

# 박스형 이중외피와 커튼월 창호의 난방기 열적성능 비교

박창영<sup>†</sup>, 최창호, 이진호\*, 윤용상\*

광운대학교 건축공학과, \*한국건설기술연구원 건축·도시연구부

## A Study on thermal performance of box type double skin facade and curtain wall in heating period

Chang-Young Park<sup>†</sup>, Chang-Ho Choi, Keon-Ho Lee\*, Yong-Sang Yoon\*

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to analyze the thermal of DFS(double Facade System) and curtain wall in the heating period. The physical difference between curtain wall and double facade on thermal performance has been tested at the newly constructed laboratory, which can turn 360° to confirm the characteristic of a facade with the various directions. This study divide on 'ventilated, airtight' and 'heated or unheated' conditions from the CASE 1, 2, 3, 4.

The results showed thermal performance of double facade system which has been better than curtain wall. The heating energy of DFS reduced 8%~10% of engery consumption. comparable to SFS in experemted results. In view of the reserching results so far achieved, the research came to a conclusion, that the curtain wall can save the energy in the heating period than a curtain wall.

**Key words:** Double Skin Facade(이중외피 시스템), 커튼월(Curtain wall), 난방에너지(Heating energy),

### 기호설명

- $Q_i$  : 난방기 열손실 [kWh]
- $Q_{T,M}$  : 외벽을 통한 열손실 [kWh]
- $Q_{T,B}$  : 환기에 의한 열손실 [kWh]
- $Q_{T,V}$  : 환기에 의한 열손실 [kWh]
- $Q_{T,I}$  : 침기에 의한 열손실 [kWh]
- $Q_S$  : 난방기 열획득 [kWh]
- $Q_{S,T,M}$  : 창을 통한 열획득 [kWh]
- $Q_{S,O,M}$  : 벽에 의한 열획득 [kWh]
- $Q_{I,M}$  : 내부 열획득 [kWh]
- $Q_{T,M}$  : 축열에 의한 열획득 [kWh]
- $A_i$  : 건축물 부분의 면적 [m<sup>2</sup>]

- $G_i$  : 투명부위의 총 열관류율 [W/m<sup>2</sup>K]
- $F_{S,I}$  : 차양장치에 의한 감소량 [-]
- $F_C$  : 그림자로 인한 감소량 [-]
- $F_W$  : 수직이 아닌 일사로 인한 감소량 [-]
- $F_F$  : 창틀로 인한 감소량 [-]
- $I_{S,I,M}$  : 건물표면부의 월평균일사량 [W/m<sup>2</sup>]

### 1. 서론

에너지를 외국에 절대적으로 의존하는 우리나라는 최근 국제유가 상승으로 인해 에너지 비용이 높아지고 있으며 2001년 기준으로 전체 에너지 사용량 중 건물부문(주거, 상업 및 공공)에서 차지하는 비율은 30%에 이른다. 이러한 문제와 관련하여 그 동안 국내에서는 주로 건물의 에너지 절약을 위해 많은 노력을 기울여왔다. 특히, 건물 외피 중 창호부는 일사획득, 채광, 환기가

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-2-940-5566; fax: +82-2-940-5566

E-mail address: archi07@naver.com

가능한 매우 중요한 공간이지만 다른 외피와 비교하여 단열성능이 매우 취약한 곳으로 창호부에 대한 에너지 절감을 위한 노력이 여러 방면으로 계속 되었다. 그 중, 이중외피를 적용한 창호는 자연환기가 가능한 완충공간을 형성하여 외부의 환경변화에 적극적으로 대응하며 에너지 성능을 높이는 환경친화적이며 능동적인 외피로서 그 특징을 갖는다. 하지만 현재까지 국내에 시공된 이중외피는 대부분 다층형 이중외피로서 건물의 일정 높이를 초과하면 일사에 의한 중공층의 과도한 온도 상승으로 냉방부하 및 실내 불쾌적의 원인이 되기도 하였다.

따라서 본 논문은 초고층 건물에도 적용 가능하며 적절한 열적성능과 환기 기능을 갖는 박스형<sup>1)</sup> 이중외피에 대한 연구로서 2005년 9월 한국건설기술연구원 내 실험구 2기를 설치하여 창호부에 박스형 이중외피(DFS)와 일반 커튼월 시스템(SFS)을 적용하여 난방기간 동안 실험결과를 바탕으로 박스형 이중외피가 갖는 열적 성능에 대한 결과를 분석한다. 실험결과를 근거로 시뮬레이션을 실시하여 실험구에서 발생하는 난방에너지량을 예측하고 비교 분석하고자 한다.

## 2. Moke-up 실험구 특징

### 2.1 실험구 조성

실험구는 이중외피와 커튼월 창호의 차이를 검토하기 위해 창호부를 제외한 물리적 조건들은 동일하게 두 실험구를 제작하였다. 실험구는 360°회전이 가능하도록 제작하여 향(向)에 따른 성능도 실험할 수 있도록 개발하여 한국건설기술연구원(KICT) 실험동 옥상부에 설치하였다.

Fig. 1 a)는 연구를 통해 개발된 이중외피 실험구 사진이며 Fig. 1 b)는 기존 커튼월 타입에 내부블라인드를 적용한 싱글외피 실험구의 전면 모습이다. Fig 1 c)는 난방패널 설치 후 발생하는 부하량을 측정하는 계측기로서 Fig. 1 d)의 컴퓨터와 연결되어 24시간 실내온도와 패널 가동시간 등을 기록하도록 되어있다. 각 실험구마다 8개의 난방패널이 설치되었으며 패널 당 출력은 250W로 하였다. 두 실험구의 안목치수는 4.5m × 4.5m × 2.5m(h)로서 가능한 현장의 공간규모를

반영하였다. 창호부는 각각 5개의 유닛으로 구성되었으며 하나의 유닛은 0.9m×1.8m의 크기를 갖는다.

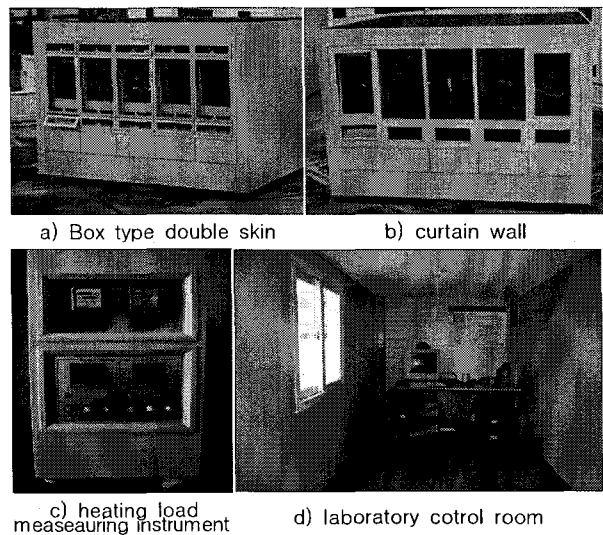


Fig. 1 Construction laboratory

### 2.2 센서 설치

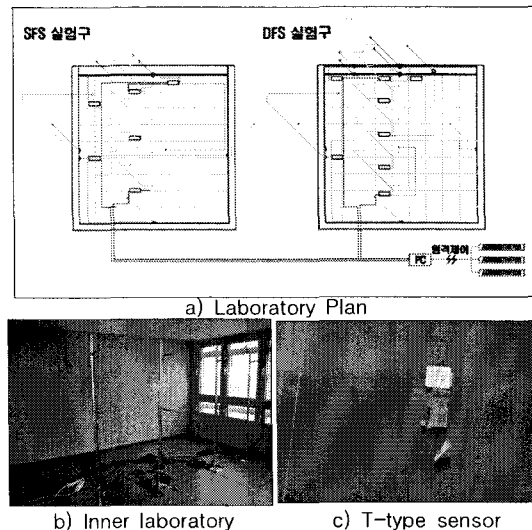


Fig. 2 Laboratory sensor establishment

각 실험동에는 Testo 사(社)의 온도와 기류속도 측정이 가능한 Velocity Probe (측정영역: 0~+10m/s, -20~+70℃)와 Eltec 사(社)의 T-type 열전대 센서를 설치하여 On-line cable을 통해 원격으로 데이터를 받을 수 있도록 설치하였다. Fig. 2 a)는 각 실험구에 설치된 센서의 위치를

1. Oesterle, Lieb, Lutz & Heusler, Double-Skin Facades. Prestel, New York, 2001, p.16~19.

나타낸다. 각 실험구에는 바닥면, 천정면, 후면, 측면, 창호 유리 표면의 실내측과 실외측, 블라인드 표면에 열전도 온도센서를 설치하였다. 그리고 Fig. 2 b)에서 보듯이 실험구 중앙에는 창호부로부터 200mm, 1100mm, 2200mm, 3300mm, 떨어진 위치에 스탠드를 세워 온도와 기류 측정이 가능한 센서를 각 스탠드 마다 200mm, 1100mm, 1700mm 높이로 총 12개 설치하였다. 또한 이중외피 실험구에는 중공층의 온도 및 기류의 변화를 측정하기 위해 상·중·하 높이에 3개의 센서를 추가로 설치하였다.

각 실험구마다 동일한 위치와 조건으로 센서를 설치한 결과, 싱글외피 실험구는 20개, 이중외피 실험구는 25개의 측정지점에서 온도 및 기류를 측정하도록 실험구를 구성하였다.

### 3. 실험 개요

#### 3.1 실험대상 이론 분석

실험구에서 예상되는 열손실과 열획득은 다음의 식으로 정의되며 난방 에너지 요구량을 산정하는데 필요하다.

$$Q_i = Q_{T,M} + Q_{T,B} + Q_{T,V} + Q_{T,I}$$

$$Q_s = Q_{S,T,M} + Q_{S,O,M} + Q_{I,M} + Q_T$$

여기서 창을 통한 열획득은 다음의 식으로 정의할 수 있으며 본 실험에서는 난방기이므로 차양장치는 고려하지 않았다.

$$Q_{S,T,M} = A_i * G_i * F_{S,I} * F_C * F_W * F_f * I_{S,I,M}$$

#### 3.2 실험구 물리적 특징

실험구의 중공층 폭은 200mm로 환기성능을 갖는 최소폭이라 할 수 있으며 벽체위에 이중외피 시스템을 적용한다. 실험구의 불투명 구조체는 100mm EPS 단열재가 들어간 샌드위치 패널로 구성되었다. 창호부의 구성은 커튼월 실험구의 경우, Low-E 유리16mm를 사용하였다. 이중외피는, Low-E 유리 16mm(내창)와 Clear Glass 6mm를 사용하였다.

아래 표 1은 실험구 구조체의 열관류율 및 레이어 구성에 관련된 내용이다.

Table 1 Construction characteristic

구성부	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)	
벽체	0.37	
창호	이중외피	1.35 (외창 비개방)
	싱글외피	1.98
창호 하단	0.38	
지붕	0.36	
바닥	0.36	

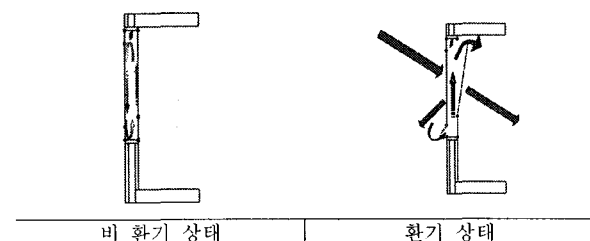
  

#### 3.3 실험 방법

본 연구는 이중외피가 갖는 열적성능을 실험결과를 바탕으로 이중외피 시스템에서 예상되는 난방기간 동안 부하 절감효과를 알아보기 위해 실험결과를 4개의 CASE로 구분하여 각각의 특징을 검토하였다. 표 1은 CASE에 따른 특징을 구분한 표로서 난방여부와 환기여부에 따라 실험결과를 구분하여 분석하였다. 측정위치는 중공층, 실험구 내부 중앙의 1100mm 높이의 온도, 직접 측정한 외기온 등 4개의 온도 변화를 검토하였다.

Table 2 CASE characteristic

구분	난방여부	환기여부	실험 일
CASE1	비난방	환기	11월 15,22,23,25일
			12월 23일
CASE2	비난방	비환기	12월 3,4,17,18,24,25일
CASE3	난방	환기	03월 6,7,8,10일
CASE4	난방	비환기	02월 14,15,16일
			03월 1,2일



난방패널 가동 온도는 18℃로 23℃까지 실온 상승 후 정지한다. 측정은 1분단위로 측정하였으며 본 논문에서는 1시간 단위로 산술평균한 값이다.

#### 4. 실험 결과

##### 4.1 CASE 1 결과

Fig 3은 11월 15, 22, 23, 25, 12월 23일 등 5일간 9시부터 18시까지 환기를 실시한 경우의 온도변화를 나타낸 그래프이다. 일사 획득이 용이한 11~15시 사이에 중공층의 온도상승이 매우 큰 폭으로 상승함을 알 수 있다. 또한 11월 실내 온도변화 특징은 09시~18시 사이에 두 실험구 간 온도차가 최대 7~13℃ 이상 차이가 발생하지만 18시~09시 사이에는 약 1~2℃ 정도 이중외피가 높게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

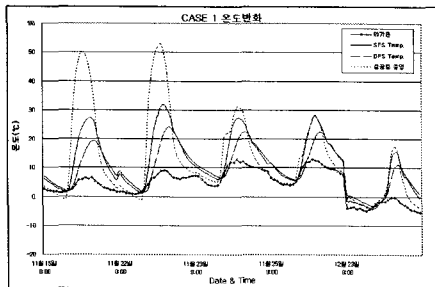


Fig. 3 CASE 1 Temperature

##### 4.2 CASE 2 결과

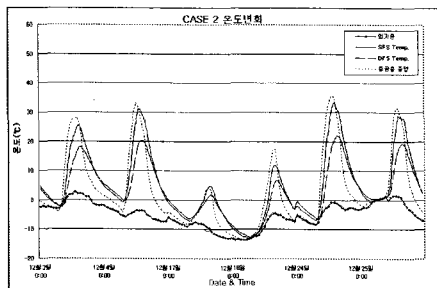


Fig. 4 CASE 2 Temperature

Fig 4는 12월 3, 4, 17, 18, 24, 25일의 총 6일간 비환기 시 실내의 온도변화를 나타낸 그래프다. 두 실험구 간 온도차는 CASE 1과 유사하게 09시~18시 사이에는 4~12℃의 커튼월 실험구의 실온이 높게 나타나지만 18~09시 사이에는 약

1~2℃정도 이중외피가 높게 나타났다. 즉, 이중외피는 일사획득은 불리하지만 야간에 단열성능은 우수하다는 것을 알 수 있다.

여기서, CASE 1과 2의 중공층 온도변화를 살펴보면 환기 상태에서도 중공층의 온도가 매우 높은 상태에서 유지되고 있음을 Fig 3을 통해 확인할 수 있다. 다층형 이중외피에서 중공층의 연돌효과는 충분히 검증 되었지만 박스형 이중외피 시스템에서의 중공층 내 연돌효과가 가능한지에 대해서는 검토해볼 필요가 있다고 판단하여 Table 3에 ASE 1과 CASE 2의 실험 기간 동안 중공층 내 수직 공간 온도 차이를 표로 나타내었다.

Table 3 Temperature In the cavity

CASE 1			CASE 2		
Date	평균	최대	Date	평균	최대
11월15일	6.7	15.7	12월3일	2.34	5.72
11월22일	7.6	20.8	12월4일	2.85	7.05
11월23일	6.9	24.2	12월17일	2.32	7.75
11월25일	6.7	24.2	12월18일	2.53	10.46
12월23일	5.0	15.8	12월24일	2.92	8.99
			12월25일	2.54	11.27

CASE 1에서 중공층 내 수직공간의 온도는 5~8℃ 정도 차이가 발생한다. 그러나 일사획득이 없는 야간시간을 포함한 값으로 실제 주간 시간대의 중공층 온도 차이는 최대값을 통해 알 수 있듯이 매우 크다. 즉, 중공층 폭 200mm에서 환기 시 연돌 효과는 지속적으로 발생한다는 매우 긍정적인 결과를 얻었다. CASE 2에서 중공층 수직부에 대한 온도 차이는 평균 2~3℃사이를 보이지만 이것은 창문을 개방하지 않은 상태로 중공층 내 밀도차로 인한 온도차이로 볼 수 있다. 즉, 중공층의 수평부와 수직부의 거리는 연돌효과와 기류속도를 결정하는 매우 중요한 요소로 유닛타입의 이중외피는 충분한 기류속도와 연돌효과를 가질 수 있다는 것을 알 수 있다.

##### 4.3 CASE 3 결과

Fig. 5는 06년 3월 6, 7, 8, 10일의 총 4일간 09시~18시 사이에 환기를 실시하였으며 난방패널을 가동하였을 때 실내 온도변화를 나타낸 그래프다. 그래프에서 설정온도 범위 내 20~21℃ 사이에서 실내온도가 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 또한 09~18시 사이에는 일사 유

입으로 난방패널은 가동되지 않으며 실내 온도가 30℃ 이상 상승하는 것을 확인할 수 있다. 주로 야간 시간에 난방에너지가 소비되었다. 즉, 주간의 일사획득이 야간의 난방에너지 소비 절감에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있으며 두 실험구 간 발생된 난방에너지를 Table 4에 정리하였다.

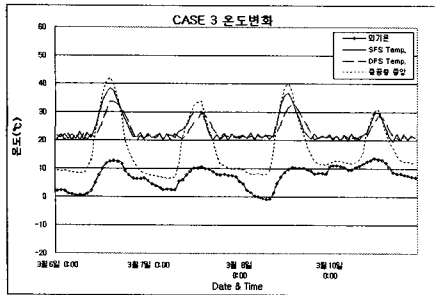


Fig. 5 CASE 3 Temperature

#### 4.4 CASE 4 결과

그림 8은 2월 14~16일, 3월 1~2일의 5일 간 창문 비개방 상태로 난방패널을 가동하여 온도변화를 나타낸 그래프다. 2월 14일과 15일은 매우 흐린 기상상태로 일사획득이 불리해 주간 시간대에도 난방패널이 가동되어 일정 온도가 계속적으로 유지됨을 알 수 있다. 14일과 15일을 제외한 다른 실험일의 경우, 이중외피와 싱글외피의 온도차가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 이중외피는 유리의 구성이 Two Layer로 투과율에서 싱글외피와 차이가 발생하기 때문이다.

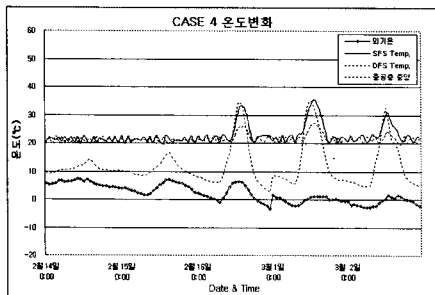


Fig. 6 CASE 4 Temperature

그러나 부하 발생 시간대를 살펴보면 실험구의 투과율의 차이가 부하발생과 직접적으로 관련이 없으며 30℃이상의 온도상승은 재실자에게 불쾌적감을 줄 수 있을 가능성이 있다. Table 4에 발

생된 난방에너지를 정리하였다.

Table 4 CASE 3, 4 Heating energy

CASE 3			CASE 4		
Date	DFS (kWh)	SFS (kWh)	Date	DFS (kWh)	SFS (kWh)
3월 06일	10.07	11.43	2월 14일	20.29	21.72
3월 07일	13.80	17.27	2월 15일	22.70	24.09
3월 08일	15.03	17.17	2월 16일	25.99	29.08
3월 10일	10.60	12.80	3월 01일	19.20	20.40
			3월 02일	22.10	24.77
합계	49.50	58.67	합계	110.28	120.06

Table 4에서 알 수 있듯이 환기 상태에서 이중외피에서는 49kWh 부하량이 발생하였고 커튼월 창호는 8.67kWh의 부하량이 발생하여 이중외피에서 약 10kWh의 절감효과를 보였다. 또한 비 환기 상태에서 이중외피에서는 110.28kWh의 부하가 발생하였고 싱글외피에서는 120.06kWh의 부하량이 발생하였으며 약 8.2%의 난방 에너지 절감효과가 있다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

## 5. 난방부하 시뮬레이션

실험의 특징 상 여러 환기 형태에 따른 실험을 병행하고 난방패널 설치가 1월 말경에 이루어졌다. 따라서 환기에 의한 열손실을 최소화한 난방기간 중 에너지 소비량을 알 수 없기 때문에 시뮬레이션을 통해 난방기간을 검토하였다. 사용한 프로그램은 IES-VE(Esp-r)을 이용하였으며 시뮬레이션 방법은 실험구와 동일한 조건으로 모델링을 하고 Table 5에 정리한 실험구의 물성값을 반영하였다.

### 5.1 시뮬레이션 입력조건

난방부하를 산정하기 위한 기상데이터는 서울의 2000년도 특정년 데이터를 이용하였으며 시뮬레이션 모델의 위치와 주요 입력값은 다음과 같다.

Table 5 Simulation setting

항목	내용
위도	북위 37.57°
경도	동경 126.97°
난방설정온도	20℃
표면 열저항	국내 에너지 절약기준 참고
재료별 방사율	CIBSE 방사율 값 참고

시뮬레이션 기간은 1년을 하였고 실제 난방부하가 예상되는 기간을 11월부터 3월까지 총 5개월로 선정하여 시뮬레이션을 진행하였다. 침기량<sup>2)</sup>은 문헌을 통해 이중외피는 0.18 ac/hr 싱글외피의 경우 0.59 ac/hr로 입력하였다.

## 5.2 시뮬레이션 결과

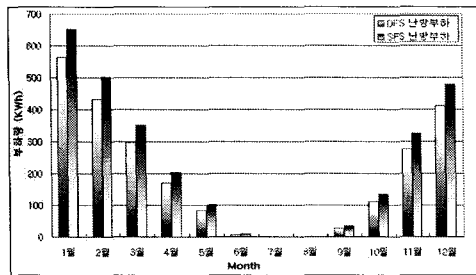


Fig. 7 Monthly heating energy

Fig 7은 시뮬레이션을 진행하여 1년 동안 실험구에서 발생하는 난방에너지 소비량을 검토한 그래프다. 난방부하는 7, 8월을 제외하고 모두 발생하였으나 11~3월을 제외한 난방부하는 무시하였다. Table 6은 11~3월 기간 동안 난방에너지 발생량과 이중외피를 적용할 경우 예상되는 난방에너지 절감율을 나타낸 표이다. 난방기간 동안 8.45%의 에너지 절감효과를 얻을 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

Table 6 Heating energy and reduction rate in heating period

난방 월	DFS 난방부하 (kWh)	SFS 난방부하 (kWh)	에너지절감율 (%)
1월	639	694	7.93
2월	488	532	8.27
3월	337	370	8.92
11월	311	343	9.33
12월	478	522	8.43
Total	2253	2461	8.45

## 6. 결론

본 연구에서 난방기 중 이중외피와 커튼월 창호의 실물모형 실험을 실시하여 창호부의 차이로

예상되는 에너지 절감효과를 가시적으로 도출하고자 하였다.

(1) 자연 실은 실험 CASE 1, 2를 통해 환기 및 비 환기의 경우 주간에는 커튼월 창호가 일사 획득이 유리하지만 실제 난방부하 절감에 미치는 영향은 미미하다.

(2) 본 연구에 적용된 단층형 이중외피의 중공층 수평거리 200mm, 수직높이 1800mm에서 연돌효과를 지속적으로 유지할 수 있다. 특히, 환기시에 중공층 상하부 온도차는 5~8℃의 차이를 유지하고 있었으며 비 환기의 경우에는 2~3℃의 온도차이를 보인다. 하지만 중공층이 상태이므로 압력차에 의한 온도차로 볼 수 있다.

(3) CASE 3과 4의 실험결과를 바탕으로 이중외피가 싱글외피보다 난방부하 절감에 효과적이라는 사실을 실험 결과를 통해 알 수 있으며 환기 및 비 환기 모두 이중외피가 우수함을 알 수 있다. 이중외피의 난방부하 절감효과는 싱글외피와 비교하여 약 8.2% 정도로 분석되었다.

(4) 실험결과를 토대로 년 중 난방기간 동안 소비 에너지량을 검토한 결과, 이중외피의 월별 난방 에너지 절감율은 Table 6과 같으며 싱글외피와 비교하여 약 8.45%로 예측되었다.

## 참고문헌

1. Yang G. Y, 2003, A Study on the Distinguishment of the Planning Element of Double Skin Facade System, 2003 conference of KIEAE Vol 5. pp 43-47
2. Kim S. S, 2004, The Study on the Determining of the Infiltration Coefficient by Window Types, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol.18 No.6, pp 335-343
3. Oesterle, Double Skin Facades, 2002
4. Kim H. S, Development of Multi-Functional Skin for Green Building, Report of Korea Institute of Construction Technology, RP 2005-073

2. 침기지수 0.64, 압력차 10Pa, 풍속 4.1m/s 기준임