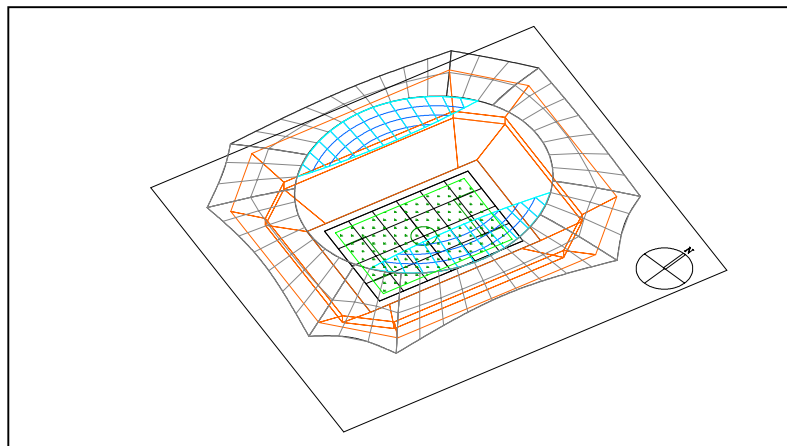


제 4 장 경기장 모델링

4.1 경기장의 개요

본 연구에서는 대상 경기장의 도면을 바탕으로 AutoCAD의 3차원 도형 작성 기법을 적용하여 [그림 4.1.1]에 보인 것과 같이 경기장을 86개의 3차원 면으로 단순화한 후 각 면 꼭지점의 좌표(x, y, z)와 면의 방향벡터를 조도계산 프로그램의 입력 데이터로서 사용하였다. 그리고 [그림 4.1.2]과 같이 잔디구장을 24개의 구역으로 나누어 각 구역별로 조도를 구할 수 있도록 조도계산 대상면으로 설정하였다.



[그림 4.1.1] 서울 월드컵경기장의 3차원 CAD 도면

	동						
	1	2	3	4	5	6	
북	7	8	9	10	11	12	남
	13	14	15	16	17	18	
	19	20	21	22	23	24	
	서						

[그림 4.1.2] 천연잔디면 조도계산 구역 설정

4.2 천연잔디면에 도달하는 광자량과 관련한 변수 설정

천연잔디면에 도달하는 광자량에 영향을 미치는 변수는 다음의 4 가지로 요약될 수 있다.

- (1) 태양의 위치 및 천공상태
- (2) 지붕 개구부의 면적
- (3) 지붕 재료의 광학적 투과율 및 투과 특성
- (4) 경기장 내부 반사율 및 반사 특성

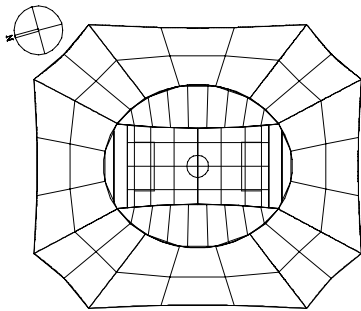
경기장의 경우 개구부의 면적과 지붕의 높이에 따라서 자연광 입사량이 달라지므로 본 연구에서는 경기장 지붕 개구부의 면적을 경기장 중앙점에서 계산된 입체각으로 나타내었다. 입체각은 (식 4.1.1)에 의해 구할 수 있다. [그림 4.2.1]은 시뮬레이션에 적용된 개구부의 면적을 3 가지로 분류하여 나타낸 것으로 1 안은 입체각이 8.18sr, 2 안은 입체각이 10.85sr, 3 안은 입체각이 13.53sr 으로 설정되었다.

$$\omega = \frac{A}{d^2} \quad (\text{식 4.1.1})$$

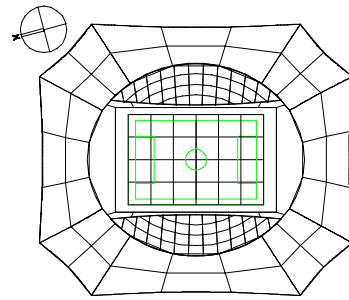
단, ω : 입체각 [sr]

A: 개구부 면적 [m^2]

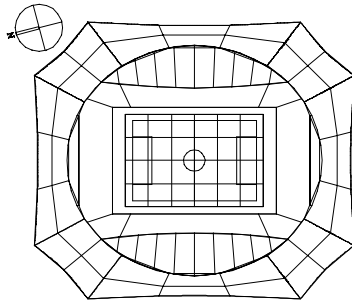
d: 높이 [m]



1 안



2 안



3 안

[그림 4.2.1] 멤브레인의 면적에 따른 분류

또한, 멤브레인의 투과율 및 투과 특성도 경기장 내부로 유입되는 빛의 양과 방향성에 영향을 미친다. 투명한 재료는 직사일광의 방향을 그대로 투과시키는 반면, 반투명 재료는 직사일광을 확산시킴으로써 경기장 내부의 빛 환경을 변화시킬 수 있다. 지붕 재료인 멤브레인은 확산투과이므로 확산투과만을 대상으로 하였고 시물

레이션은 투과율을 10%, 20%, 30%의 3 가지 경우로 수행되었다.

천공 상태는 청천공에서 담천공에 이르는 다양한 변화를 보이며 경기장 내부의 천연잔디면에 도달하는 광자량에 큰 영향을 준다.

[표 4.3.1]은 본 연구의 컴퓨터 시뮬레이션과 관련한 변수의 종류 및 값을 보인 것이다.

[표 4.3.1] 시뮬레이션에 입력된 변수 값

변 수	세부 내용
태양의 고도, 방위	4 월 ~ 11 월 21 일, 9 ~ 20 시
개구부 면적	입체각 8.18sr, 10.85sr, 13.53sr
투과율	10%, 20%, 30%
투과특성	확산투과
천공상태	청천공, 담천공

4.3 컴퓨터 시뮬레이션 입력 데이터

시뮬레이션을 수행하기 위한 입력 데이터들은 다음과 같이 설정하였다.

- (1) 계산일은 잔디의 생육기간인 4 월부터 11 월 까지 매월 21 일 일출부터 일몰까지 1 시간 간격으로 계산하였다.
- (2) 서울지역의 위도는 북위 37.5°, 경도는 127°이다.
- (3) 조도계산 대상면은 잔디구장을 가로 6, 세로 4 의 총 24 구역으로 나누어 계산하였다.
- (4) 멤브레인의 투과율과 폴리카보네이트의 투과율은 다음 **[표 4.3.2]**와 같이 설정하였으며, 먼지 등의 낙하로 인해 투과율 저하를 고려하기 위하여 유지보수율 60%를 적용하였다.

[표 4.3.2] 지붕재료의 광학적 투과율

재료	재료 고유 투과율		유지보수율	투과율
멤브레인	10 %		0.6	6.0 %
	20 %		0.6	12.0 %
	30 %		0.6	18.0 %
폴리카보네이트	입사각 0 °	75.7 %	0.6	45.4 %
	입사각 10 °	75.7 %	0.6	45.4 %
	입사각 20 °	75.7 %	0.6	45.4 %
	입사각 30 °	74.8 %	0.6	44.9 %
	입사각 40 °	73.9 %	0.6	44.3 %
	입사각 50 °	73.1 %	0.6	43.9 %
	입사각 60 °	67.1 %	0.6	40.3 %
	입사각 70 °	57.6 %	0.6	34.6 %
	입사각 80 °	34.4 %	0.6	20.7 %

(5) 청천공과 담천공시 일사량과 노점온도는 최근 20 년간 기상자료에서 선정하여 [표 4.3.3], [표 4.3.4]과 같이 설정하였다.

이 외에도 조도계산 대상면 및 기타면들의 공간좌표, 그리드 수, 반사율, 투과율이 있다.

[표 4.3.3] 청천공 입력 데이터

	시각 (진태양시)	6 시	7 시	8 시	9 시	10 시	11 시	12 시	13 시	14 시	15 시	16 시	17 시	18 시	19 시	20 시
4 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.1	0.5	0.9	1.4	2.0	2.5	2.6	2.5	2.0	1.5	0.9	0.4	0.1	0.0
	노점온도[°]	6.1	6.2	6.3	6.4	6.8	7.2	7.7	8.1	8.5	8.9	9.2	9.5	9.8	10.0	10.3
5 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.3	1.0	1.5	1.9	2.3	2.5	2.5	2.5	2.4	2.2	1.7	1.0	0.6	0.0
	노점온도[°]	9.4	9.3	9.3	9.3	9.8	10.2	10.7	11.2	11.6	12.1	12.2	12.3	12.5	12.6	12.7
6 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.2	0.4	0.7	2.1	2.5	2.8	3.0	3.2	2.9	2.7	2.1	1.5	0.8	0.3
	노점온도[°]	11.1	11.0	11.0	10.9	11.5	12.2	12.8	12.5	12.1	11.8	12.8	13.7	14.7	13.5	12.2
7 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.2	0.7	1.4	2.0	2.4	2.7	3.0	2.9	2.6	2.1	1.6	1.0	0.4	0.0
	노점온도[°]	23.6	23.7	23.8	23.9	23.6	23.3	23.0	21.5	20.0	18.5	18.6	18.6	18.7	19.5	20.2
8 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.1	0.6	1.5	2.1	2.7	3.0	3.0	3.0	2.7	2.2	1.6	0.9	0.2	0.0
	노점온도[°]	13.9	14.6	15.3	16.0	15.8	15.7	15.5	15.6	15.7	15.8	14.9	14.1	13.2	13.0	12.7
9 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.4	1.2	1.7	2.2	2.5	2.7	2.6	2.2	1.7	1.1	0.4	0.0	0.0
	노점온도[°]	5.0	5.4	5.7	6.1	5.7	5.2	4.8	4.0	3.1	2.3	2.0	1.8	1.5	3.8	6.1
10 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.1	0.8	1.4	1.8	1.9	2.1	1.7	1.5	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0
	노점온도[°]	2.2	2.5	2.9	3.2	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.8	2.6	2.5	2.3	2.1
11 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.1	0.4	0.9	1.3	1.9	2.1	1.9	1.6	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0
	노점온도[°]	-13.3	-13.5	-13.7	-13.9	-12.7	-11.4	-10.2	-8.9	-7.7	-6.4	-7.4	-8.3	-9.3	-10.3	-11.2

[표 4.3.4] 담천공 입력 데이터

	시각 (진태양시)	6 시	7 시	8 시	9 시	10 시	11 시	12 시	13 시	14 시	15 시	16 시	17 시	18 시	19 시	20 시
4 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0
	노점온도[°]	7.3	7.9	8.6	9.2	9.8	10.3	10.9	11.4	12.0	12.5	13.0	13.4	13.9	14.3	14.8
5 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.9	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0
	노점온도[°]	12.0	11.4	10.9	10.4	10.3	10.2	10.1	10.0	9.9	9.8	9.9	10.0	10.2	10.3	10.4
6 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.3	0.9	1.5	2.0	2.4	2.7	2.7	2.1	1.5	0.7	1.1	0.3	0.0	0.0
	노점온도[°]	16.8	16.6	16.3	16.1	16.2	16.2	16.3	16.5	16.7	16.9	17.2	17.4	17.7	18.9	20.1
7 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.6	0.7	0.6	0.9	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
	노점온도[°]	22.7	22.9	23.2	23.4	23.5	23.7	23.8	23.4	23.0	22.6	22.8	22.9	23.1	23.0	22.9
8 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.1	0.1	0.4	0.3	0.5	0.5	.04	0.5	0.5	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0
	노점온도[°]	16.4	16.6	16.7	16.9	17.1	17.3	17.5	17.8	18.0	18.3	18.4	18.4	18.5	18.5	18.5
9 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0	1.0	0.9	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0
	노점온도[°]	15.1	15.2	15.2	15.3	14.5	13.7	12.9	12.1	11.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.2	11.4
10 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
	노점온도[°]	8.8	8.2	7.6	7.0	7.3	7.5	7.8	8.0	8.3	8.5	8.2	7.8	7.5	7.2	6.8
11 월 21 일	일사량[MJ/m ²]	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
	노점온도[°]	5.8	6.7	7.5	8.4	7.5	6.6	5.7	4.8	3.9	3.0	3.4	3.9	4.3	4.7	5.2