

건물에너지효율등급 평가도구와 상세해석프로그램의 비교 분석

이 재 혁[†], 유 기 형, 조 동 우

한국건설기술연구원 건축계획환경연구실

An Analysis of Comparison between the Evaluation Tool for Building Energy Efficiency Rating System and Detailed Analysis Programs

Jaehyuk Lee[†], Ki-Hyung Yu, Dong-Woo Cho

ABSTRACT: Since 2001, the Building Energy Efficiency Rating and Certification System have been implemented in Korea. For rating the energy efficiency performance, the evaluation tool for Building Energy Efficiency Rating System has been used. In this study, the evaluation tool was compared with detailed analysis programs(Trnsys 16, ESP-r) through simulations of heating energy needs for apartment, and we checked the character of the evaluation tool.

Key words: Evaluation Tool for Building Energy Efficiency Rating System(건물에너지효율등급평가도구), Trnsys 16(트랜시스 16), ESP-r(이에스피-알)

1. 서 론

1.1 연구의 배경

오늘날 우리 사회의 화두는 환경과 에너지이다. 녹색성장, 그린홈, 지속 가능한 발전 등 최근 만들어진 다양한 신조어들이 환경과 에너지에 대한 관심을 반영하고 있다. 그러나 편리한 생활에 대한 요구 증가로 인하여 전자제품, 자동차 등의 사용이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 향후 화석 에너지 사용량의 증가와 함께 이산화탄소 배출량도 증가할 것으로 전망되고 있다.

기후변화협약에 대한 종합대책 보고서(1999)에 따르면, 우리나라는 1995년도를 기준으로 가정 및 상업 부문의 에너지 총 소비량은 국가 전체 에너지의 26%를 차지하는 것으로 집계되었다. 2020년 건축물 에너지 소비량이 최종 에너지 수요에서 차지하는 비율에 대한 전망은 26.3%로 1995년과 동일한 수준을 유지할 것으로 보인다. 가정부문에서의 에너지 소비량의 비중은 인구증가율의 둔화와 주택 및 가전기기 보급률의 포화 수준으로 인하여 1995년 18%에서 2020년에는 16.3%로 줄어들 것으로 예상되지만, 에너지 소비량은 1995년 대비 1.7배 이상 증가할 것으로 보인다.⁽¹⁾

이러한 에너지 소비 증가 추세에 대하여 기존의 종합적, 체계적이지 못한 에너지절약기준 제도는 한계가 있었다. 그리고 이전의 법적 의무화나 규제에 의한 강제적인 방법이 아닌 건축주나 시설관리자에게 경제적 이익과 건축물의 내구성

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0285; fax: +82-31-910-0361

E-mail address: jhlee@kict.re.kr

및 가치의 상승효과를 인식시켜 에너지 절약의 의지를 고취시킴으로서 자발적으로 에너지 절약에 참여케 할 수 있는 제도의 필요성이 생겼다.

에너지절약 신축건물은 용도별로 설계 시부터 준공에 이르기까지 에너지효율등급 인증기준과 제도에 의하여 에너지소비를 절감하는 것이 필요하며, 기존건물에 대해서는 건물에 대한 총체적이고 객관성 있는 에너지효율등급을 설정함으로써 에너지 소비를 절감할 수 있는 제도의 필요성도 대두되었다.⁽²⁾ 이와 같은 도입 필요성과 함께 건물에너지효율등급은 2001년부터 도입되어 시행되고 있으며, 인증기관에 의하여 만들어진 간이 평가도구를 이용하여 표준주택 대비 에너지 절감율에 따른 등급을 부여하는 방법으로 진행되고 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구의 목적은 건물 에너지 효율등급 인증제도의 공동주택 부문 에너지 효율등급 평가 방법에 이용되고 있는 간이 평가도구를 기존의 상세해석프로그램(Trnsys 16, ESP-r)과 공동주택 단위세대의 연간 난방 에너지요구량 시뮬레이션을 통해 비교하여 평가도구의 특성을 파악하고자 하는데 있다.

2. 시뮬레이션 도구

건물의 에너지해석에는 정적해석법과 동적해석법으로 구분할 수 있다. 정적해석법은 주로 장비용량산정을 위한 최대부하계산에 많이 적용되며 실내외 조건을 정상상태로 가정하여 건물에서 열이동을 계산하는 방법으로 냉난방도일법, 확장도일법, 표준 빈법, 수정 빈법 등이 있다. 동적해석법은 벽체를 통해서 유출입되는 열량을 1차원 열전도방정식에 수시로 변화하는 실내외 경계조건을 반영함으로써 계산하게 된다. 이 방정식의 해법에는 라플라스 변환을 통한 해석적인 방법과 차분 등의 수치적인 방법이 있다.

2.1 건물에너지효율등급 평가도구

건물에너지효율등급 평가도구는 가변난방도일법에 기초하여 건물의 난방 에너지소요량을 산출

한다. 기존의 난방도일법은 계산이 편리한 장점이 있으나 난방도일값이 일사, 복사, 내부발열 등을 무시하고 있기 때문에 난방부하의 계산이 부정확하다. 가변난방도일법은 난방도일법과 개념이 유사하지만 실내발생열을 반영하여 건물에 난방이 요구되지 않는 온도인 평형점온도(balance point temperature)의 개념을 도입한 것이다.

ISO 9164에서도 주거용건물의 난방요구량 계산방법으로서 가변난방도일법을 채택하고 있으며, 많은 선진국에서 이 방법에 기초하여 각국의 성격에 맞는 개선된 방법으로 에너지 평가기법들을 운용하고 있다.⁽¹⁾

2.2 Trnsys 16

1975년 태양열 시스템의 동적인 시뮬레이션 및 설계를 위하여 미국의 Wisconsin 대학에서 개발되었다. ASHRAE의 전달함수법을 기본 알고리즘으로 적용하고 있으며, 현재 독일과 프랑스 등 세계 각국에서 개발되고 있다.

2.3 ESP-r

EU에서 공인한 건물 시뮬레이션 프로그램이다. 유한체적법을 기본 알고리즘으로 적용하고 있으며, EU의 자연형 건축 프로젝트인 Passive Solar Components and System Testing의 국가간 실증실험을 통한 검증 모델로 이용되었으며, 지속적인 업그레이드가 진행되고 있다.⁽³⁾

3. 시뮬레이션 조건

3.1 단위세대

시뮬레이션을 위한 단위세대는 현재 시공되고 있는 일반적인 수준의 공동주택 단위세대 중에서 선정하였다. 규모는 국민주택 규모인 전용면적 85m² 이하인 세대로 전용면적 84.89m², 천장고 2.4m인 단위세대이다.

Fig.1은 시뮬레이션 대상 단위세대의 평면으로서 전후면 발코니와 계단실을 제외한 나머지 공간을 난방공간으로 설정하였으며, Fig. 2에서와 같이 3개의 방과 거실, 주방은 하나의 난방 존(zone)으로 설정하였다. 계단실의 면적은 건물에

너지효율등급 평가에서 세대수로 나누어 계산하는 조건에 따라 본 연구에서도 공간을 반으로 나누어 시뮬레이션을 진행하였다. 중간층 세대 가정하여 천장과 바닥은 단열조건으로 하였으며 그 외 옆 세대와 면하는 벽체도 단열조건으로 가정하였다.

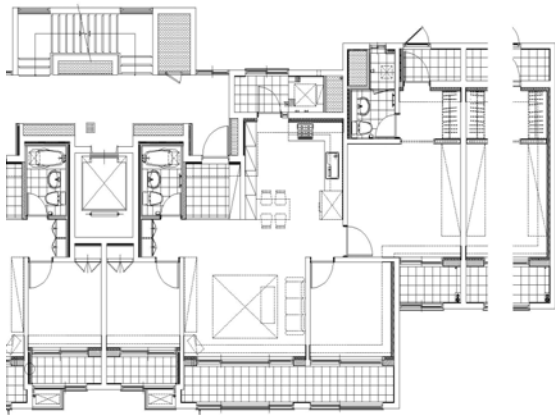


Fig. 1 Plan of apartment for simulation

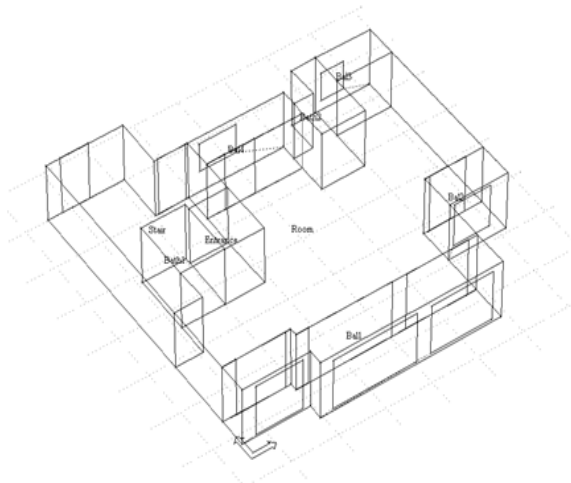


Fig. 2 Simulation Zoning

3.1 벽체 구성과 경계 조건

단위세대의 벽체 구성은 실제 단위세대의 벽체 구성 도면을 참고하였다. 벽체 구성 재료의 물성값⁽⁴⁾과 벽체 종류별 열관류율은 Table 1, Table 2와 같다.

Table 3은 본 시뮬레이션에서 이용된 창문들의

U-value와 g-value를 나타낸 표로써 미국 LBNL의 Window 5.2를 이용하여 계산되었다. 창호의 종류는 현재 공동주택에서 주로 많이 이용되는 창호 3가지로 선정하였으며, 5mm 단창은 계단실에 이용되는 창호이다.

Table 1 Thermal Properties of Wall Material

| Material | Cond. [W/mK] | Den. [kg/m ³] | S.H. [J/kg K] |
|--------------|--------------|---------------------------|---------------|
| Gypsum board | 0.18 | 750 | 870 |
| Con'c | 1.6 | 2200 | 1000 |
| EPS No.1 | 0.036 | 30 | 1470 |
| EPS No.2 | 0.037 | 25 | 1470 |
| XPS super | 0.027 | 30 | 1470 |
| Mortar | 1.4 | 2000 | 900 |
| Gas con.c | 0.19 | 500 | 1000 |
| Brick | 0.6 | 1700 | 836 |

Table 2 Properties of Walls

| Wall | U-value [W/m ² K] |
|---------------|------------------------------|
| External Wall | 0.334 |
| Side Wall | 0.306 |
| Balcony Wall | 3.766 |
| Slab | 1.699 |

Table 3 Properties of Window

| Window | U-value [W/m ² K] | g-value [kg/m ³] | Thickness [mm] |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| Double glass (6mm Air) | 2.89 | 0.605 | 5/6/5 |
| Double glass (12mm Air) | 2.57 | 0.607 | 5/12/5 |
| Low-E glass (12mm Air) | 1.89 | 0.501 | 5/12/5 |
| Single galss (Al. frame) | 6.50 | 0.793 | 5 |

시뮬레이션을 위하여 이용된 기상데이터는 기상청의 2006년 서울지역 데이터를 이용하였으며, 나머지 시뮬레이션을 위하여 필요한 조건⁽⁵⁾들은 Table 4에 나타난 바와 같다.

Table 4 Simulation Condition

| | | Condition | |
|--|--|-----------|------|
| Heating Set Point | 20℃ | | |
| Weather data | Seoul 2006 (Korea Meteorological Administration) | | |
| Heat gain [W/m ²] | Electric. | 3.76 | |
| | Human | 1.825 | |
| Heat transfer Co. [W/m ² K] | | in | out |
| | Wall | 9.09 | 23.3 |
| | Roof/Slab | 11.6 | 11.6 |

4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 4가지 변수에 대하여 진행하였다. 단위세대의 정면이 향하는 방위와 창문의 열관류율, 세대내 환기횟수, 그리고 벽체의 단열재 두께 변화에 대하여 난방에너지요구량 시뮬레이션을 진행하고 프로그램간 결과를 비교하였다.

4.1 방위

공동주택 단위세대의 정면이 향하는 방위를 서향, 남서향, 남향, 남동향, 동향으로 5가지 경우를 선정하였다. Fig. 3은 시뮬레이션 결과이다.

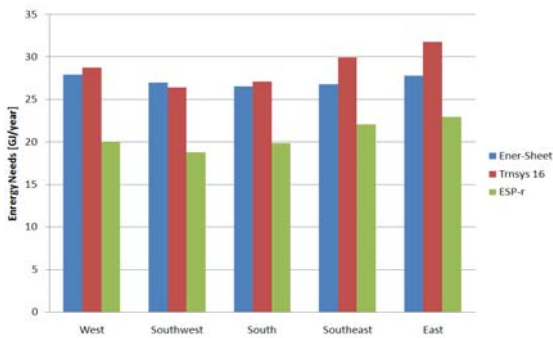


Fig. 3 Energy Needs to azimuth

Trnsys 16의 경우 건물에너지효율등급 평가도구 대비 98.0~114.4% 수준의 결과를 나타내었다. ESP-r은 평가도구 대비 69.7~82.5%, Trnsys 16 대비 69.7~73.7% 수준의 난방에너지요구량을 나타내었다. 기존 연구문헌⁽⁶⁾에서 ESP-r의 난방에너지요구량 계산결과가 Trnsys의 7~80% 수

준인 것을 고려하면 합리적인 결과라고 할 수 있을 것이다. 서향, 남서향, 남향의 경우에는 2~3% 정도의 결과차이를 보였지만, 남동향과 동향에서는 Trnsys 16의 결과가 건물에너지효율등급 평가도구 대비 약 10% 정도 크게 나타났다. 이러한 현상은 평가도구에서의 방위별 수직 외표면 일사량에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 수직 외표면 일사량은 동측에 비해 서측에서 더 큰 값을 나타낸다. 그러나 평가도구에서는 남서, 서측에 비해 동, 동측에 더 큰 일사량이 입력되어 있다. ESP-r에서도 평가도구 대비 약 70% 수준의 결과를 나타내었지만, 남동과 동측에서는 80% 이상으로 평가도구와의 난방 에너지요구량의 차이가 감소하였다.

4.2 창의 열관류율

현재 공동주택 창호의 유리로서 가장 많이 사용되고 있는 16mm 복층유리, 22mm 복층유리 그리고 22mm Low-E 유리에 대하여 시뮬레이션을 진행하였다. 16mm 복층유리와 22mm 복층유리의 경우 실내창과 발코니창 모두에 대하여 동일하게 적용되었으며, 22mm Low-E의 경우 22mm 복층유리와 조합하여 적용하였다. 실내창이 22mm 복층유리인 경우 발코니창은 모두 22mm Low-E로 적용하였으며, 이와 반대인 경우도 설정하였다.

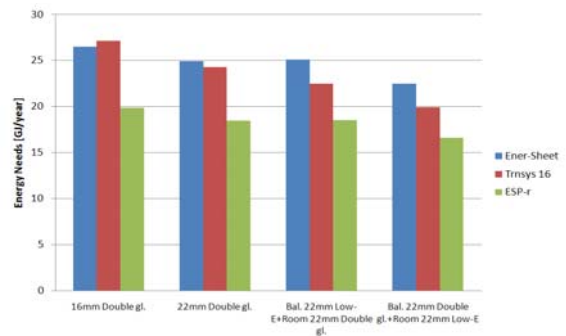


Fig. 4 Energy Needs to U-value of windows

Fig. 4는 시뮬레이션을 통하여 얻어진 난방 에너지요구량을 보여주는 그래프이다. Trnsys 16은 평가도구의 결과 대비 88.5~102.3%, ESP-r 73.7~74.8% 수준의 결과를 나타내었다.

4.3 환기횟수

공동주택의 건물에너지효율등급에서 난방공간의 환기횟수로 정하고 있는 0.7ACH를 기준으로 0.5ACH, 0.3ACH의 세 경우에 대하여 난방 에너지요구량을 확인하였다.

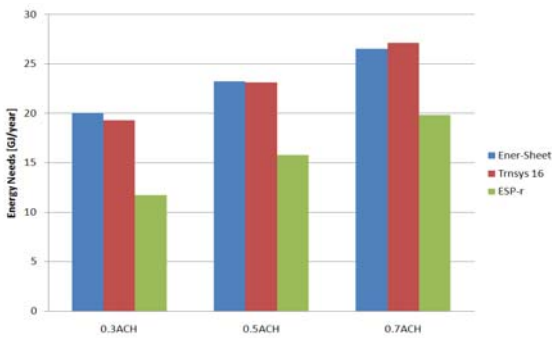


Fig. 5 Energy Needs to ACH

난방공간의 환기횟수 변화에 따른 난방 에너지요구량은 건물에너지효율등급 평가도구 대비 Trnsys 16의 경우 96.1~102.3%, ESP-r의 경우 58.5~74.8%의 결과를 나타내었다. Fig. 5는 환기횟수에 따른 난방 에너지요구량 변화를 보여주는 그래프이다. 환기횟수가 감소함에 따라 에너지요구량의 감소폭은 평가도구 24%, Trnsys 16 29%, ESP-r 41%로 평가도구와 Trnsys 16은 비슷한 수준의 감소폭을 나타내었으며, ESP-r의 경우에는 환기횟수에 따른 감소폭이 다른 두 프로그램에 비하여 상대적으로 크게 나타났다.

4.4 단열재 두께

시뮬레이션 대상 단위세대에 적용된 단열재의 두께를 기준으로 단열재 두께를 반으로 감소시켰을 경우와 1.5배 증가시켰을 때의 경우에 대하여 시뮬레이션을 진행하고 결과를 비교하였다. Fig. 6의 단열재 두께 변화에 따른 난방 에너지요구량 변화 그래프에서 알 수 있듯이 단열재 두께가 감소함에 따라 난방 에너지요구량은 세 경우 모두에서 증가하는 것으로 나타났다. 벽체 단열재 두께 변화에 따른 프로그램간의 난방 에너지요구량 수준은 건물에너지효율등급 평가도구 대비 Trnsys 16은 90.2~108.6%, ESP-r은 69.0~

77.7%인 것으로 확인되었다. 평가도구 대비 두 프로그램의 난방 에너지요구량 결과 수준은 앞의 3가지 경우에서와 비슷한 경향을 보였다.

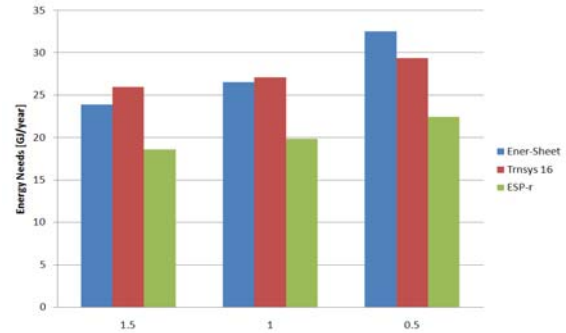


Fig. 6 Energy Needs to insulation thickness

단열재 두께가 감소함에 따른 난방 에너지요구량의 증가폭은 Trnsys 16은 13.1%, ESP-r 20.8%, 건물에너지효율등급 평가도구는 36.1%로 평가도구의 증가폭이 가장 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 앞의 시뮬레이션 도구에서 설명한 정적해석법과 동적해석법의 차이에 의한 것으로 사료된다. 비정상 상태로 가정하여 건물 벽체에서의 축열 효과를 고려하는 두 프로그램에 비하여 벽체의 열관류율만을 고려하여 정상상태로 계산되는 평가도구에서 단열재 두께 감소에 따른 열관류율 증가로 인하여 가장 큰 난방 에너지요구량 증가폭이 발생한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 공동주택 건물에너지효율등급 인증제도의 간이 평가도구와 기존의 상세해석프로그램(Trnsys 16, ESP-r)을 실제 공동주택 단위세대를 대상으로 한 시뮬레이션을 통하여 평가도구의 특성을 알아보았다. 이상의 연구 내용 및 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 단위세대의 정면이 향하는 방위에 따른 난방 에너지요구량을 각 프로그램을 이용하여 계산할 경우 Trnsys 16은 평가도구 대비 98.0~114.4%, ESP-r은 69.7~82.5%의 결과 수준을 확인하였다. 남동과 동향에서 다른 방위에 비하여 간이 평가도구와 상세해석프로그램간의 결과 차이가 더 컸으며 이것은 상세해석프로그램에서 남동과 동향에 대한 일사 유입량이 남서와 서에 비

하여 더 크게 입력되어 나타난 결과인 것으로 확인할 수 있었다.

(2) 16mm 복층유리, 22mm 복층유리, 발코니 22mm Low-E 유리와 실내창에 22mm 복층유리, 그리고 발코니창에 22mm 복층유리와 실내창에 22mm Low-E 유리를 적용하였을 때 난방에너지 요구량은 평가도구 대비 Trnsys 16은 88.5~102.3%, ESP-r은 73.7~74.8% 수준의 결과를 확인하였다.

(3) 환기횟수의 감소에 따른 에너지요구량의 감소폭은 평가도구와 Trnsys 16은 비슷한 수준의 감소폭을 나타내었고 ESP-r은 두 프로그램에 비하여 상대적으로 높은 감소폭을 보였다.

(4) 벽체의 단열재의 두께 변화에 따른 에너지 요구량 계산 결과는 평가도구 대비 Trnsys 16은 90.2~108.6%, ESP-r은 69.0~77.7%인 것으로 확인하였으며, 단열재 두께 감소에 따른 에너지 요구량 증가폭은 평가도구가 가장 크게 나타났다. 평가도구에서 축열의 영향을 고려하지 않고 정상상태로 에너지요구량을 계산하는 것이 원인인 것으로 확인되었다.

이상의 결과에서 확인할 수 있듯이, 평가도구를 이용하여 상세해석프로그램의 계산 결과와 대략적으로 유사한 계산 결과를 얻을 수 있는 것으로 확인되었다. 추후 본 연구에서 확인되지 않은 창외의 광학적 특성에 따른 일사투과 부분 등 몇 가지에 대하여 좀 더 세밀한 분석을 진행할 예정이다.

참고문헌

1. Yu, K. H., Cho, D. W., and Song, K. D., 2006, A Study on the Energy Efficiency Rating and Certification of Apartment Houses, Journal of AIK, Vol. 22, No. 12, pp. 319-326.
2. Park, H. S., 2002, The Building Energy Efficiency Rating and Certification System, Magazine of the SAREK, Vol. 31, No. 10
3. Kim, M. H., 2008, A study on thermal performance evaluation index for building, MS thesis, Inha University, Incheon, Korea.
4. KEMCO, 2007, The operation code of

Building Energy Efficiency Rating and Certification System.

5. KICT, 2006, Research report of the Development for Performance based Building Energy Efficiency Standard
6. Robert H. Henninger, Michael J. Witte, 2008, EnergyPlus Testing with Building Thermal Envelope and Fabric Load Tests from ANSI/ASHRAE Standard 140-2007, U.S. Department of Energy