

축구 경기장의 조명타워 위치에 따른 조도분포 해석

(Illuminance Distribution Analysis by Lighting Tower Position of a Soccer Stadium)

최홍규 · 최병숙 · 김길영*

(Hong-Kyoo Choi · Byung-Sook Choi · Kil-Young Kim)

충익대학교 전기공학과 · 전기설비연구소

Abstract

축구 경기장의 조명타워 설치는 경기자, 진행자, 관중, 방송관계자에게 최적의 조도를 제공하는데 중요한 요소가 된다. 그러나 시공현장에서 조명타워 설치시 KS규격과 FIFA 기준을 만족하지 못하는 경우가 종종 발생하고 있다. 따라서 본 논문에서 이러한 문제점을 해결하여 최적의 조도분포를 확보하여 국내 축구경기장에 조명타워 설치시 많은 참고가 되었으면 한다.

1. 서론

한국이 2002년 월드컵을 개최함으로써 가지는 의의로는 첫째, 국가 이미지 쇄신을 통한 국가 위상제고, 화해와 공존을 통하여 한·일 관계의 재정립, 남북한의 실질적 이해·협력의 증진 및 민족 화합 조성의 기회 제공 등의 정치·외교적 의의를 가진다. 둘째, 대회준비·운영과정에서 거시경제 전반에 대한 유·무형의 파급효과 창출, 정보·통신 등 첨단산업과 스포츠 관련산업의 성장단계 제공, 개최도시의 이미지 제고로 관광 등 지역산업의 경쟁력 강화와 지역경제의 활성화 촉진 등의 경제적 의의를 가진다. 셋째, 사회공동체 의식을 제고하여 지역 간·계층 간 국민통합 증진, 문화월드컵을 통한 한국문화의 세계화, 지방의 균형발전 및 국제화 촉진 등의 사회·문화적 의의 등 한국이 2002년 월드컵을 개최함으로써 기대되는 국가 발전적 의의는 매우 크다. 또한 2002년 월드컵 축구 대회를 통해서 우리나라가 선진국으로 부상할 수 있는 계기와 전환점을 마련하였기 때문에 의미가 깊고 세계 곳곳으로부터 오고 간 수많은 관람객들은 관광, 문화, 산업, 국민의식 함양 등에 일조 하게되어 결국 우리나라의 국제적 지위향상에 기여하였고, 한국사회의 전반적인 분위기 쇄신과 국제사회 속의 신뢰를 화려하게 해주는 계기를 마련하게 되었다

2. 경기장의 개요

2.1. 경기장 조명의 조건

경기장 조명은 경기자와 진행자가 정확히 물체를 볼 수 있어야 하고 관중도 경기 내용을 자세히 관찰할 수 있는 조명이 되어야 한다

선수들과 심판 그리고 경기 관계자들은 가능한 최선의 경기를 할 수 있도록 경기장 안에서 일어나고 있는 모든 사실들을 정확히 볼 수 있어야 한다.

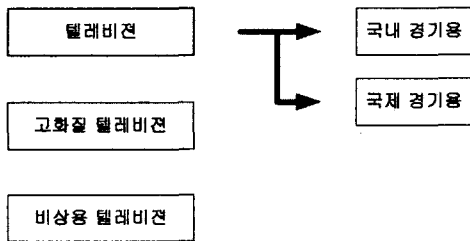
관중들은 선수들의 경기와 경기전체의 내용을 쾌적한 환경 속에서 관람 할 수 있어야 한다. 이는 관중들이 경기장뿐만 아니라 경기장 주위의 모든 상황을 신속히 관람 할 수 있어야 한다는 것을 의미하며, 관중들이 안전하게 경기장에 출입을 할 수 있도록 하여야 한다. 관중이 많으면 많을수록 이 부분에 대한 안전적인 측면은 매우 중요하다.

텔레비전 방송을 하기 위해서 방송담당자들은 경기장 안에서 일어나고 있는 모든 상황을 정확히 촬영할 수 있어야 한다. 따라서 경기장 조명은 CIE 83번에서 규정된 바와 같이 뛰어난 칼라의 품질을 보장해 줄 수 있는 조건을 제공하여야 한다. 경기 전체의 화면뿐만 아니라 선수들과 관중들의 클로уз 업(Close-Up)등 여러 조건을 제공하여 최적의 방송을 할 수 있도록 하여야 한다.

[표 1] FIFA의 축구 경기장 조명에 대한 권장 사항

| 구 분 | FIFA 최소조명 기준 | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| | 일반TV(CTV) | | HDTV | 비상용 TV |
| | 국내경기 | 국제경기 | | |
| E_h (수평면조도:그라운드레벨) | - | - | - | - |
| E_{v1} (수직면조도:그라운드에서1.5m/주카메라) | 1,000 | 1,400 | 2,000 | 800 |
| E_{v2} (수직면조도:골문 뒤 보조카메라) | 700 | 1,000 | 1,500 | 500 |
| E_{v3} (수직면조도:주카메라 반대편 보조카메라) | - | - | - | - |
| 수평면 균제도 U_1 (Min/Max) | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.5 |
| 수평면 균제도 U_2 (Min/Average) | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.7 |
| 수직면 균제도 U_1 (Min/Max) | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.3 |
| 수직면 균제도 U_2 (Min/Average) | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.5 |
| GR(Max) | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Ra(연색성) | ≥ 65 (되도록 90) | ≥ 65 (되도록 90) | ≥ 90 | ≥ 65 (되도록 90) |
| TK(색온도) | 4,000 | 4,000 | 5,000 | 4,000 |
| Mounting Height(min) | 20 | 20 | 20 | 20 |

경기장 조명은 그림 1과 같이 분류되어지고 이에 따르는 요구사항은 표 1과 같은 값을 만족하여야 한다.



[그림 1] 경기장 조명의 분류

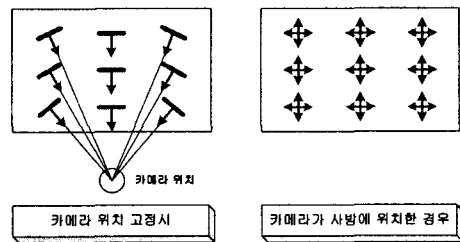
표 1에서 경기장 조명의 경우 수평면 조도, 수직면 조도외에 균제도, 연색성, 색온도, 글레어에 관한 기준을 두고 이를 만족하도록 규정하고 있다. 균제도의 경우 U_1, U_2 로 나타내는데 이 경우 U_1 은 최소조도/최대조도를 나타내는 것이고, U_2 는 최소조도/평균조도를 나타내는 것이다.

HDTV를 기준으로 수평면 조도의 경우 U_1 은 0.7이상, U_2 는 0.8을 만족해야 하고, 수직면 조도의 경우 U_1 은 0.6이상, U_2 는 0.7을 만족해야 한다.

눈부심을 나타내는 GR의 경우 최대치를 50으로 규정하고 있고, 이를 만족하도록 요구하고 있다. 연색성은 HDTV를 기준으로 90이상이 되도록 해야하고, 색온도의 경우 5,000K이상을 요구하고 있다.

2.2 경기장 조명의 조도

일반적으로 경기장 내의 조도는 관람객이 관전하거나 심판, 선수들이 경기를 하는데 지장이 없도록 하는 수평면 조도(E_h)와 방송 중계를 위한 수직면 조도(E_v)로 해석된다. 수평면 조도는 경기의 진행이나 관전에 참여하는 대상들이 직접 현장에서 보는 것을 만족시켜 주는 것을 의미한다. 수직면 조도는 어떠한 대상물의 수직면을 표현하는데 필수적이다. 관찰자가 선수들의 어떤 측면을 볼 수 있는지는 관찰자의 시선에 직각인 수직 평면을 잡아 어렵해 볼 수 있다. 이러한 장면(scene) 조도, 그리고 특히 수직면 조도는 텔레비전 또는 영화 화면의 질에 아주 주요한 영향을 미친다. 모든 방향에서 최적의 장면을 제공하고 어떤 각도에서도 선수들을 알아볼 수 있게 하려면, 경기장 바닥을 기준으로 높이 1.5미터 지점에 잡은 수직면 상에서 지정된 조도를 보장해야 한다.



[그림 2] 카메라의 위치에 따른 수직면 조도 측정 기준

경기장 조명의 설계시 수직면 조도의 측정 기준은 그림 2에서와 같이 주 카메라의 위치와 보조 카메라의 위치에 따른 규정을 만족하도록 경기장 조도를 규정하고 있다.

2.3 경기장조명의 타워위치선정 방법

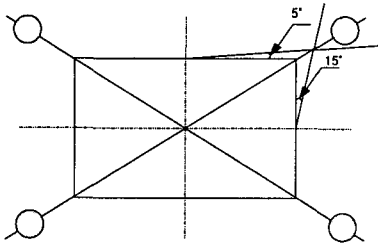
2.3.1 KS에 따른 코너배치 조건

경기장 조명에서 조명 기구의 부착 높이 및 그 위치 선정은 경기장 조명에서 매우 중요하다. 따라서 KS규격에서는 식 (1)과 그림 3 ~ 그림 5와 같은 조건을 제시하고 있다.

$$0.35L_1 \leq H \leq 0.6L_1 \quad (1)$$

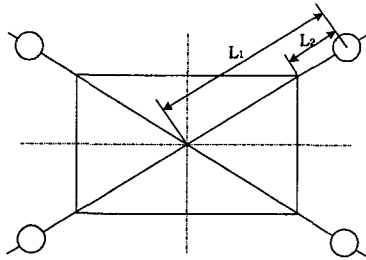
$$L_2 \leq H \leq 3L_2$$

KS규격의 조건에 따라 경기장의 코너 배치에 따른 조명 타워의 위치를 나타내면 그림 3 ~ 그림 5와 같이 표현할 수 있다.



〔그림 3〕 전용경기장의 코너배치1

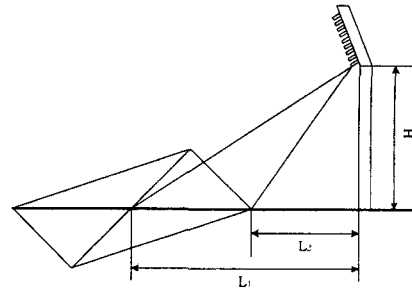
그림 3에서 조명 타워의 위치는 가로(x축)를 기준으로 5° 이상의 각도를 갖고, 세로(y축)를 기준으로 15° 이상의 각도를 만족하는 위치에 시설하여야 하며



〔그림 4〕 전용경기장의 코너배치2

그림 4에서는 경기장의 하프라인 상의 중심에서 조명타워의 수평면상의 거리를 L_1 으로, 경기장의 코너지점에서 조명타워의 수평면상의 거리를 L_2 로 나타낼 경우 수식(1)을 만족하는 위치에 조명타워를 설치하여야 한다.

조명기구의 높이는 그림 5와 같이 수평면상의 바닥으로부터 등기구 설치의 최하단 조명기구까지의 높이를 나타내는 것이다.



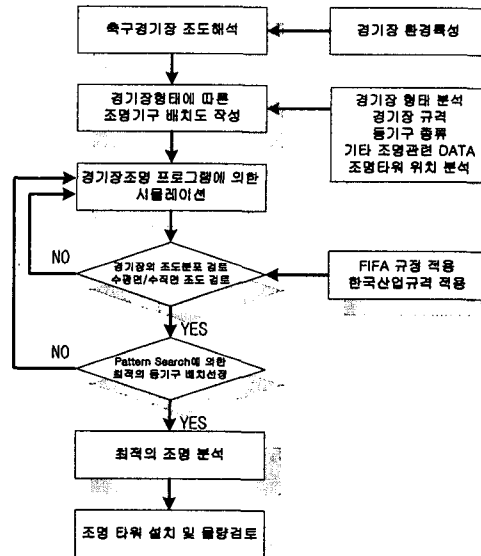
〔그림 5〕 조명기구의 높이

3. 경기장의 시뮬레이션

축구 경기장의 조명에서 등기구의 위치선정에 따른 경기장면의 조도분포는 등기구의 위치와 등기구 각각의 각도변화에 따라 상당한 조도분포 변화를 나타내고있다.

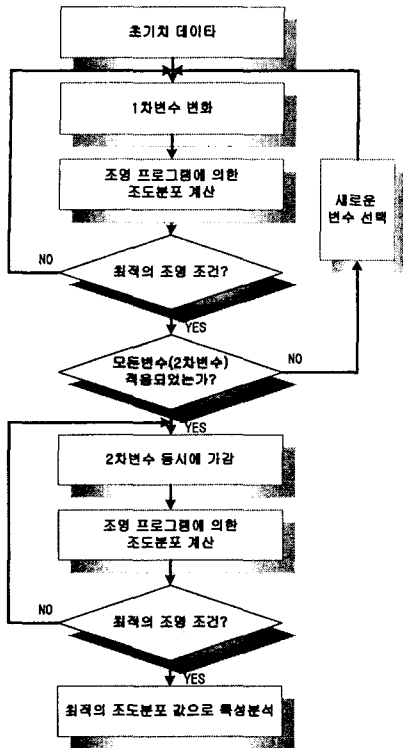
3.1 경기장의 시뮬레이션 조건

본 연구에서는 경기장의 조명형태 중 KS 규격과 FIFA의 기술 기준을 바탕으로 축구 전용구장에 대한 조도 분포 해석을 시행하였다.



〔그림 6〕 조도 분포 해석에 관한 순서도

경기장 조명의 형태는 축구 전용 구장으로서 00종합 경기장의 조명타워 상의 구조와 등기구 배광곡선을 바탕으로 시뮬레이션 하였다. 본 시뮬레이션은 PHILIPS사의 경기장 조도계산 프로그램인 Calculux Ver.4.5를 사용해서 값을 구하였다.



[그림 7] 계통의 흐름도

현재 KS규격에는 축구 경기장의 코너 배치의 경우 조명 타워 각도는 가로에의 경우 기울기를 5°로 정하고 있고, 세로의 경우 15°로 규정하고 있다.

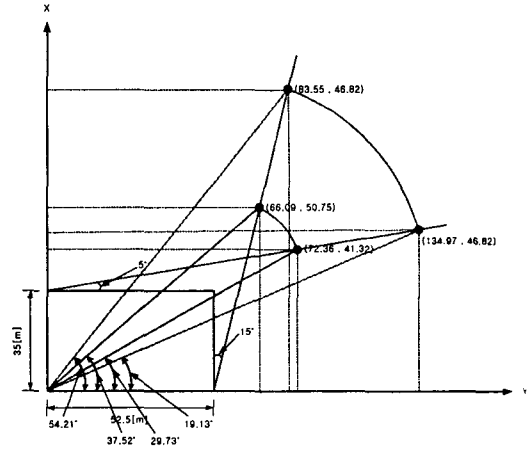
따라서, 00 종합경기장을 시뮬레이션을 통해서 그 조명 기구의 설치 위치가 얼마나 효율적이고, 과연 그 위치가 최상의 조건을 만족하는지를 조명 기구의 배치 위치에 따른 각도의 조절을 통해서 이를 규명하고자 한다.

[표 2] 00 종합경기장의 시뮬레이션 조건

| 구분 | 시뮬레이션 조건 | | | | |
|------------|---------------------|------|------|------|------|
| 경기장 규모 | 105×70[m] 축구 경기장 | | | | |
| 조명 타워의 높이 | 50[m] | | | | |
| 투광기 형태 | CAT1 | CAT2 | CAT3 | CAT4 | CAT5 |
| | 100개 | 156개 | 52개 | 16개 | 4개 |
| 안정기 형태 | 표준형(Standard) | | | | |
| 램프 1등당 총광속 | 180000[lm] | | | | |
| 등기구 용량 | 2140[W] | | | | |
| 등기구 유지율 | 0.9 | | | | |
| 램프의 유지율 | 1.0 | | | | |
| 정격전압 | 400[V] | | | | |

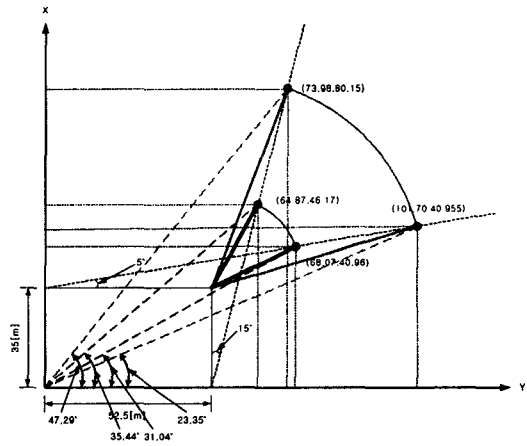
표 2에서와 같은 조건으로 앞서 설명한 KS규격에서 조명타워 설치 위치를 선정하는 기준인 L_1 , L_2 와 가로(X축) 5° 이상, 세로(Y축) 15° 이상에 조명 타워 설치시 FIFA의 권장 조도 특성을 만족하는 최적의

위치를 찾고자 한다.



[그림 8] L_1 에 대한 최소·최대의 값의 선정

표 2의 시뮬레이션 조건에서 조명타워의 높이를 50[m]로 할 경우 KS규격에 의해서 L_1 , L_2 값의 범위를 구하면 L_1 의 경우 $83.33 \leq L_1 \leq 142.86$ [m]의 범위를 나타내고, L_2 의 경우 $16.67 \leq L_2 \leq 50$ [m]의 범위를 구할 수 있다. 본 시뮬레이션에서는 그림 8, 그림 9와 같이 L_1 , L_2 를 동시에 만족하는 구간을 경기장의 중심에서 조명타워의 설치 위치를 잇는 거리로 환산하면 L_1 의 최소값 보다 크고, L_2 의 최대값 보다 작은 구간인 $83.33 \leq L \leq 113$ [m]의 범위를 구하여 최소거리에 대한 조도분포와 최대 거리에 대한 조도분포를 바탕으로 최적의 조도분포값을 얻는 각도를 선정하고자 한다.



[그림 9] L_2 에 대한 최대·최소의 값의 선정

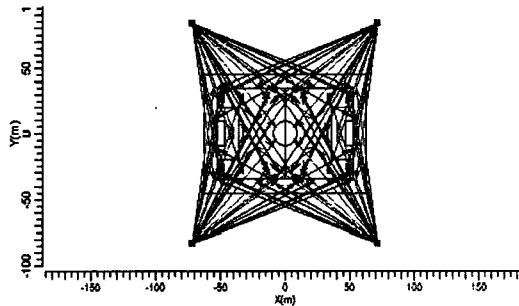
그림 8은 L_1 에 대한 최소·최대의 점을 선정하여 X-Y좌표로 표시하고, 그때의 X축을 기준으로 수평으로 이루는 각도를 나타내었다. 이때 최소거리에 대한 수평각도의 범위는 $29.73^\circ \leq \theta_1 \leq 37.52^\circ$ 로 나타났고, 최대거리에 대한 각도의 범위는 $19.13^\circ \leq \theta_2 \leq 54.21^\circ$ 로 나타났다.

그림 9의 L_2 에 대한 최소·최대의 점을 선정하여 X-Y좌표로 표시하고, 그때의 X축을 기준으로 수평으로 이루는 각도를 나타내었다. 이때 최소거리에 대한 수평각도의 범위는 $31.04^\circ \leq \theta_3 \leq 35.44^\circ$ 로 나타났고, 최대거리에 대한 각의 범위는 $23.35^\circ \leq \theta_4 \leq 47.29^\circ$ 로 나타났다.

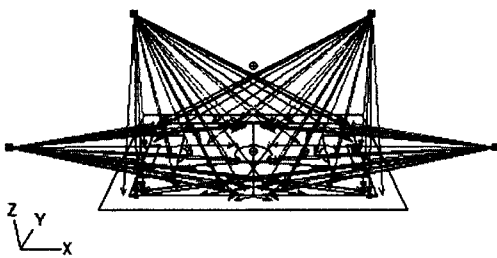
이러한 조건에서 최적의 조도분포 효과를 얻기 위해서 최소거리인 L_1 의 83.33[m]에 대해서 $29.73^\circ \leq \theta_1 \leq 37.52^\circ$ 의 범위를 1.56° 간격으로 6등분하여 시뮬레이션을 하여 최적 조도 분포의 값을 얻고자 한다.

최대거리인 L_2 의 50[m]에 대해서는 $23.35^\circ \leq \theta_4 \leq 47.29^\circ$ 의 범위를 약 2° 의 간격으로 13등분하여 시뮬레이션을 하여 최적의 조도 분포값을 얻고자 한다.

그림 10은 Calculux를 이용한 시뮬레이션으로 2-D의 형태를 나타낸 것이고, 그림11은 3-D의 형태를 나타낸 것이다.



(그림 10) L_1, L_2 의 조건에서의 시뮬레이션 (2차원)



(그림 11) L_1, L_2 의 조건에서의 시뮬레이션 (3차원)

3.2 조도 분포 해석

L_1, L_2 의 조건을 바탕으로 각도에 따라 시뮬레이션을 다음과 같이 하였다. L_1 의 최소 길이인 83.33[m]에서 수평각도 $29.73^\circ \leq \theta_1 \leq 37.52^\circ$ 에서 시뮬레이션의 결과는 표 3과 같다.

(표 3) L_1 의 최소거리 83.33 (m)의 조도 분포

| 구 분 | 최소길이 L_1 83.33[m] 기준 | | | | | | |
|------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 29.73° | 31.29° | 32.85° | 34.40° | 35.96° | 37.52° | |
| 수평면 조도 (HDTV 기준) | 3109 | 3103 | 3096 | 3090 | 3084 | 3078 | |
| 수직면 조도 (HDTV 기준) | 1734 | 1779 | 1825 | 1870 | 1914 | 1958 | |
| 균제도 (수평) | 최소/평균 | 0.75 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.77 | 0.77 |
| | 최소/최대 | 0.57 | 0.58 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.61 |
| 균제도 (수직) | 최소/평균 | 0.55 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.65 | 0.65 |
| | 최소/최대 | 0.27 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.34 | 0.36 |
| 클레어 | Keeper | 34.3 | 34.1 | 33.9 | 33.7 | 33.4 | 33.2 |
| | Main Camera | 10.00 | 10.0 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |

최대의 길이인 L_2 의 50[m]에서 수평각도 $23.35^\circ \leq \theta_4 \leq 47.29^\circ$ 에서 시뮬레이션한 결과 표 4와 같다.

(표 4) L_2 의 최대거리 50 (m)의 조도분포

| 구분 | 최대 길이 L_2 - 50(m) 기준 | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 23.35 | 27.34 | 31.33 | 35.32 | 37.32 | 41.31 | 43.30 | 47.29 | |
| 수평면 조도 (HDTV 기준) | 2649 | 2634 | 2618 | 2601 | 2583 | 2579 | 2573 | 2561 | |
| 수직면 조도 (HDTV 기준) | 1446 | 1565 | 1690 | 1818 | 1884 | 2015 | 2080 | 2204 | |
| 균제도 (수평) | 최소/평균 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.86 |
| | 최소/최대 | 0.72 | 0.72 | 0.73 | 0.74 | 0.75 | 0.76 | 0.75 | 0.76 |
| 균제도 (수직) | 최소/평균 | 0.58 | 0.65 | 0.72 | 0.77 | 0.79 | 0.83 | 0.81 | 0.78 |
| | 최소/최대 | 0.31 | 0.36 | 0.42 | 0.48 | 0.51 | 0.57 | 0.57 | 0.60 |
| 클레어 | Keeper | 40.7 | 40.1 | 39.7 | 39.2 | 39.0 | 38.5 | 38.2 | 37.4 |
| | Main Camera | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |

표 3과 표4에서 시뮬레이션한 결과 L_2 의 최대거리 50[m]의 47.29° 에서 조도분포 및 균제도, 클레어가 FIFA 규정을 만족하며, 가장 우수한 특성이 나타났다.

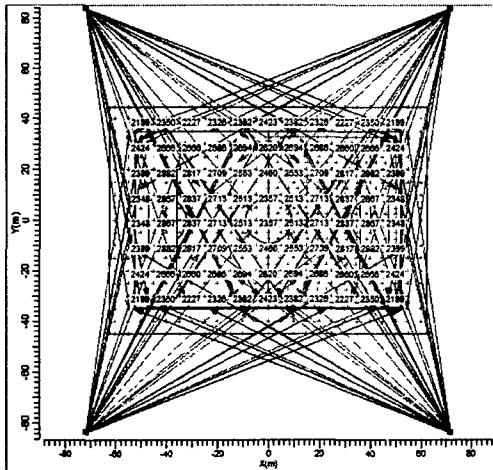
따라서, 본 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 또다시 L_2 의 최대거리를 기준으로 약 5[m]의 범위와, 47.29° 의 각도에서 약 5° 의 범위내에서 시뮬레이션한 결과 표 5 에서 보는 바와 같이 110[m]상의 가로각도 33.9° , 세로각도 13.00° 높이각도 24.44° 와 수평각도 49.29° 상에서 수평면 조도, 수직면 조도, 클레어 및 균제도상에서 최적의 조건을 얻을 수 있었으며 그림 12 ~ 그림 14에 그 결과를 나타내었다.

[표 5] 시뮬레이션의 결과

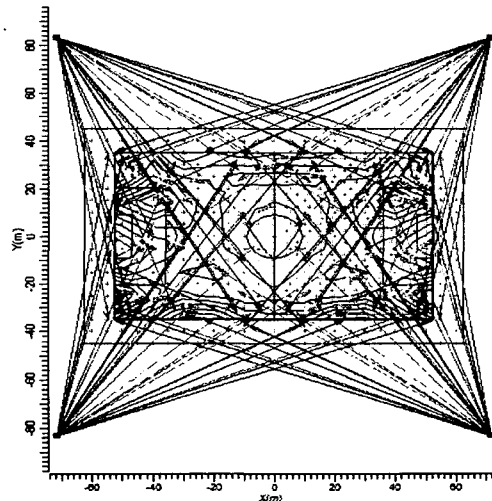
| 구분 | 최소길이 L ₁ 83.33[m] | | | | | | 최대길이 L ₂ 50[m] | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|--|--|
| | 37.5° | | | | | | 41.31° | | | 45.29° | | | 47.29° | | | 49.29° | | | 51.29° | | |
| | 83.33 | 100 | 110 | 105 | 110 | 113 | 109 | 110 | 113 | 107 | 110 | 113 | 107 | 110 | 113 | 107 | 110 | 113 | | | |
| 수평면 조도 (HDTV 기준) | 3078 | 2763 | 2592 | 2663 | 2579 | 2530 | 2583 | 2567 | 2518 | 2610 | 2561 | 2514 | 2603 | 2554 | 2504 | 2594 | 2547 | 2498 | | | |
| 수직면 조도 (HDTV 기준) | 1958 | 1919 | 1891 | 2027 | 2015 | 2009 | 2144 | 2142 | 2136 | 2208 | 2204 | 2199 | 2267 | 2323 | 2260 | 2326 | 2323 | 2320 | | | |
| 관제도 (수평) | 최소/평균 | 0.77 | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | | | |
| | 최소/최대 | 0.61 | 0.73 | 0.75 | 0.76 | 0.76 | 0.75 | 0.76 | 0.76 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.77 | 0.76 | 0.75 | 0.78 | 0.77 | 0.75 | | | |
| 관제도 (수직) | 최소/평균 | 0.65 | 0.76 | 0.80 | 0.82 | 0.83 | 0.83 | 0.80 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.76 | 0.76 | 0.75 | | | |
| | 최소/최대 | 0.36 | 0.45 | 0.51 | 0.54 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.60 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.61 | 0.61 | | | |
| 클레이 | Keeper | 33.2 | 36.8 | 39.0 | 37.4 | 38.5 | 39.2 | 37.4 | 37.7 | 38.4 | 36.7 | 37.4 | 38.1 | 36.6 | 37.4 | 38.1 | 36.9 | 37.6 | | | |
| | Main Camera | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.6 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 11.1 | 10.0 | | | |

[표 6] 각도와 거리에 따른 가로·세로 각도 변화

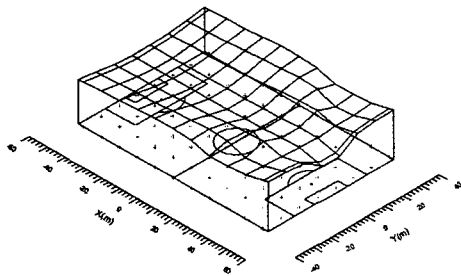
| x축 | y축 | x축 | y축 | 각도[°] | 각도[°] | 세로 각도 | 가로 각도 | 높이 각도 | 세로 각도 | 가로 각도 | 높이 각도 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | |
| 89.79 | 81.11 | 88.92 | 83.49 | 49.29 | 51.29 | 12.03 | 33.45 | 25.05 | 9.80 | 35.93 | 25.05 |
| 70.44 | 81.87 | 87.54 | 84.27 | 49.29 | 51.29 | 12.38 | 33.84 | 24.84 | 10.12 | 36.11 | 24.84 |
| 71.09 | 82.82 | 88.17 | 85.08 | 49.29 | 51.29 | 12.68 | 33.82 | 24.84 | 10.44 | 36.29 | 24.84 |
| 71.75 | 83.38 | 88.79 | 85.84 | 49.29 | 51.29 | 13.00 | 33.99 | 24.44 | 10.75 | 36.46 | 24.44 |
| 72.40 | 84.14 | 89.42 | 86.62 | 49.29 | 51.29 | 13.30 | 34.17 | 24.25 | 11.05 | 36.63 | 24.25 |
| 73.05 | 84.90 | 90.04 | 87.40 | 49.29 | 51.29 | 13.61 | 34.34 | 24.06 | 11.35 | 36.80 | 24.06 |
| 73.70 | 85.66 | 90.67 | 88.18 | 49.29 | 51.29 | 13.90 | 34.50 | 23.87 | 11.64 | 36.96 | 23.87 |



[그림 12] 최적 조건의 수평면 조도 분포도



[그림 14] 최적 조건의 수직면 조도 분포도



[그림 13] 클레이 분포도

4. 결론

2002 FIFA 한일 월드컵을 통해서 전국민이 축구에 대한 관심을 갖게 되었고, 이러한 관심은 프로축구 경기의 참여로 이어지고 있다. 따라서, 이런 관심을 계속 유지해 나가기 위해서는 관중들에게 축구경기 관람시 쾌적한 환경에서 경기를 관람할 수 있는 조건을 갖추는 것이 필요하다.

본 연구에서는 경기장의 조명 시설중 코너 배치에 대한 부분을 시뮬레이션하여 Pattern Search법을 통해서 최적의 조명타워 위치와 범위를 찾을 수 있었다.

본 연구에서는 기존의 00 종합 경기장의 조명타워의 위치를 바탕으로 시뮬레이션 한 결과 표 5, 표 6과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

이 결과를 KS 규격과 비교해 본 결과 수평면상의 타원각도 47.29° 인 경우 110[m]이상에서 가로각도 32.57°, 세로각도 15.3° 를 만족하고 이때, 높이 각도 24.44° 를 나타내고 있으며, 평면상의 타워 각도 49.29° 인 경우 가로각도 33.99°, 세로각도 13.00°, 높이 각도 24.44°, 로 나타났고, 평면상의 타워각도 51.29° 인 경우 가로각도 36.46°, 세로각도 10.75°, 높이각도 24.44° 이므로 세로각도는 KS규격을 만족하지 못하고 있다.

그러나, 최적의 조명타워 위치는 표 6에서 보는 바와 같이 경기장의 중심을 원점으로 가로(X축)와 세로(Y축)을 기준으로 49.29° 상의 거리는 110[m] 지점에서 수직면 조도와 수평면 조도, 글래어의 특성이 FIFA의 권장 사항을 만족하고, 균제도 특성에서 가장 우수한 최적의 값으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해서 확인한 바와 같이 가로의 각도는 모두 5° 이상을 만족하지만 세로의 각도의 경우 평면상의 타워 각도 47.29° 인 경우 110[m]이상에서 만족을 하고, 49.29° 와 51.29° 의 경우는 이를 만족하는 거리가 KS규정에 정한 공통 최적의 거리를 만족하지 못했다.

본 연구의 결과를 바탕으로 KS규격과 FIFA의 경기장 조도에 대한 권장 사항을 만족하는 부분은 아주 미흡한 부분에 지나지 않았다. 따라서, 이를 동시에 만족하는 부분에서 최적의 조도분포를 갖도록 조도분포에 대한 설계가 요구된다.

추후 경기장 조명의 조도분포 해석에서 코너 배치가 아닌 일반적인 형태인 경기장의 처마에 설치하는 일종의 사이드 배치에 대한 연구를 하고자 한다.

(7) 김홍범 “조명디자인의 이해” 조명전기설비학회지 vol.13 No 4. 1999.12
 (8) 장우진, 홍성욱 “Lightscape을 사용한 조명 시뮬레이션” 조명전기설비학회지 vol.13 No2 1999.6
 (9) 조경남의 “광속법에 의한 조도계산에 있어서 실지수 0.6이하에서의 조명을 적용에 관한 연구” 조명전기설비학회 2001 학술대회논문집 2001.11

참 고 문 헌

(1) "Lighting Handbook" IESNA 1998.
 (2) "Guide to the artificial lighting of multipurpose indoor sports venues" General Association of International Sports Federations & European Broadcasting Union & Philips Lighting B.V.
 (3) 최홍규의 “조명설비 및 설계” 성안당. 2001.9
 (4) 최홍규의 “전력사용시설물 설비 및 설계” 성안당. 2001.3
 (5) 설창균 “2002년 서울 상암 월드컵 경기장 ”조명·전기설비학회지 2000.02 v.14, n.2, pp.20-32 1225-1135
 (6) 안재오 “2002 월드컵 경기장의 조명시설에 관한 연구” 고려대. 2000.6