

커튼월 건축물의 이중외피 시스템 적용에 따른 에너지 부하량 검토 A Study on the Energy Load of the Curtain Wall Buildings according to the Application of the Double-skin Facade System

리바이홍* · 이준기* · 김성훈* · 이갑택* · 김동완** · 이경희****†

Bai-Hong Li*, Jun-Gi Lee*, Sung-Hoon Kim*, Gab-Taek Lee*,
Dong-Wan Kim** and Kyung-Hee Lee****†

(Received 04 November 2016, Revision received 28 November 2016, Accepted 29 November 2016)

Abstract: In this study, we researched the energy load according to the change of the inner window area ratio, the distance of the air gap and the azimuth of the curtain wall building, which installed the multistory double-skin facade(DSF). and we compared the results with the no double-skin facade situation as follows. With the DSF, it is better than other case, when the window area ratio is 40% and the air gap is 1.2m on the west, south-45-west, south-45-east and east. And it's best when the window area ratio is 40% and the air gap is 0.4m on the south. And on the east or south-45-east, the window area ratio is 40% and the air gap is 1.2m is better than other case with the DSF. On south, it is best when the window area ratio is 100% without DSF. On the south-45-west or west, it is best when the window area ratio is 40% without the DSF.

Key Words : Curtain Wall, Double Skin, Energy Plus, Energy Load, Office Building

1. 서 론

1972년 스톡홀름에서 열린 유엔 환경회의에서 지구의 환경문제에 대한 논의를 시작하였으며, 1992년 유엔환경개발 회의에서는 온실가스 배출량 및 에너지 소비량 저감이 무엇보다 중요한 과제라는 인식을 널리 공유하게 되었다. 이는 최근

프랑스 파리에서 개최된 기후변화협약 당사국 총회까지 이어지고 있다. 국토교통부는 2025년 제로 에너지 주택 공급 목표를 수립하고, 에너지 절약 및 선제적인 기후변화 대응을 위하여 2015년 3월 부터 신축 공동주택의 에너지 의무 절감률을 30%에서 40%로 상향 조정하는 등 에너지 저감을 위하여 노력하고 있다.

****† 이경희(교신저자) : 부산대학교 건축공학과

E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630

*리바이홍, 이준기, 김성훈, 이갑택 : 부산대학교 건축공학과 대학원

**김동완 : 김해대학교 소방안전관리과

****† Kyung-Hee Lee(corresponding author) : Department of Architecture Engineering, Pusan National University.

E-mail : samlgh@pusan.ac.kr, Tel : 051-510-7630

*Bai-Hong Li, Jun-Gi Lee, Sung-Hoon Kim, Gab-Taek Lee : Department of Architecture Engineering in the Graduate School, Pusan National University.

**Dong-Wan Kim : Department of Fire Safety Management, Gimhae College, Gimhae, Korea.

창을 통한 열 손실량이 17%인 것을 감안하면 외벽의 전면이 창으로 구성된 커튼월 건물은 재실자의 시각적 측면에서 유리하나 에너지 절감 측면에서는 불리할 것으로 판단된다. 커튼월 건물에서 에너지를 저감할 수 있는 방법으로는 건물의 배치계획, 외피 계획, 단열 성능 향상, 일사 차폐 및 이중외피 시스템 등이 고려될 수 있으며, 그 중 이중외피 시스템은 건물의 외측과 내측 사이에 중공층을 설치하여 냉·난방 기간 동안 열적 완충공간의 역할로 에너지 소비량을 저감시키는 것으로 판단된다.

이중외피 시스템에 대한 연구는 이중외피 내 열유동을 수학적인 방법으로 수치 해석한 것¹⁾을 시작으로 블라인드 설치에 따른 열환경을 수학적 모델로 해석²⁾하였으며, 이중외피 시스템을 적용한 초고층 공동주택의 냉방에너지 저감 방안을 ESP-r를 이용하여 시뮬레이션³⁾하여 이중외피 시스템이 냉방 에너지 저감에 효과적임을 입증하였다. 또한, 이미 이중외피 시스템이 설치된 건물의 열환경, 환기 성능에 대한 현장 측정 및 시뮬레이션 분석⁴⁾을 통해 하절기 실내외부의 온도차가 크지 않고, 상부창이 이중외피 환기량 증감에 미치는 영향이 크다는 것을 밝혔으며, TRNSYS 프로그램을 이용하여 에너지 부하 변동을 분석⁵⁾하여 공기의 유입 및 유출이 이중외피 시스템에서 중요하다고 강조하였다. 그 외에도 박스형 이중외피 및 커튼월의 냉방기 열적성능을 비교하기 위하여 측정실험 연구⁶⁾ 및 블라인드 운영스케줄에 따른 에너지 부하에 관한 연구⁷⁾가 진행되었으며, 하절기 시 전면형 이중외피의 상층부에서 발생한 기류 정체현상에 대한 해결방안을 연구⁸⁾하여 이중외피 설계 단계의 중요성을 강조하였다.

선행된 연구는 이중외피 시스템의 환기량, 실내 온도, 일사량 등에 대한 시뮬레이션 및 실험적 연구가 대부분이며, 이중외피 시스템 설치 전·후에 따른 에너지 부하량 비교는 미비하다. 이에 본 연구에서는 전면형 이중외피 시스템이 설치된 건물의 방위, 이중외피 내측의 창면적비 변화, 및 이중외피 중공층 간격에 따른 에너지 부하량을 검토하고자 한다.

2. 시뮬레이션 개요

본 연구에서는 커튼월 건물의 이중외피 시스템 적용에 따른 에너지 부하량 검토를 위하여 Energy Plus를 해석엔진으로 사용하고 있는 Design Builder (V.3.2.6) 프로그램을 이용하였다.

시뮬레이션을 위한 기상데이터는 한국패시브건축협회에서 제공하는 부산지역 10년 평균 기상데이터를 이용하였으며, 실내 설정온도는 난방 20℃, 냉방 26℃로 설정하였으며, 조명의 발열량은 4 W/m²으로 설정하였다. 환기 횟수는 시간당 0.7회, 실내 조도는 400 lx로 설정하였다. 시뮬레이션 스케줄은 주중 (08:00 - 09:00 : 50%, 09:00 - 12:00 : 100%, 12:00 - 13:00 : 50%, 13:00 - 18:00 : 100%, 18:00 - 19:00 : 50%), 주말(0%) 및 공휴일(0%)로 구분하여 시뮬레이션을 진행하였다. 또한 이중외피 시스템 내부의 환기는 하절기는 하고, 동절기는 하지 않는 것으로 설정하였으며, 그 외 기준은 Table 1과 같다.

Table 1 Input Conditions

| Division | Input data | |
|--------------------|----------------------------|-----|
| Location | Southern/ Busan City | |
| Indoor Temperature | Cooling | 26℃ |
| | Heating | 20℃ |
| Occupants | 0.14 people/m ² | |
| Office Equipment | 12 W/m ² | |

3. 해석모델의 설정 및 경계조건

해석모델은 면적 2,000 m²(가로 50 m × 세로 40 m), 층고 3.9 m, 지상 15층, 전층형 이중외피 시스템으로 설정하였다. 중공층 간격은 400 mm, 800 mm, 및 1200 mm로 설정하였으며, Fig. 1과 같다.

시뮬레이션 방위는 서, 남-45°서, 남, 남-45°동, 및 동의 다섯 방위로 설정하였으며, 창면적비 변화 및 이중외피 시스템의 중공층 간격 변화에 따른 CASE 설정은 Table 2와 같다.

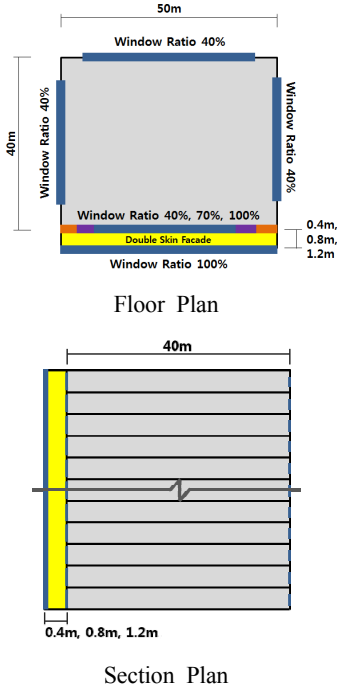


Fig. 1 The Analysis Model

Table 2 Simulation CASE Setting

| Orientation | Space Width [mm] | Window Ratio | | |
|-------------|------------------|--------------|------------|-------------|
| | | 40% | 70% | 100% |
| West | Non. | W-40-0 | W-70-0 | W-100-0 |
| | 400 | W-40-400 | W-70-400 | W-100-400 |
| | 800 | W-40-800 | W-70-800 | W-100-800 |
| | 1200 | W-40-1200 | W-70-1200 | W-100-1200 |
| S-45°-W | Non. | SW-40-0 | SW-70-0 | SW-100-0 |
| | 400 | SW-40-400 | SW-70-400 | SW-100-400 |
| | 800 | SW-40-800 | SW-70-800 | SW-100-800 |
| | 1200 | SW-40-1200 | SW-70-1200 | SW-100-1200 |
| South | Non. | S-40-0 | S-70-0 | S-100-0 |
| | 400 | S-40-400 | S-70-400 | S-100-400 |
| | 800 | S-40-800 | S-70-800 | S-100-800 |
| | 1200 | S-40-1200 | S-70-1200 | S-100-1200 |
| S-45°-E | Non. | SE-40-0 | SE-70-0 | SE-100-0 |
| | 400 | SE-40-400 | SE-70-400 | SE-100-400 |
| | 800 | SE-40-800 | SE-70-800 | SE-100-800 |
| | 1200 | SE-40-1200 | SE-70-1200 | SE-100-1200 |
| East | Non. | E-40-0 | E-70-0 | E-100-0 |
| | 400 | E-40-400 | E-70-400 | E-100-400 |
| | 800 | E-40-800 | E-70-800 | E-100-800 |
| | 1200 | E-40-1200 | E-70-1200 | E-100-1200 |

4. 시뮬레이션 결과

4.1 이중외피 설치 전 에너지 부하량 검토

이중외피 시스템을 설치하기 전 해석모델의 창

면적비 변화 및 방위에 따른 에너지 부하량은 Fig. 2와 같다.

창면적비 40%에서 에너지 부하량은 가장 적은 CASE는 S-40-0(3,400,951 kWh)인 것으로 확인되었으며, 가장 많은 CASE는 SE-40-0(3,557,954 kWh)인 것으로 확인되었다. S-40-0와 SE-40-0의 에너지 부하량 차는 157,003 kWh인 것으로 확인되었다. 창면적비 70%에서는 에너지 부하량은 가장 적은 CASE는 S-70-0(3,431,404 kWh)으로 창면적비 40%와 같은 방위에서 에너지 부하량은 가장 적은 것으로 나타났고, 가장 많은 CASE는 E-70-0(3,758,979 kWh)로 확인되었다. 창면적비가 40%에서 70%로 증가하면 에너지 부하량은 W-70-0(5.29%, 185,935 kWh), SW-70-0(0.89%, 31,576 kWh), S-70-0(0.89%, 30,453 kWh), SE-70-0(2.31%, 82,216 kWh), E-70-0(5.65%, 201,025 kWh) 증가하는 것으로 확인되어 남향에서 에너지 부하량 증가 폭이 가장 작은 것으로 나타났다. 반면, 창면적비 70%가 100%로 증가될 때, 에너지 부하량은 S-100-0(4.16%, 136,947 kWh)가 저감되며, S-100-0을 제외한 시뮬레이션 CASE에서는 최소 2.31%(86,050 kWh, SE-100-0), 최대 6.19%(243,247 kWh, W-100-0) 증가하는 것으로 나타났다.

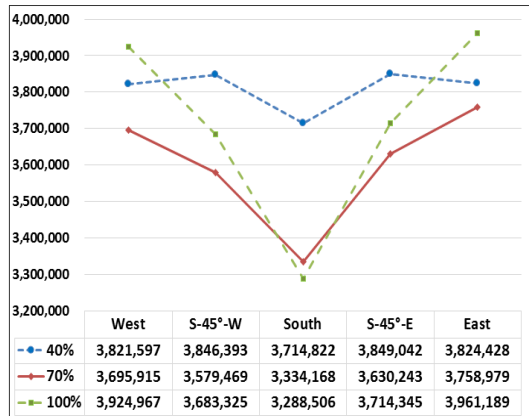


Fig. 2 Standard Model

창면적비가 커질수록 유입되는 일사량 증가로 에너지 부하량은 서, 남-45°-서, 남-45°-동, 동향에서 증가하는 것으로 확인되었다.

4.2 이중외피 설치 후 에너지 부하량 검토

4.2.1 창면적비가 40%일 때 에너지 부하량

창면적비 40%에서 중공층의 간격 변화 및 방위에 따른 에너지 부하량은 Fig. 3과 같다.

중공층 간격이 0.4 m일 때, 에너지 부하량은 가장 적은 CASE는 E-40-40(3,390,691 kWh)인 것으로 나타났고, SE-40-40(3,631,753 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 나타났다. 에너지 부하량 차는 241,062 kWh인 것으로 확인되었다.

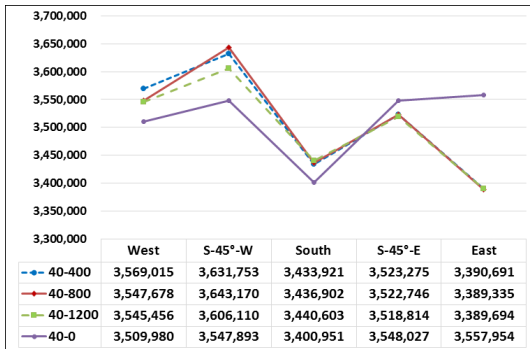


Fig. 3 Double Skin Model - WR40%

중공층 간격이 0.4 m에서 0.8 m로 증가할 때, 에너지 부하량은 W-40-800, SE-40-800, E-40-800에서 각각 0.59%(21,337 kWh), 0.015%(529 kWh), 0.040% (1,356 kWh) 저감되는 것으로 나타났다. 반면, SW-40-800, S-40-800에서는 각각 0.31% (11,417 kWh), 0.08% (2,981 kWh) 증가하는 것으로 확인되었다. 또한 중공층 간격이 0.8 m에서 1.2 m로 증가할 때, 에너지 부하량은 W-40-1200, SW-40-1200, SE-40-1200에서 각각 0.063%(2,220 kWh), 1.01%(36,683 kWh), 0.11%(3,927 kWh) 저감되는 것으로 나타났고, S-40-1200, E-40-1200에서는 각각 0.10%(3,704 kWh), 0.01%(359 kWh) 증가하는 것으로 확인되었다.

이중외피 설치 전과 비교하여 에너지 부하량은 동향 및 남동향에서 각각 최대 4.73%(168,619 kWh, E-40-800), 0.82%(29,213 kWh, SE-40-1200)의 저감을 보였다. 반면, 서향, 남서향 및 남향에서는 각각 최대 1.68%(59,035 kWh, W-40-400), 2.68%(95,277 kWh, SW-40-800), 1.16%(39,652 kWh, S-40-

-1200)의 증가를 보였다. 이는 내측의 창면적비가 40%일 때 동향, 남동향에서는 이중외피 시스템이 유리하지만 남향, 남서향, 서향에서는 불리하다는 것을 의미한다.

4.2.2 창면적비가 70%일 때 에너지 부하량

창면적비 70%에서의 중공층의 간격 변화 및 방위에 따른 에너지 부하량은 Fig. 4와 같다.

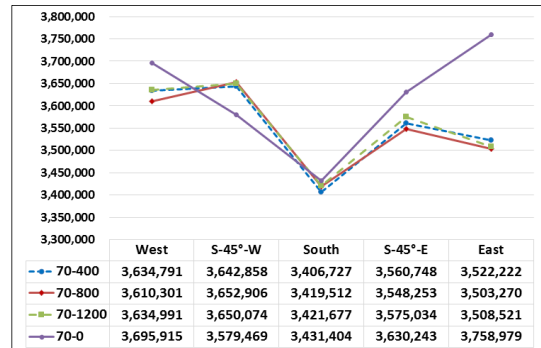


Fig. 4 Double Skin Model - WR70%

중공층 간격이 0.4 m일 때, 에너지 부하량은 가장 적은 CASE는 S-70-400(3,406,727 kWh)인 것으로 나타났고, 에너지 부하량은 가장 많은 CASE는 SW-70-400(3,642,858 kWh)로 나타나 에너지 부하량 차는 236,131 kWh인 것으로 확인된다. 중공층 간격이 0.4 m에서 0.8 m로 증가할 때, W-70-800, SW-70-800, S-70-800에서 에너지 부하량은 각각 0.67%(24,325 kWh), 0.35%(12,451 kWh), 0.53%(18,850 kWh) 저감되는 것으로 나타났고, SW-70-800, S-70-800에서 각각 0.27%(10,076 kWh), 0.37%(12,833 kWh) 에너지 부하량은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 중공층 간격이 0.8 m에서 1.2 m로 증가할 때, 에너지 부하량은 SW-70-1200에서 0.07% (2,829 kWh) 저감되는 것으로 나타났고, W-70-1200, S-70-1200, SE-70-1200, E-70-1200에서 각각 0.68% (24,858 kWh), 0.06%(2,166 kWh), 0.75%(26,988 kWh), 0.15%(5,258 kWh) 증가하는 것으로 나타났다.

이중외피 설치 전과 비교하여 에너지 부하량 저감률은 E-70-800에서 6.80%(255,709 kWh)로 가

장 컸으며, W-70-800(2.31%, 85,614 kWh), SE-70-800 (2.25%, 81,990 kWh), S-70-400(0.71%, 24,677 kWh) 순으로 저감되는 것으로 나타났으나, 남-45°-동의 방위에서는 오히려 에너지 부하량은 최대 2.05% (73,4379 kWh, SW-70-800) 증가하는 것으로 나타나 창면적 70%에서는 남-45°-동향에서 이중외피 시스템이 불리한 것으로 확인되었다.

4.2.3 창면적비가 100%일 때 에너지 부하량

창면적비 100%에서 중공층의 간격 변화 및 방위에 따른 에너지 부하량은 Fig. 5와 같다.

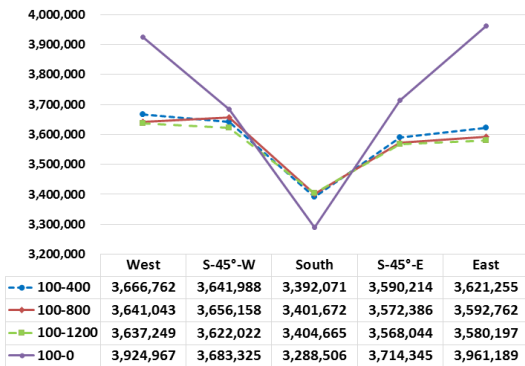


Fig. 5 Double Skin Model - WR100%

중공층 간격이 0.4 m일 때, 에너지 부하량은 가장 적은 CASE는 S-100-400(3,392,071 kWh)인 것으로 나타났고, 에너지 부하량은 가장 많은 CASE는 W-100-400(3,666,762 kWh)로 나타나 에너지 부하량 차는 274,691 kWh로 확인되었다. 중공층 간격이 0.4 m에서 0.8 m로 증가할 때, W-100-800, SE-100-800, E-100-800에서는 각각 0.70% (25,539 kWh), 0.49%(17,739 kWh), 0.78%(28,269 kWh) 저감되는 것으로 나타났고, SW-100-800, S-100-800에서는 각각 0.38%(14,225 kWh), 0.28% (9,628 kWh) 증가하는 것으로 확인되었다. 중공층 간격이 0.8 m에서 1.2 m로 증가할 때, W-100-1200, SW-100-1200, SE-100-1200, SE-100-1200에서는 각각 0.10%(3,790 kWh), 0.93%(33,817 kWh), 0.12%(4,337 kWh), 0.34%(12,521 kWh) 저감되는 것으로 나타났고, S-100-1200에서는 0.08% (2,996

kWh) 증가하는 것으로 확인되었다.

이중외피 설치 전과 비교하여 에너지 부하량 저감률은 E-100-1200에서 9.62%(380,992 kWh)로 가장 컸으며, W-100-1200(7.33%, 287,718 kWh), SE-100-1200(3.94%, 146,301 kWh), SW-100-1200 (1.66%, 61,303 kWh) 순으로 저감되는 것으로 나타났으나, 남향에서는 에너지 부하량은 최소 3.15% (103,565 kWh), 최대 3.53%(116,159 kWh) 증가하는 것으로 나타나 창면적 100%에서는 남향을 제외한 모든 실험방위에서 이중외피 시스템이 유리한 것으로 확인되었다.

4.2.4 방위에 따른 에너지 부하량

건물의 방위가 서향일 때, W-40-0(3,509,980 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 적고, W-100-0 (3,924,967 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 확인되었다. 서향은 창면적비가 70% 이상이 되면 이중외피 시스템에 의해 에너지 부하가 저감되는 것으로 확인되었다. 방위가 남-45°-서향일 때, SW-40-0(3,547,893 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 적고, SW-100-0 (3,683,325 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 나타났다. 남-45°-서향은 창면적비가 100%일 때 이중외피 시스템에 의해 에너지 부하량은 저감되는 것으로 확인되었다. 방위가 남향일 때, S-100-0(3,288,506 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 적고, S-40-1200 (3,440,603 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 나타났다. 창면적비가 40%, 100%일 때는 이중외피 시스템이 불리하고, 창면적비가 70%일 때는 이중외피 시스템이 유리한 것으로 확인되었다. 방위가 남-45°-서향일 때, SE-40-1200(3,518,814 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 적고, SE-40-0 (3,849,042 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 확인되었다. 남-45°-서향은 창면적비가 40%, 70%, 100% 모두 이중외피 시스템 적용이 에너지 부하량 저감에 유리한 것으로 확인되었다. 동향에서는 E-40-1200(3,389,694 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 적고, E-100-0(3,961,189 kWh)에서 에너지 부하량은 가장 많은 것으로 나타났다. 동향 또한 남-45°-서향과 같이 창면적비 40%, 70%,

100% 모두 이중외피 시스템을 적용하였을 때 에너지 부하량은 저감되는 것으로 확인되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 전면에 이중외피 시스템을 설치하여 내측의 창면적비 변화, 중공층 간격 및 방위에 따른 에너지 부하량을 비교·검토하였으며, 그 결과 다음과 같다.

1) 이중외피 시스템 설치 전 에너지 부하량은 남향을 제외한 모든 시뮬레이션 방위에서 창면적비 40%일 때 가장 적은 것으로 확인되었으며, 남향은 창면적비 100%일 때 가장 적은 것으로 확인되었다.

2) 이중외피 시스템 설치 후 서향, 남-45°-서향, 남-45°-동향, 동향의 에너지 부하량은 창면적비 40%, 중공층 간격 1200 mm에서, 남향의 에너지 부하량은 창 창면적비 100%, 중공층 간격 400 mm에서 다른 CASE보다 적은 것으로 확인되었다.

3) 동향, 남-45°-동향에서는 창면적비 40%, 중공층 간격 1200 mm의 이중외피 시스템을 설치하는 것이 유리하나, 남향, 남-45°-서향, 서향은 이중외피 시스템을 설치하지 않은 창면적비 100%, 40%, 40%에서 유리한 것으로 확인되었다.

References

1. H. S. Kim, D. S. Jang and N. H. Kyung, 1997, "A Numerical Study on the Heat Transfer and Fluid of Double Skin for Building Energy Saving", Journal of The Korean Society of Living Environmental System, Vol. 4, No. 3, pp. 13-20.
2. S. S. Kim and H. Lee, 1999, "A Study on the Thermal Performance in the Double-Skin Construction with the Venetian Blind", Journal of the Architectural of Korea, Vol. 15, No. 11, pp. 209-216.
3. S. B. Leigh, M. W. Kang and D. H. Kim, 2001, "A Study on Energy Saving Potential for Cooling in High-rise Residential Complex using Cross Ventilated Twin Skin Facade", Journal of the Architectural of Korea, Vol. 17, No. 10, pp. 265-271.
4. W. E. Jung, S. Cho and J. H. Huh, 2002, "Analysis of the Thermal Environment and Natural Ventilation for the Energy Performance Evaluation of the Double Skin System during the Summer", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 22, No. 4, pp. 68-76.
5. S. Y. Kim and S. M. Kim, 2009, "Analysis on Variation of Energy Load for Applications of Double Skin Envelope Systems in Buildings", Journal of the Korean Society of Living Environmental System, Vol. 16, No. 3, pp. 280-289.
6. C. Y. Park, K. H. Lee, Y. S. Yoon and C. H. Choi, 2007, "A Comparative Experimental Study on Thermal Performance of Box-typed Double Skin and Curtain Wall in Cooling Period", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 27, No. 2, pp. 111-119.
7. J. C. Ma, J. G. Lee, S. H. Kim, G. T. Lee and K. H. Lee, 2016, "Blind Optimal Operating Schedule for Reviewing the Energy Load Reduction of Apartment House", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 63-68.
8. S. Cho, H. J. Im, U. J. Sung and J. H. Park, 2012, "An Analysis to Improve the Thermal Environments Research of a Multistory Facade in the Summer through Simulation", Journal of the Architectural of Korea, Vol. 28, No. 5, pp. 231-239.