

한국형 아파트의 난방에너지 분석 1: 위치의 영향

유 호 선, 현 석 균*, 박 유 원**, 김 용 식***, 홍 회 기****†

송실대학교 기계공학과, *(주)ATES CFD 솔루션사업부, **경희대학교 대학원 기계공학과,

청운대학교 건축환경설비학과, *경희대학교 기계산업시스템공학부

Analysis of Heating Energy in a Korean-Style Apartment Building 1: The Effect of Location

Hoseon Yoo, Suk Kyun Hyun*, Yoo Won Park**, Yong-Shick Kim***, Hiki Hong****†

Dept. of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

**CFD Solution Division, Advanced Technology Engineering Service LTD., Seoul 157-743, Korea*

***Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea*

****Dept. of Architectural Environment Eng. and Building Services, Chungwoon Univ., Hongsung 350-701, Korea*

*****School of Mechanical and Industrial System Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea*

(Received November 14, 2003; revision received December, 2003)

ABSTRACT: This paper presents an analysis of heating energy for apartment houses in a Korean-style apartment building, paying special attention on the effect of their location. Six representative locations encompass three floors and two placements on each floor. Two different roof types are also considered. In order to incorporate actual tenant's refit, a five-zone model composed of one conditioned and four unconditioned spaces is developed. TRNSYS 15 is adopted to estimate heating energy. The predicted results show fairly good agreements with the available measured data, validating the present model. Heating energy needed for an apartment located at the uppermost and lowermost floors is far greater compared with the case of intermediate floors. In addition, an appreciable difference is found between apartment with and without side end wall. Insulation thickness of walls, floors and underground structure appears to be a dominant factor affecting heating energy, which leads to needs of revision of the related regulation. Ridged-roofs instead of flat-roofs are highly recommended in apartment buildings for effective energy saving. It is finally concluded that the location-dependent, severe imbalance in heating energy should be improved and/or reflected in the policy making process and design standards.

Key words: Energy estimation(에너지 평가), Korean-style apartment house(한국형 아파트), Heating energy(난방에너지), TRNSYS

1. 서 론

아파트는 이제 한국의 대표적 주거형태로서, 최근 통계에 따르면 전국적인 아파트 주거비율은 47.7%에 이른다.⁽¹⁾ 주거비율 변화의 추이에 비추

† Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-2625

E-mail address: hhong@khu.ac.kr

어 향후 이 비율은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 에너지절약의 관점에서 이러한 아파트는 단독주택에 비하여 열밀도가 높고 관리가 상대적으로 용이하기 때문에 높은 관심의 대상이다. 우리나라 총 에너지소비에서 건물부문이 차지하는 비율이 25% 정도임을 고려하면⁽²⁾ 아파트에 있어서 에너지관리의 중요성을 쉽게 인식할 수 있다. '건축물의 에너지절약 설계기준(건설교통부고시 제 314호)'을 비롯한 법령이나 조례에서 단열조건 등을 강화하는 것도 이러한 인식의 반영이다.

한국형 아파트는 단위세대의 평면이 근사적으로 장방형이고 바닥면적의 크기와 무관하게 전면에서 후면까지의 깊이가 거의 일정하며 새시를 설치하여 발코니를 완충공간 또는 실내공간으로 편입시킨 구조이다. 천장높이 또는 층고도 거의 유사하게 건축되고 있다. 대부분의 경우 난방은 바닥온수 순환방식으로 시공되며 냉방은 설계에 포함되지 않고 사용자가 입주 후 설치한다. 따라서 설계 단계에서는 난방에너지에 대한 평가만이 의미를 갖는다. 본 연구진은 선행연구⁽³⁾를 통하여 이러한 특징을 갖는 한국형 아파트의 에너지소비에 미치는 여러 인자의 영향을 해석한 바 있다. 이 연구는 하나의 세대를 대상으로 내부적 인자 즉 발코니 편입 여부에 따른 실내공간 형태, 방위, 창호종류, 바닥평면 중형비 등에 초점을 맞추었다.

이와 같은 내부적 인자 이외에 난방에너지 소비와 연관된 중요한 요소로서 세대와 세대 사이의 차이를 지목할 수 있다.⁽⁴⁾ 특정한 아파트단지에서 바닥면적이 같으면 평면의 형태는 물론 공간배치도 거의 같기 때문에, 난방기간이나 실내온도 또는 자연환기횟수와 같이 사용방법에 의존하는 조건을 제외하면, 건물 내 위치가 세대간의 유일한 차이이다. 여기서 위치는 세대가 소재한 층 또는 같은 층에서도 중간/측벽 배치에 따라 구별된다. 같은 조건에서 외기와외 전열면적만을 고려하여도 최상층과 중간층 세대 사이 난방에너지에는 어느 정도 차이가 있음을 직관적으로 알 수 있다. 다시 말해 아파트의 위치에 따른 난방에너지 차이는 정성적으로 잘 알려진 사실이다.

그러나, 소수의 난방에너지 사용실태 조사결과^(4,6)를 제외하면, 이에 관한 정량적인 자료는 별로 보고되지 않고 있다. 이들 실태조사의 경우도 설계인자의 차이가 아니라 앞에서 언급한 각 세대간 사용방법의 차이로 인하여 그 결과에는 상당

한 불확실성이 수반될 수밖에 없다. 본 연구는 아파트의 난방에너지에 대한 신뢰성 있는 평가를 통하여 위치에 따른 불균형을 최소화하는 데 필요한 정량적 자료를 제공하기 위하여 시도되었다. 이 자료는 설계에 적용될 수 있을 뿐만 아니라 난방에너지 요금체계의 개선이나⁽⁵⁾ 관련 법령의 제·개정을 위한 근거로써 활용될 수도 있다.

전술한 실태조사의 제약으로 인하여 난방에너지 평가는 전형적인 조건 하에서 건물에너지 시뮬레이션(BES) 프로그램을 이용한 예측에 의존한다. 다만 난방에너지에 큰 영향을 미치는 실내온도나 환기횟수의 설정에 있어서 설계기준보다는 실제 아파트의 사용조건에 따르고 실태조사 자료와의 비교를 통하여 결과를 검증하고자 한다. 해석은 한국의 아파트 가운데 세대수가 상대적으로 많은 공급면적(전용면적+주거공용면적) 32평형을 대상으로 수행한다. 본 연구의 핵심인자인 건물내 위치는 층수와 같은 층에서의 배치에 따라 다양한 경우를 선정한다. 아울러 '건축 미관증진을 위한 부위별 권장용 설계계획안'을 고려하여 최상층의 경우 박공지붕과 평면지붕에 대한 비교를 통하여 지붕형상의 난방에너지에 대한 영향도 파악한다. 이와 같이 선정된 모든 경우에 대하여 연간 난방에너지 사용량을 종합적으로 비교함으로써 위치에 따른 정량적인 차이를 확인하고 설계자료로 제시하고자 한다. 또한 중간층-중간배치 세대에 비하여 외기와 접하는 면적이 큰 최상층, 최하층 또는 측벽세대에 있어서 난방에너지 불균형을 해소하기 위한 합리적 단열재 두께에 대한 고찰도 연구에 포함한다.

2. 난방에너지 해석

2.1 해석대상

공급면적 32평형은 31~33평을 포괄하며, 한국형 아파트를 대표할 만큼 세대수가 많고 난방에너지 실태조사⁽⁶⁾에서 표본으로 선정되었기 때문에 해석대상으로 적합하다. 본 연구에서 취급할 32평형은 바닥면적(전용면적)이 84.7m²이고 남향이이며 천장높이 2.3m인 전형적인 모델이다.

실제 32평형 아파트의 평면도를 Fig. 1에 제시하였다. 이것은 하나의 예로서 외벽에 상당한 요철이 있고 발코니의 형상도 선형이 아니다. 바닥

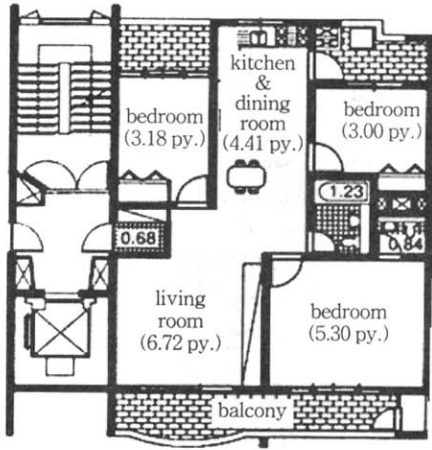


Fig. 1 The plan of an actual apartment house.

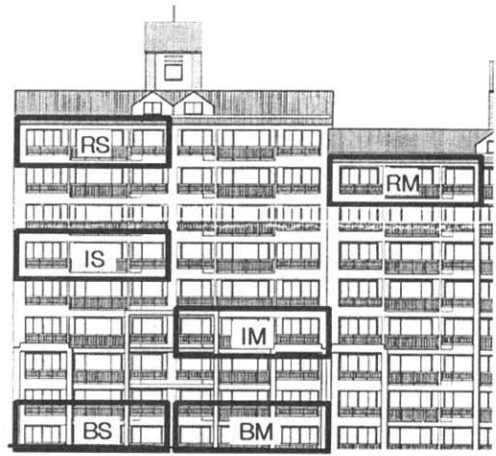


Fig. 3 The location models considered in the present study.

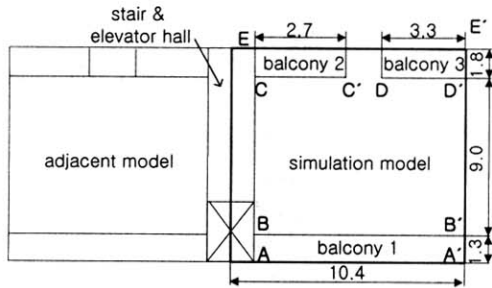


Fig. 2 A simplified simulation model (unit: m).

면적이 비슷하여도(31~33평형) 설계에 따라 평면의 형태는 다양하기 때문에 각 경우를 일일이 해석하는 것은 비효율적이다. 사실 전면에서 후면까지의 깊이가 거의 같은 한국형 아파트의 특성상 전술한 외벽이나 발코니의 형상 및 크기에 다소 차이가 있어도 벽의 재료와 단열재 두께가

유사하면 에너지소비 특성에는 별 차이가 없기 때문이다. 본 연구에서는 다양한 설계평면을 하나의 모델로 단순화하여 해석의 편의와 일반화도도모하였다. 선행연구⁽³⁾를 참조하여 실제 평면과 모델 사이 바닥면적이 아니라 둘레의 길이를 일치시킴으로써 벽과 창을 통한 열교환량이 같도록 단순화하였다. 그 결과가 Fig.2로서 아파트의 평면은 난방이 되는 내부공간과 비공조상태인 3개의 발코니공간 및 계단/승강기공간으로 구성된다. 이와 같이 유사한 방식으로 단순화된 모델과 실제 아파트 사이 난방에너지 차이는 3% 수준으로 보고된 바 있다.⁽³⁾

아파트 단위세대의 위치에 따른 난방에너지 차이를 고찰하기 위하여 층은 물론 같은 층 내에서 중간/측벽 배치에 따라 Fig.3과 같이 6개의 경우를 고려하였다. 해석모델 명칭은 층-배치 순서로

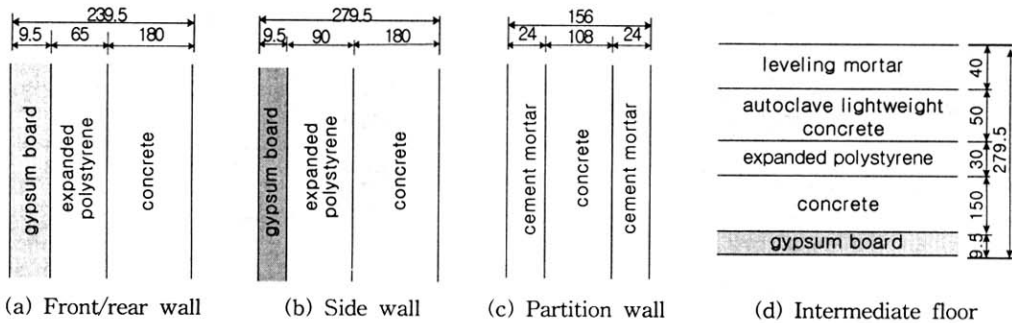


Fig. 4 Details of main walls and floor (unit: mm).

Table 1 Thermophysical properties of wall materials

Material	Thermal conductivity [W/m·K (kcal/m·h·°C)]	Specific heat [kJ/kg·K (kcal/kg·°C)]	Density [kg/m ³]
Gypsum board	0.21 (0.18)	1.13 (0.27)	910
Expanded polystyrene	0.034 (0.03)	1.25 (0.30)	28
Concrete	1.62 (1.40)	0.79 (0.19)	2400
Autoclave lightweight concrete	0.17 (0.15)	1.09 (0.26)	600
Mortar	1.51 (1.30)	0.79 (0.19)	2000
Leveling Mortar	0.37 (0.20)	0.79 (0.19)	2000
Double windows	Overall heat transfer coefficient 2.8 W/m ² K		

부여되었는데 B는 최하층(Bottom), I는 중간층(Intermediate), R은 최상층(Roof)에 소재함을, M은 층 내에서 중간(Middle)에, S는 측벽(Side)에 배치되었음을 표시한다. 해석대상이 남향이므로 측벽의 경우 필요 시 동서를 E와 W로 구분하여 나타내었다. 추가적으로 최상층의 경우 박공지붕(Ridged-roof) 및 평면지붕(Flat-roof) 2종류를 취급하였다. 여기서 최상층은 별도의 언급이 없는 한 박공지붕 형태이다.

단순화된 해석모델(Fig. 2)에서 중간층-중간배치의 경우(Model IM) 좌우 및 상하의 세대는 실내조건이 같다고 가정하여 전·후면을 통한 열교환만 고려하였다. 바닥과 천장, 측면을 통한 열교환이 없어도 벽체의 축열효과는 존재할 수 있기 때문에 각 벽체별 구조 및 물성치는 별도로 입력되어야 하며, Fig. 4와 Table 1에 이를 정리하였다.

2.2 기준조건

한국형 아파트에서 발코니의 처리는 난방에너지에 현저한 영향을 미친다.⁽³⁾ 전술하였듯이 본 연구에서는 가장 세대수가 많은 Fig. 2의 5개 영역 형태를 해석대상으로 취하였다. 5개 영역은 실내공간, 계단/승강기공간 및 전후 3개의 발코니에 새시를 설치하여 생긴 완충공간이다. 시공자가 제공하는 원형과 전면 발코니를 완전히 실내공간으로 편입한 개조형태는 해당 세대수가 적기 때문에 고려의 대상에서 제외하였다.

외기조건은 대한설비공학회가 제공하는 서울의 표준기상자료를 시뮬레이션 프로그램에서 요구하는 형식으로 변환하여 적용하였다. 외기조건은 시각별 건구온도, 절대습도, 일사량, 풍향, 풍속 등으로 구성된다.

난방에너지 예측에서 가장 까다로운 입력자료가 사용행태에 따라 달라지는 난방기간 및 형태, 실내온도, 자연환기횟수 등이다. 난방기간은 지역별 기후조건의 영향이 크기 때문에 세대간 차이는 별로 없을 것으로 보인다. 실내온도의 경우 에너지절약 설계기준은 20°C를 권장하고 있으나, 실태조사에서 추정된 실제 사용조건은 24~26°C이다.^(4, 6) 본 연구에서는 실제 사용조건을 해석에 반영하고 예측결과와 실태조사를 합리적으로 비교하기 위하여 실내온도를 24°C로 설정하였다. 사실 이 실내온도는 국내 대부분의 아파트 시공회사가 적용하는 조건이기도 하다. 환기횟수의 경우 일반적인 설계기준은 1.5 ACH이지만, 한국형 아파트에 대한 측정결과는 0.4~0.8 ACH⁽⁴⁾ 또는 0.28~0.58 ACH⁽⁷⁾로서 설계기준과 큰 차이를 보인다. 다만 문헌⁽⁷⁾의 측정대상이 기밀성이 좋은 자재로 시공된 신축 아파트일 뿐만 아니라 입주자의 출입, 창문의 간헐적 개방, 화장실 환기팬의 작동 등이 없는 상태에서 측정된 자료인 점에 비추어 실제 사용상태보다는 과소 평가되었음을 추정할 수 있다. 이 점을 고려하여 본 연구에서는 환기횟수를 이보다 다소 큰 1.0 ACH로 설정하였다. 이상의 기준조건을 Table 2에 정리하였다. 그

Table 2 Reference conditions for heating energy estimation

Item	Reference condition
Indoor state	24°C
Period and pattern of conditioning	From october to march Continuous heating for all day long
Ventilation	1 ACH

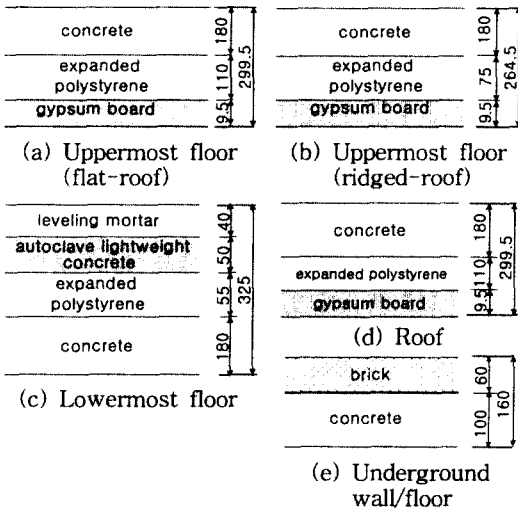


Fig. 5 Details of auxiliary floors and wall (unit: mm).

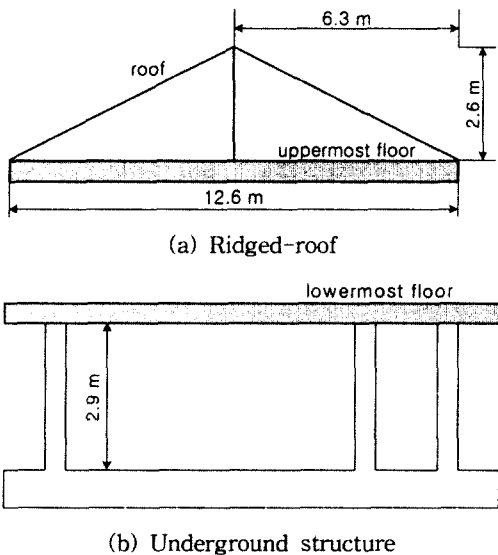


Fig. 6 The side view of the ridged-roof and underground structure.

러나 실내온도 및 환기횟수는 난방에너지에 미치는 영향이 현저하기 때문에 이들의 설정에 관해서는 후속연구에서 취급하기로 한다.

해석 프로그램의 입력값인 차폐율(shading factor)은 블라인드나 커튼에 의한 내부 차양효과는 없다고 가정하고 0으로 설정하였으며, 인접한 건물(동)에 의한 일사 방해는 없는 것으로 가정하였다.

Table 3 Regulation on insulation materials used for apartment buildings in central Korea

Wall type	Minimum thickness [mm]		Thermal conductivity [W/m·K]	
	old	new	old	new
Front/Rear wall	50	65	-	0.034 or less
Uppermost floor (Flat-roof)	80	110		
Uppermost floor (Ridged-roof)	80	75		
Lowermost floor	50	55		
Side wall	70	90		
Intermediate floor	-	30		
Roof	80	110		

Table 4 The window-to-total area ratio of each boundary wall

Boundary	Total area [m ²]	Window ratio
A-A'	20.01	0.80
B-B'	20.01	0.54
C-C'	6.21	0.60
D-D'	7.59	0.60
E-E'	20.01	0.40

최상층 천장과 최하층의 바닥, 그리고 지붕 및 지하 벽체의 구조를 Fig. 5에 정리하였다. 또한 계산에 사용된 박공지붕과 지하실 형태는 Fig. 6에 개략적으로 도시하였다. 아파트 건물(동)에 따라 벽체구조는 거의 유사함에 비하여 지붕구조에는 다소 차이가 있지만, 본 연구에서는 가장 보편적인 형태인 Fig. 6을 선택하였다. 지하실은 천장높이 2.9 m인 완전지하 밀폐공간으로 취급하였으며, 지중온도는 지하 3 m의 깊이에서 측정된 값으로 공신력을 감안하여 기상청에서 제공하는 데이터 중에서 최근 4년(1998~2002년) 동안 10월부터 3월까지의 평균값인 15.6°C를 취하여 경계조건으로 부여하였다. 한편 Fig. 4와 Fig. 5에 도시된 각 벽체에서 단열재 두께와 열전도율은 앞서 언급한 '건축물의 에너지절약 설계기준'에서 개정된 신 기준을 따랐으며, Table 3은 단열재 관련 신 기준을 요약한 것이다. 여기서 신 기준은 2001년 5월 및 2003년 1월에 개정된 단열재의 허용기준이며 구 기준은 2001년 5월 이전의 것이다.

발코니 새시 및 모든 창호는 이중유리로 취급하였다. 또한 단순화한 해석모델(Fig. 2)에서 각 영역의 경계를 이루는 벽체에서 창호가 차지하는 면적비를 Table 4에 정리하였다.

2.3 해석 프로그램

난방에너지 해석에 사용된 건물에너지 시뮬레이션 프로그램은 TRNSYS(TRaNsient SYstem Simulation) 15로서 동적 열부하계산법을 채용하고 있다. 본 연구진은 이 프로그램을 이용하여 다양한 경우에 대한 시뮬레이션을 성공적으로 수행한 바 있으며^(3,8,9) 나름대로의 노하우를 축적하고 있다. TRNSYS는 이미 잘 알려져 있기 때문에 구체적인 사항을 취급하지는 않는다.

TRNSYS는 설비종류와 제어방법에 따라 에너지율 제어(energy rate control)와 온도수준 제어(temperature level control)로 나뉜다.⁽¹⁰⁾ 전자는 해석대상 공간을 유출입하는 열량을 에너지방정식에 대입하여 실내온도의 변화를 계산하고 일정한 설정온도와의 차이로부터 부하를 계산하는 해석방법으로서, 공간 자체의 부하특성을 파악하기에 적합하다. 후자는 실내온도가 일정한 범위 내에 유지되도록 냉난방기기에서 공급 또는 제거되는 순시열량을 부하로 산정하는 방법으로서, 건물 자체의 특성에 특정한 설비의 효과가 추가되어 실제상황의 열부하 및 운전모사가 얻어질 수 있다. 본 연구에서는 설비가 결정되지 않은 상태에서 건물 자체의 난방에너지를 평가하고자 하므로 에너지율 제어를 적용할 수밖에 없다. 성능특성이 알려진 공조설비가 설치된 경우 에너지율

제어와 온도수준 제어를 각각 적용하여 계산한 열부하 사이에는 별 차이가 없었다.⁽⁹⁾

3. 해석결과에 대한 고찰

3.1 타당성 검증

위치별 난방에너지 분석에 앞서 본 연구에서 채용한 해석 프로그램 및 부여조건에 의한 예측 결과의 타당성을 검증하기로 한다. 아파트건물의 준공연도와 평면에는 차이가 있지만 난방방식과 바닥면적은 같은 2종류의 위치별 난방에너지 실태조사 자료^(5,6)를 본 연구의 해석결과와 비교하고자 한다. Table 2의 해석조건은 실태조사에서의 지역난방과 잘 부합되는 난방방식이라 판단된다. 벽체의 단열재 두께는 설계 당시의 기준과 급적 일치시키기 위해 Table 3의 구 기준을 적용하였다.

실태조사 자료에 맞추어 최하층 · 중간층 · 최상층 및 같은 층에서 중간 · 측벽 등 총 6개 위치별 모델에 대하여 2종류의 측정값과 예측값을 Table 5와 Fig. 7에서 비교하였다. 예측값에서 측벽 모델의 경우 동 · 서쪽 끝 세대의 난방에너지를 평균한 것이며, FM, FS는 평면지붕의 최상층 세대를 나타낸 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 시뮬레이션은 본 연구의 기준조건인 24℃, 1.0 ACH를 적용한 결과이다.

Table 5 Comparison of annual heating energy between the simulation and previous measurements

Model	Measured (Lee et al.) [GJ]	Measured (Kang) [GJ]	Simulation [GJ]
IM	32.5	31.2	30.0
IS	36.6	31.5	33.3
BM	42.2	44.5	37.0
BS	54.2	46.9	40.5
FM	43.4	36.6	38.5
FS	48.7	41.3	43.8

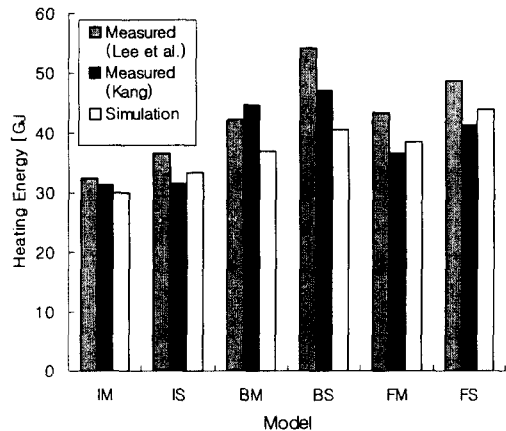


Fig. 7 Comparison of annual heating energy between the simulation prediction and the previous measurements.

2종류의 측정값의 경우 각각 서울 소재 지역난방 3개 단지의 8개 동과 56개 동을 대상으로 실내온도가 24~26°C 내외에서 제어·유지되고 있다는 전제 하에 실측한 자료로서 모두 단열재 규제조건이 개정되기 전인 2001년 전에 완공된 공동주택이다.

Table 5와 Fig. 7로부터 측정값과 예측값의 결과는 동일한 위치의 세대에서 다소의 역전은 있지만, 전반적인 경향(세대간의 난방에너지 차이의 정도)은 대단히 유사함을 보인다. 한편 참고문헌(5)가 1990년대 중반에 이루어진 것으로서 2002년에 측정한 참고문헌(6)에 비해 난방에너지 소비량이 전반적으로 적은 이유는, 제시된 난방에너지는 다년간의 평균값이 아니므로 해당되는 해의 기상조건과 관련이 있을 것으로 추정된다.

최하층의 경우 인접한 동 사이의 간섭으로 실내에 유입되는 일사량이 적어짐으로써 측정값이 이를 고려하지 않은 예측값보다 큰 경향을 보이며, 향후 일사방해가 난방에너지에 미치는 영향을 정량적으로 분석할 필요가 있다.

3.2 위치별 난방에너지

Table 6은 Table 3의 신 기준을 적용하여 위치에 따른 난방에너지를 총괄적으로 계산한 결과로서 이 표에서의 Difference는 기준층인 Model IM과의 난방에너지 차이를 나타낸 것이다. Model RM, Model BM은 Model IM과 비교했을 때 각각 13.5%, 21.5%의 난방에너지 차이를 보였다. 특히 최하층 중간세대(Model BM)는 최상층 세대(Model RM)에 비해서도 7.1% 난방에너지가 크다. 이와 같은 계산결과는 최대에너지의 발생층을 최상층으로 설정한 기존의 인식과는 상반되는 결과이다. 그러나 Table 5 및 Fig. 7에서와 같이 실태조사에서 측정한 값과 예측값이 비슷한 경향으로 보인다. 이러한 결과는 Table 4에 근거하여 설계된 최하층의 바닥에 대한 단열조건이 적절하지 못했음을 반영하는 결과이다. 최하층(Model BM)이 최상층(Model RM)보다 7.1% 난방에너지

가 큰 결과에 주목하여 최상층과 최하층의 열부하가 균형을 이루는 조건을 분석한 결과 최하층 바닥의 단열재로 약 100 mm가 적용되어야 하며 이는 현재의 기준인 55 mm와 현저한 차이가 있다. 물론 최하층 바닥의 단열재 두께는 외기에 직접 면하는지의 여부, 바닥난방의 여부에 따라 다르다. 본 연구에서는 지하실은 밀폐된 비공조 공간으로 외기와 간접 면하는 것으로 간주하고 바닥난방을 전제로 하였을 때 적용되는 단열재 두께를 적용한 것이나, 향후 단열성능 기준이 에너지 절약설계기준에 대한 개정시 반영되어야 할 요소로 평가된다.

또한 박공지붕형 최상층 세대(Model RM)과 평면지붕형 최상층 세대(Model FM)의 난방에너지를 살펴보면, Model FM이 Model RM에 비해 난방에너지가 8.9% 크다. 이는 미관 증진을 위해 권장하고 있는 박공지붕형 구조가 에너지 관점에서 완충공간의 역할을 하기 때문에 바람직한 것으로 평가할 수 있다. 한편, 위치별 난방에너지의 정확한 비교를 위해 에너지 소비관점에서 가장 유리할 것으로 예상되는 Model IM과 가장 불리할 것으로 예상되는 Model FW, Model BW의 난방에너지를 비교하였다. Model BW는 Model IM에 비하여 32.7% 난방에너지가 크고 Model FW는 Model IM에 비해 35.7% 난방에너지가 큰 것으로 해석되었다.

3.3 층별세대의 난방에너지

층별세대는 층벽을 통하여 외기와 열전달이 발생하지만 세대와 세대 사이에 위치하는 중간세대는 열적으로 대칭이므로 세대 간벽을 통한 열전달은 없게 된다. 이는 중간세대와 층벽세대 사이의 열부하 차이는 불가피하고, 이것을 최소화하고 전체적인 에너지절약을 위해서는 외기에 접하는 층벽의 단열을 향상시켜야 한다. Table 3에 명시한 층벽에 대한 단열재의 허용두께를 적용하여 열부하를 계산했고 그 결과를 Table 7에 보였는데 층벽세대의 난방에너지가 중간세대에 비해 층

Table 6 Location-dependence of annual heating energy

Model	RW/FW	RM/FM	RE/FE	IW	IM	IE	BW	BM	BE
Heating energy [GJ]	37.4/40.3	33.7/36.7	37.2/40.1	32.4	29.7	32.2	39.2	36.1	39.0
Difference [%]	25.9/35.7	13.5/23.6	25.3/35.0	9.1		8.4	32.7	21.5	31.3

Table 7 Effect of the side wall on annual heating energy at different floors

Model	Heating energy [GJ]	Difference [%]
IM/IS	29.7/32.3	8.8
BM/BS	36.1/39.1	8.3
RM/RS	36.7/40.2	9.5

별로 각각 8.8%, 8.3%, 9.5%로 비교적 큰 값을 나타내었다.

이는 결국 측벽에 따른 열손실과 상하부 구조체를 통한 열손실이 중간층에 비해 현저히 불리하기 때문이다. 특히, 바닥구조체의 하부가 외기에 직접 노출된 최하층의 경우에는 관련 법규상에 단열재의 설치가 의무화되어 있지만 상대적으로 세대간의 난방에너지 전달이 없고 하부로 열손실이 크기 때문에 난방에너지가 크게 발생한다고 보여진다.

한편, 측벽세대와 중간세대의 난방에너지와 바닥면적과의 관계를 알아보기 위해 25, 32 및 45 평형에 대한 계산결과를 Table 8, Fig.8에서 비교하였다. 여기서 동일 바닥면적에 따른 난방에너지의 차이는 거의 비슷하지만, 바닥면적이 증가할수록 측벽세대와 중간세대간의 난방에너지의 차이는 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 바닥면적이 증가함에 따라 중첩비(전면폭/ 깊이)가 증가하는 한국의 아파트 특징을 나타내는 것으로서 바닥면적은 증가하지만 측벽에서의 열손실은 거의 동일하므로 바닥면적이 증가할수록 측벽세대와 중간세대의 난방에너지 차이가 줄어드는 것을

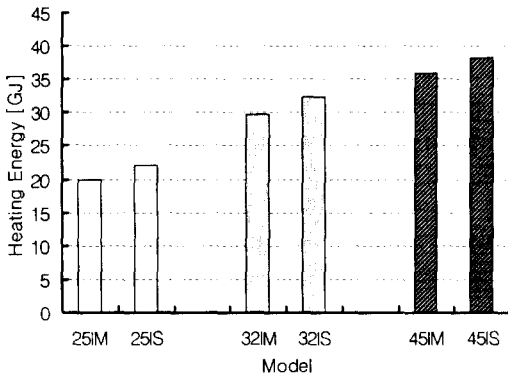


Fig. 8 Effect of the side on annual heating energy for three different conditioned areas.

Table 8 Effect of the side wall on annual heating energy for three different conditioned areas

Model	Conditioned area [m ²]	Heating energy [GJ]	Difference [%]
25IM	59.8	19.9	
25IS		22.0	2.1(+10.6%)
32IM	84.7	29.7	
32IS		32.3	2.6(+8.80%)
45IM	119.8	36.0	
45IS		38.2	2.2(+6.10%)

볼 수 있다. 결국 이러한 결과는 앞서 언급한 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’에서 일반적으로 규제한 단열재의 두께를 바닥면적에 따라 달리해야 할 필요성을 상기시킨다. 하지만 단열재 규격화 및 건설공정상 평형에 따라 벽체두께를 다르게 한다는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 이에 대한 고려도 필요할 것이라 판단된다.

마지막으로 열부하 해석시 가장 중요한 단열재 두께를 변화시키며 해석모델(Model IS, Model RM, Model BM)의 난방에너지를 분석하고 Fig. 9에 표시하였다. 대체적으로 단열재 두께가 두꺼울수록 난방에너지는 감소하는 경향이지만, 일정 두께 이상부터는 난방에너지의 값이 거의 일정한 것을 알 수 있다. 이는 단열재 두께가 난방에너지에 막대한 영향을 끼치지만 절대적인 것은 아니며 무분별한 단열재 두께의 증대는 바람직하지 않음을 나타낸다.

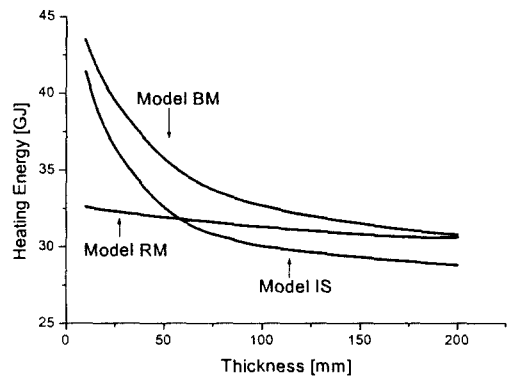


Fig. 9 Effect of insulation thickness on annual heating energy at three locations.

4. 결 론

지금까지 한국형 아파트의 위치별 난방에너지를 평가하기 위하여 TRNSYS 15를 이용하여 해석을 시도하고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 해석대상인 32평형의 아파트를 TRNSYS 15를 이용하여 해석하고 소수의 난방에너지 사용실태조사의 측정값과 비교·분석을 통하여 그 경향의 유사성을 확인하고 신뢰성을 확보하였다.

(2) 위치별 난방에너지의 결과로서 단순화 해석 모델인 Model RM, Model BM은 Model IM에 비하여 상대적으로 13~22% 많은 난방에너지가 발생하였다. 이것은 같은 공동주택에서 열적인 불균형이 발생하고 열손실을 초래하게 되어 에너지 기준으로 보았을 때 비효율적이다. 특히 최상층 뿐만 아니라 최하층 세대에 발생하는 열손실을 개선하기 위해서는 최하층 바닥구조체의 단열성능 강화가 필요하다.

(3) Model IS, Model BS, Model RS의 측벽세대들은 중간세대보다 8.3~9.5% 많은 난방에너지가 발생하였다. 또한 바닥면적이 증가함에 따라 측벽세대와 중간세대의 난방에너지 차이는 줄어드는 것을 알 수 있었다. 따라서 측벽세대 난방에너지의 주요한 인자 중 하나인 측벽에 대한 단열기준을 좀더 구체적이고 체계적으로 강화해야 할 것이다.

(4) 에너지소비 관점에서 가장 유리할 것으로 예상되는 Model IM과 가장 불리할 것으로 예상되는 Model FW, Model BW의 난방에너지를 비교한 결과 Model BW, Model FW가 Model IM에 비해 각각 32.7%, 35.7% 난방에너지가 큰 것으로 해석되었다. 또한 Model RM과 Model BM를 비교했을 때 Model RM보다 Model BM의 난방에너지가 7.1% 크게 발생하였고, 최상층과 최하층의 난방에너지가 균형을 이루는 최하층 바닥의 단열재 두께는 약 100 mm인 것으로 해석되었다. 이는 현재 최하층 단열기준인 55 mm와 현저한 차이를 보이는 것으로 향후 단열성능기준이 에너지 절약설계기준에 대한 개정시 반영되어야 할 요소로 평가된다.

이와 같은 결과를 토대로 기존의 최대열부하계산법에 주로 의존하던 방식에서 탈피하여, 세대의 위치에 따른 난방에너지의 비율에 대한 전반적인 재검토가 필요하다. 또한 그 비율에 근거한

열량공급은 세대위치에 따라 구획된 구역별로 이루어져야 할 것이다. 공동주택 설계시 이러한 층별, 세대위치별 열적 불균형의 문제점을 파악하고, 차후 효과적인 난방제어를 위하여 설계 초기부터 세대별 열적 불균형을 줄일 수 있도록 반영되어야 한다.

참고문헌

1. Korean National Statistical Office, 2000, The Census of Population and Residence 2000, Report of residence, pp. 44-45.
2. Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2002, Mid- and Long-Term Policy Improvements for Efficient Utilization of Energy in Building Sector, Korea, p. 2.
3. Yoo, H., Hyun, S. K. and Hong, H., 2002, Effects of various factors on the energy consumption of Korean-style apartment houses, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 11, pp. 972-980.
4. Kang, J.-S., Lee, S.-E. and Ahn, T.-K., 1995, A study on characteristics of energy consumption in apartment buildings, Korean Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 11, No. 7, pp. 139-149.
5. Kang, J.-S., 1998, Report of energy consumption depending on the location and floor for apartment house, Journal of Korean Association of Air Conditioning, Refrigerating and Sanitary Engineers, pp. 91-103.
6. Lee, B. J., Chung, D.-Y., Lee, S. and Hong, H., 2003, Survey on energy consumption according to heating methods in apartment houses, Proceedings of the SAREK 2003 Winter Annual Conference, pp. 622-627.
7. Park, J.-W., Bae, S.-H. and Hong, C.-H., 2001, An evaluation on natural ventilation in apartment houses, Proceedings of the SAREK 2001 Summer Annual Conference, pp. 637-643.
8. Hyun, S. K., Hong, H. and Yoo, H., 2002, Verification experiment and calculation of

- heating load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 153-160.
9. Yoo, H., Hyun, S. K., Kim, Y.-S. and Hong, H., 2003, Verification experiment and calculation of cooling load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 8, pp. 641-651.
 10. Solar Energy Laboratory, 1994, TRNSYS Reference Manual, University of Wisconsin at Madison.