

제 6 장 지하공간내 자연채광 조도 시뮬레이션 및 설계도구의 개발

6.1 시뮬레이션의 개요

본 연구에서 개발한 수치 모델 및 실험을 통해 얻은 데이터와 연간 시간별 조도 데이터 베이스를 이용하여 다양한 제원의 광덕트를 설치한 지하공간을 대상으로 조도 시뮬레이션을 수행하였다. 태양 적위의 평균값을 나타내는 6월 21일, 9월 21일, 그리고 12월 21일을 기준으로 광덕트의 광정지수가 1~10, 반사율은 90, 80, 70%로 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션의 수행 결과로서 실내의 임의의 점에서의 작업면 조도를 구할 수 있는 수식과 다양한 그래프를 제시하였다.

6.2 연간 시간별 외부 수평면 조도 데이터 베이스의 작성

서울 지방 표준년 기상자료에는 외부 조도 데이터가 없으므로 일사량 데이터에 주광의 발광효율 이론을 적용하여 연간 시간별 외부 조도 데이터 베이스를 작성하였다. 본 연구에서는 宿谷昌則와 木村建一의 실험식을 사용하였다(宿谷昌則, 木村建一, 1980). 식 (6.1)은 직달일사에 대한 발광효율을, 식 (6.2)는 천공 확산일사에 대한 발광효율을 나타낸 것이다.

$$\eta_D = \eta_o \cdot b \cdot K_{DR} + \eta_o \cdot c \quad (6.1)$$

단, η_o : 대기권외 발광효율(93.7lm/W)

b, c : 태양고도별 실험상수

K_{DR} : 대기권의 수평면 일사량에 대한 지상에서의 수평면 일사량의 비

$$\eta_d = \eta_o \cdot d \quad (6.2)$$

단, d : 태양고도별 실험상수

<표 6.1>은 식 (6.1)과 (6.2), 그리고 서울지방 표준년 기상자료의 일사량 데이터

를 이용하여 구한 연간 시간별 조도 데이터의 일부를 보인 것이다.

<표 6.1> 서울지방 외부 수평면 조도 데이터

날짜	내용	시간									
			9	10	11	12	13	14	15	16	17
6/21	직달 조도		31950	48093	57318	58425	52896	57088	56656	52479	43589
	확산 조도		15719	17010	17766	18270	18396	17766	16742	15464	13663
9/21	직달 조도		45122	46267	34400	30246	30885	28861	31327	32026	10507
	확산 조도		13406	15592	16870	17253	17125	16486	15468	13406	7585
12/21	직달 조도		5973	9211	16106	23089	29978	30099	28880	11391	0
	확산 조도		6526	11085	12890	14179	14308	12927	11044	6107	0

6.3 지하공간의 자연채광용 광덕트의 설계도구 개발

본 연구에서 개발한 지하공간 자연채광 설계용 도구는 다양한 형상의 장방형 광덕트의 출력광속인 FTR 을 쉽게 구할 수 있게 되어 있고 또한, 광덕트 하부의 조도에 대한 지하공간 작업면상 임의점에서의 조도비인 IR_D 와 IR_d 를 쉽게 구할 수 있게 되어 있다. 따라서, 외부 수평면 조도만 주어지면 식 (6.3)을 이용하여 지하공간내 작업면상 임의의 점에서의 자연광 조도를 신속하게 구할 수 있다.

$$E_p = E_{out} \times FTR \times (IR_D + IR_d) \quad (6.3)$$

단, E_{out} : 외부 수평면 조도[lx]

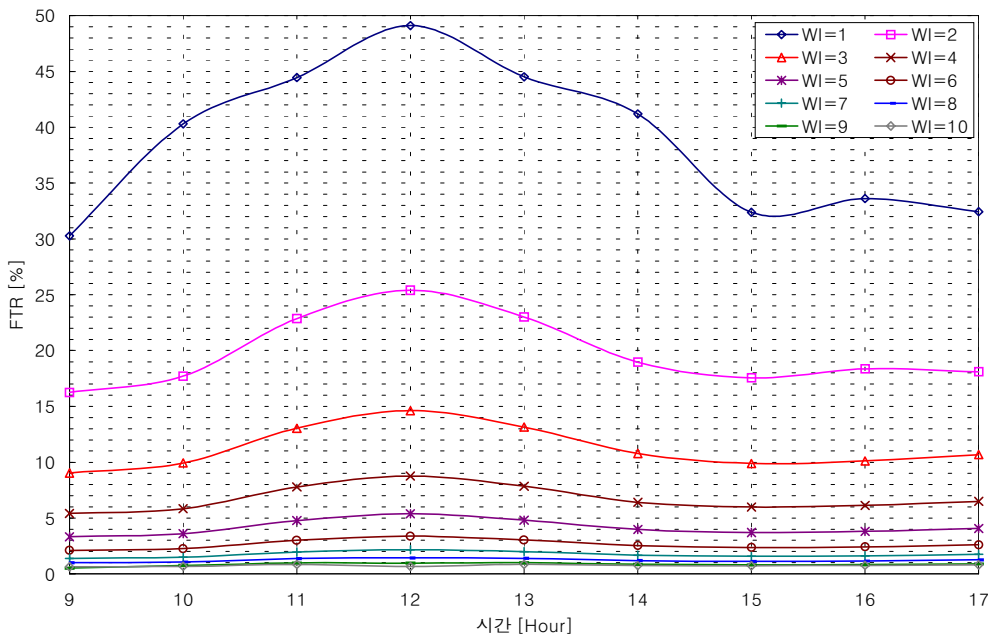
FTR : 광속전달율

IR_D : 광덕트 하부의 조도에 대한 실내 직접성분의 조도비

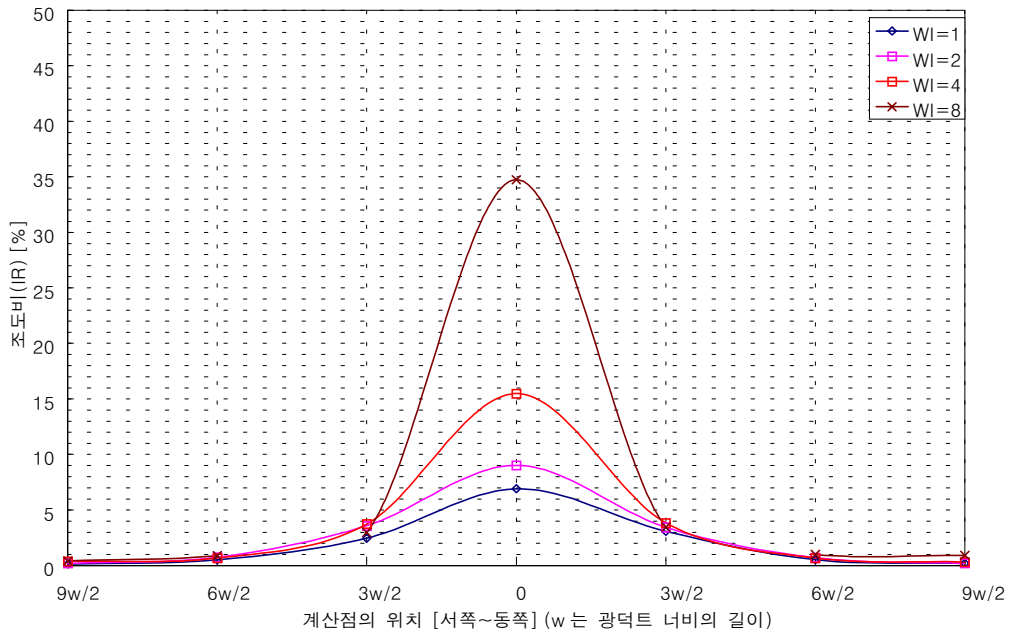
IR_d : 광덕트 하부의 조도에 대한 실내 간접성분의 조도비

식 (6.3)에서 사용되는 FTR, IR_D , IR_d 의 값은 앞에서 언급한 수치 모델과 모형실험을 통해 개발된 그래프에 의해서 그 값을 각각 구할 수 있다. [그림 6.1]~[그림

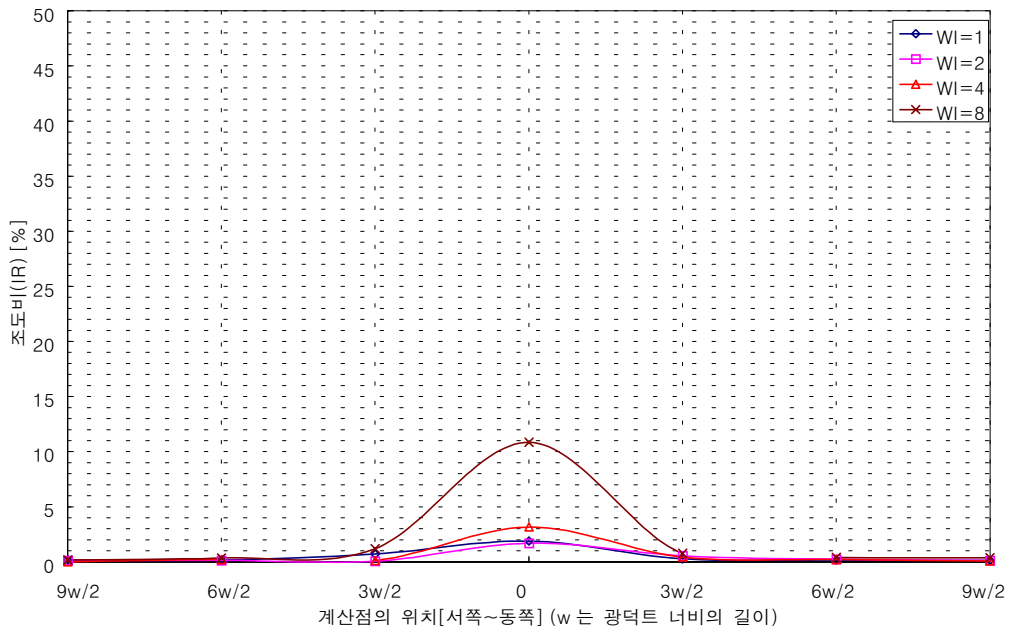
6.4]는 설계도구로서 이용 가능한 그래프의 예를 나타낸 것이다. [그림 6.1]은 6.2 절에서 발광효율 값으로 구한 외부 조도 데이터로써 제 3~4 장에서 개발 및 검증한 수치 모델에 적용하여 구한 것으로서, 9월 21일 12시일 때 광속전달율(FTR) 값을 구할 수 있는 그래프이다. [그림 6.2]와 [그림 6.3]은 각각 9월 21일 12시일 때의 IR_D , IR_d 의 값을 구할 수 있는 그래프이다. 그 밖에 다른 조건의 그래프는 부록에 첨가하였다.



[그림 6.1] 청천공 상태(9/21)에서 다양한 광정지수(WI)에 대한 광속전달율(FTR)



[그림 6.2] 청천공 상태(9/21 12:00)에서 WI의 변화에 대한 직접성분의 IR_D (실지수 = 2.0)



[그림 6.3] 청천공상태(9/21 12:00)에서 WI의 변화에 대한 간접성분의 IR_d (실지수 = 2.0)

6.4 설계도구의 적용

6.4.1 적용 조건

- 1) 일시 : 9월 21일 12시
- 2) 장소 : 서울 (표준년 기상 자료로부터 구한 외부 조도 데이터를 사용)
- 3) 수직장방형 광덕트의 체원 : 1,000 mm × 1,000 mm × 4,000 mm (WI = 4)
- 4) 광덕트의 반사율 : 90%
- 5) 지하공간의 체원 : 10,000 mm × 1,000 mm × 높이(높이는 2,500 mm, 4,000 mm, 5,000 mm, 6,250 mm 등 4가지 경우를 고려함.; 실지수는 2.0, 1.25, 1.0, 0.8)
- 6) 지하공간의 실내 반사율 : 천정 70%, 벽면 50%, 바닥면 30%

6.4.2 적용 결과

<표 6.2>는 본 연구에서 개발한 설계도구를 사용하여 9월 21일 12시에서 광정지수 8인 수직장방형 광덕트 시스템을 설치한 다양한 크기의 지하공간내 작업면 조도를 계산한 결과를 나타낸 것이다.

적용 결과를 살펴 보면 광덕트가 설치된 실 중앙부에서의 조도는 실지수가 높아질수록(실의 높이가 낮아질수록) 증가하였다. 이것은 직사일광이 실 중앙부로 직접 입사하기 때문이다. 또한 실지수가 낮아질수록(실의 높이가 증가할수록) 실 전체의 균제도는 높아지는 것을 알 수 있다. 이것은 실내 높이가 증가함에 따라 직접 성분보다 빛 실내면에 부딪혀서 확산되는 간접성분에 의한 영향이 커지기 때문이다.

<표 6.2> 설계도구의 적용 결과

E _{out} =47,499 [lux]		서쪽 ↔ 광덕트의 중심부 ↔ 동						
높이	RI	4,500 mm	3,000 mm	1,500 mm	0 mm	1,500 mm	3,000 mm	4,500 mm
2,500 mm	2.0	21 lux	63 lux	146 lux	794 lux	146 lux	63 lux	21 lux
4,000 mm	1.25	41 lux	104 lux	167 lux	627 lux	167 lux	104 lux	41 lux
5,000 mm	1.0	21 lux	63 lux	125 lux	272 lux	125 lux	63 lux	21 lux
6,250 mm	0.8	17 lux	42 lux	100 lux	201 lux	100 lux	42 lux	17 lux