해 단계적 점등과 소모전력 등을 구하였다. HDTV 중계 경기에서는 추천조도를 유지키 위하여 248 등이 전부 점등하게되고 계산결과에서와 같이 평균조도 2266[Lux], 최소조도 1915[Lux]이며, 이때 U1은 0.73 이고 U2는 0.85로서 기준치에 적절하게 설계되었음을 SIMULATION을 통해 확인하였다. 계산결과표에 따라 그 외 경기의 종류에 따른 기준치도 구하였다. SIMULATION시에는 모든 기준치를 구하기 위하여 설치시 반영하였으나 여기에서는 대표적인 시합경기, CTV, HDTV에대한 조도를 구하고 Graphical Table로 나타내었다.

6. 맺음말

월드컵 경기 주경기장의 야간조명설비는 선수의 경기와 관중의 관람환경을 동시에 쾌적하게 하고 CTV/HDTV 방송중계를 위한 FIFA의 조명조건에

부합하고 관중 및 선수들의 안전조명을 충분히 고려하여야 한다. 또한 다음과 같은 시공시 중점고려사항들이 반영되어야 한다.

- 조명시설에 관련된 기자재는 조도레벨(수평면, 수직면) 균일도, 글레어, 연색성, 색온도, IP지수, 설치위치 및 높이 등을 FIFA의 요구조건을 충족토록 구성

- 조명의 유형, 소요전력, 수명, 초기비용, 유지비용, 설치수량, 형태, 고정높이, 위치설정, 향후 유지관리의 용이성 등을 최대한 고려하여 상세설계후 시공 착수

- 다목적 사용용도(경기, 집회, 이벤트행사)에 따라 점등이 가능토록 단계별 점등 계획 및 원격제어에 대한 다각적 검토후 최상의 조명배치 계획후 시공착수

- 관중용 비상조명은 정전후 즉시 점등하고 안전한 장소로 이동, 대피가 가능토록 독립된 회로망을 구성하여 시공

- 정전시 TV 방송용 조명이 확보되도록 시스템을 구성

- 조명기기 설치후 유지보수 계획을 위한 관련 DATA 제출

시공이 완료된 후 기준치에 따른 각종 측정범위는 CIE규정 제67항에 의거 PLAYING AREA 상에서 7×11칸의 총 77 grid의 측정 포인트를 적용하여 조명 시설 세부측정을 통하여 설계에 따른 SIMULATION 결과에 잘 부합되는지 확인작업이 필요하다.

참고 문헌

- (1) 지철근, "대형경기장 조명최신설계기법", 한국조명전기설비학회, pp.5-30, 1999.
- (2) IFA, "Guide to the Artificial Lighting of Football Pitches",
- (3) Philips Korea, "제주월드컵 축구경기장 전기공사(경기장 투광 조명기구)", 2000.

- [4] 최홍규 외 7인, "조명설비 및 설계", 성인당, pp.247-250, 2000.
- [5] Philips Lighting, "Lighting Manual", Philips, pp.351-358, 1993.

◇ 著 者 紹 介 ◇



오 성 보(吳性寶)

1953년 3월 26일 생. 1976년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1987년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년 일본 나가사키대학 방문 교수. 현재 제주대학교 전기전자공학부 교수, 제주대학교 기획처장, 당학회 평의원, 일본조명학회 회원.