

전동 블라인드 내장형 창호시스템 적용에 따른 공동주택 에너지 성능평가 연구

최 경 석[†], 손 장 열^{*}

한양대학교 대학원 건축공학과(한국건설기술연구원), *한양대학교 건축공학부

Energy Performance Evaluation of Apartment Building in Case of Applying a Blind Integrated Window System

Gyeong-Seok Choi[†], Jang-Yeul Sohn^{*}

Building Planning and Environment Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi 411-712, Korea

^{*}Department of Architecture Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

(Received February 23, 2010; revision received April 14, 2010)

ABSTRACT: Although recently revised building code requires 15~20% increased thermal insulation performance for window systems, since the code is focusing on winter heat loss, it is not satisfactory to contribute on reducing rapidly rising cooling load in summer. Window systems have great impact on building heat gain and loss. Therefore technological development for window system specialized in shading solar gain in summer is an urgent matter. This study evaluates the performance of sun shading and thermal insulation for blind integrated window system. Also, computer simulation evaluates the effect of heating and cooling energy consumption reduction for an individual unit(floor area of 85m²) of a multi-family housing. Physibel Voltra, a heat transfer analysis software, was used to analyse the effect of energy consumption reduction, and the energy load was converted to the cost to compare the actual effect of economical benefit.

Key words: Envelope(외피), Cooling and heating load(냉난방부하), Blind integrated window system(차양일체형 창호시스템), Energy performance(에너지성능)

1. 서 론

건물에서 외피에 대한 창면적비는 점차 증가하는 추세로, 하계 주간에는 창호부문을 통한 일사량 유입으로 냉방부하가 크게 발생하며, 동계 야간에는 상대적으로 낮은 열저항을 지닌 창호부문을 통해 열손실 및 냉복사에 의한 온열 쾌적감의 저하가 발생할 수

있다. 이와 같은 냉난방 부하증가는 건물 에너지 소비 증가와 기계설비의 과도한 운전 외에 거주자의 환경 성능에도 직접적인 영향을 미칠 수 있다.^(2,4,5)

2008년 1월 건축물의 에너지절약설계기준⁽¹⁾의 개정으로 창호의 단열성능은 기존 대비 15~20% 정도 강화⁽³⁾되었으나, 이는 난방기 열손실을 중심으로 강화된 것이며 최근 급증하고 있는 냉방기 일사부하 저감에는 충분하지 않다. 따라서 건물의 열손실 및 열획득에 있어 큰 영향을 미치는 창호부문에서 냉방기 일사부하를 근본적으로 차단할 수 있는 고성능 창호시스템의 기술 개발이 시급한 실정이다.

[†] Corresponding author
Tel.: +82-31-910-0309; fax: +82-31-910-0361
E-mail address: bear717@kict.re.kr

이에 본 연구에서는 건물 에너지 절약을 위한 실용화 기술개발의 일환으로 복층유리 내부의 공기층 부위에 외부에서 조절 가능한 블라인드 차양을 내장시킨 차양일체형 창호시스템에 대해 단열성능⁽⁸⁾ 및 일사차단의 mock-up 실험과 시뮬레이션을 통하여 객관적·정량적인 에너지 성능평가를 하고자 하였다.

2. 창호의 에너지성능 평가 방법

2.1 mock-up 실험 방법

창호의 단열성능을 나타내는 열관류율 값은 KS F 2278 창호의 단열성 시험방법⁽⁶⁾을 따르며, 성능 기준값은 실내온도 20℃와 외기온도 0℃, 상대습도 50% 조건에서 열관류율 값을 측정한다.

시험장치는 Fig. 1과 같이 시험체 부착틀인 전열



Fig. 1 Picture of the insulation performance experiment on the specimen.

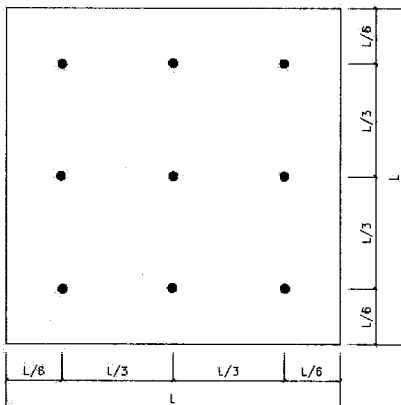


Fig. 2 Locations of the specimen surface temperature measurement points.

개구부(2,000×2,000 mm)에 창호를 설치한 후, 시험체 부착틀과 시험체 사이의 틈새는 우레탄폼으로 충진한 후, 실리콘으로 실링하였다.

또한 시험체의 표면온도 측정용 센서 설치를 위하여 Fig. 2와 같이 시험체를 9등분하여 각 지점의 중앙부 총 9지점에 대하여 T type 열전대를 측정하였다.

한편, 블라인드가 내장된 차양일체형 창호시스템의 일사차단성능을 분석하기 위하여 일사조절 장치를 설치하여 시험체의 중공층 및 표면온도를 측정하였다. 실험실은 외부 기상조건을 구현할 수 있는 저온실 챔버와 실내 환경조건을 조절하는 항온항습 실 챔버로 구성되어 있으며, 일사조건을 재현할 수 있도록 저온실에 일사조절장치를 설치하였다. Fig. 3과 Fig. 4는 각각 시험체의 일사차단성능 실험 장

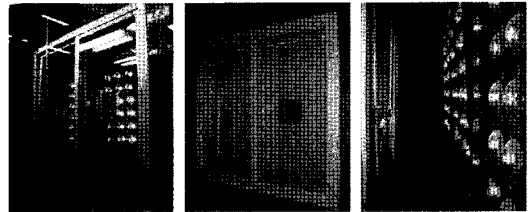
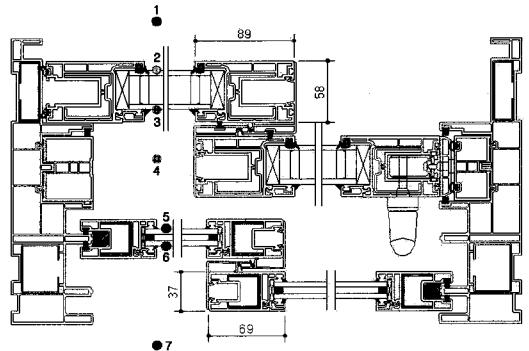


Fig. 3 Pictures of the solar radiation blocking performance experiment on the specimen.



1. Air temperature of the cold chamber
2. Outdoor(outer surface of the glass)
3. Outdoor(inner surface of the glass)
4. Temperature of the cavity
5. Indoor(outer surface of the glass)
6. Indoor(inner surface of the glass)
7. air temperature of the constant temperature room

Fig. 4 Locations of the cavity and surface temperature measurement points of the specimen.

Table 1 Solar radiation conditions

| Classification | General window system | | Integrated window system | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|------------|-----------------------|
| | Daytime during summer | Daytime during winter | Daytime during summer | | Daytime during winter |
| | | | Blind Up | Blind Down | |
| Solar radiation (W/m ²) | 200 | 140 | 200 | 200 | 140 |

※ The solar radiation conditions are applied the vertical(Kim, Ji-Hye, etc. Thermal Performance Assessment of double Skin Facade by Artificial Climate Chamber Test).

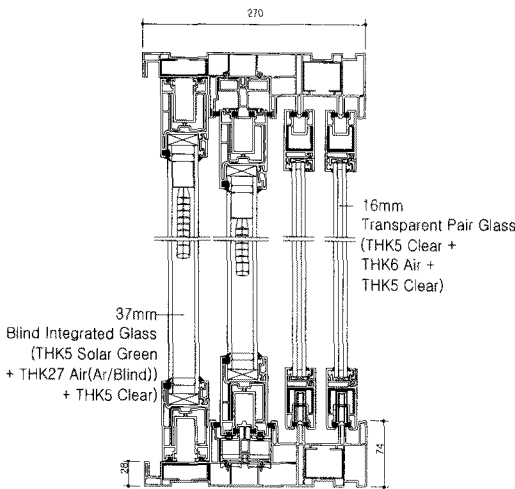


Fig. 5 Cross section and longitudinal section of the specimen.

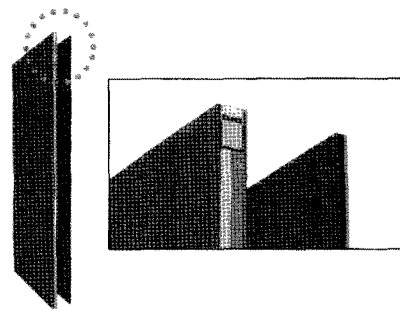
면과 시험체의 중공층 및 표면온도 측정점 위치를 보여주며, 사입 일사량 조건은 Table 1과 같다. 또한 시험체의 횡/중 단면도는 Fig. 5와 같다.

2.2 연간 손실열량 및 에너지비용 평가 방법

2.2.1 연간 손실열량 평가

차양일체형 창호시스템의 단열성능에 따른 냉난방 에너지절감 효과를 분석하기 위하여 3차원 비정상상태 전열해석 프로그램인 Physibel Voltra를 사용하였다. 실질적인 에너지 절감효과를 비교분석하기 위하여 블라인드가 내장된 차양일체형 창호시스템 대비 일반 창호시스템을 적용하였을 때의 전열량을 분석하였다.

평가대상 부위의 모델링 결과는 Fig. 6과 같으며, 대안별 창호시스템의 구성과 전열해석을 위한 물성치는 각각 Table 2, 3^(9,10)과 같다. Table 4⁽¹¹⁾는 실내의 경계조건을 나타내며, 한국태양에너지학회 표준 기상데이터를 활용하였다.



| | |
|----------|--|
| Out side | blind integrated glass : 5T(Solar green) + 27T(Argon/Blind) + 5T(Clear) |
| In side | transparent pair glass : 5T(Clear) + 6T(Air) + 5T(Clear) |

Fig. 6 Results of the integrated window modeling.

2.2.2 연간 에너지비용 평가

연간 손실열량에 따른 에너지비용은 식(1)을 통해 계산할 수 있다.⁽⁷⁾ 여기에서 연간 손실열량은 차양일체형 창호시스템의 연간 비정상상태 전열해석을 통해 산출된 연간 냉난방 부하량(Table 7 참조)이며, 난방 및 냉방설비 효율은 건축물의 에너지절약설계기준의 에너지성능지표를 참고하였다. 열량당 에너지 요금은 한국지역난방공사의 에너지 요금을 적용하였다.

$$C_{heating} = \frac{Q_{loss}}{e} \times UnitC_{energy} \quad (1)$$

여기서, $C_{heating}$: 연간 난(냉)방 에너지비용(원)
 Q_{loss} : 연간 손실열량(MJ)
 e : 난(냉)방설비 효율
 $UnitC_{energy}$: 열량당 에너지 요금(원/MJ)

난방 시에는 도시가스 개별난방 적용을 전제로 도

Table 2 Window system composition by alternative

| Classification | | Composition |
|--------------------------|----------|---|
| Integrated window system | Out side | blind integrated glass : 5T(Solar green) + 27T(Argon/Blind) + 5T(Clear) |
| | In side | transparent pair glass : 5T(Clear) + 6T(Air) + 5T(Clear) |
| General window system | Out side | transparent pair glass : 6T(Clear) + 6T(Air) + 6T(Clear) |
| | In side | transparent pair glass : 5T(Clear) + 6T(Air) + 5T(Clear) |

Table 3 Material properties

| Name | Thermal conductivity (W/mK) | specific gravity (kg/m ³) | specific heat (J/kg °C) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Clear Glass | 0.9 | 2,470 | 792.3 |
| Solar Green Glass | 0.2 | 2,540 | 792.3 |
| Aluminum (spacer) | 227 | 2,700 | 834 |
| Silica gel (spacer) | 0.13 | 720 | 917.4 |
| Sealant (spacer) | 0.032 | 2,330 | 1,167.6 |
| Blind | 230 | 2,700 | 834 |

Table 4 Indoor and outdoor boundary conditions

| Classification | | Value | Cavity | |
|--|---------|-------|---|-----------------------|
| Surface heat transfer coefficient(W/m ² °C) | Indoor | 7.7 | Glass | bc-free ¹⁾ |
| | Outdoor | 25.0 | argon | equimat ²⁾ |
| Indoor temperature condition(°C) | Winter | 20.0 | double pane window | bc-free |
| | Summer | 26.0 | ※ Standard climate data of the Korea Solar Energy Society | |

¹⁾ Calculation of convective and radiant heat in the cavity.

²⁾ Calculation of transfer in the cavity.

시가스에 의한 난방비를 산정하였으며, 냉방 시에는 전기에 의한 개별 냉방을 기본으로 전기소비에 따른 냉방비를 산정하였다.

3. 창호의 에너지성능 평가 결과

3.1 단열성능

차양일체형 창호시스템의 단열성능 시험을 위하여 KS F 2278 : 2008 '창호의 단열성 시험 방법'에 따라 실험을 실시하였다. 항온항습실의 실내온도 20°C, 상대습도 50% 및 저온실의 실내온도 0°C, 기류속도 2.0 m/s로 설정하여 시험한 결과, 차양일체형 창호시스템의 열관류율 값은 1.39 W/(m² · K)로 나왔다. 이는

국내 창호의 열관류율 값이 3.0~3.4 W/(m² · K) 수준인 것에 비하면 매우 월등한 단열성능으로써 창호를 통한 상당량의 열손실을 줄여주고 있음을 뜻한다.

3.2 일사차단성능

동계 시 차양일체형 창호시스템의 표면온도는 Fig. 6에서와 같이 일반 창호시스템보다 주간 0.3~2.3°C(평균 1.6°C), 야간 0.6~2.1°C(평균 1.1°C)정도 높은 것으로 나타나 차양일체형 창호시스템을 사용했을 때 열손실을 줄여줌으로써 실내 난방효율을 높이는 효과를 가져오게 된다.

또한 하계 시 차양일체형 창호시스템의 블라인드를 올린 경우 표면온도는 일반 창호시스템보다 주

Table 5 Surface temperature(°C) during wintertime by alternative

| Classification | General window system(S) | | Integrated window system(H) | |
|----------------|--------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | Day | Night | Day | Night |
| Indoor | 19.1 | 19.1 | 19.1 | 19.1 |
| Inside(in) | 24.3 | 15.1 | 24.6 | 16.3 |
| Inside(out) | 28.1 | 11.1 | 29.3 | 12.8 |
| Outside(in) | 30.4 | 5.9 | 33.1 | 8.0 |
| Outside(out) | 28.3 | 1.9 | 30.6 | 1.3 |
| Outdoor | 6.7 | 1.0 | 6.7 | 1.0 |

Table 6 Surface temperature(°C) during summertime by alternative

| Classification | General window system(S) | | Integrated window system(H) | | |
|----------------|--------------------------|-------|-----------------------------|------------|-------|
| | Day | Night | Day | | night |
| | | | Blind Up | Blind Down | |
| Indoor | 25.3 | 25.2 | 25.4 | 25.3 | 25.2 |
| Inside(in) | 36.0 | 26.0 | 35.3 | 32.0 | 25.5 |
| Inside(out) | 44.9 | 26.8 | 45.8 | 40.4 | 26.0 |
| Outside(in) | 53.0 | 28.0 | 55.5 | 49.5 | 27.2 |
| Outside(out) | 54.1 | 28.8 | 60.1 | 62.8 | 29.1 |
| Outdoor | 36.7 | 29.6 | 36.5 | 36.7 | 29.6 |

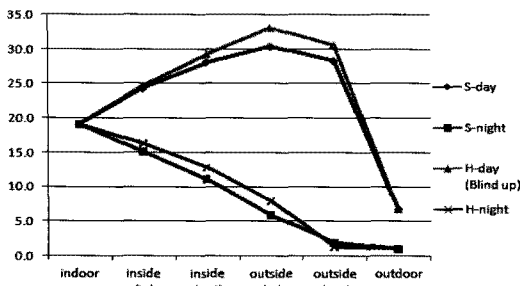


Fig. 7 Comparison of surface temperature by alternative during wintertime.

간 0.7~6.0°C 정도, 야간 0.3~0.8°C 정도 낮으며, 블라인드를 내린 경우 주간에 3.5~4.5°C 정도 표면 온도를 낮추게 되어 냉방기 일사부하 저감에 효과가 있는 것으로 나타났다. Table 5와 Fig. 7은 동계 시 대안별 표면온도를 나타내며, Table 6과 Fig. 8은 하계 시 대안별 표면온도를 나타낸다.

3.3 연간 손실열량 및 에너지비용

시뮬레이션을 이용하여 실외온도가 설정온도를

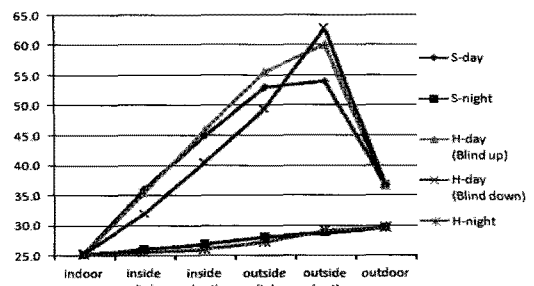
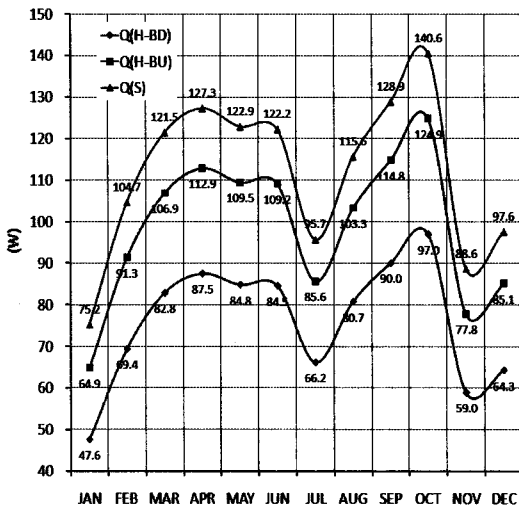


Fig. 8 Comparison of surface temperature during summertime by alternative.

초과하는 경우에 발생하는 열량을 합하여 연간 전열량을 계산하였다. Fig. 9는 대안별 월별 전열량 값을 나타낸 것으로 그래프에서 보는 바와 같이 차양일체형 창호시스템 적용 시 블라인드를 내렸을 경우에는 블라인드를 올린 경우 대비 연간 약 22.9% 정도 전열량이 절감되며, 일반 창호시스템 대비 연간 약 31.8%의 손실열량이 절감되는 것으로 나타났다. Fig. 10은 대안별 냉난방기의 단위면적당 전열량을 보여주며, Fig. 11은 일반 창호시스템 대비 차양일체형 창호시스템의 전열량 감소율을 나타낸다. 또한 Table 7은



1. H-BD : integrated window system Blind Down
2. H-BU : integrated window system Blind Up
3. S : general window system

Fig. 9 Comparison of the monthly total heat by alternative.

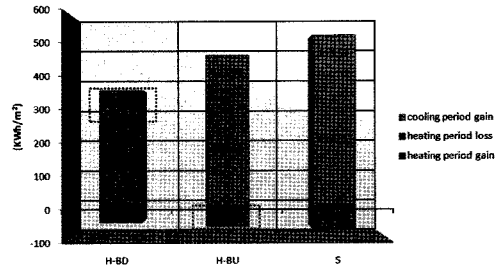


Fig. 10 Comparison of the total heat of unit area by alternative.

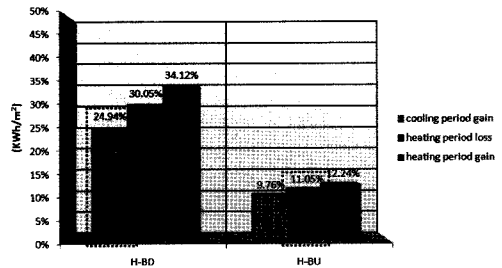


Fig. 11 Total heat savings as compared to the general window system.

Table 7 Annual cooling and heating load by alternative

| Classification(KWh) | Integrated window system(A) | General window system(B) | Savings(B-A) |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| Cooling load | 852.4 | 1,135.7 | 283.3 |
| Heating load | 613.5 | 689.8 | 76.3 |
| Annual total | 1,465.9 | 1,825.5 | 359.6 |

Table 8 Annual energy costs by alternative

| Classification (KRW/10m²) | Integrated window system(A) | General window system(B) | Savings(B-A) |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| Cooling load | 315,422.1 | 420,254.4 | 104,832.3 |
| Heating load | 39,266.5 | 44,150.0 | 4,883.5 |
| Annual total | 354,688.6 | 464,404.4 | 109,715.8 |

대안별 연간 냉방부하량과 난방부하량을 나타낸다.

일반적인 33PY 타입의 공동주택 단위세대의 거실창 규격은 너비 4,200~4,500 mm, 높이 2,200~2,250 mm로 이는 fix창과 좌우 개폐창의 전체 규격을 포함한 값으로써 창호의 면적을 계산하면 9.24~10.125 m²이다. 이를 반영하여 한 세대당 일반적으로 적용되는 차양일체형 창호시스템의 유리 면적은 약 10 m²로 보는 것이 타당한 것으로 판단된다.

따라서 상기의 면적(10 m²)의 차양일체형 창호시스템의 유리와 일반 창호시스템의 투명 복층유리를 적용하여 공동주택 기준층 1개 세대(전용면적 85 m²)를 대상으로 냉난방 에너지절감 효과를 평가한 결과, Table 8에서 보는 바와 같이 세대당 359.6 KWh의 냉난방 부하량이 절감되며, 이를 냉난방 비용으로 환산하면 연간 109,715.8원의 비용이 절감되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 복층유리 내부의 공기층 부위에 외부에서 조절 가능한 블라인드 차양을 내장시킨 차양일체형 창호시스템에 대해 단열성능 및 일사차단의 mock-up 실험과 시뮬레이션을 통하여 에너지 성능평가를 하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 차양일체형 창호시스템의 단열성능 평가 결과 $1.39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 의 우수한 성능의 열관류율 값이 나왔으며, 일사차단 성능시험 결과 차양일체형 창호시스템 적용 시 일반 창호시스템 대비 동계시 $0.3 \sim 2.3^\circ\text{C}$ (평균 1.6°C), 하계 시 표면온도는 일반 창호시스템보다 주간 $0.7 \sim 6.0^\circ\text{C}$ 정도, 야간 $0.3 \sim 0.8^\circ\text{C}$ 정도 낮으며, 블라인드를 내린 경우 주간에 $3.5 \sim 4.5^\circ\text{C}$ 정도 표면온도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 동계에는 난방부하량을, 하계에는 냉방부하량을 절감하여 주는 것으로 판단된다.

(2) 시뮬레이션을 통한 연간 전열량과 에너지비용을 비교 분석한 결과, 차양일체형 창호시스템을 적용하여 블라인드를 내렸을 경우에는 블라인드를 올린 경우 대비 연간 약 22.9% 정도 전열량이 절감되며, 일반 창호시스템 대비 연간 약 31.8%의 손실열량이 절감되는 것으로 나타났다. 또한 이를 냉난방 비용으로 환산하면 차양일체형 창호시스템 적용시 일반 창호시스템 대비 109,715.8원의 비용이 절감되었다.

이상의 성능평가를 통해 차양일체형 창호시스템의 적용은 에너지절약 측면에서 우수함을 확인하였으며, 이를 토대로 건물 에너지 절약을 위한 실용화 기술개발의 일환으로 도출할 계획이다.

참고문헌

1. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008, Building energy saving design standards, 2008-652.
2. Ministry of Commerce, Industry and Energy, Korea Energy Management Corporation, 2000, A Study On Improving the System for Building Energy Saving, MOCIE.
3. Korea Energy Management Corporation, 2008, Energy saving statistics, KEMCO.
4. Korea Energy Management Corporation, 2008, Energy saving manual for low-carbon green growth, KEMCO.
5. Korea Energy Management Corporation, 2006, High oil price response forum for housing and building, KEMCO.
6. Korea Standards Association, 2008, KS F 2278 : Method of testing the thermal insulation of windows 2008, KSA.
7. Song, S. Y., Goo, B. G., and Choi, B. H., 2007, Evaluation of the insulation performance of the sidewall-slab joints in apartments after the application of the outside insulation system, Proceedings of the Spring Academic Conference.
8. Kang, J. S., Choi, G. S., Kim, G. W., and Lee, S. E., 2009, A Study on the evaluation of the performance of high-tight and high-insulation doors and establishment of standards, Proceedings of the SAREK 2009 Summer Annual Conference.
9. ASHRAE, ASHRAE Handbook, 2001, Fundamentals, ASHRAE.
10. ASHARA/IEA Standard 90.1-2001, 2001, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, ASHARE.
11. Physibel Voltra, 2008, RADCON manual.

1. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2008, Building energy saving design