

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 24, No. 3, 2004

에너지성능분석 및 감성평가에 의한 오피스 창호의 적정 투과율 선정

김병수*, 김정신*, 임오연*

*건양대학교 인테리어학과(bskim93@hotmail.com), (jskim@konyang.ac.kr), (yoyim@konyang.ac.kr)

Optimal Windows Transmittance by Energy Performance Analysis and Subjective Evaluation in office building

Kim, Byoung-Soo*, Kim, Jung-Shin*, Yim, Oh-Yon*

*Dept. of Interior Architecture, Konyang University(bskim93@hotmail.com), (jskim@konyang.ac.kr),
(yoyim@konyang.ac.kr)

Abstract

The purpose of this study is to select the optimal transmittance rate of windows in office buildings through subjective evaluation and energy performance analysis(computer simulation program ; DOE 2.1E).

The results are as follows ; 1) In the subjective evaluation experiment, minimum transmittance of the glass is GE 30% and LT 70%, but the optimal transmittance rate is concluded in 40%~60%. 2) As a result of the energy performance analysis, it is desirable for the building of consumptive with mainly air-conditioning to make transmittance as 40-60%. 3) Comparing foreign study on minimum and optimal transmittance rate is 25%~38%, the minimum transmittance of this study is almost the same. But for the optimal transmittance rate, 20% more is needed for KOREAN.

Keywords : 오피스(Office Building), 적정 투과율(Optimal Windows Transmittance), 감성평가(Subjective Evaluation), 에너지성능분석(Energy Performance Analysis)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 대형건물의 개축 및 신축의 제한이 강화되면서 노후된 건물의 리모델링이 활발히 진행되고 있다. 특히 대형건물의 외피부분에 유리의 사용량이 증가하면서 유리에 대한 관심이 증가하고 되었다. 최근 단열성능이 크게 향상된 로이유리나 특수코팅유리의 사용량이 급증하고 있다. 하지만 이러한 유리는 단열성능이 증가할수록 광학적인 투과율이 낮아지는 특징을 가지고 있기 때문에 건물의 신축이나 리모델링시 적절한 유리의 선택은 건물의 냉난방 에너지 및 조명에너지의 절감효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 조망이나 일조 등 재실자의 심리적·시각적인 쾌적성에 영향을 준다. 외국의 경우 최근 사무소 건물이나 주거용 건물을 대상으로 창호의 투과율 저하로 발생하는 여러 가지 문제점등을 해결하기 위해 감성평가실험과 시뮬레이션에 의한 에너지 성능평가를 통해 건물에 적용할 수 있는 창호의 최소 투과율에 대한 설계 지침⁶⁾을 제시하고 있지만, 시각적·문화적 구조가 다른 우리나라의 경우 관련분야의 종사자들의 경험에 의해 설계·시공되고 있다.

이에 본 연구에서는 오피스 건물을 대상으로 감성평가 및 에너지 성능분석을 실시하여 우리나라 재실자의 시각적 쾌적성을 확보하면서 동시에 가장 효율적으로 에너지를 절약할 수 있는 오피스 창호의 적정 투과율을 선정하는데 목적이 있다.

1.2 연구 내용 및 방법

연구의 진행순서는 그림 1에 나타난 것과 같이 축소모형을 이용한 감성평가와 열해석 프로그램에 의한 열적인 분석부분으로 나누어 다음과 같이 진행하였다.

첫째 평가대상의 투과율은 먼저 현재 오피스 건물의 창호에 사용하고 있는 필름의 현행제조업체 및 시공사례분석을 토대로 하여 5가지 종류의 필름을 선정하고, 투명유리를 포함하여 총 6가지로 투과율을 선정하였다. 둘째 실제 규모의 오피스를 모델로 하여 남측면 창호에 투과율이 서로 다른 실물대모형(mock-up)을 각각 제작하였다. 셋째, 투과율과 실내·외 조건에 따른 조명환경 및 작업 환경에 대한 시각적 쾌적성 평가분석을 실시하였다. 넷째, 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 투과율 변화에 따른 냉난방부하의 열적인 측면을 분석하였으며, 최종적으로 감성평가와 시뮬레이션 분석을 통해 오피스 건물에 적용할 수 있는 적정 투과율을 선정하였다.

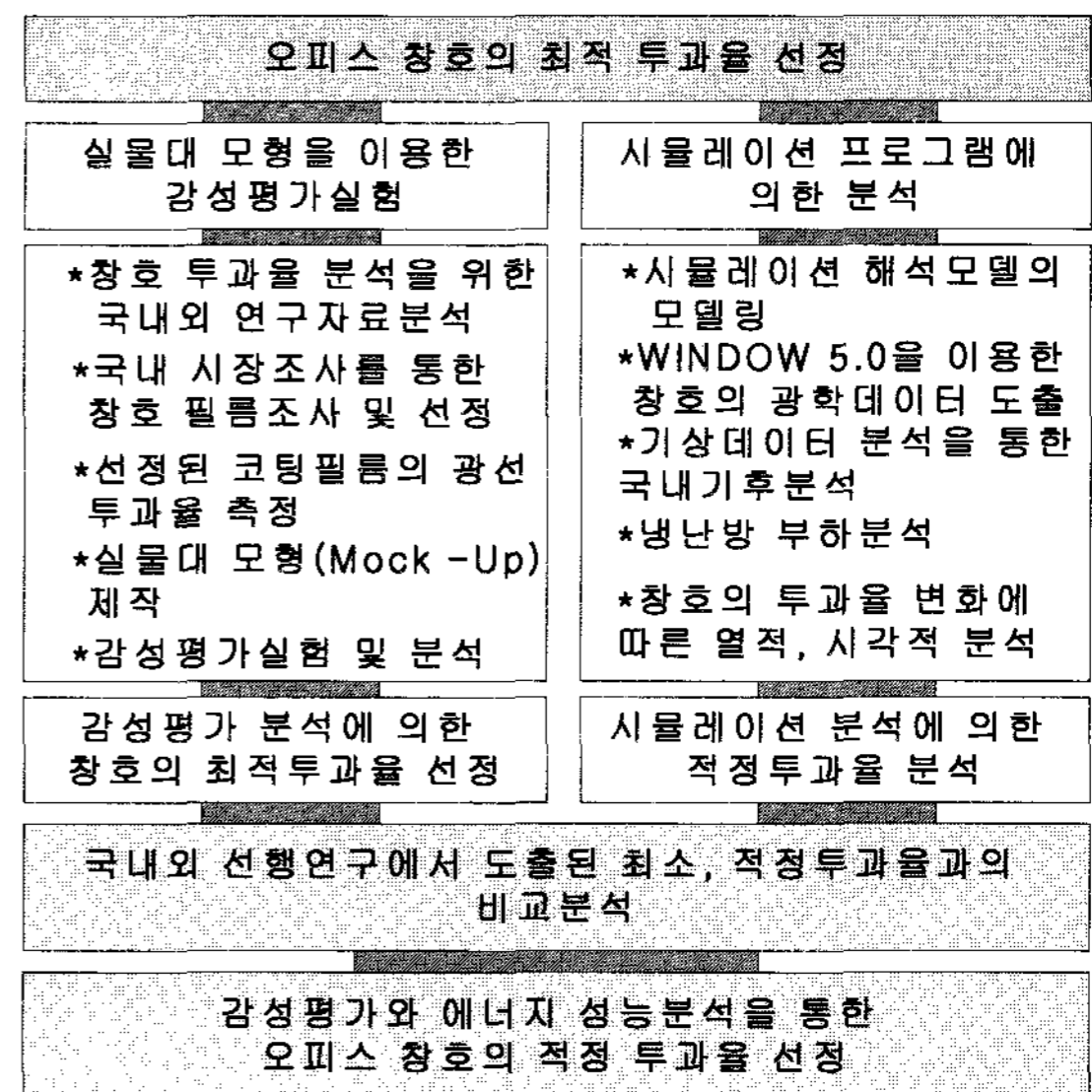


그림 1. 연구의 개요

2. 감성평가실험

2.1 실험 개요

(1) 실물대 모형(Mock-up)의 구성

본 연구에서는 실제 오피스 규모와 유사한 크기의 실물대 모형(Mock-up)을 제작하였다. 실물대

6) P Boyce BSc, N Eklund BS., "Minimum Acceptable Transmittance of Glazing", Lighting Res. Technol. 27(3), 1995

모형의 크기는 가로(W), 세로(L), 높이(H)를 각각 3m, 5m, 3m으로 하였으며, 실의 남측 면에는 가로, 세로, 2.5m, 1.5m의 창호를 설치하였다. 실험모델의 내부에 설치된 조명은 주광색 형광등램프(40W)를 4개 설치하여 작업면 조도를 평균 500lux이상 유지하도록 하였다.

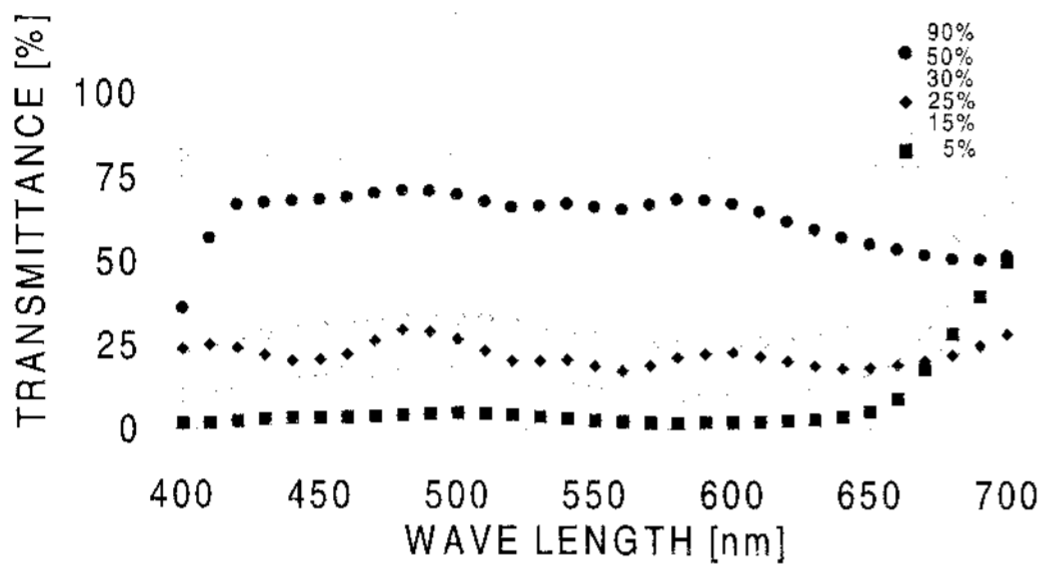


그림 2. 평가대상의 스펙트럼 분포

실물대 모형의 내부색채⁷⁾는 오피스 내부에서 가장 많이 사용하는 것으로 먼셀표색계(반사율)로 나타내면 벽 5.8Y 5.6/0.7(83.37%), 천정 4.5Y 9.3/1.4(82.22%), 바닥 N8.0(24.24%)이다. 또한 피험자들이 실제 오피스 공간의 느낌을 갖도록 하기 위해 실제 오피스 가구를 배치하였다.

남측면 창호에 사용된 필름은 현재 오피스 건물의 창호에 사용하고 있는 필름의 제조업체 및 시공사례분석을 토대로 동일색상의 5가지 종류의 필름에 투명유리를 포함하여 5%, 15%, 25%, 30%, 50%, 90%의 총 6가지 투과율을 선정하였다. 그림 1은 선정된 필름의 파장영역(380nm~700nm)별 스펙트럼 분포를 나타내고 있다.

(2) 평가항목 및 피험자 선정

평가항목은 오피스 내외부의 조명환경 및 사무환경에 대한 국내·외 선행연구⁸⁾에서 제시된 평

가항목을 바탕으로 표 1과 같이 선정하였다.

표 1. 카테고리별 평가항목

실외 조건			
실외 기상 조건	1. 지금 창문을 통해서 본 실외의 날씨는 어떻습니까?		
	밝은 활기가 있는 화창한	----- ----- -----	흐린 활기가 없는 우중충한
	실외 주광 상태	2. 지금 창문을 통해서 본 실외의 주광은 어떻습니까?	
밝은 쾌적한 따스한 강렬한		----- ----- ----- -----	어두운 불쾌한 시원한 부드러운
실외 경관		3. 지금 창문을 통해서 본 실외 경관은 어떻습니까?	
		선명한 자연스러운	----- -----
실내 조건			
실내 주광 상태	4. 지금 실내의 주광은 어떻습니까?		
	쾌적한 따스한 강렬한 깨끗한	----- ----- ----- -----	불쾌한 시원한 부드러운 탁한
	5. 실내의 빛 분포는 어떻습니까?		
	변화가 있는	-----	단순한
눈부심감	6. 창문으로부터 눈부심이 있습니까?		
	눈부심이 있는	-----	눈부심이 없는
실내 조명 환경	7. 사무공간으로서 이러한 조명환경이 적절하다고 생각하십니까?		
	적절한	-----	부적절한
	8. 지금 창문을 사무공간에 사용하기에 어떻습니까?		
적합한	-----	부적합한	

평가항목은 기존 연구결과에 근거하여 실외조건과 실내조건으로 분류하였다. 실외조건으로는 피험자가 실내에서 외부를 바라봤을 경우를 고려하여 실외기상조건, 실외주광상태, 실외 경관을 평가할 수 있는 형용사 8쌍을 선정하였다. 실내조건으로는 실내주광상태, 눈부심감(글레어), 실내조명환경을 세분하여 평가할 수 있는 형용사 8쌍을

7) 내부색채는 먼셀표색계(Munsell Color System)의 표기법을 색상(Hue) 명도(Value) 채도(Chroma)로 나타내었다.

8) Helena Bulow, Hube MSc., "Subjective reactions to daylight in rooms: Effect of using low-emittance coatings on window", Lighting Res. Technol. 27(1)., 1995.

포함하여 총 16쌍의 평가항목을 카테고리별로 선정하였다.

(3) 실험내용 및 방법

실험은 8월부터 9월까지 동일한 장소에서 외부 조도가 85,000lux~93,000lux로 천공상태가 비교적 청천공에 가까운 날에 실시하여 조도계(Minolta T-10)와 휘도계(Minolta LS-100)를 사용하여 실내의 조도 분포 및 창표면의 휘도를 측정하였다.

실내조도는 창으로부터 유입되는 주광에 의한 조도분포와 실내측의 조도분포를 측정하기 위해 창측에서 1m, 3m지점에서 작업면(바닥에서 80cm) 조도 및 바닥면 휘도를 측정하였다. 또한 창면휘도는 외부에 있는 건물의 색채나 천공상태, 그리고 건물의 형상에 따라 측정값에 차이가 있기 때문이기도, 세로 50cm 간격으로 측정한 후 평균값을 사용하였다. 측정된 조도 및 휘도는 표 2에 나타내었다.

표 2. 천공상태별 투과율에 따른 조명물리량

물리량 투과율	외부 조도 (lux)	창측 (1m) 조도 (lux)	내측 (3m) 조도 (lux)	창면 휘도 (cd/m ²)	창측(1m) 작업면 휘도 (cd/m ²)	내측(3m) 작업면 휘도 (cd/m ²)
5%	88,511	1,750	258	125	73	12
15%	90,269	6,420	664	481	317	52
25%	95,323	15,400	1,313	560	1116	186
30%	92,521	18,540	1,561	751	1090	181
50%	85,211	43,230	4,713	4818	1919	319
90%	86,349	65,000	6,115	8900	2904	484

실험은 1명의 피험자가 실물대모형에 들어가도록 하고, 5분간 간단한 작업을 통해 실내 분위기에 적응시킨 후, 선정된 평가항목의 7단계 SD (Semantic Differential Method)법을 사용하여 실험하였다. 피험자의 구성은 현재 인테리어학과 재학중인 3, 4학년을 대상으로 하였으며 남자

18명, 여자 17명으로 총 35명을 피험자로 하였다.

2.2. 분석 및 결과

분석은 총 17개의 평가항목별로 7단계로 나누어 1-7단계의 득점을 주어 SPSS/PC+ 통계 패키지를 이용하여 처리하였다.

(1) 카테고리별 평가항목의 평균득점분석

실내·실외조건으로 나눈 카테고리별 평가항목과 창호의 투과율과의 관계를 분석하기 위해 평가항목별 평균득점을 이용하여 오피스 건물에 적용할 수 있는 창호의 최소투과율 및 적정투과율의 범위를 선정하였다.

① 실외조건에 대한 평가분석 및 결과

그림 2와 같이 투과율의 변화에 따른 실외기상 조건에 대한 평가는 투과율이 증가할수록 평가항목은 「맑은」, 「화창한」하다고 평가하고 있었다. 실외주광상태에 대한 평가는 그림 3과 같이 「맑은」, 「따스한」 「강렬한」은 투과율이 증가할수록 값이 증가하는 것으로 나타났지만, 「쾌적한」은 투과율이 5%에서 50%의 범위에서는 값이 상승하지만, 50%이상에서는 급격히 감소하였다.

실외경관에 대한 평가는 그림 5에 나타난 것과 같이 「선명한」은 투과율이 증가할수록 값이 증가하는 것으로 나타났지만, 「자연스러운」은 투과율이 5%에서 50%의 범위에서는 평가득점이 상승하지만, 50%이상에서는 감소하였다(그림 4).

② 실내조건에 대한 평가분석 및 결과

실내주광상태에 대한 평가는 「따스한」, 「강렬한」 「변화감 있는」은 투과율이 증가할수록 값이 증가하는 것으로 나타났지만, 「깨끗한」은 투과율이 50% 미만일 경우 값이 증가하였지만, 50%이상일 때 다소 감소하는 것으로 나타났다. 「쾌적한(내부)」는 투과율이 5%에서 50%로 상승할 때 값이 상승하지만, 50%이상에서는 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 실외주광상태 평가결과와 동일한 경향을 나타내었다(그림 5).

실내의 창측과 내측의 휘도와 조도 등에 의해 형성된 실내주광의 평가결과 「눈부심」은 외부의 조도가 85,000lux~95,000lux로 비교적 높은 값을 나타내고 있으며 창의 투과율이 30%미만에서는 창표면 휘도는 약 750cd/m²로 평균득점이 3미만으로 피험자의 대부분이 눈부심이 없는 것으로 나타났다. 투과율이 50%이상일 때 창면휘도는 4,818cd/m²로 나타났으며, 평균득점이 4이상으로 피험자들은 눈부심감을 느끼기 시작하였다. 투과율이 90%이상에서는 창표면 휘도가 약 8,900cd/m²이며 평균득점이 6이상으로 비교적 심하게 눈부심감을 느끼는 것으로 나타났다(그림 6). 실내조명환경의 적절성 및 적합성에 대한 평가는 「적합한」, 「적절한」의 평가득점은 투과율이 5%에서 50%미만일 경우 값이 증가하였으며, 50%에서 최대 평가득점을 나타내고 있으며 50%이상일 때 급격히 감소하는 것으로 나타났다(그림 7). 따라서 실내 조명환경의 적합성에 대한 평가결과 투과율이 50%일 때 가장 높은 값을 나타내고 있다.

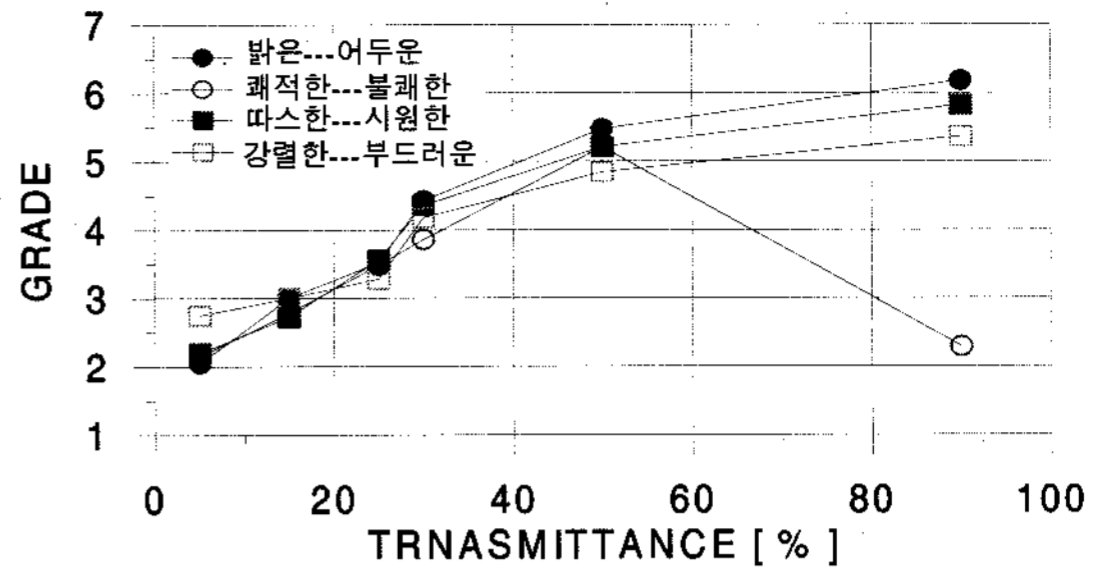


그림 5. 실외주광상태에 대한 평가분석

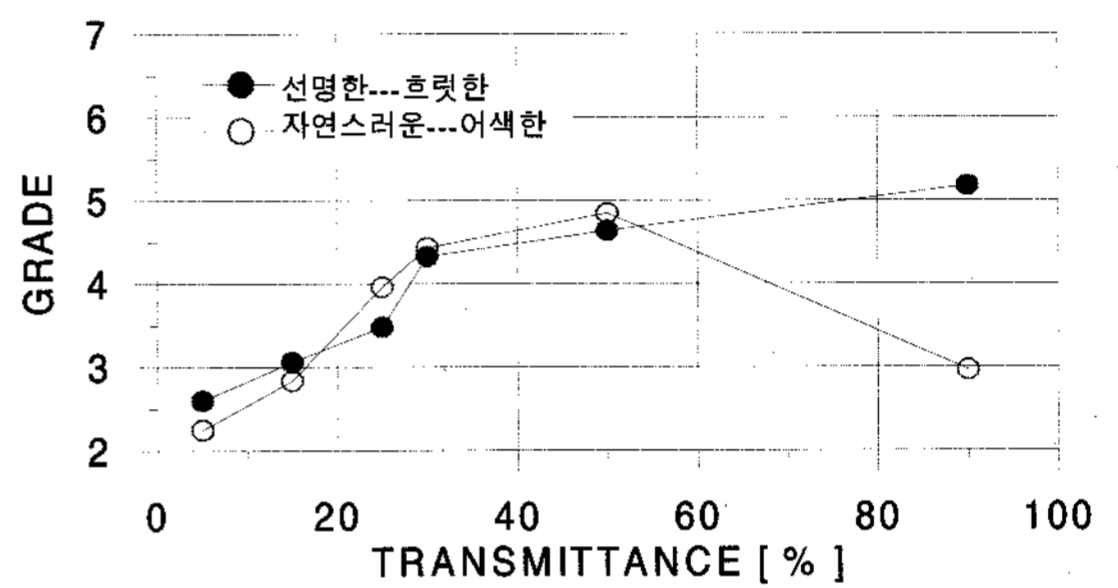


그림 6. 실외경관에 대한 평가분석

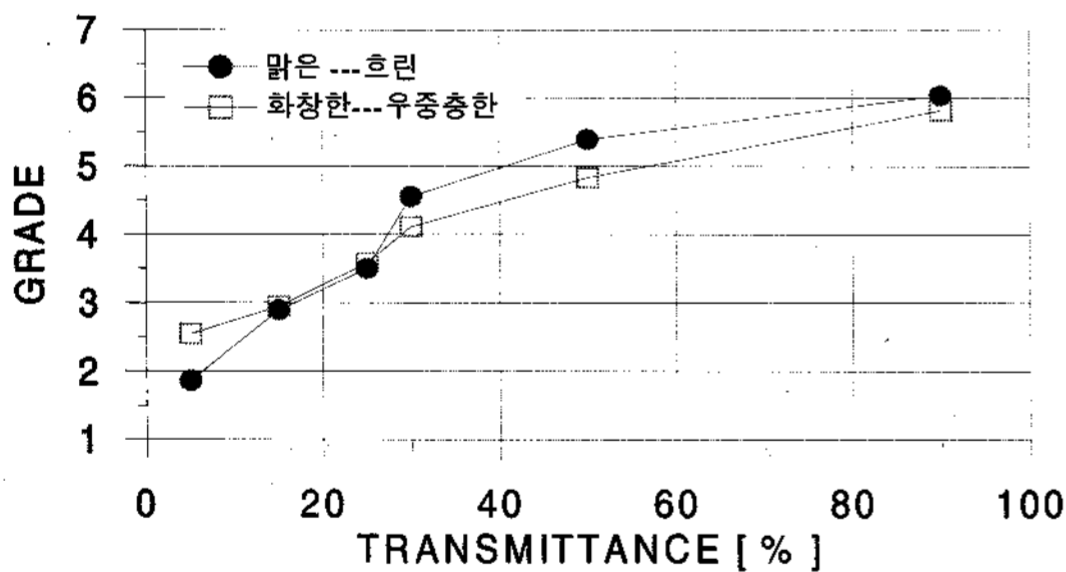


그림 3. 실외기상조건에 대한 평가분석

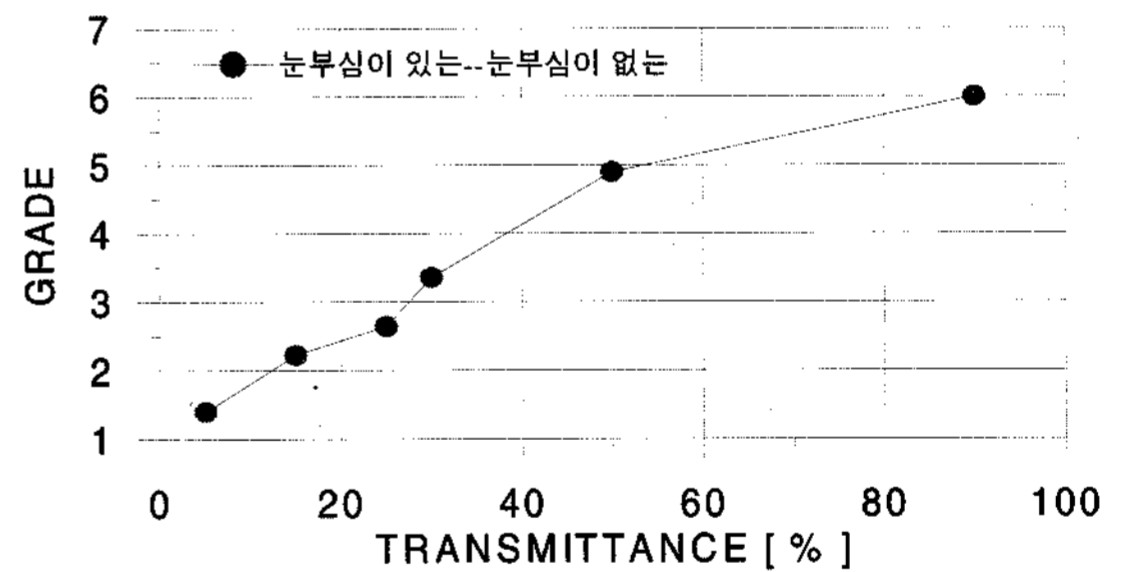


그림 7. 눈부심감에 대한 평가분석

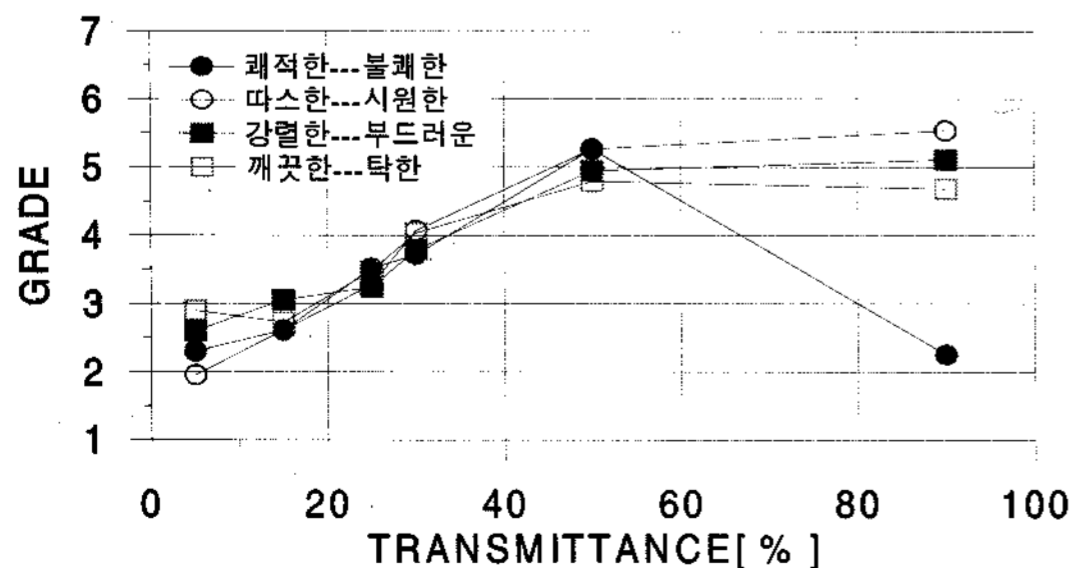


그림 4. 실내주광상태에 대한 평가분석

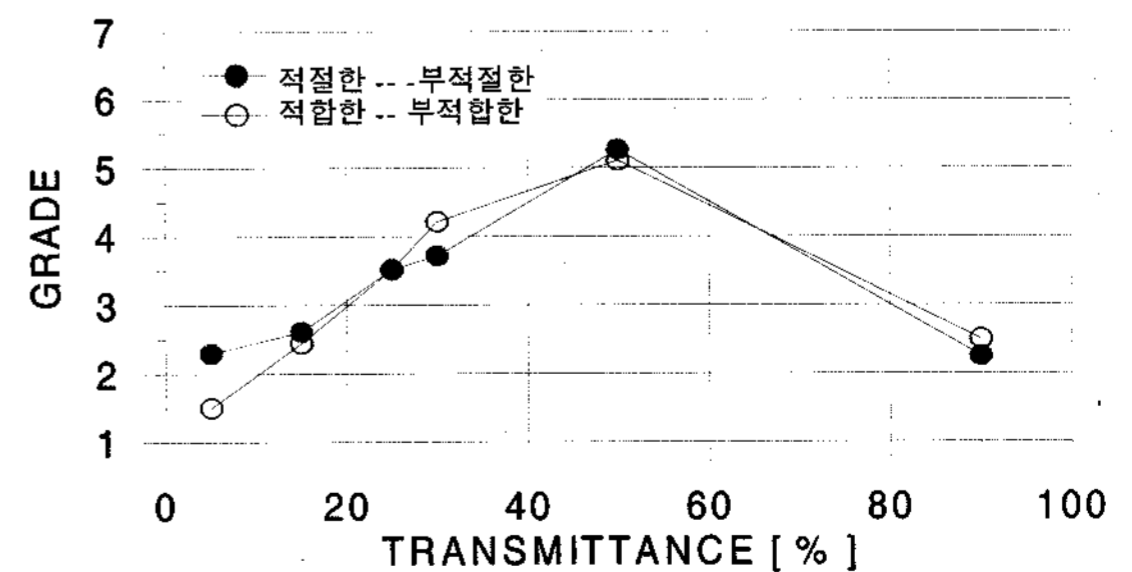


그림 8. 실내조명환경에 대한 평가분석

(2) 평균득점분석에 의해 선정된 적정투과율

실외 기상조건 및 실내 시환경의 쾌적감과 관련 있는 평가항목을 선정하여 오피스 창호의 적정·최소투과율을 선정하였다. 그림 9와 같이 쾌적감을 나타내는 평가항목의 평균득점을 나타내고 있다. 분석결과 평균득점이 5이상의 값을 가질 때의 투과율을 적정투과율로 정의하였으며, 평균득점이 4이상의 값을 가질 경우 최소투과율로 정의하였다. 분석결과 적정투과율은 40%~60%로 나타났으며, 최소투과율은 30%이상 70%미만 범위를 갖고 있다.

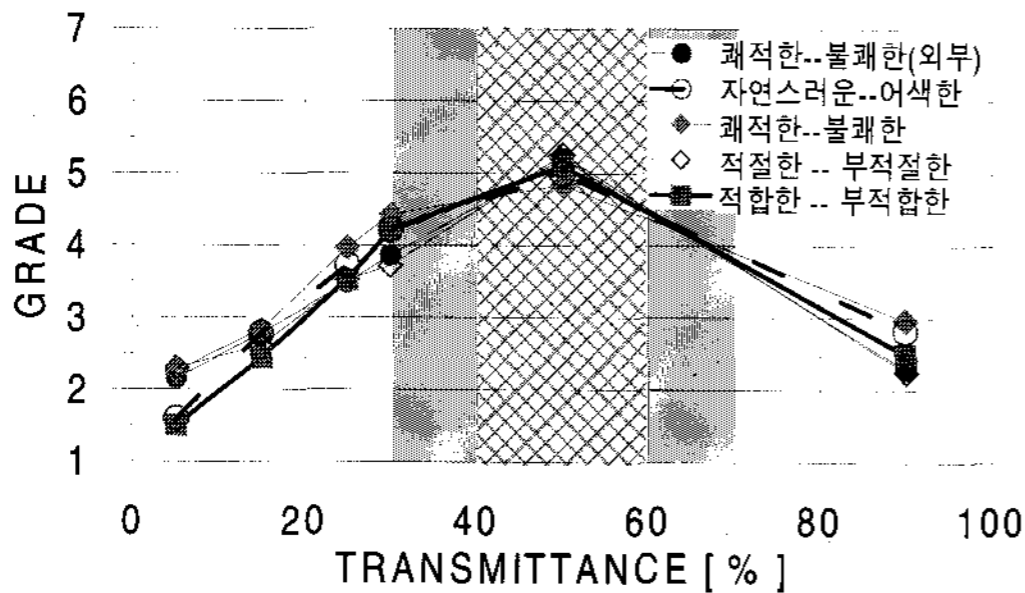


그림 9. 오피스 창호의 적정투과율 및 최소투과율

3. 시뮬레이션에 의한 에너지 성능분석

3.1 시뮬레이션의 개요

(1) 해석모델의 개요

창호의 투과율변화에 따른 에너지 성능분석을 위해 본 연구에서는 대전에 위치한 S공사 사무소 건물을 시뮬레이션 해석모델로 선정하였다.

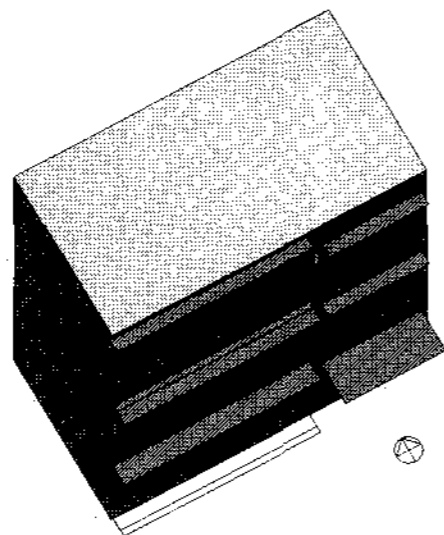


그림 10. 시뮬레이션 해석모델

해석모델은 그림 10과 같이 3층으로 구성되어 있으며, 각 층의 높이는 4.23m, 장단면비는 1.83 (장변:22m, 단변:12m)이다. 건물을 구성하는 외피의 열적 성능과 인체, 기기, 조명등의 내부발열량은 실제 설문조사와 S공사 자체 보고서를 통해 분석한 데이터를 적용하였으며, 세부항목을 <표 3>에 나타내었다. 그림 11은 해석모델에 적용된 근무자, 사무기기, 조명의 사용 스케줄을 나타내고 있다. 그림에 나타난 Y축의 값은 시간별 이용율을 나타내는 것이다.

표 3. 기준모델의 입력조건

항 목	구 성	열관류율 (W/m ² K)
외 벽	콘크리트150mm, 단열재(50mm), 시멘트벽돌(50mm)	0.5
지 붕	콘크리트150mm, 단열재(70mm)	0.35
바 닥	기초자갈(150mm), 콘크리트150mm, 단열재(50mm), 시멘트(30mm)	0.38
천 정	석고보드(10mm)	1.96
유리창	Double glass	2.60
내부발열	기기 및 조명 : 25W/m ² , 인체 : 0.2명/m ² (현열:45, 잠열 40)	
침기량	0.5회/h	
방위각	정남향	
바닥면적	240평(792m ²)	
창면적비	남측51%, 동측10%, 북측 25%	
냉난방설정온도	난방 : 22℃, 냉방 : 26℃	

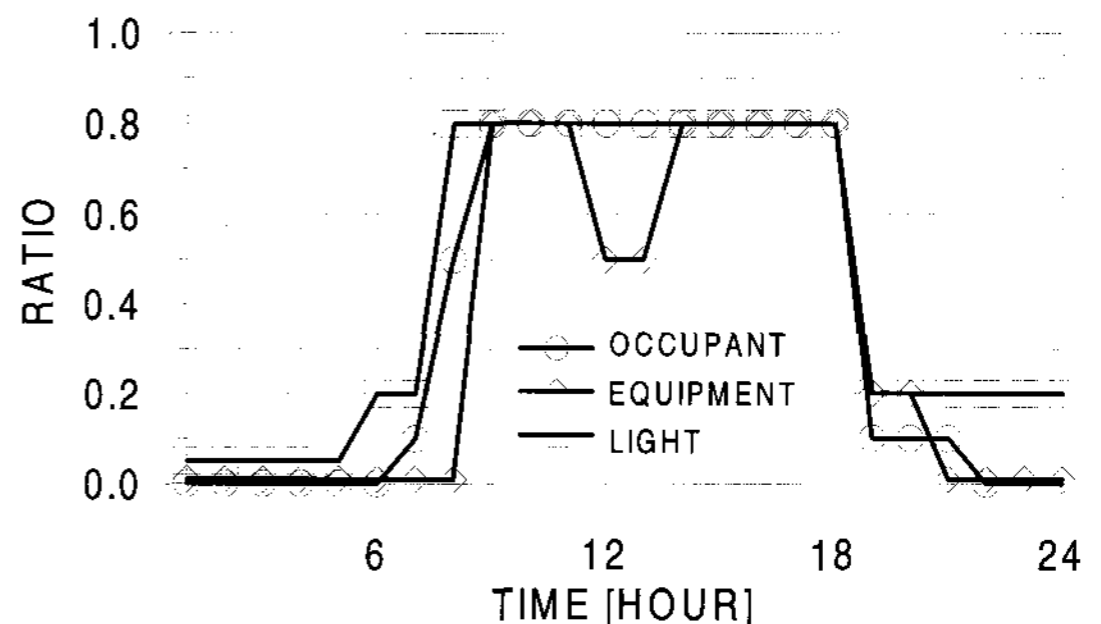


그림 11. 조명, 사무기기, 인체의 스케줄

(2) 대전지역의 기상데이터 분석

건물의 에너지 사용량은 건물자체가 가지는 재료의 열적 물성치와 시공 상태에 지배적인 영향을 받게 되며, 이런 인위적으로 조절 가능한 요인을 제외하고 건물의 성능에 가장 민감한 영향으로 작용하는 것이 지역의 기상요소라 할 수 있다.

표 4. 대전지역 기상데이터

	건구온도(°C)					월 평균 습구 온도 (°C)	월 평균 상대 습도 (%)	월평균 풍속 (m/sec)	월평균 일사량 (kWh/m ²)
	월 평균	월 평균 최대	월 평균 최소	월 최대 온도	월 최저 온도				
1월	-1.6	3.1	-5.8	9.4	-12.2	-3.9	57.7	3.1	2.99
2월	0.3	4.5	-3.6	11.1	-10.0	-1.7	66.7	4.8	4.23
3월	5.4	10.9	0.2	17.8	-7.2	2.3	62.0	4.5	3.5
4월	12.0	18.6	5.9	25.0	1.1	7.6	59.1	5.9	5.2
5월	17.2	23.3	11.5	31.1	5.6	12.9	64.7	4.4	6.35
6월	21.5	26.5	17.1	31.1	13.9	17.8	73.1	4.3	4.9
7월	25.1	28.6	22.0	33.9	16.7	21.5	74.9	5.9	4.05
8월	25.8	30.8	21.4	35.0	16.7	21.8	73.0	4.9	4.78
9월	20.3	25.1	16.0	28.9	8.9	17.8	80.5	4.2	3.7
10월	14.2	20.6	8.3	25.6	0.0	10.2	63.8	3.3	4.66
11월	6.4	10.5	2.4	20.6	-3.9	4.3	73.4	4.2	2.47
12월	0.7	5.3	-3.4	10.6	-10.6	-1.4	64.1	4.0	2.54
연평균	12.3	17.3	7.7	35.0	-12.2	9.1	67.8	4.5	4.1

월평균최대 최소의 값은 하루중 최대 최소의 값을 월별로 평균처리한 결과이며 월최대, 최소는 해당월에 가장 낮은 값과 가장 높은 값을 의미한다.

본 연구에서는 대한설비공학회에서 재작업한 대전지역의 30년 표준기상자료를 프로그램용 기상파일의 하나인 TRY(Test Reference Year)양식으로 변환하여 사용하였다. 변환된 기상파일을 월별로 통계 처리한 결과를 <표 4>에 나타내었다.

(3) 시뮬레이션 분석을 위한 변수조건

오피스 창호의 투과율의 변화에 따른 열성능을 분석하기 위해 2절의 감성평가 실험에 의해 도출된 최적투과율과 최소투과율을 포함해 총 7가지의 유리의 광학데이터를 변수로 적용한 후 시뮬레이

션을 실시하였다. 시뮬레이션에 적용한 창문의 광학데이터는 차폐계수(SC; Shading Coefficient), 일사획득계수(SHGC; Solar Heating Gain Coefficient), 가시광선 투과율(Tvis; Visual Transmittance)로 한정하였으며, 정확한 광학데이터를 계산하기 위해 미국의 LBL에서 제작된 창호성능평가 프로그램인 Window5.0을 이용하여 계산하였으며, 그 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5. 창호의 투과율

창호의 종류	열관류율 (w/m ² K)	SC	SHGC	Tvis
이중유리	2.691	0.892	0.824	0.712
		0.865	0.786	0.623
		0.678	0.586	0.494
		0.636	0.521	0.405
		0.558	0.482	0.321
		0.47	0.405	0.170
		0.33	0.284	0.064

3.2 에너지성능분석 및 결과

(1) 창호의 투과율 변화에 따른 난방부하

오피스 창호의 투과율 변화에 따른 월별 난방부하 성능분석결과는 다음과 같다. 창호의 투과율이 75%인 기준모델의 경우 연간난방부하는 약 85.65MWh로 나타났으며 오피스 건물의 단위면적당 108.14kWh/m²로 나타났다. 또한 투과율을 60%, 50%, 40%, 30%, 15%, 5%로 할 경우 연간난방부하는 약 86.97MWh(109.81kWh/m²), 96.43MWh(121.76kWh/m²), 113.45MWh(143.25kWh/m²), 119.31MWh(150.64kWh/m²), 131.22MWh(165.68kWh/m²), 140.40MWh(177.29kWh/m²)로 나타났다.

그림 12는 창호의 투과율 변화에 따른 월별 난방부하를 나타내고 있다. 투과율 변화에 따른 월별 난방부하를 분석한 결과 하절기에는 실내로 유

입되는 일사량과 높은 외기온도, 그리고 실내의 인체, 기기, 조명발열등이 난방부하를 경감시키기 때문에 창호의 광학적 투과율에 상관없이 난방부하가 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다.

동절기의 경우 투과율의 변화에 따른 난방부하의 변화는 크게 나타났다. 특히 외기온도가 낮은 1월, 2월 11월, 12월에 난방부하의 변화가 크게 나타났으며, 중간기에서 하절기로 갈수록 변화율은 둔화되는 것으로 나타났다.

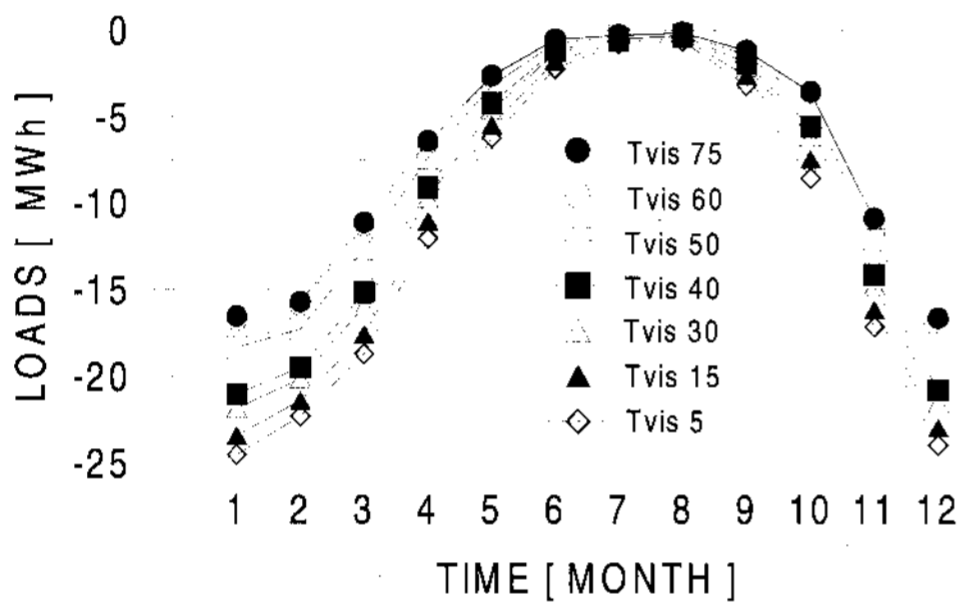


그림 12. 오피스 창호의 투과율별/월별 난방부하

또한 그림 13은 남측창의 투과율 변화에 따라 창문에서 발생하는 최대관류부하 및 최대일사취득량을 나타내고 있다.

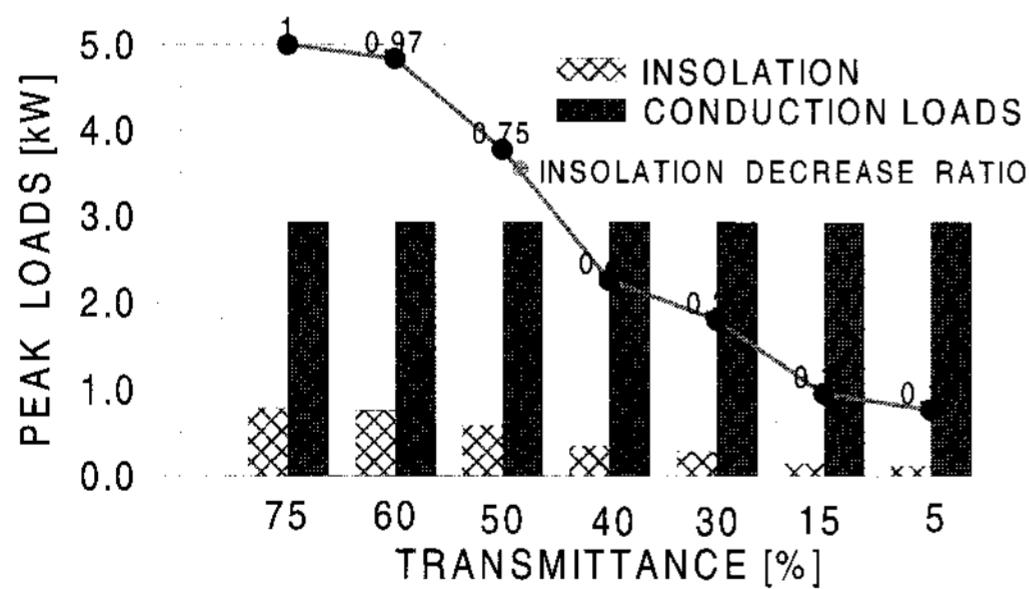


그림 13. 창호에서 발생하는 최대 전도열량 및 유입일사부하

투과율이 75%일 때 실내로 유입되는 일사량을 100%로 할 경우 투과율이 60%로 감소할 때 유입된 일사량은 3.0%감소하지만 투과율이 75%에서 50%로 감소할 경우 25%의 감소하였으며 40%

로 감소할 경우 55%의 일사량 감소하였다. 또한 투과율이 75%에서 30%, 15%로 감소할 경우 64%, 81%의 일사량 감소가 있는 것으로 나타났다. 투과율이 70%에서 50%, 40%, 30%로 변할 때 실내로 유입되는 일사량의 변화가 큰 것으로 나타났다. 따라서 투과율이 50%이하일 때 실내로 유입되는 일사량의 감소율이 급격히 증가하기 때문에 난방부하 절감을 위해서 창호의 투과율은 60%이상으로 하는 것이 난방부하 감소효과가 좋은 것으로 나타났으며 최소 50%이상 유지하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

(2) 창호의 투과율 변화에 따른 냉방부하

창호의 투과율이 75%인 기준모델의 경우 냉방부하에 비해 난방부하가 약 2배정도 높게 나타났으며 이것은 일반 사무소 건물보다 약 10%정도의 냉방부하가 작게 나타난 것이며 건물의 조명밀도나 기기, 인체의 밀도가 선행연구9)10)11)에서 조사된 것보다 작기 때문인 것으로 사료된다.

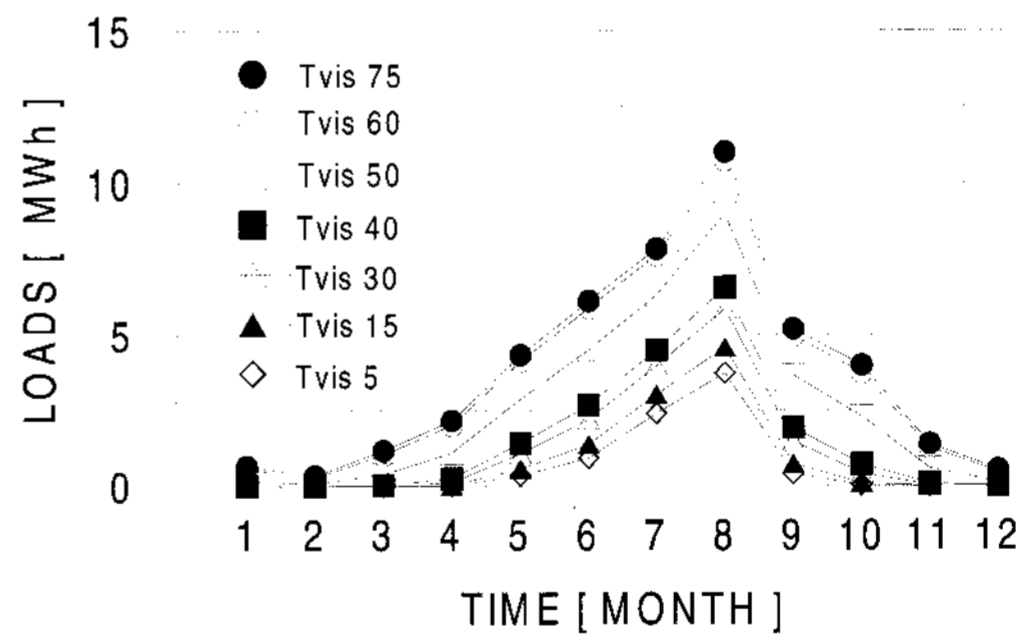


그림 14. 오피스 창호의 투과율별/월별 냉방부하

- 9) 미국 DOE(U.S Department of Energy)에서 발표한 권장치에 의하면 사무소내의 작업형태에 따라 18.30W/m²~25로 나타내고 있다.
- 10) 일본의 공기조화위생공학회에서는 사무소 빌딩의 에너지절약 조명기술 지침안에는 조명설비전력을 20W/m²이하로 규정하고 있다.
- 11) 서항석외 6인, "빌딩에너지관리를 위한 첨단 에너지성능평가 기법 개발 및 적용", 한국에너지기술연구소 보고서, 1997. 11-조명의 경우 12.9W/m² ~14W/m² 이었으며, 사무용 기기의 경우 16W/m² 으로 조사되었다.

창호의 투과율 변화에 따른 월별 냉방부하 분석 결과는 그림 14와 같다. 그림에 나타난 것과 창호의 투과율이 75%인 기준모델의 경우 연간냉방부하는 약 44.67MWh로 나타났으며 오피스 건물의 단위면적당 56.41 kWh/m²로 나타났다. 투과율을 60%, 50%, 40%, 30%, 15%, 5%로 할 경우 연간냉방부하는 약 42.67MWh(53.88kWh/m²), 31.052MWh(39.21kWh/m²), 18.12MWh(22.87kWh/m²), 15.10MWh(19.06kWh/m²), 10.37MWh(13.09kWh/m²), 7.80MWh(9.84 kWh/m²)로 나타났다.

건물의 냉방부하는 인체, 조명, 사무기기등과 같은 내부발열량과 창으로 유입되는 일사량, 외기 온도에 따라 크게 좌우된다. 그림 15에 나타난 것과 같이 7, 8월은 태양의 고도각이 크기 때문에 창으로 들어오는 일사량은 적지만 냉방부하가 급격히 상승하는데 그 원인으로는 높은 외기온도가 1차적인 원인으로 작용하며, 창을 통해 실내로 유입되는 일사량과 고정적으로 발생하는 내부발생열에 의해 냉방부하의 증가가 배가되는 것으로 나타났다.

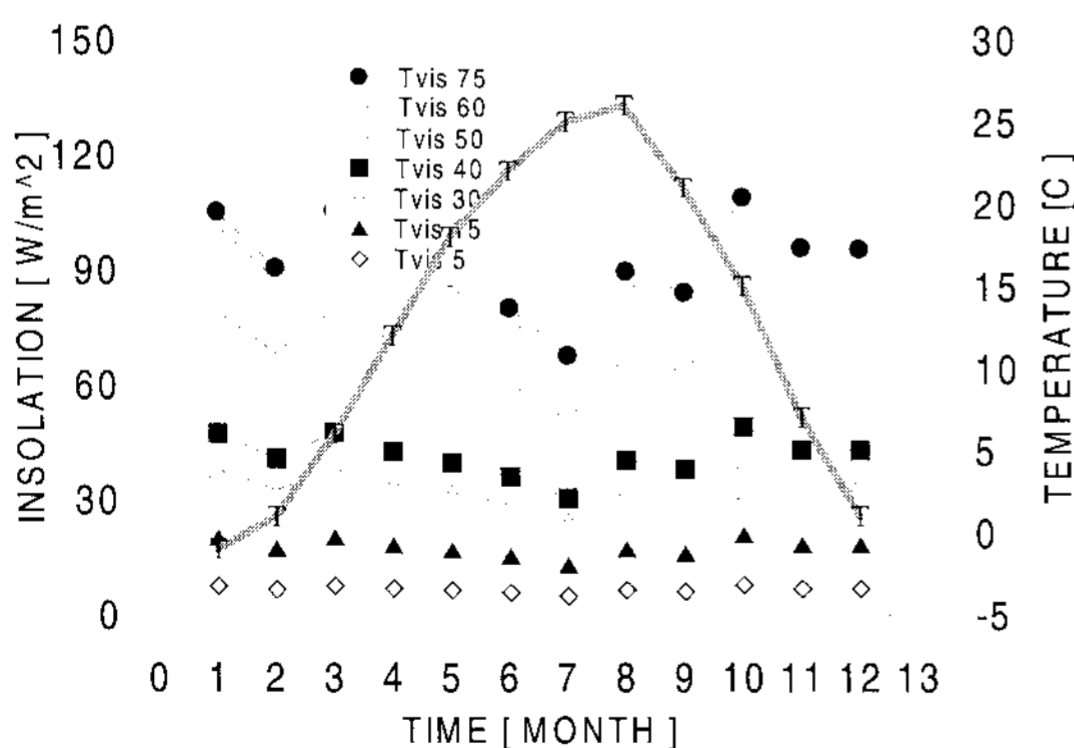


그림 15. 오피스 창호의 투과율 변화에 따라 실내로 유입된 월평균일사량

그림 16은 창호의 투과율 변화에 따른 최대냉방부하 및 실내로 유입되는 일사량의 변화를 나타내고 있다. 그림에 나타난 것과 같이 하절기 창

로 유입되는 일사량은 75%일 때 벽체에 의한 전도열량은 1.19kW로 나타났다. 또한 실내로 유입되는 일사량은 12.9kW로 이것을 100%로 가정하였다. 투과율이 60%로 감소할 경우 일사량 감소는 약 5%감소하였으며 투과율이 50%로 감소할 경우 일사량은 75%에 비해 64%정도 감소하는 것으로 나타났다. 투과율이 40%미만일 때 실내로 유입되는 일사량은 78%이상 감소하는 것으로 나타났으며 5%이하에서는 거의 일사유입이 없는 것으로 나타났다. 또한 부하의 값이 작지만 창으로 들어오는 일사량과 비례하여 구조체의 전도열량도 함께 증가하는 것으로 나타났다. 일사량의 변화는 벽체에 의해 발생하는 전도부하에도 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

따라서 투과율이 낮을수록 냉방부하는 작게 나타났다지만 40%이하에서는 일사차단효과가 매우 비슷하게 나타났다. 그러므로 적절한 투과율을 적용하는 것은 냉방부하를 완전히 제거할 수 없지만 일사의 유입으로 인해 발생하는 일사부하를 효과적으로 차단할 수 있는 것으로 나타났다.

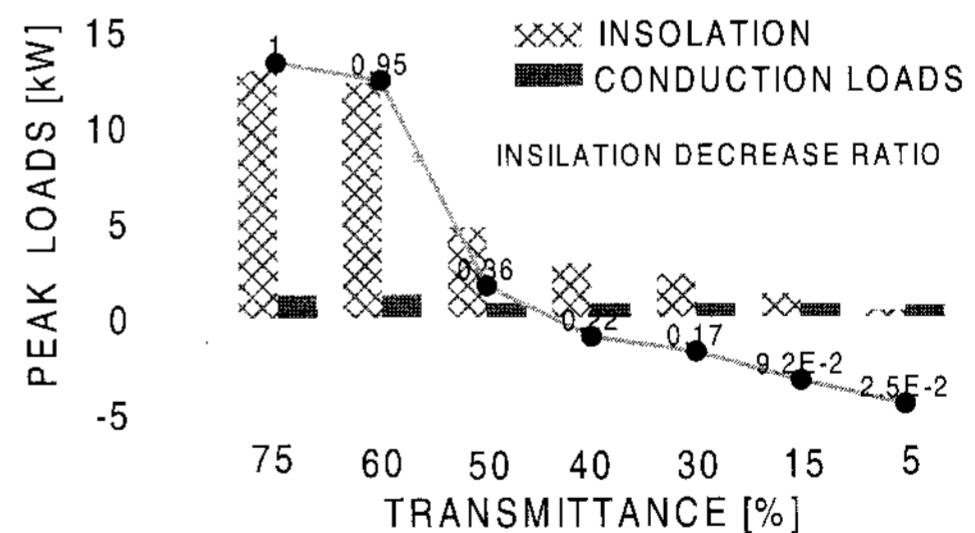


그림 16. 창호에서 발생하는 최대 전도열량 및 유입일사부하

(3) 냉난방부하분석에 의해 선정된 적정 투과율 냉난방부하의 분석결과 우리나라는 동절기와 하절기의 계절적인 차이 때문에 냉난방부하 경향이 명확하게 나타나기 때문에 본 연구에서는 사무소 건물 창호의 적정 투과율 선정시 냉난방 부하를 동시에 고려하여 선정하였다. 표 6은 창호의 투과율 변화에 따른 냉난방부하의 합계를 나타내고 있

다. 분석결과 표 6에 나타난 것과 같이 냉난방부하의 합이 가장 작게 나타난 것은 투과율이 50%일 때이며, 투과율이 60%와 40%는 각각 2%, 3% 정도 차이가 있지만 거의 동일한 결과를 나타내고 있다. 따라서 냉난방부하 분석에 의한 오피스 창호의 적정 투과율의 범위는 40%에서 60%로 나타났다. 냉난방 부하를 분리하여 분석할 경우 냉방부하가 큰 건물에서는 창호투과율을 40%로 하는 것이 바람직하며, 난방부하가 큰 건물의 경우 창호투과율을 60%로 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

또한 투과율이 15%미만일 경우 냉방부하는 기준모델에 비해 34.3MWh정도 감소하였지만 난방부하는 기준모델에 비해 약 45.47MWh이 증가하여 결과적으로 약 11.27MWh의 부하가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 창호의 투과율은 15%이하로 하는 것은 냉난방부하측면에서 바람직하지 않는 것으로 나타났다.

표 6. 투과율에 따른 냉난방부하(단위:Mwh)

투과율(Tvis) [%]	냉방부하	난방부하	합계
75(기준모델)	44.67	85.65	130.32
60	42.67	86.97	129.64
50	31.05	96.43	127.49
40	18.12	113.45	131.57
30	15.10	119.31	134.40
15	10.37	131.22	141.59
5	7.80	140.41	148.21

4. 선행 외국 연구결과와의 비교분석

사무소 건물의 적정 투과율 선정에 관한 외국의 연구결과¹⁾와 비교한 결과 표 7에 나타난 것과 같이 재실자의 85%이상이 수용하는 창의 최소투과율 및 적정투과율이 25%~38%으로 나타났으며, 국내의 감성평가 실험결과와 비교할 때 최소 투과율의 범위는 거의 일치하고 있는 것으로 나타났다.

만, 적정투과율의 범위는 약 20%정도 높게 나타났다.

표 7. 선행 외국연구결과

	85% acceptance Transmittance [%]
Clear Sky Neutral glass	32
Clear Sky Reducing glass	32
Clear Sky Enhancing glass	25
Overcast Sky Neutral glass	38
Overcast Sky Reducing glass	38
Clear Sky Enhancing glass	29

이것은 우리나라를 포함한 동양인의 눈의 구조가 서양의 구조와 다르기 때문에 상대적으로 밝은 빛을 선호하는 경향이 있다라는 연구결과¹²⁾와 일치하는 것으로 나타났다.

또한 본 연구의 감성평가에서 도출된 적정투과율은 오피스 건물의 시뮬레이션 분석에 의한 냉난방부하의 합에 의해 도출된 적정투과율과 거의 일치하는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 투과율의 변화에 따른 감성평가 분석결과 평가항목의 평균득점 분석결과 창의 적정 투과율은 40%에서 60%의 범위를 갖는 것으로 나타났다.
- 2) 건물의 에너지 성능분석결과 냉난방부하의 분석결과 투과율이 50%일 때 냉난방부하의 합이 가장 작게 나타났으며, 40%~60%도 냉난방부하의 합이 거의 비슷한 것으로 나타났다.

12) 이진숙, 김병수, "창면블록글레이어 지표설정을 위한 기존 블록글레이어 평가식과의 비교분석", 대한건축학회계획논문집, 제 19권, 9호, 2003. 9

3) 선행 외국연구결과와의 비교분석결과 외국의 선행연구결과와 비교할 때 최소투과율의 범위는 거의 일치하는 것으로 나타났지만, 적정 투과율은 한국인이 약 20%정도 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김종연, 이연구, 황원택, "유리창이 사무소 건물의 에너지 소비에 미치는 영향에 관한 연구", 대한건축학회학술발표논문집, 제13권 제2호, 1993. 10.
2. 이진숙 외, "건축 실내공간 색채평가를 위한 실험방법의 유효성 검증", 대한건축학회논문집(계획계) 18권 1호, 2002. 1
3. 장재희 외 3인, '사무소 건물의 냉난방에너지 소비실태조사', 대한건축학회학술발표논문집 제14권 제2호., 1994. 10.6.
4. Danny H. W. Li, Joseph C. Lam, Chris C. S. Lau and T. W. Huan., "Lighting and energy performance of solar film coating in air-conditioned cellular offices", Renewable Energy, Volume 29, Issue 6, May 2004, Pages 921-937