제 5 장 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 사무실의 에너지 절약적 조명설계

5.1 컴퓨터 시뮬레이션의 개요

본 연구를 통해 개발된 컴퓨터 모델을 이용하여 사무실의 자연채광 성능에 영향을 주는 다양한 변수들에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 실의 제원, 창면적비, 유리창의 투과율, 사무실의 실내반사율과 같은 자연채광에 영향을 주는 변수들을 비교 검토하여 주광제어 알고리즘에 사용되는 설계도구로서의 조광용 센서 조도에 대한 작업면 조도의 비를 표로 나타내었다. 그리고 이 표를 이용하여 가상의 사무소 공간의 1 년동안의 조도분포를 시뮬레이션 하여 주광 이용의 에너지 절약 효과를 파악 하였다.

시뮬레이션을 수행하기 위한 입력 데이타들은 다음과 같이 설정 하였다.

1) 사무실 평면비(PAR)

본 연구에서는 사무실의 너비에 대한 길이의 비율을 기하학적으로 나타내는 평면비(PAR, Plan Aspect Ratio) 를 사용하였고, 사무실의 크기는 12m X 12m, 12m X 8m, 8m X 12m 의 면적을 가지고 실의 높이는 3m 인 실을 대상으로 하였다.

[그림 5.1.1.]은 PAR 이 0.67, 1.0 및 1.5 인 사무실의 평면을 보인 것이다.

2) 창면적비

창호의 설치는 남향의 전 측창으로 설정하였고 남향의 벽면적에 대한 창호의 면적의 비인 창면적비(Window-to-Wall Area)로 변수를 설정하였다. 각 실의 형태에 따라서 각각 56%, 28%의 창면적비를 적용하였다.

3) 확산 투과율

창호의 투과특성은 주간에 직달일사가 사무실의 실내로 직접 도달 하는 것은 재

실자의 시환경에 불쾌감을 유발하므로 창호에 블리인드나 커튼을 설치하는 것으로 가정하였다. 시뮬레이션에서는 투과율을 각각 17%, 30%, 50%의 확산투과창호를 사용 하였다.

4) 실내반사율

일반적인 사무실로 가정을 하여 실의 반사율은 천정면 70%, 벽면 50%, 바닥면 30%로 고정하여 컴퓨터 프로그램을 실행 하였다.

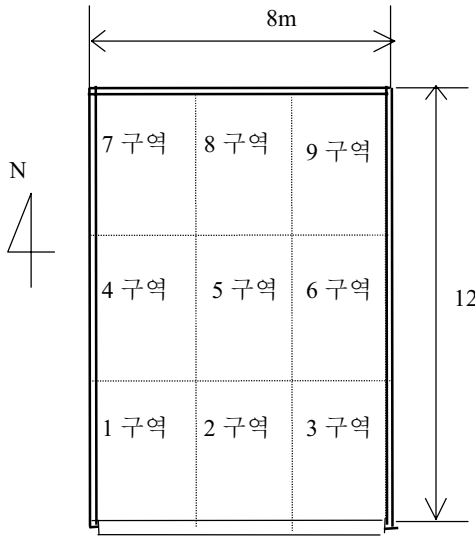
5) 작업면과 조광용 센서의 위치 설정

작업면은 바닥 면적을 기준으로 3 X 3 의 9 개 구역으로 정하여 조도를 계산하였고, 조광용 센서의 위치는 창측으로부터 각각 1.5m, 3m, 4.5m 떨어진 천정면에 위치하는 것으로 하였다.

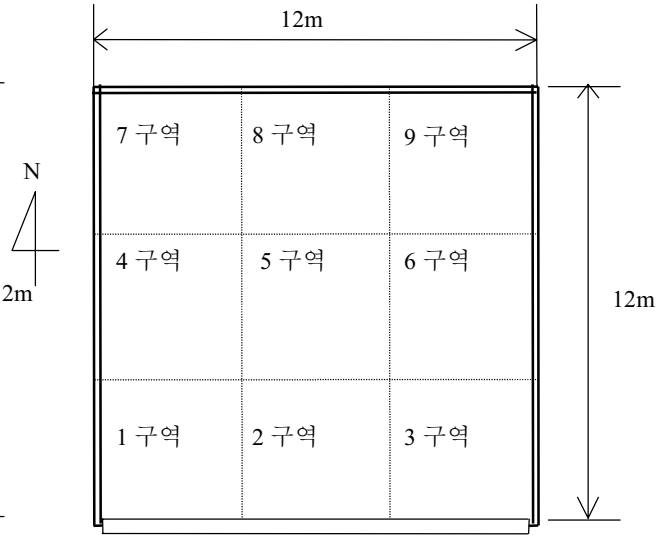
시뮬레이션에 사용된 주요 변수는 다음 [표 5.1.1]과 같다.

[표 5.1.1] 사무실의 시뮬레이션 입력 변수

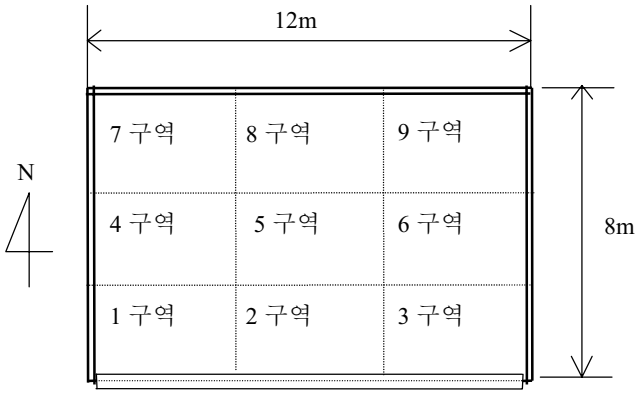
변수값 / 변수	변수값			비고
실 (PAR)	0.67(8mX12m)	1.0(12mX12m)	1.5(12mX8m)	높이(3m)
창면적비 (WWA)	28%	56%		창면적/남측벽 면적
확산투과율 (τ)	17%	30%	50%	블라인드,커튼
실내반사율 (%)	천정(70%), 벽면(50%), 바닥(30%)			고정변수
조광용센서의 위치	1.5m	3m	4.5m	천정면



(a) PAR 0.67



(b) PAR 1.0



(c) PAR 1.5

[그림 5.1.1] 사무실의 형태와 크기

5.2 주요 변수에 대한 시뮬레이션

사무실의 자연채광 및 인공조명 조도에 영향을 미치는 주요 변수인 실내반사율(70%,50%,30%), 천정의 높이(3m), 작업면 분할 9 구역, 조광용 센서의 위치, 실의 평면비(PAR), 창면적비(WWA), 창호의 투과율에 대한 결과를 [표 5.2.1] ~[표 5.2.18]에 보인 것과 같이 총 18 가지의 작업면조도 대 조광용 조도센서의 비로서 나타내었다.

[표 5.2.1] Case 1 (PAR =1.0 WWA=56% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	2.076	3.857	5.010
2	2.173	4.037	5.243
3	2.196	4.080	5.298
4	0.477	0.887	1.152
5	0.394	0.732	0.951
6	0.428	0.795	1.032
7	0.276	0.512	0.666
8	0.322	0.598	0.776
9	0.222	0.413	0.536

[표 5.2.2] Case 2 (PAR =1.0 WWA=56% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	2.092	2.928	4.593
2	2.322	3.249	5.096
3	2.089	2.924	4.586
4	0.418	0.585	0.918
5	0.405	0.567	0.890
6	0.398	0.557	0.874
7	0.283	0.396	0.621
8	0.297	0.415	0.652
9	0.298	0.417	0.654

[표 5.2.3] Case 3 (PAR =1.0 WWA=56% τ =50 %)

	S1	S2	S3
1	2.198	2.943	5.129
2	2.419	3.240	5.646
3	2.203	2.950	5.141
4	0.399	0.535	0.932
5	0.363	0.486	0.847
6	0.391	0.523	0.912
7	0.313	0.420	0.731
8	0.281	0.377	0.656
9	0.295	0.395	0.688

[표 5.2.4] Case 4 (PAR =1.0 WWA=28% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	0.889	1.799	2.269
2	2.190	4.431	5.589
3	0.776	1.569	1.980
4	0.291	0.590	0.744
5	0.250	0.506	0.638
6	0.305	0.616	0.777
7	0.165	0.334	0.422
8	0.232	0.470	0.593
9	0.114	0.231	0.291

[표 5.2.5] Case 5 (PAR =1.0 WWA=28% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	0.861	1.479	1.987
2	2.553	4.385	5.890
3	0.856	1.471	1.976
4	0.272	0.468	0.628
5	0.287	0.493	0.663
6	0.282	0.485	0.651
7	0.130	0.223	0.300
8	0.198	0.341	0.458
9	0.154	0.264	0.355

[표 5.2.6] Case 6 (PAR =1.0 WWA=28% τ =50 %)

	S1	S2	S3
1	0.856	1.771	2.289
2	2.434	5.035	6.509
3	0.757	1.567	2.025
4	0.256	0.530	0.685
5	0.228	0.472	0.610
6	0.259	0.535	0.691
7	0.168	0.348	0.449
8	0.183	0.380	0.491
9	0.169	0.349	0.451

[표 5.2.7] Case 7 (PAR =1.5 WWA=56% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	2.968	3.540	9.921
2	3.180	3.792	10.630
3	2.879	3.434	9.625
4	0.705	0.841	2.356
5	0.809	0.965	2.705
6	0.611	0.729	2.043
7	0.466	0.556	1.558
8	0.611	0.728	2.041
9	0.524	0.625	1.752

[표 5.2.8] Case 8 (PAR =1.5 WWA=56% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	2.968	3.540	9.921
2	3.180	3.792	10.630
3	2.879	3.434	9.625
4	0.705	0.841	2.356
5	0.809	0.965	2.705
6	0.611	0.729	2.043
7	0.466	0.556	1.558
8	0.611	0.728	2.041
9	0.524	0.625	1.752

[표 5.2.9] Case 9 (PAR =1.5 WWA=56% τ =50 %)

	S1	S2	S3
1	2.716	4.339	11.290
2	2.925	4.673	12.160
3	2.559	4.088	10.639
4	0.605	0.967	2.516
5	0.690	1.103	2.870
6	0.549	0.877	2.282
7	0.406	0.648	1.687
8	0.447	0.714	1.858
9	0.417	0.666	1.732

[표 5.2.10] Case 10 (PAR =1.5 WWA=28% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	1.457	2.659	3.507
2	4.127	7.534	9.938
3	1.080	1.972	2.602
4	0.520	0.949	1.252
5	0.836	1.525	2.012
6	0.427	0.780	1.029
7	0.375	0.684	0.903
8	0.493	0.899	1.186
9	0.374	0.683	0.901

[표 5.2.11] Case 11 (PAR =1.5 WWA=28% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	1.382	2.389	3.229
2	4.000	6.916	9.348
3	1.135	1.963	2.653
4	0.588	1.016	1.374
5	0.752	1.300	1.757
6	0.413	0.714	0.966
7	0.356	0.616	0.832
8	0.498	0.862	1.164
9	0.398	0.689	0.931

[표 5.2.12] Case 12 (PAR =1.5 WWA=28% τ =50 %)

	S1	S2	S3
1	1.439	2.727	5.760
2	3.900	7.389	15.606
3	1.134	2.149	4.539
4	0.508	0.963	2.034
5	0.658	1.246	2.631
6	0.423	0.801	1.691
7	0.348	0.659	1.392
8	0.407	0.771	1.629
9	0.337	0.638	1.348

[표 5.2.13] Case 13 (PAR =0.67 WWA=56% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	2.389	3.908	5.337
2	2.541	4.155	5.675
3	1.937	3.168	4.327
4	0.356	0.583	0.796
5	0.399	0.652	0.890
6	0.393	0.643	0.878
7	0.276	0.451	0.616
8	0.301	0.493	0.673
9	0.196	0.321	0.438

[표 5.2.14] Case 14 (PAR =0.67 WWA=56% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	2.308	3.999	6.488
2	2.461	4.265	6.918
3	2.071	3.589	5.822
4	0.344	0.596	0.967
5	0.391	0.678	1.100
6	0.366	0.635	1.030
7	0.301	0.521	0.845
8	0.299	0.519	0.841
9	0.277	0.479	0.777

[표 5.2.15] Case 15 (PAR =0.67 WWA=56% τ =50 %)

	S1	S2	S3
1	2.153	4.339	8.079
2	2.392	4.821	8.979
3	1.910	3.850	7.169
4	0.308	0.621	1.156
5	0.399	0.805	1.499
6	0.292	0.589	1.097
7	0.294	0.592	1.103
8	0.282	0.568	1.057
9	0.264	0.533	0.993

[표 5.2.16] Case 16 (PAR =0.67 WWA=28% τ =17 %)

	S1	S2	S3
1	0.815	1.965	5.496
2	1.821	4.390	12.280
3	0.643	1.551	4.338
4	0.173	0.416	1.163
5	0.166	0.399	1.116
6	0.230	0.553	1.548
7	0.122	0.295	0.824
8	0.117	0.281	0.786
9	0.116	0.280	0.783

[표 5.2.17] Case 17 (PAR =0.67 WWA=28% τ =30 %)

	S1	S2	S3
1	1.310	1.830	4.396
2	3.304	4.613	11.081
3	1.112	1.552	3.729
4	0.294	0.410	0.986
5	0.374	0.522	1.253
6	0.385	0.538	1.292
7	0.271	0.378	0.908
8	0.248	0.346	0.832
9	0.306	0.428	1.027

[표 5.2.18] Case 18 (PAR =0.67 WWA=28% τ =50 %)

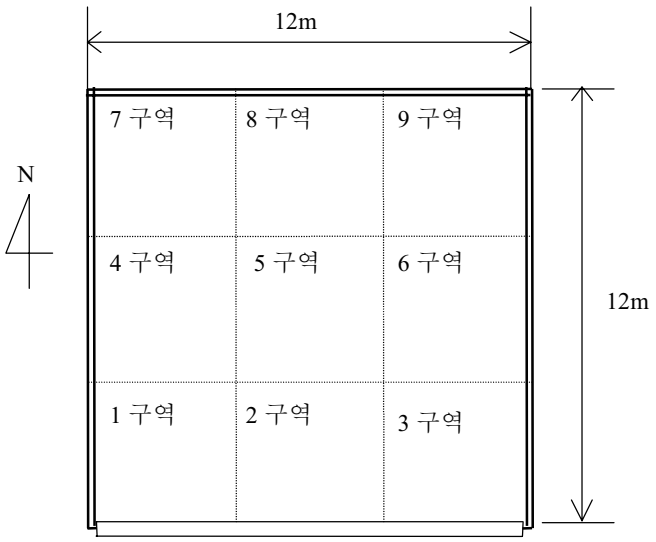
	S1	S2	S3
1	1.027	1.781	4.005
2	2.868	4.974	11.184
3	0.897	1.556	3.500
4	0.206	0.358	0.804
5	0.308	0.534	1.200
6	0.285	0.494	1.111
7	0.207	0.358	0.806
8	0.192	0.333	0.749
9	0.208	0.361	0.813

5.3 대상실의 상정

시뮬레이션의 대상실은 남향의 전창을 가진 12m X 12m X 3m 의 사무실로 가정하였다. [표 5.3.1]은 상정한 사무실의 제원을 나타낸 것이고 [그림 5.3.1]은 대상실의 평면면을 보인 것이다.

[표 5.3.1] 대상실의 제원

실의 길이	12m	실의 방위	정남
실의 깊이	12m	설계기준조도	500lx
천정의 높이	3m	천정반사율	70%
창턱의 높이	0.9m	벽 반사율	50%
창 높이	1.8m	바닥 반사율	30%
창 길이	11.6m	창호의 투과율	17% 확산창호



[그림 5.3.1] 대상실의 평면도

5.4 시뮬레이션의 진행 방법

시뮬레이션의 진행 방법은 다음과 같다.

1) 기상자료의 분석

1996 년 기상데이타를 구입하여 1 년 동안의 월별 일별 시간별 일사량 측정치와 노점온도 측정치를 가지고 외부수평면조도를 계산하였다.

2) 연중 대상실의 실내조도 시뮬레이션

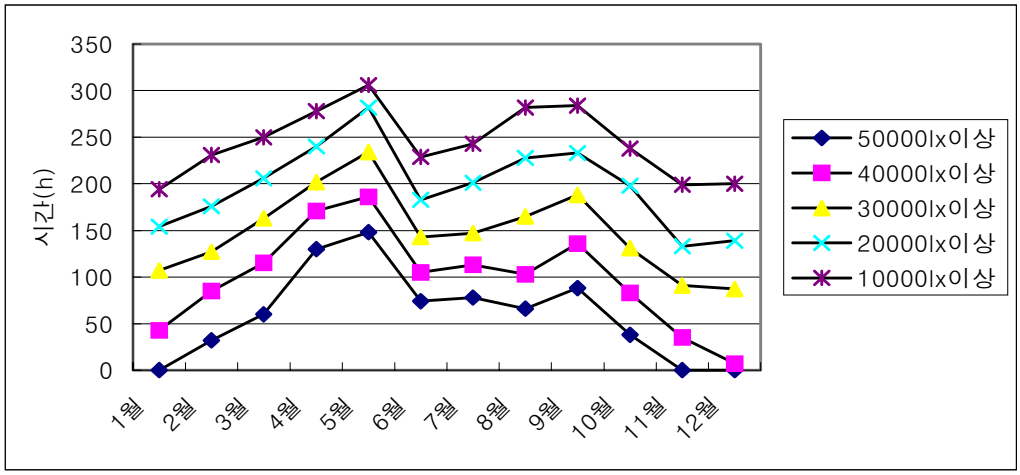
대상실의 천정에 창면으로부터 1.5m, 3m, 4.5m 의 위치에 3 개의 센서를 설치하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 1 년 동안의 조광용센서의 조도값을 계산하고, 설계기준 앞 절에서 작성된 작업면조도대 조광용센서 조도비 [표 5.2.1]을 이용하여 사무실내의 작업면 조도를 계산하여 설계기준조도와 비교함으로써 연간 작업시간에 대한 인공조명 기구의 소등시간의 비율인 소등율을 표와 그래프로 표시 하였다.

3) 대상실의 인공조명설계

대상실의 설계 기준조도를 결정하고 조명방식과 조명기구를 결정한 다음 조명기구를 배치하고 조명에너지 절감을 위한 제어 방식을 결정하였다.

5.4.1 기상자료의 분석

기상청에서 구입한 1996 년 1 년간의 기상데이타 월별 시간별 데이터를 분석하여 연간 외부수평면조도의 월별 출현 시간을 그래프와 표로 작성하였다. 1 일을 8 시부터 17 시 까지 10 시간으로 하여 계산된 시간이다.



[그림 5.4.1] 월별 외부수평면조도 출현시간(1996 년)

[표 5.4.1] 월별 외부수평면도조 출현시간(1996 년)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
50000lx이상	0	32	60	130	148	74	78	66	88	38	0	0
40000lx이상	43	85	115	171	186	105	113	103	136	83	35	7
30000lx이상	107	127	163	202	234	143	147	165	188	131	91	87
20000lx이상	154	176	206	240	282	183	201	228	233	198	133	139
10000lx이상	194	231	250	278	306	229	243	282	284	238	199	200

5.4.2 대상실의 실내조도 시뮬레이션

대상 사무실의 내부공간을 9 개의 구역으로 나누고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 1 년 동안의 구역별 조도값을 계산하고 설계기준 조도를 설정하여 자연채광시간을 8 시부터 17 시 까지 10 시간으로 한 월별 구역별 소등 가능 시간을 표로 나타내었다. [표 5.4.2] ~ [표 5.4.15]는 1 월부터 12 월 까지 자연채광에 의해 설계기준조도 이상의 조도가 확보될 수 있는 시간을 집계하여 나타낸 것이다(G.D.Ander 1994).

[표 5.4.2] 자연채광에 의한 작업면 조도 700lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	182	192	200	0	0	0	0	0	0	310
2월	202	252	265	0	13	0	0	0	0	290
3월	237	251	251	0	60	0	0	0	0	310
4월	280	300	300	0	24	0	0	0	0	300
5월	248	296	310	0	0	0	0	0	0	310
6월	128	220	204	0	0	13	0	0	0	300
7월	250	310	310	0	0	0	0	0	0	310
8월	255	266	260	0	0	20	0	0	0	310
9월	262	281	262	0	0	0	0	0	0	300
10월	224	255	267	0	25	0	0	0	0	310
11월	187	251	227	0	25	22	0	0	0	300
12월	175	236	230	0	0	51	0	0	0	310

[표 5.4.3] 자연채광에 의한 작업면 조도 700lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	58.7	61.9	64.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2월	69.7	86.9	91.4	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
3월	76.5	81.0	81.0	0.0	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4월	93.3	100.0	100.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5월	80.0	95.5	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6월	42.7	73.3	68.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0
7월	80.6	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8월	82.3	85.8	83.9	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0
9월	87.3	93.7	87.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10월	72.3	82.3	86.1	0.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0
11월	62.3	83.7	75.7	0.0	8.3	7.3	0.0	0.0	0.0
12월	56.5	76.1	74.2	0.0	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0
연평균	71.8	85.0	84.3	0.0	4.0	2.9	0.0	0.0	0.0

[표 5.4.4] 자연채광에 의한 작업면 조도 600lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	182	202	205	0	65	0	0	0	0	310
2월	214	282	265	12	25	0	0	13	0	290
3월	237	258	251	0	78	0	0	0	0	310
4월	287	300	300	0	34	7	0	0	0	300
5월	279	310	310	15	0	29	0	0	0	310
6월	189	220	220	0	0	52	0	0	0	300
7월	280	310	310	0	0	0	0	0	0	310
8월	255	298	286	20	0	80	0	0	0	310
9월	264	281	298	0	32	0	0	0	0	300
10월	242	273	267	0	63	13	0	0	0	310
11월	202	251	242	0	39	22	0	0	0	300
12월	199	236	230	14	25	51	0	0	0	310

[표 5.4.5] 자연채광에 의한 작업면 조도 600lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	58.7	65.2	66.1	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2월	73.8	97.2	91.4	4.1	8.6	0.0	0.0	4.5	0.0
3월	76.5	83.2	81.0	0.0	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4월	95.7	100.0	100.0	0.0	11.3	2.3	0.0	0.0	0.0
5월	90.0	100.0	100.0	4.8	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0
6월	63.0	73.3	73.3	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	0.0
7월	90.3	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8월	82.3	96.1	92.3	6.5	0.0	25.8	0.0	0.0	0.0
9월	88.0	93.7	99.3	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10월	78.1	88.1	86.1	0.0	20.3	4.2	0.0	0.0	0.0
11월	67.3	83.7	80.7	0.0	13.0	7.3	0.0	0.0	0.0
12월	64.2	76.1	74.2	4.5	8.1	16.5	0.0	0.0	0.0
연평균	77.3	88.1	87.0	1.7	9.8	6.9	0.0	0.4	0.0

[표 5.4.6] 자연채광에 의한 작업면 조도 500lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	187	215	205	39	104	0	0	26	13	310
2월	240	282	265	38	105	0	0	30	0	290
3월	258	272	289	0	84	42	0	18	0	310
4월	287	300	300	0	58	58	0	14	0	300
5월	286	310	310	22	7	113	0	0	0	310
6월	220	268	252	13	26	82	13	13	0	300
7월	295	310	310	0	0	45	0	0	0	310
8월	261	298	298	40	0	140	0	0	0	310
9월	281	298	298	0	51	0	0	0	0	300
10월	260	273	267	0	101	25	0	0	0	310
11월	212	251	256	39	78	22	0	0	14	300
12월	205	249	236	13	50	75	0	36	0	310

[표 5.4.7] 자연채광에 의한 작업면 조도 500lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	60.3	69.4	66.1	12.6	33.5	0.0	0.0	8.4	4.2
2월	82.8	97.2	91.4	13.1	36.2	0.0	0.0	10.3	0.0
3월	83.2	87.7	93.2	0.0	27.1	13.5	0.0	5.8	0.0
4월	95.7	100.0	100.0	0.0	19.3	19.3	0.0	4.7	0.0
5월	92.3	100.0	100.0	7.1	2.3	36.5	0.0	0.0	0.0
6월	73.3	89.3	84.0	4.3	8.7	27.3	4.3	4.3	0.0
7월	95.2	100.0	100.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0	0.0
8월	84.2	96.1	96.1	12.9	0.0	45.2	0.0	0.0	0.0
9월	93.7	99.3	99.3	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10월	83.9	88.1	86.1	0.0	32.6	8.1	0.0	0.0	0.0
11월	70.7	83.7	85.3	13.0	26.0	7.3	0.0	0.0	4.7
12월	66.1	80.3	76.1	4.2	16.1	24.2	0.0	11.6	0.0
연평균	81.8	90.9	89.8	5.6	18.2	16.3	0.4	3.8	0.7

[표 5.4.8] 자연채광에 의한 작업면 조도 400lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	192	238	210	65	169	0	0	52	26	310
2월	240	282	269	79	153	0	0	105	77	290
3월	265	272	296	0	138	108	0	84	0	310
4월	287	300	300	7	105	102	0	44	0	300
5월	301	310	310	73	58	144	0	43	15	310
6월	268	284	268	54	54	108	27	28	40	300
7월	295	310	310	30	15	135	0	0	0	310
8월	293	298	298	100	80	170	0	60	0	310
9월	298	298	298	0	92	2	0	17	0	300
10월	260	285	285	0	169	64	0	25	0	310
11월	240	251	256	64	141	28	0	67	22	300
12월	211	255	236	74	88	117	12	81	24	310

[표 5.4.9] 자연채광에 의한 작업면 조도 400lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	61.9	76.8	67.7	21.0	54.5	0.0	0.0	16.8	8.4
2월	82.8	97.2	92.8	27.2	52.8	0.0	0.0	36.2	26.6
3월	85.5	87.7	95.5	0.0	44.5	34.8	0.0	27.1	0.0
4월	95.7	100.0	100.0	2.3	35.0	34.0	0.0	14.7	0.0
5월	97.1	100.0	100.0	23.5	18.7	46.5	0.0	13.9	4.8
6월	89.3	94.7	89.3	18.0	18.0	36.0	9.0	9.3	13.3
7월	95.2	100.0	100.0	9.7	4.8	43.5	0.0	0.0	0.0
8월	94.5	96.1	96.1	32.3	25.8	54.8	0.0	19.4	0.0
9월	99.3	99.3	99.3	0.0	30.7	0.7	0.0	5.7	0.0
10월	83.9	91.9	91.9	0.0	54.5	20.6	0.0	8.1	0.0
11월	80.0	83.7	85.3	21.3	47.0	9.3	0.0	22.3	7.3
12월	68.1	82.3	76.1	23.9	28.4	37.7	3.9	26.1	7.7
연평균	86.1	92.5	91.2	14.9	34.6	26.5	1.1	16.6	5.7

[표 5.4.10] 자연채광에 의한 작업면 조도 300lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	212	269	238	91	182	26	39	143	130	310
2월	257	286	282	87	190	25	53	162	121	290
3월	272	291	309	24	217	186	24	174	60	310
4월	300	300	300	17	181	155	14	145	24	300
5월	310	310	310	135	135	203	59	126	99	310
6월	300	300	300	108	81	122	68	81	108	300
7월	310	310	310	75	90	165	15	45	30	310
8월	298	304	304	160	145	210	68	120	100	310
9월	298	298	298	28	139	92	17	43	0	300
10월	260	291	285	25	211	132	13	107	13	310
11월	240	256	256	91	196	47	36	152	108	300
12월	230	255	255	118	173	187	43	93	80	310

[표 5.4.11] 자연채광에 의한 작업면 조도 300lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	68.4	86.8	76.8	29.4	58.7	8.4	12.6	46.1	41.9
2월	88.6	98.6	97.2	30.0	65.5	8.6	18.3	55.9	41.7
3월	87.7	93.9	99.7	7.7	70.0	60.0	7.7	56.1	19.4
4월	100.0	100.0	100.0	5.7	60.3	51.7	4.7	48.3	8.0
5월	100.0	100.0	100.0	43.5	43.5	65.5	19.0	40.6	31.9
6월	100.0	100.0	100.0	36.0	27.0	40.7	22.7	27.0	36.0
7월	100.0	100.0	100.0	24.2	29.0	53.2	4.8	14.5	9.7
8월	96.1	98.1	98.1	51.6	46.8	67.7	21.9	38.7	32.3
9월	99.3	99.3	99.3	9.3	46.3	30.7	5.7	14.3	0.0
10월	83.9	93.9	91.9	8.1	68.1	42.6	4.2	34.5	4.2
11월	80.0	85.3	85.3	30.3	65.3	15.7	12.0	50.7	36.0
12월	74.2	82.3	82.3	38.1	55.8	60.3	13.9	30.0	25.8
연평균	89.9	94.8	94.2	26.2	53.0	42.1	12.3	38.1	23.9

[표 5.4.12] 자연채광에 의한 작업면 조도 200lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	269	274	269	156	192	156	117	197	182	310
2월	261	286	286	178	240	163	121	203	202	290
3월	298	310	310	108	251	231	114	217	132	310
4월	300	300	300	165	254	218	101	188	108	300
5월	310	310	310	230	197	292	166	221	188	310
6월	300	300	300	185	168	218	124	141	124	300
7월	310	310	310	240	197	290	180	182	150	310
8월	310	310	310	196	179	240	235	220	188	310
9월	298	298	300	51	197	150	77	150	57	300
10월	304	304	304	88	242	218	151	229	126	310
11월	251	261	256	164	237	130	99	216	184	300
12월	230	267	273	162	224	211	111	179	168	310

[표 5.4.13] 자연채광에 의한 작업면 조도 200lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	86.8	88.4	86.8	50.3	61.9	50.3	37.7	63.5	58.7
2월	90.0	98.6	98.6	61.4	82.8	56.2	41.7	70.0	69.7
3월	96.1	100.0	100.0	34.8	81.0	74.5	36.8	70.0	42.6
4월	100.0	100.0	100.0	55.0	84.7	72.7	33.7	62.7	36.0
5월	100.0	100.0	100.0	74.2	63.5	94.2	53.5	71.3	60.6
6월	100.0	100.0	100.0	61.7	56.0	72.7	41.3	47.0	41.3
7월	100.0	100.0	100.0	77.4	63.5	93.5	58.1	58.7	48.4
8월	100.0	100.0	100.0	63.2	57.7	77.4	75.8	71.0	60.6
9월	99.3	99.3	100.0	17.0	65.7	50.0	25.7	50.0	19.0
10월	98.1	98.1	98.1	28.4	78.1	70.3	48.7	73.9	40.6
11월	83.7	87.0	85.3	54.7	79.0	43.3	33.0	72.0	61.3
12월	74.2	86.1	88.1	52.3	72.3	68.1	35.8	57.7	54.2
연평균	94.0	96.5	96.4	52.5	70.5	68.6	43.5	64.0	49.4

[표 5.4.14] 자연채광에 의한 작업면 조도 100lx 이상 시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	총시간
1월	274	274	274	225	225	205	192	220	215	310
2월	286	290	290	257	270	253	191	257	245	290
3월	310	310	310	245	278	271	213	278	251	310
4월	300	300	300	248	274	274	224	274	274	300
5월	310	310	310	277	292	301	292	292	292	310
6월	300	300	300	280	251	300	250	250	250	300
7월	310	310	310	307	308	310	307	307	308	310
8월	310	310	310	283	288	299	283	288	288	310
9월	298	300	300	169	259	259	161	259	180	300
10월	304	304	304	229	272	285	229	260	229	310
11월	256	272	272	240	256	227	199	240	240	300
12월	267	273	273	249	255	248	198	255	236	310

[표 5.4.15] 자연채광에 의한 작업면 조도 100lx 이상 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1월	88.4	88.4	88.4	72.6	72.6	66.1	61.9	71.0	69.4
2월	98.6	100.0	100.0	88.6	93.1	87.2	65.9	88.6	84.5
3월	100.0	100.0	100.0	79.0	89.7	87.4	68.7	89.7	81.0
4월	100.0	100.0	100.0	82.7	91.3	91.3	74.7	91.3	91.3
5월	100.0	100.0	100.0	89.4	94.2	97.1	94.2	94.2	94.2
6월	100.0	100.0	100.0	93.3	83.7	100.0	83.3	83.3	83.3
7월	100.0	100.0	100.0	99.0	99.4	100.0	99.0	99.0	99.4
8월	100.0	100.0	100.0	91.3	92.9	96.5	91.3	92.9	92.9
9월	99.3	100.0	100.0	56.3	86.3	86.3	53.7	86.3	60.0
10월	98.1	98.1	98.1	73.9	87.7	91.9	73.9	83.9	73.9
11월	85.3	90.7	90.7	80.0	85.3	75.7	66.3	80.0	80.0
12월	86.1	88.1	88.1	80.3	82.3	80.0	63.9	82.3	76.1
연평균	96.3	97.1	97.1	82.2	88.2	88.3	74.7	86.9	82.2

5.4.3 대상실의 인공조명설계

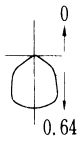
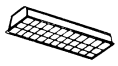
1) 대상실의 설계 기준조도 설정

인텔리젼트 빌딩의 사무실을 대상으로 하여 500 lx 를 설정하였다.

2) 조명방법 및 조명기구의 결정

조명방식은 직접조명에 의한 전반조명방식을 채택하고 조명기구는 VDT 사용이 많은 사무실로 가정하여 루우버가 달린 천장매입형 40W 2 등용 (램프의 광속 3000 X2 lm)으로 결정하였다. [표 5.3.2]는 설정한 조명기구의 조명율을 나타낸 것이다.

[표 5.4.16] 조명기구의 조명률

배광 / 설치간격	조명기구	감광보상률 (D) 보수상태 양 중 부	반사율 (ρ) 천장	벽	0.75			0.50			0.30	
					0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1
			실지수		조명률 U [%]							
 1.4H	 40W 2전등용 埋入기구 루우버 부착	1.4 1.6 1.8		J0.6	31	27	24	31	27	24	27	24
				I0.8	38	35	32	37	34	32	34	32
				H1.0	41	48	36	40	37	36	38	36
				G1.25	44	42	40	41	40	39	40	39
				F1.5	49	44	42	43	42	41	42	41
				E2.0	50	48	45	45	47	45	46	45
				D2.5	53	50	49	49	50	48	49	48
				C3.0	55	52	50	50	51	50	50	49
				B4.0	56	54	53	53	52	52	52	52
				A5.0	58	55	54	54	54	53	54	53

3) 광속법에 의한 적절한 조명기구 수계산

① 작업면의 높이 H = 3m –0.8m = 2.2m

② 실지수 $\frac{12\times12}{2.2(12+12)}=\frac{144}{2.2\times24}=2.75$

③ 조명율 표 5.3.2 에서 유지 보수율 U = 0.54

④ 감광 보상율 표 5.3.2 에서 D = 1.6

⑤ 소요광속 $F=\frac{EAD}{U}$

F : 소요광속 [lm]

E : 설계 기준 조도[lx]

A : 대상실의 면적[m^2]

D : 감광보상율

U : 조명율

F_{500} = (500 x 144 x 1.6)/0.54 =213,333 lm

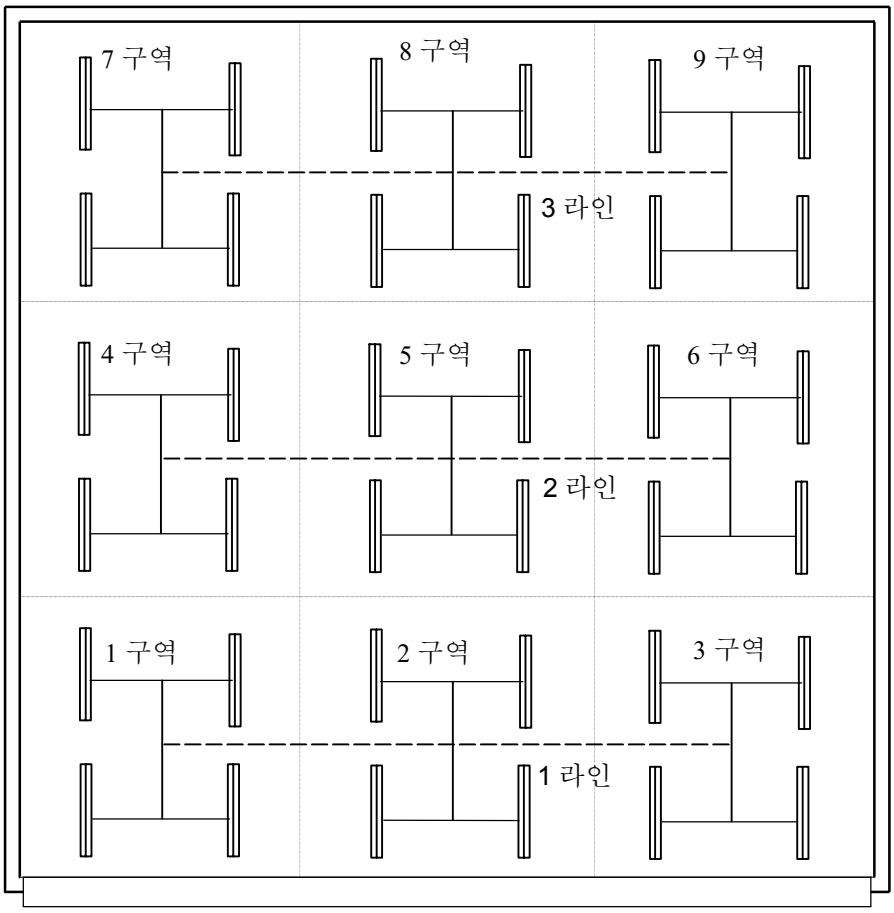
⑥ 조명기구수

N_{500} = 213333 / (3000 x 2) = 36 대

대상실에서 설계 기준 조도를 500 lx 로 인공조명 설계를 하는 경우 조명기구의 대수는 36 대 이다.

4) 조명기구의 배치와 조닝

다음은 설계 기준 조도 500 lx 인 경우의 인공조명의 배치 나타낸 것이다.



[그림 5.4.2] 설계 기준 조도 500 lx 의 인공조명 배치

각 구역 당 조명기구를 4 개씩 배치하고 있다. 조명기구를 제어 하는 방법으로 조광용센서의 조도 변화에 따라서 Open-loop 조명제어를 이용한 창측 라인별 on/off 제어를 하는 방법을 적용하는 것으로 설계 되었다.

5.4.4 자연채광에 대한 인공조명 기구의 소등율

사무실의 설계 기준 조도를 500lx 로 한 경우 조명기구의 설치는 [그림 5.4.2]와 같다. [표 5.4.7] 에서 보는 바와 같이 대상실을 9 개의 구역으로 구분하여 자연채광에 의한 구역별 실내 조도를 분석하였다. 1996 년 1 년 동안 확산창호에 의한 자연채광에 의해 작업면의 조도가 500lx 이상 되는 시간은 전체의 34.2% 였다. 이 중에서 창측에 가까운 구역인 1, 2, 3 구역의 경우는 각각 81.8%, 90.9%, 89.8% 로 자연 채광을 이용 할 수 있는 주간에는 인공조명의 사용이 거의 필요 없는 것을 알 수가 있다. 실의 중간 구역인 4, 5, 6 구역의 경우는 각각 5.6%, 18.2%, 16.3% 로 나타나고 가장 안쪽 구역인 7, 8, 9 구역의 경우도 각각 0.4%, 3.8%, 0.7% 로 남향의 17% 확산 창호를 가진 사무실의 경우는 자연 채광에 의한 실내 조도 확보가 인공 조명 에너지 절약에 있어서 유리한 것을 보여 주고 있다.

작업면의 조도가 400lx 이상 되는 시간은 전체의 41.2 % 였다. 이 중에서 창측에 가까운 구역인 1, 2, 3 구역의 경우는 각각 86.1%, 92.5%, 91.2%로 자연 채광을 이용 할 수 있는 주간에는 인공조명의 사용이 거의 필요 없는 것을 알 수가 있다.

작업면의 조도가 300lx 이상 되는 시간은 전체의 52.7% 였다. 이 중에서 창측에 가까운 구역인 1, 2, 3 구역의 경우는 각각 89.9%, 94.8%, 94.2%로 자연 채광을 이용 할 수 있는 주간에는 인공조명의 사용이 거의 필요 없는 것을 알 수가 있다.

사무실의 조명방식을 전반+국부병용 조명 방식을 이용하여 전반 조명의 설계 기준 조도를 300lx 로 한다면 사무실에서 인공 조명을 47.2% 만 사용하는 것이 가능하다. 시뮬레이션의 결과 대상실에서 창측 1 라인의 경우는 투과율 17%의 확산창호를 사용한다 하더라도 자연채광에 의해 조명에너지를 87% 절감하는 것이 가능하다.