

무대조명에서의 조도 시뮬레이션 결과와 실측값 비교 연구 (A study on the Comparison of Illuminance Simulations and Measured Values at the Stage Lighting)

이장원 · 이진우

(Jang Weon Lee , Chin Woo Yi)

(대전보건대학 방송제작과 겸임교수, 청운대학교 방송연기학과 외래강사/ 호서대학교 전기공학과 교수)

요약

무대조명의 조도 시뮬레이션을 수행하여 얻은 결과치와 실제로 스튜디오 상에서 설치 후 조도값을 실측한 결과를 비교하여 발생하는 오차에 대하여 비교 연구 하였다.

Abstract

In a planning of the Stage lighting, we carry out illumination simulation. After lighting construction, we measured illuminance in order to compare the simulation results. And we study the errors between them.

Keywords : lighting, illuminance, simulation, actual measurement

1. 서론

조명설계시 여러 가지 시뮬레이션 프로그램의 사용이 늘어나고 있는 실정에 있으나 시뮬레이션의 타당성에 대한 검증이 제대로 이루어지고 있지 못하다.

따라서 본 논문에서 무대 조명 등기구를 제작하여 한국조명기술연구소에 배광 및 IES파일 시험성적표를 측정하여 IES을 만들어 실내 무대 조명등기구 시뮬레이션을 수행한 후 계산결과와 실측치를 비교 검토하여 시뮬레이션의 타당성에 대하여 연구하고자 한다.

STEP 1	선정된 조명 소프트웨어에 대한 이론고찰 광속전달법을 이용한 조도계산 알고리즘에 대한 이론 고찰
STEP 2	조명 실측
STEP 3	시뮬레이션 조도 값과 실측조도 값을 비교하여 분석 및 원인 파악

그림 1. 연구 진행 단계

2. 스튜디오 조건 및 방법

환경 오차를 최대한 줄이기 위하여 연구대상으로 대전보건대학 방송제작과 스튜디오에서 가로 5.46M이고 세로 4.56M 높이 3.5M로 정확하게 측정하고 바톤 시스템을 이용하여 높이를 결정 하였다.



그림 3. 조도측정 지면 바닥지점 등분



그림 4. 지면에서의 조도측정 사진

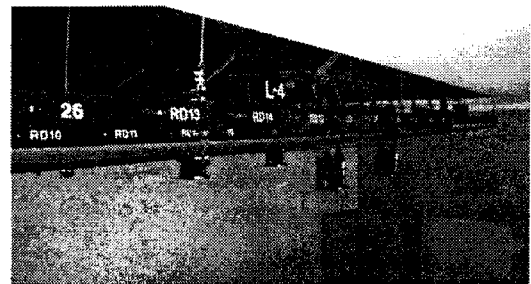


그림 5. 스튜디오에 스포트라이트를 취부한 사진

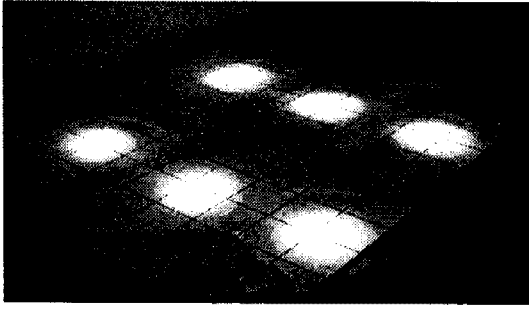


그림 6. 스포트라이트 6대를 바닥으로 비춘 사진

다음과 같은 조건을 Lumen- Micro 2000을 사용하여 시뮬레이션 조도 개산치와 설계한 대로 무대조명등 기구를 설치 하여 조도를 실측 하였을 때 발생하는 오차에 대하여 비교 연구 하였다.

3. 이론적 고찰

3.1. Lumen - Micro 2000

Lumen - Micro 2000은 조명 디자인 분석 및 설계를 위한 소프트웨어로 실내외의 조명설계와 시뮬레이션을 할 수 있는 tool로 구성되어 있다.

Lumen - Micro 2000내의 cad tool을 사용하여 공간을 간편하게 설계 할 수 있고, 비교적 짧은 시간 내에 정확한 수치와 간단한 그래픽을 결과로 얻을 수 있는 장점을 가진다. 뛰어난 사용자 환경을 제공하고 그래픽스케일 렌더링과 면칼라 렌더링 모두 가능한 장점이 있다.

3.2. 무대조명 등기구

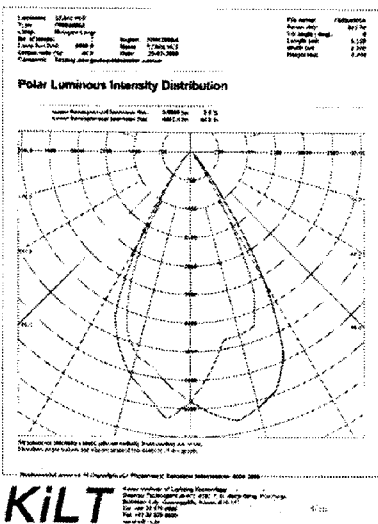


그림 7. 한국조명기술연구소에서 온 Spot light 조도 측정연구 결과

① 퍼넬 스포트 조명기 (Fresnel Spotlight)

퍼넬 스포트 조명기는 기구 램프관에 있는 필라멘트의 모양이 조명 속에 상으로 맺히는 것을 방지하고, 색수차와 과열을 방지한다. 퍼넬 스포트 조명기는 650W가 보편적으로 많이 쓰이고, 렌즈의 직경은 6'가 많이 쓰인다.

램프/미러 어셈블러와 프레넬 렌즈의 거리를 조정함으로써 스포트 포지션에서 플러드 포지션까지 빔의 확산각도를 조절할 수 있다.

퍼넬 스포트 조명기의 광선의 성격을 보면 빔 중앙이 매우 밝고, 테두리는 매우 부드러운 빛을 내는 조명기이다. 유리 앞면의 절단면이 테두리로 파여 있어서 광선이 통일성을 가지도록 만들고 빔의 가장자리를 부드럽게 만들기도 한다.

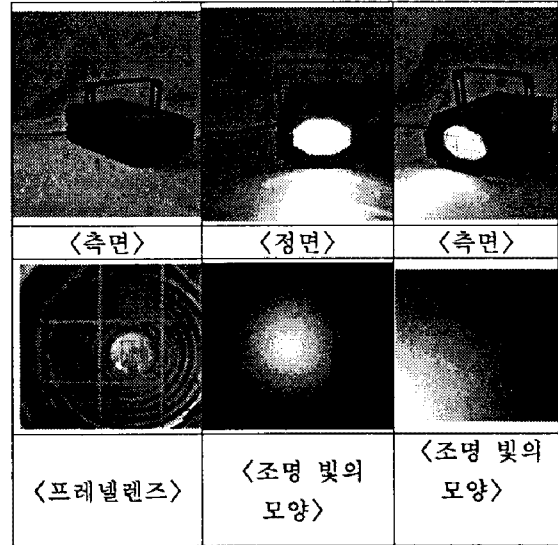


그림 8. 퍼넬 스포트 라이트 (Fresnel Spotlight)

용도 및 효과 : 빔 중앙이 매우 밝으며 매우 부드러운 빛을 내어 무대 전체를 고르게 비추기에 무용수를 부드럽고 넓게 비춰주는 효과가 있다.

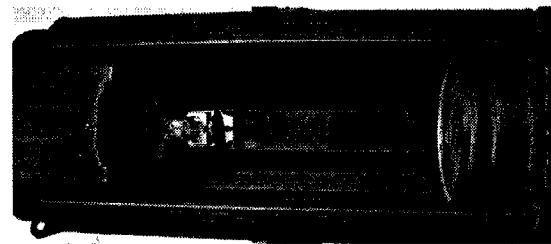


그림 9. 퍼넬 스포트 라이트 (Fresnel Spotlight) 내부모습

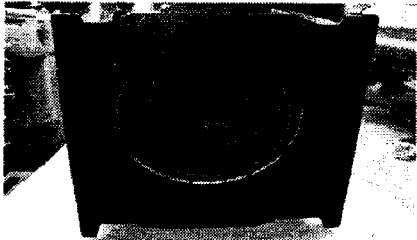


그림 10. 퍼넬 스포트 라이트 (Fresnel Spotlight) 렌즈

② 플라노 컨벡스 스포트 조명기 (Plano-Convex Spotlight)

흔히 줄여 플라노 컨벡스 스포트이라고 불리며 구조는 퍼넬 스포트와 같으나 다만 렌즈의 종류가 다르다. 즉 이 기구는 한 면이 볼록한 볼록렌즈를 사용하는데 무대에서는 어느 특정한 구역이나 인물을 강조하기 위한 방법으로 사용된다.

이 것의 윗부분은 2중으로 되어 있어 안쪽의 것은 렌즈에 흡수되지 못한 빛이 밖으로 새는 것을 방지하고 내열성 특수 검은색 도료로 코팅되어 있다.

또한 칼라필터를 삽입시켜 렌즈 앞에 장착할 수 있는 색 틀(Color Frame)이 부착되어 있고, 램프관 개폐장치가 있어 램프를 갈거나 고장 수리를 위해서 열고 닫을 수 있다. 광선의 성격은 전체적으로 빛의 퍼짐이 고르고 빛의 테두리가 선명하다. 그러나 램프가 렌즈에서 떨어져 초점거리에 가까워지면 필라멘트 형태가 빛에 나타난다는 단점이 있다. 또한 렌즈의 무게가 퍼넬보다 무겁고 열이 잘 발산되지 않아 렌즈가 파손될 수 있다는 단점이 있다.

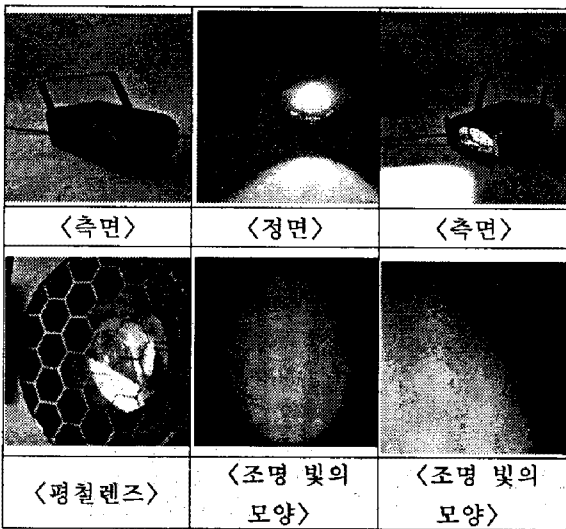


그림 11. 플라노 컨벡스 스포트 조명기 (Plano-Convex Spotlight)

용도 및 효과 : 빔의 범위는 좁고 밝고 선명한 빛을 낸다. 빔의 테두리가 선명하여 인물을 강조하기 위한 용

도로 쓰인다.

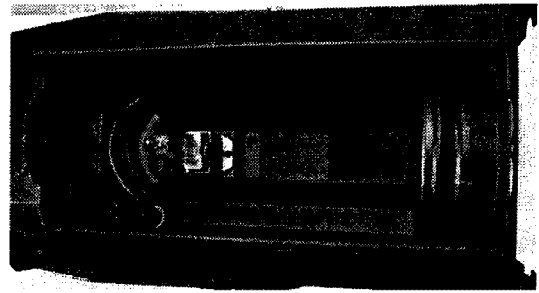


그림 12. 플라노 컨벡스 스포트 조명기 내부 모습

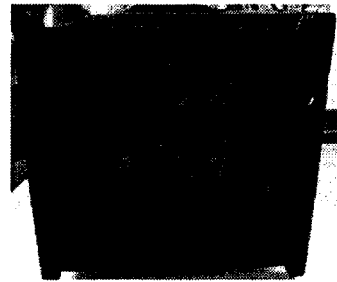


그림 13. 플라노 컨벡스 스포트 조명기 렌즈 모습

4. 시뮬레이션 계산결과

측정된 스튜디오의 사이즈는 가로 5.46M이고 세로 4.56M 높이 3.5M로 50cm 간격으로 하고 Lumen-Micro 2000 프로그램을 설정 하였다.

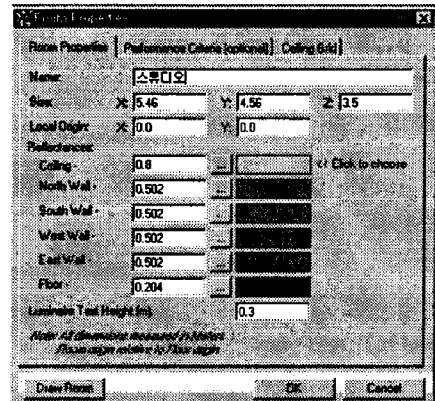


그림 14. 스튜디오의 특성 설정

4.1. FRESNEL SPOT LIGHT 6대(풀었을 때)

표 1. FRESNEL SPOT LIGHT 6대 시뮬레이션 조도 데이터 값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	7604	9423	1018.7	1059.8	1014	1059.0	991.9	844.5	707.9
3.53	797.5	1081.9	1071.1	1285.5	1060.6	1297.9	1018.2	991.1	732.4
3.03	893.1	1178.2	1163.8	1388.7	1154.0	1391.1	1111.8	1096.4	822.1
2.53	1114.9	1358.1	1484.0	1495.3	1478.4	1490.8	1462.4	1271.0	1036.8
2.03	1102.0	1349.2	1483.2	1484.3	1476.2	1481.1	1457.2	1242.3	1033.9
1.53	884.7	1195.4	1173.0	1404.9	1160.4	1407.8	117.8	1104.2	817.2
1.03	784.2	1052.6	1041.7	1266.0	1033.4	1268.2	993.2	971.5	720.8
0.53	699.6	876.0	945.6	995.6	942.3	995.3	924.1	813.9	674.2
AVE.		MAX.		MIN.		AVE/MIN		MAX/MIN	
	1063.3		1495.3		541.1		2.0		2.8

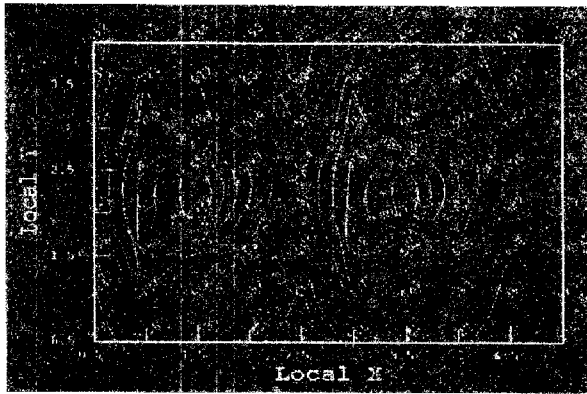


그림 15. FRESNEL SPOT LIGHT를 1대 비쳤을 때 시뮬레이션 조도 분포도

표 2. FRESNEL SPOT LIGHT 6대 조도 실측값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	491	610	709	775	801	802	778	740	658
3.53	499	610	744	888	973	942	867	860	728
3.03	518	715	836	1000	1090	1085	1072	1017	869
2.53	617	832	971	1113	1137	1139	1117	1083	930
2.03	598	826	988	1120	1140	1117	1101	901	832
1.53	545	714	920	1013	1090	1125	1069	955	763
1.03	513	742	882	943	945	987	931	821	684
0.53	482	618	801	808	782	779	755	668	549
AVE.	MAX.	MIN.	AVE/MIN	MAX/MIN					
849.72	1140	482	1.76	2.36					

4.2. FRESNEL SPOT LIGHT 6대(조였을 때)

표 3. FRESNEL SPOT LIGHT 6대 시뮬레이션 조도 데이터 값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	187.1	45.2	36.5	45.9	186.3	44.4	35.6	39.6	183
3.53	3547.0	227.5	26.5	181.1	3537.0	215.6	54.8	79.5	3535.7
3.03	1654.9	125.1	35.8	104.8	1648.9	120.7	44.7	59.9	1645.4
2.53	321.6	49.9	32.2	48.9	321.6	49.4	32.7	39.3	318.6
2.03	245.8	40.2	24.7	41.4	246.1	38.6	26.6	33.2	245.6
1.53	3478.1	239	43.5	194.9	3468.0	230.2	67.9	96.8	3462.9
1.03	1761.4	121.8	25.2	100.0	1755.0	116.1	37.7	51.9	1754.3
0.53	323.2	55.3	38.2	54.3	322.2	55.4	38.2	44.6	318.6
AVE.	MAX.	MIN.	AVE/MIN	MAX/MIN					
479.6	3547.0	24.7	19.4	143.6					

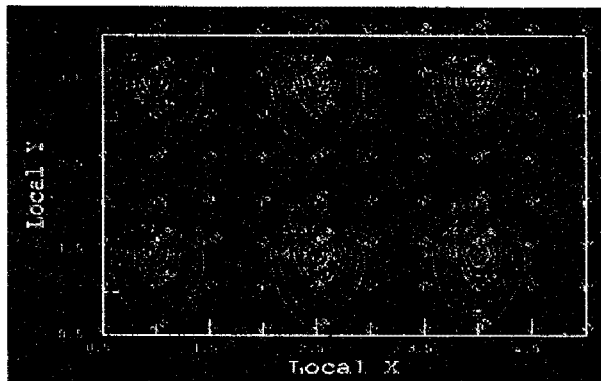


그림 16. FRESNEL SPOT LIGHT를 6대 비쳤을 때 시뮬레이션 조도 분포도

표 4. FRESNEL SPOT LIGHT 6대 조도 실측값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	136	407	49*8	170	87.2	153	526	566	184
3.53	162	443	543	176	92.5	138	315	330	153
3.03	122	232	266	133	91.6	121	282	340	155
2.53	140	348	383	145	91	149	540	730	230
2.03	147	409	460	143	88	146	420	510	180
1.53	92	173	176	99	90	155	300	282	138
1.03	112	199	163	102	99	255	825	628	187
0.53	195	592	454	117	98	251	710	622	182
AVE.	MAX.	MIN.	AVE/MIN	MAX/MIN					
269.1	825	91	2.95	9.0					

4.3. PLANO COVEX SPOT LIGHT 6대(풀었을 때)

표 5. PLANO COVEX SPOT LIGHT 6대 시뮬레이션 조도 데이터 값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	490.2	610.0	740.7	894.9	9571.6	814.8	900.4	837.6	663.0
3.53	602.7	725.7	982.5	1133.8	1125.0	1115.3	1141.5	1070.8	869.2
3.03	699.6	884.2	1195.8	1367.7	1353.5	1352.7	1377.4	1291.5	1059.4
2.53	740.3	980.0	1208.9	1416.9	1385.0	1324.3	1425.5	1336.9	1080.6
2.03	707.9	953.0	1146.7	1377.9	1335.4	1246.4	1383.4	1290.5	1038.0
1.53	654.8	817.0	1088.8	1247.8	1239.3	1225.6	1254.2	1181.9	967.8
1.03	674.7	839.9	1147.0	1314.9	1303.5	1303.7	1323.8	1240.0	1013.4
0.53	587.4	713.9	904.8	1085.3	1048.9	1006.9	1092.6	1006.3	797.1
AVE.	MAX.	MIN.	AVE/MIN	MAX/MIN					
1023.6	1425.5	490.2	2.1	2.9					

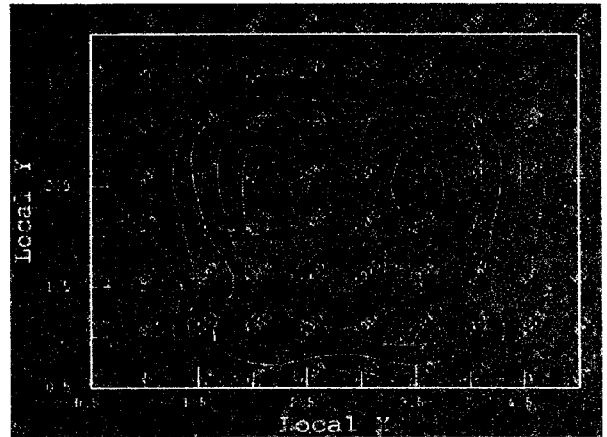


그림 17. PLANO CONVEX SPOT LIGHT를 6대 비쳤을 때 시뮬레이션 조도 분포도

표 6. PLANO COVEX SPOT LIGHT 6대 조도 실측값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	600	644.2	750.1	780.1	827.2	827.3	738.6	567.6	413.3
3.53	572.2	708.8	807.2	862.2	87.8	884.4	860.2	605.9	432.5
3.03	725	796	951	871	906	1002	948	623.2	497.4
2.53	738.4	773.8	980	1054	1087	1048	1032	720.8	550.8
2.03	698.7	782.7	990	1138	1135	1148	922.5	693.2	578.8
1.53	562.8	679.1	880	1111	1115	1126	920.1	660.4	586.1
1.03	528.1	591.5	740.5	838.3	947.	1027	991	580.4	503.7
0.53	464.4	560.4	675.8	717.8	732.6	88.5	735.7	465.8	406.3
AVE.	MAX.	MIN.	AVE/MIN	MAX/MIN					
756.88	1135	406.3	1.9	2.8					

4.4. PLANO COVEX SPOT LIGHT 6대(조였을 때)

표 7. PLANO CONVEX SPOT LIGHT 6대 시뮬레이션 조도 데이터 값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	69.3	142.8	143.1	107.3	156.7	146.6	106.6	151.3	132.6
3.53	139.6	587	539.3	228.8	603.6	544.1	228.4	588.2	523.1
3.03	133.1	535.4	503.7	216.3	554.8	509.0	215.8	548.8	487.3
82.53	76.4	134.7	145.9	118.5	150.5	150.3	117.7	144.7	133.8
2.03	79.0	158.9	161.1	124.6	174.7	165.5	129.9	169.2	148.7
1.53	140.7	585.2	540.3	231.1	605.4	545.1	230.7	600.1	523.9
1.03	129.1	530.2	498.2	210.0	548.7	503.2	209.7	543.4	483.0
0.53	62.1	112.0	120.3	94.0	123.9	123.5	93.5	119.9	111.1
AVE		MAX		MIN		AVE/MIN		MAX/MIN	
	258.5		605.4		58.9		4.4		10.3

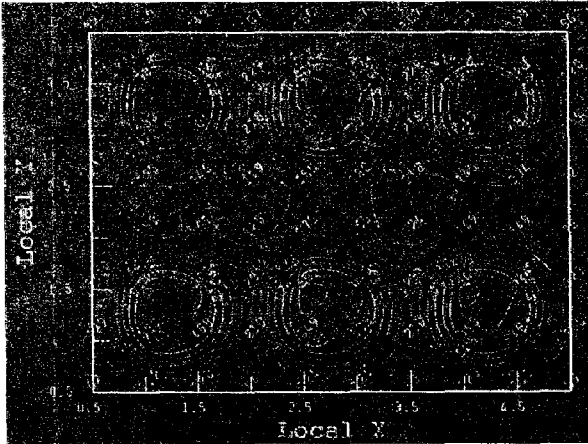


그림 18. PLANO CONVEX SPOT LIGHT를 6대 비쳤을 때 시뮬레이션 조도 분포도

표 8. PLANO CONVEX SPOT LIGHT 6대 조도 실측값

	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48
4.03	25.8	658.9	434.7	46.1	19.1	36.3	134.5	919.8	31.5
3.53	19.5	37.2	45.2	19.6	19.7	23.3	45.2	50.2	21.7
3.03	15.7	20.1	20.1	16.4	16.8	26.1	461.2	175.3	30.2
2.53	15.1	33.3	44.4	16.6	16.3	20.9	349.7	428.3	26.1
2.03	23.4	157.2	176.3	22.5	16.5	17.1	19.4	20.7	17.3
1.53	17.9	133.1	129.1	19.6	17.6	17.8	23	20.3	16.8
1.03	24.9	715.1	132.7	44.1	17.2	26	719.9	106.5	16.9
0.53	20	468.7	231.1	23.3	16.3	28.2	192.1	490.5	16
AVE		MAX		MIN		AVE/MIN		MAX/MIN	
	117.3		719.9		16		7.3		44.99

5. 결 론

시뮬레이션의 조도계산값과 스튜디오에서 실제 측정 한 조도 값을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) Fresnel Spot light를 풀었을 경우 시뮬레이션 평균조도 값은 1063.3Lux 가 나오고 실제 측정 값은 849.72Lux인데 이 경우 오차가 213.58Lux 라는 결과가 나왔다.

Fresnel Spot light를 조였을 경우 시뮬레이션 평균 조도 값은 479.6Lux가 나오고 실제 측정 값은 269.1Lux인데 이 경우 오차가 210.5Lux 라는 결과가

나왔다.

Plano Convex Spot light를 풀었을 경우 시뮬레이션 평균 조도 값은 1023.6Lux가 나오고 실제 측정 값은 756.88Lux인데 이 경우 오차가 266.72Lux 라는 결과가 나왔다.

Plano Convex Spot light를 조였을 경우 시뮬레이션 평균 조도 값은 258.5Lux가 나오고 실제 측정 값은 117.3Lux인데 이 경우 오차가 141.2Lux 라는 결과가 나왔다.

2) Lumen-Micro 2000은 곡면이 아닌 평면에서 조도 측정 결과 시뮬레이션 값의 오차가 생기는 것을 알수 있다.

Lumen-Micro 2000은 실측값과 시뮬레이션값의 오차가 생기지 않도록 개선 하여야 될 것 같다.

3) 다른 시뮬레이션 소프트웨어와도 비교 측정하여 어느 정도 오차가 생기는 지에 대한 연구를 향후 비교 보완 하여고 한다.

4) 무대조명 등기구는 렌즈, 램프, 리플렉터가 있어 배광 및 IES 데이터가 측정이 정확하지 않아 오차가 생길 수 있어 다른 일반등 HQI 150W 다운라이트를 만들어 실측하였을 때를 비교 검증하려고 한다. 만약 일반등 HQI150W 다운라이트에서도 오차가 발생 하지 않는다면 무대조명기구 특성에 따른 오차의 발생일 수도 있다. 그러므로 향후 더 많은 측정 및 보완하여 연구 논문을 발표 하겠다.

참고 문헌

- [1] 김유신, 박병철, 최안섭, "배광데이터의 컴퓨터 시뮬레이션 값과 측정값의 비교에 관한 연구", 한국조명 전기설비 학회 추계학술대회 논문집, pp.127-129, 2006
- [2] LUMEN MICRO 2000 USER'S GUIDE, pp.4-17, 2000
- [3] 장우진, 여인선, 김훈, 이진우, 염정덕, 김수길 공저, 최신 조명환경원론, pp.258-285, 2008
- [4] 원슬기, 박병철, 최안섭, "조명 시뮬레이션 소프트웨어의 조도값 비교에 관한 연구", 한국조명, 전기설비학회 추계 학술대회 논문집, pp.143-147, 2006
- [5] 장우진, 김원중, "조명프로그램의 혼용과 비교", 한국조명, 전기설비학회 추계 학술 대회 논문집, pp.155-158, 2004
- [6] 이장원, "알기 쉬운 무대조명핸드북, 서울; 아르케라이팅 아트 1999.
- [7] 이장원, 무대조명 및 기계장치 종합 기술 자료집, 아르케라이팅, 2001
- [8] 이장원, 무대와 영상, 아르케라이팅아트, 2000
- [9] 이장원, 알기쉬운 영상조명 기술, 아르케라이팅아트, 2002