

한국형 아파트의 냉난방 에너지에 미치는 제 인자의 영향

유 호 선, 현 석 균*, 홍 희 기**†

승실대학교 기계공학과, *경희대학교 대학원, **경희대학교 기계산업시스템공학부

Effects of Various Factors on the Energy Consumption of Korean-Style Apartment Houses

Hoseon Yoo, Suk Kyun Hyun*, Hiki Hong**†

Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

*Graduate School, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

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

(Received August 16, 2002; revision received October 7, 2002)

ABSTRACT: This work is aimed at estimating the effects of various factors on the energy consumption of Korean-style apartment houses using TRNSYS. The factors considered here include the nominal size of floor area, type of remodeling, azimuth, sidewall insulation, and window type. Based on some assumptions, an actual apartment house is simplified into a model that is used for thermal load calculations. The simplified model is validated by showing a good agreement with the actual one in the predicted result. Remodeling balconies into unconditioned buffer spaces yields a favorable thermal performance in comparison with the original type regardless of the nominal size. Incorporating balconies into a conditioned indoor space leads to sharp increases in thermal loads, which must be avoided in view of energy conservation as well as structural problem. A quantitative assessment on the azimuthal effect indicates that the heating energy can be saved up to 16% by taking the south or southeast direction. Reduction in the heating load with enhancing the sidewall insulation is gradual, so that a cost-effectiveness analysis may be needed when amending the regulations concerned. Glazing appears to significantly affect the heat transfer through window. A typical case illustrates that the heating load is decreased about 25% by simply adopting triple glazing instead of double glazing.

Key words: Building energy simulation(건물에너지 시뮬레이션), Korean-style apartment house (한국형 아파트), Thermal load(열부하), TRNSYS

1. 서 론

지난 수 십여 년에 걸친 대규모 아파트단지의 지속적 건설에 따라 이제 아파트는 한국의 대표

적인 주거형태로 자리잡았다. 최근 실시된 정부의 인구 및 주택 총 조사에서 아파트 주거의 비율은 47.7%로 보고됐으며,⁽¹⁾ 변동의 추세에 비추어 이 비율은 지속적으로 증가할 것이 예상된다. 이에 따라 전체 에너지소비량의 25% 정도를 점하는 건물부문에서 열밀도가 높은 공동주택의 에너지관리는 높은 관심의 대상이 될 수밖에 없다. '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'을 비롯한 법

† Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-8106

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

령에서 에너지절약 설계기준을 강화한 것은 이런 사실을 반영한 결과이다. 체계적인 에너지관리의 관점에서 아파트를 포함한 공동주택의 에너지사용에 관한 신뢰성 있는 평가는 합리적인 설계기준과 효율적인 사용방법을 제시하는 기초가 된다. 아울러 법령제정에 있어서 중요한 근거가 될 수도 있다. 이러한 노력의 하나로서 본 연구는 전형적인 한국의 아파트를 대상으로 설계 및 구조변경에 따른 제 인자가 에너지소비에 미치는 영향을 정량적으로 예측하기 위하여 시도되었다.

아파트의 열부하와 연관된 일반적인 설계인자로서 평면의 형상, 방위, 벽체의 단열, 창호의 종류, 실내구조 등을 열거할 수 있다. 실내구조를 제외한 나머지 인자가 열부하에 미치는 영향의 정성적 경향은 쉽게 평가될 수 있으나 정량적 예측은 정교한 해석을 요구한다. 더욱이 한국의 아파트가 갖는 특성이 해석에 고려될 필요가 있다.

한 세대를 기준으로 한국의 아파트는 대부분이 장방형이되 건평에 무관하게 전면에서 후면까지의 깊이가 거의 일정하다. 즉 건평이 클수록 중횡비(전면폭/깊이)가 증가한다. 전면 면적의 상당부분은 창문임을 고려할 때 일사량이 열부하에 미치는 영향은 건평(또는 중횡비)에 따라 상이할 것이다. 따라서 건평에 따라 별도의 해석이 필요하다. 주목할 다른 하나는 발코니(balcony)를 실내공간으로 편입하는 구조변경이다. 이것은 현실적인 아파트 사용방법의 문제로서, 안전저해 및 에너지손실을 수반할 수 있기 때문에 사회적인 관심사로 부각되었으나, 그 정량적 영향에 대한 연구는 미흡하다. 또한 난방설비는 대부분 온돌(바닥 온수배관)의 형태로 시공되지만, 냉방설비는 사용자의 선택이다. 이상의 특성을 망라한 아파트를 한국형(Korean-style)이라 칭하기로 한다. 일사량과 밀접한 방위, 외부와의 열교환과 연관된 벽체 및 창호, 건평에 따른 평면의 중횡비, 구조변경에 따른 공조공간의 차이 등이 본 연구에 포함될 인자이다.

해석의 도구로 사용될 건물에너지 시뮬레이션 프로그램에는 다양한 종류가 있으며, 그 개요와 특징에 관해서는 문헌⁽²⁾을 참조하기 바란다. 특정한 문제의 해석을 위한 프로그램을 선정할 때 고려사항은 목적 부합성, 예측결과의 타당성, 사용의 용이성 등이다. 여기서 타당성은 프로그램 개발자에 의해 일차적으로 검증된 상태이지만, 용

도에 따라 정도의 차이가 있을 수 있다. 본 연구에서는 이미 소형 시험공간에 대한 실험 및 예측치의 비교를 통하여 사용자 관점에서 그 신뢰성을 확인한 바 있고,⁽³⁾ 사용경험을 축적하고 있는 TRNSYS(TRaNsient SYstem Simulation) 15를 채용하기로 한다. 해석의 대상으로서 보편적으로 시공되는 3가지 건평의 한국형 아파트를 취하였으며, 종합적 에너지평가를 위하여 설계에 반영되는 난방부하는 물론 필요한 경우 냉방부하 계산도 수행하였다.

2. 열부하 해석

2.1 해석모델

해석대상은 보편적인 소·중·대형 아파트를 대표하는 23·37·49평형 3종류를 취하였다. 같은 건평이라도 발코니의 배치와 형상, 실내구조는 설계자에 따라 상당한 차이가 있으나, 열부하와 직결된 전면폭과 깊이는 유사하다. 본 연구에서는 실제 시공되고 있는 특정한 설계도를 단순화하여 해석을 수행하였다.

하나의 예로서, 해석대상 37평형 아파트 실제 평면도가 Fig. 1이다. 외벽에 상당한 요철이 있고 발코니의 형상도 복잡하다. 해석을 수행할 많은 경우에 대하여 불필요한 정보의 입력을 피하고 효율적인 계산을 수행하기 위해서는 대상을 단순

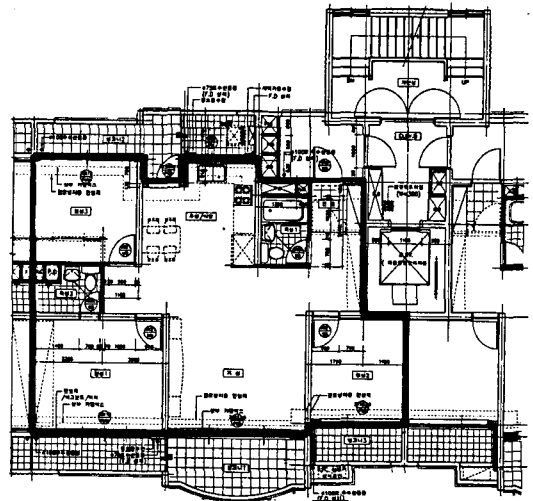


Fig. 1 The plan of an actual apartment house.

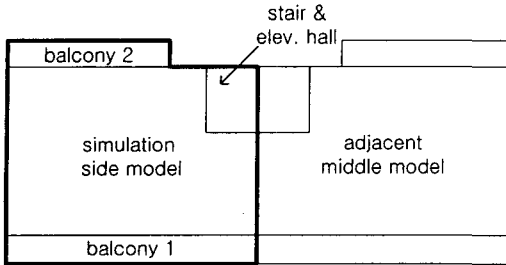
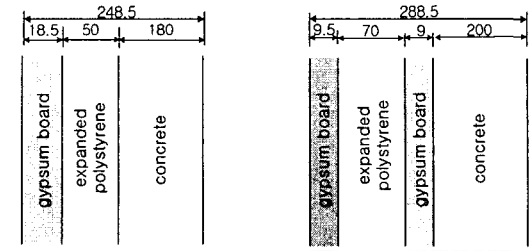


Fig. 2 A simplified model corresponding to Fig. 1.

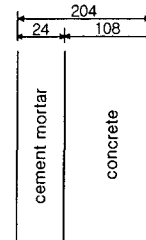
화할 필요가 있다. 아파트의 구조를 Fig. 2와 같이 내부공간, 2개의 발코니 및 외부통로(계단 및 엘리베이터 공간)로만 구성하고, 각각의 형상을 정형화한 해석모델을 설정하였다. 모델설정에서 열부하에 직결되는 각 방위별 외벽의 길이를 우선적으로 일치시켰다. 이 과정에서 설계도와 모델 사이 바닥면적에 다소의 차이가 발생하였으나, 환기횟수가 아닌 환기량(난방시 293 m³/h)을 일치시킴으로써 그 영향을 최소화할 수 있었다. 다른 평형에 대해서도 같은 방법을 적용하였다. 이러한 단순화의 타당성은 뒤에서 검증될 것이다.

해석모델(Fig. 2)에서 외부통로를 공유하는 우측의 인접세대와는 실내조건이 같아서 열교환이 없고 좌측의 경우는 외기와 접하는 것으로 간주하였다. 이것은 뒤에서 외벽 단열의 효과를 평가하기 위한 목적이다. 상하의 세대도 실내조건이 같다고 가정하여 열교환은 무시하였다. 열교환이 없는 경우에도 벽체의 축열효과가 존재하므로 각 벽체별 구조 및 물성은 입력되어야 하며, Fig. 3 및 Table 1에 정리하였다.⁽⁴⁾ 여기서 Table 1의 단열재 조건은 1992년 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'이 제정된 후 2001년까지 시행되던 기

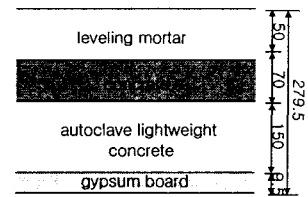


(a) Front/Rear wall

(b) Side wall



(c) Partition wall



(d) Floor

Fig. 3 Detail of each composite wall.

준을 만족하는 것이다. 한편 외부통로는 비공조 공간으로 간주하였으며, 발코니는 구조변경에 따라 공조 여부가 결정된다.

2.2 기준조건

한국형 아파트는 보통 개별 냉방기를 설치하여 실내공간 전체가 아니라 부분에 대한 냉방을 실시한다. 이에 따라 실제 설계시에도 난방부하만을 계산한다. 전술하였듯이 본 연구에서는 난방부하뿐만 아니라 필요한 경우 공조공간 전체에 대한 냉방부하를 계산하였다. 해석에 사용된 실내상태, 냉난방기간 및 시간, 계절별 환기량 등을 Table 2에 수록하였다. 일사의 차폐계수(shading

Table 1 Thermophysical properties of wall materials

Material	Thermal conductivity [W/mK (kcal/mh °C)]	Specific heat [kJ/kgK (kcal/kg °C)]	Density [kg/m ³]
Gypsum board	0.21 (0.18)	1.13 (0.27)	910
Expanded polystyrene	0.035 (0.03)	1.25 (0.30)	28
Concrete	1.62 (1.40)	0.79 (0.19)	2400
Autoclaved 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		

Table 2 Reference conditions for thermal load calculation

Item	Reference condition	
Indoor state	Winter	20°C
	Summer	28°C (50%)
Period and pattern of conditioning	Heating	From October to March Continuous heating for all day long
	Cooling	From July to August Intermittent cooling for 8 hours (10 am ~ 20 pm)
Ventilation	Winter	1.5 ACH
	Summer	0.5 ACH

coefficient)는 블라인드나 커튼의 개폐를 고려하여 구조에 무관하게 난방시 0, 냉방시 0.5로 설정하였다. 환기량은 건설회사에서 일반적으로 설계에 반영하는 값을 취하였다. 아파트의 소재지는 서울이며, 방위에 대한 별도의 언급이 없는 한 남향이다.

2.3 구조변경

전술하였듯이 국내 아파트는 20~50평형에 걸쳐 깊이의 차이가 별로 없기 때문에⁽⁵⁾ 건평에 따라 중횡비가 상이하다. 해석모델별 평면의 형상, 치수 및 중횡비를 Fig. 4에 정리하였다. 형상에서 알 수 있듯이 우측면을 통한 열전달량이 비슷하고 세대 사이의 내벽(좌측면)을 통한 열교환이 없음에 비추어 건평에 따른 열부하의 차이는 전면쪽에 크게 의존한다. 따라서 후술될 구조변경으로 인한 열부하의 변동도 건평(또는 중횡비)에 따라 상이한 양상을 보일 것이다.

발코니를 활용하기 위한 구조변경은 Table 3에 요약된 바와 같이 3경우로 구분될 수 있다. 먼저, Case B는 전·후면의 발코니 공간이 외기와 직

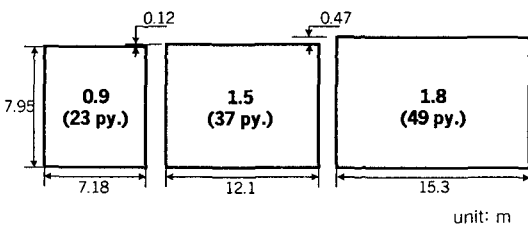


Fig. 4 Geometric configuration of each model.

Table 3 Remodeling cases under consideration

Case	Interior and exterior windows (balconies are unconditioned, but closed)	
Case A	Interior window only (balconies are open to outdoor)	
Case B	Exterior window only (balconies belong to indoor)	
Case C		

- : Conditioned indoor space
- : Unconditioned indoor space
- : Outdoor space

접 접하는 아파트 준공 직후의 원형이다. 다음으로, Case A는 가장 보편적인 구조변경 형태로서, 실내와 발코니 사이의 창호 및 내력벽을 그대로 두고 전·후면의 발코니 끝단에 새시(sash)유리만 추가로 설치한 것이다. 이때 양 발코니 공간은 비공조로 유지된다. 마지막으로, Case C는 Case A에서 내부 창호 및 내력벽을 모두 제거함으로써 발코니 공간을 모두 공조가 필요한 실내로 편입한 형태이다. 내력벽의 제거로 인한 안전문제로 현행법에 의하면 불법이지만 실제로는 이러한

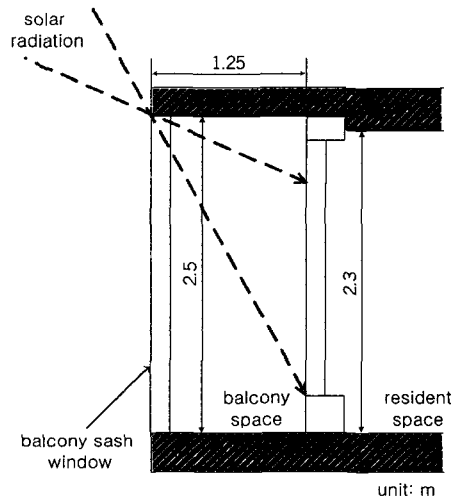


Fig. 5 A side view of the front balcony space.

구조변경이 시행되고 있다. 각 경우의 공조 및 비공조공간은 Table 3에 표시되어 있다. 본 연구는 에너지 사용의 관점에서 구조변경에 따른 차이를 정량적으로 평가하고자 한다. 여기서 Case의 순서는 대략 각 경우의 빈도에 따랐다. 즉, Case A에 해당되는 세대가 가장 다수이다.

전면 발코니의 열적 역할은 Fig. 5에 도시된 바와 같이 일사량과 직결된다. 즉 발코니 공간으로 입사되는 태양복사는 아파트 구조변경에 따라 열부하에 기여하는 정도가 달라진다. 예를 들어, 동계에 발코니 바닥에 도달한 일사만을 고려하면, Case C에서는 직접적으로 난방부하를 감소시키고, Case A에서는 비공조공간의 온도를 상승시킴으로써 간접적으로 난방부하를 감소시키지만, Case B에서는 영향을 미치지 않는다. 한편 Fig. 5에 포함됐듯이 내부공간의 높이는 2.3 m이고, 발코니 공간의 높이와 깊이는 각각 2.3 m와 1.25 m이다. 내부와 발코니 사이 경계면의 창호비율은 전면 64%, 후면 11%이다. 발코니 끝단에 새시유리를 설치할 때(Case A) 유리의 면적비는 전면 80%, 후면 36%이다.

2.4 동적 열부하 계산

실내의 조건의 시간변화를 반영하는 동적 열부하 계산은 관련된 편미분방정식에 대한 접근방법에 따라 수치해와 근사적 해석해로 대별될 수 있다. TRNSYS는 전달함수로 대표되는 후자에 의존하며, 열부하 계산을 위한 여러 수준의 구성요소를 포함하고 있다. 본 연구에서는 전술한 Case A와 같은 다구역 모델에서 구역 사이의 상호작용을 해석하는 데 효율적인 Type 56(Multi-zone building)을 사용한다. 여기에는 벽체의 축열효과는 물론 벽면 안쪽과 바깥쪽의 모든 복사열전달이 고려된다. 해석모델의 형상, 방위, 창문의 구성, 벽체의 구성, 재료의 물성치, 실내상태 등 외부자료는 별도의 프로그램인 PreBID를 통하여 입력한다.

외기조건은 시각별 건구온도, 절대습도, 직달일사량, 천공일사량, 풍향, 풍속 등으로 구성된다. 일사량을 제외한 외기조건은 대한설비공학회에서 제공하는 서울시 표준기상자료를 TRNSYS에서 요구하는 형식으로 변환하여 Type 9(Data reader)를 통하여 입력하였다. 가령 상대습도는 Type 33(Psychrometrics)에서 건구온도와 절대습도로부

터 계산된다. 일사량의 경우 시각별 적산값을 입력하면 Type 16(Radiation processor)에서 직달일사량과 확산일사량의 순시값으로 분리(직산분리)된다. 지표면에서 대기로의 장파복사는 Type 69(Sky temperature calculation)에서 처리된다. 열부하, 온도 등의 결과는 Type 25(Printer), Type 28(Simulation summary), Type 65(Online plotter) 등을 통해 원하는 형태로 출력될 수 있다. 특히, Case B의 경우 외부로 개방된 발코니에 대하여 Type 34(Overhang and wingwall shading)를 사용하여 해석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 단순화의 타당성

전술한 해석모델 정립에 도입된 단순화의 타당성을 검토하기 위하여 대표적으로 37평형의 실제 설계도(Fig. 1)와 단순화된 모델(Fig. 2) 각각에 대하여 Table 3의 Case B를 대상으로 공조기간누적 냉방 및 난방부하를 계산하고 Table 4에 결과를 정리하였다. 계산된 모든 경우 모델에 대한 해석이 실제의 경우에 비하여 열부하를 다소 과대 예측함을 알 수 있다. 그러나 양자의 상대오차는 7월의 냉방부하를 제외하면 3% 이하로서 양호한 일치를 보인다. 상대오차가 가장 큰 경우(5.5%)도 분모인 열부하가 작기 때문이지 절대오차가 크기 때문은 아니다. 여기서 냉방부하가 난방부하에 비하여 현저히 작은 것은 냉방온도가 일반 건물의 경우보다 비교적 높고, 공조시간이 제한되었으며, 환기량도 작게 설정되었기(Table 2) 때문이다.

Table 4 Comparison of the monthly thermal load between actual and simplified models

Month		Actual [GJ]	Simplified [GJ]	Difference [%]
Cooling	7	0.55	0.57	5.5
	8	0.75	0.77	2.7
Heating	10	0.98	1.01	3.0
	11	5.18	5.31	2.5
	12	8.80	9.00	2.3
	1	10.10	10.30	2.0
	2	7.73	7.92	2.5
	3	5.83	5.97	2.4

계절에 무관한 예측결과와 일관성, 단순화에 따른 계산의 효율성 향상, TRNSYS에 내재하는 본질적인 불확실성 등을 종합적으로 감안할 때 이 정도의 차이는 해석모델의 타당성을 충분히 뒷받침한다고 판단된다. 건물에너지 해석을 위한 타 연구에서도 외벽의 길이를 일치시키면서 기하학적 형상을 단순화하는 본 모델링은 유용하리라 기대된다. 다른 건평(23평형과 49평형)에 대해서도 같은 방법을 적용하였다.

3.2 구조변경

해석대상인 3가지 건평 각각에 대하여 2.3절에서 기술한 구조변경이 미치는 열적 영향을 평가하기 위하여 Case A, B 및 C에 있어서 연간누적 난방 및 난방부하를 계산하였다. 모델별로 각 Case(이하 23A처럼 건평과 구조를 함께 표기)의 난방부하와 냉방부하를 Fig. 6과 Fig. 7에서 각각 비교하였으며, 모든 경우에 대한 정량적인 계산 결과는 공조면적과 함께 Table 5에 정리하였다. 구조변경에 있어서 원형인 Case B는 새로 시공된 아파트에서 일시적으로만 유지될 뿐이지만, 가장 보편적인 Case A와 여러 문제를 내포한 Case C와 비교의 기준으로 충분한 의미가 있다.

Fig. 6과 Fig. 7에서 발코니에 새시유리를 설치함으로써 완충공간이 형성되는 Case A가 난방부하 모두가 감소하는 가장 우수한 열적 성능을 보인다. 반면 가용면적에서 유리한 Case C는 열부하의 증가를 감수해야 한다. 이러한 경향은 냉

Table 5 Cumulative heating and cooling load for each model and case

Model-Case	Conditioned area [m ²]	Heating load [GJ/yr]	Cooling load [GJ/yr]
23A	57.1	21.4 (-17%)	0.69 (-14%)
23B	57.1	25.9	0.8
23C	75.7 (+32.5%)	29.0 (+12%)	1.90 (+138%)
37A	84.9	29.5 (-19%)	1.10 (-15%)
37B	84.9	36.5	1.30
37C	107.2 (+26.2%)	41.8 (+15%)	3.00 (+131%)
49A	118.4	39.5 (-20%)	1.44 (-24%)
49B	118.4	49.4	1.92
49C	148.7 (+25.6%)	54.2 (+10%)	3.99 (+108%)

난방부하 각각에 있어서 건평에 무관하게 유사하다. 그러나 부하변화의 형태에는 난방과 냉방 사이에 현저한 차이가 있음을 알 수 있다. 난방부하의 경우 Case C와 A 각각의 증감비율은 비슷함에 비하여, 냉방부하의 경우 Case A의 감소보다 Case C의 증가율이 현저하다. 이는 난방과 냉방에 있어서 구조변경이 열부하에 미치는 영향이 상이하기 때문이다.

난방에 있어서 Case A의 부하감소는 새시유리의 열저항 추가, 새로 형성된 발코니공간의 완충 효과 등에 의한 실내에서 외기로의 열손실 저하

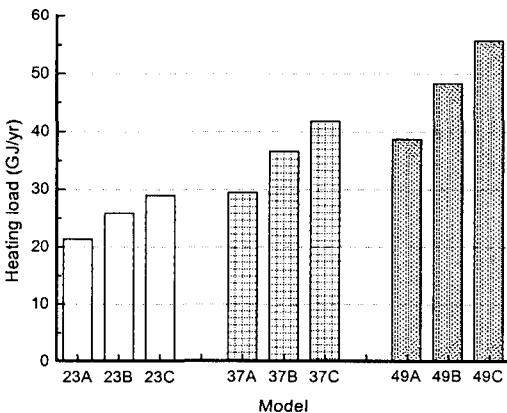


Fig. 6 Comparison of the cumulative heating load for each model and case.

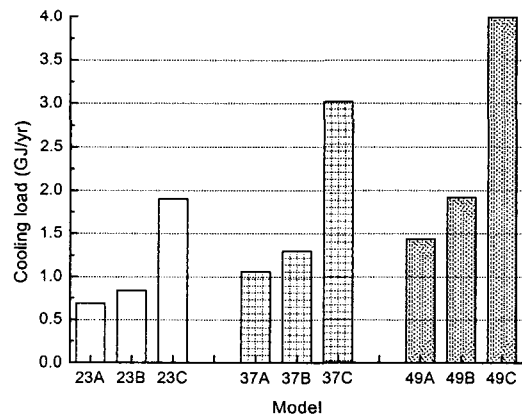


Fig. 7 Comparison of the cumulative cooling load for each model and case.

에 기인한다. 공조면적이 추가된 Case C에서는 외벽 면적과 전체 환기량이 늘어남에 따라, 주간에 실내로 직접 유입하는 일사량은 열취득에 기여하지만, 순 부하는 증가한다. 다만 공조면적이 대폭 증가했음에도 Case B와 비교하여 Case C의 부하증가가 상대적으로 작은 다른 이유는 새시유리의 면적비(80%)가 내부-발코니 경계면의 창호비율(64%)보다 크고 Fig. 5의 차양효과가 없기 때문이다. 한편 냉방에 있어서 Case A의 부하감소는 난방의 경우와 유사한 원리로 외기에서 실내로의 열전달이 감소하는 데 기인한다. 반면 Case C에서는 외벽 면적, 환기량 및 일사량 각각의 증가가 모두 공조공간의 열취득에 기여함으로써 부하가 대폭 증가한다. 37평형의 경우 Case B와 Case C의 환기량을 97.7 m³/h로 같게 하는 경우 냉방부하는 Case C가 123% 증가하므로, 대부분의 증가원인은 일사량의 직접적인 실내유입으로 볼 수 있다. 정리하면 Case C는 난방부하에 있어서는 증감요인을 모두, 냉방부하에 있어서는 증감요인만을 갖는다.

정량적인 관점에서 Table 5의 결과를 분석할 때 냉난방 모두에 있어서 Case A의 부하감소의 폭은 차이는 크지 않지만, 건평에 따라 점점 커진다. 이 이유는 Fig. 4와 관련하여 설명한 한국형 아파트의 중형비와 직결된다. 즉, 건평이 클수록 전체 열부하에서 아파트 전면을 통한 열전달이 차지하는 비율이 증가하기 때문이다. 구조변경에 대한 종합적인 평가의 하나로써, 내력벽의 제거에 따른 구조변경의 불법 여부나 냉방부하를 논외로 하고, 단위 공조면적에 대한 난방부하만을 고려하여도 Case A가 Case C보다 모든 건평에서 유리하다. 결론적으로 에너지소비에 있어서도 합리적이고 현행 법령에서도 허용하는 Case A가 바람직한 구조변경임은 자명한 사실이다.

3.3 방 위

건축물의 방위에 따른 난방열량의 차이는 전통적인 관심사였으며, 열부하의 개념이 도입되기 전부터 경험에 의해 남향이나 남동향을 선호해 왔다. 아파트의 설계에 반영할 수 있는 정량적인 자료를 확립하기 위하여, 대표적으로 37A를 대상으로 8개 방위별 동계누적 난방부하를 계산하여 Table 6에 요약하였다. 여기에 제시되지는 않았지만, 다른 경우에 대한 계산결과도 이와 유사한

Table 6 Dependence of the cumulative heating load on the azimuth of apartment

Direction	Heating load [GJ/yr]	Difference [%]
S	29.5	-
SE	30.1	2.0
E	32.4	9.8
NE	34.4	16.6
N	34.2	15.9
NW	34.3	16.3
W	33.4	13.2
SW	31.5	6.8

형태를 보였다.

전술하였듯이 한국형 아파트의 특성상 난방부하만이 설계에 고려되므로 이하에서는 냉방부하에 대한 고찰은 제외한다. 실제 냉방은 거실이나 침실에 대하여 부분적으로 이루어지고 이 경우 방위, 벽체나 창호의 영향은 미미하기 때문이기도 하다.

예상대로 난방부하는 남향이 가장 작고, 북동·북·북서향은 유사하게 16% 정도 증가한 값을 보인다. 아파트 전면의 상당한 부분이 유리로 구성되므로 일사량이 난방부하에 직접적인 영향을 미친 결과이다. 방위별 동계누적 일사량과 난방부하의 상관관계를 도시한 Fig. 8에서 위 사실을 재확인할 수 있다. 남동향과 남향 사이 난방부하의 미미한 차이는 경험적 방위선택의 타당성을 뒷받침한다. 흥미로운 사실은 동향보다는 남서향이 에너지소비 측면에서 상당히 유리하다는 것이다. 아파트 건설계획에 있어서 남향이나 남동향이 불가능할 경우 고려하여야 할 사항이다. 그러

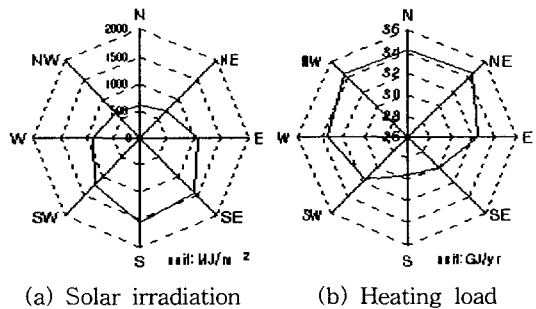


Fig. 8 Correlation between solar irradiation and heating load.

나 방위선정을 위한 보다 실제적인 자료는 인접 아파트동의 음영으로 인한 일사제한이 반영된 해석에서 얻어질 수 있을 것이며, 층별 난방부하 차이와 함께 향후 연구과제이다.

3.4 축벽의 단열

앞서 언급하였듯이 본 해석모델은 한쪽 축벽 (Fig. 2에서 좌측)이 외기와 접한다(양끝세대). 만일 모델이 세대와 세대 사이에 위치할 경우(중간세대) 열적으로 대칭이므로 상기 축벽을 통한 열 전달은 없게 된다. 중간세대와 양끝세대 사이 열부하의 차이는 불가피하지만, 이것을 최소화하고 전체적인 에너지절약을 위해서는 외기에 접하는 축벽의 단열을 향상시켜야 한다.

공동주택 축벽의 단열조건에 관해서는 '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙'이 규정하고 있다. 1992년 제정된 동 규칙 제21조(건축물의 열손실 방지) 1항 1호에 따르면 중부지방을 기준으로 열관류율이 0.46 W/m²K(0.4 kcal/m²h°C) 이하이거나 단열재 두께가 70 mm 이상으로 설계되어야 한다. 이어서 2001년 개정에 의해 열관류율은 0.35 W/m²K 이하로, 단열재는 등급별로 허용두께를 규제하도록 강화되었다. 개정 전후 규칙에 규정된 단열재 허용두께는 Table 7에 소개하였다.

축벽의 단열과 열부하의 관계를 정량화하기 위하여 측면 열교환이 없는 중간세대를 기준으로 개정 전후의 규칙을 만족하도록 단열된 양끝세대의 동계누적 난방부하를 계산하여 Table 8에서 비교하였다. 여기에 사용된 해석모델은 37A이다. 구 기준을 따라 시공된 양끝세대의 난방부하는 중간세대에 비하여 현저히 크다. 신 기준의 경우 단열조건이 대폭 강화에도 불구하고 난방부하는 약간 감소할 뿐 중간세대에 비해서는 여전히 상

Table 7 Regulation on insulation materials used for the apartment sidewall in central Korea

Thermal conductivity [W/mK]	Minimum thickness [mm]	
	Effective from 05/2001	From 06/1992 to 04/2001
0.034 or less	90	70
0.035~0.040	105	
0.041~0.046	120	
0.047~0.051	135	

Table 8 Dependence of the cumulative heating load on the apartment location and regulation for sidewall insulation

Item	Middle	End/Old	End/New
Overall heat transfer coefficient [W/m ² · K]	-	0.42	0.29
Insulation thickness [mm]	-	70	105
Heating load [GJ/yr]	27.4	29.5 (+7.7%)	28.7 (+4.5%)

Location: middle & end, Regulation: old & new

당한 차이를 보인다. 이러한 중간세대와 양끝세대 사이 열부하 편차를 납득할 만한 수준으로 축소하기 위해서는 단열조건이 추가적인 강화가 필요해 보인다. 이때 비용효과분석이 병행되는 것이 바람직하다.

3.5 창 호

앞에서 취급하였듯이 원형의 아파트(Case B)에 발코니 새시유리를 설치하여 완충공간을 형성함으로써(Case A)의 열부하를 현저히 감소시킬 수 있다. 새시유리의 종류는 입주자의 선택사항으로서, 보편적으로 사용하는 2중 유리를 3중 유리로 교체할 때 열적 성능의 변화를 검토하고자 한다. Table 9는 해석모델 37A에 대한 양자의 비교로서, 유리는 두께 4mm의 균질품이고 유리 두께와 유리 사이 공기층의 폭(16 mm)은 일정하다.

3중 유리를 사용하면 난방부하에 대한 영향이 상반되는 열관류율과 투과율 모두가 감소한다. 그러나 각각의 난방부하에 대한 영향의 정도에는 상당한 차이가 있어 단열성의 대폭 향상이 일사량의

Table 9 Dependence of the cumulative heating load on the window type

Item	Double glazing	Triple glazing
Composition [mm]	4/16/4	4/8/4/8/4
Overall heat transfer coefficient [W/m ² K]	2.8	0.7
Transmissivity	0.755	0.407
Heating load [GJ/yr]	29.5	24.8 (-15.9%)

소폭 감소를 상회한다. 결과적으로 상호변경만으로도 약 16%의 에너지절약 효과를 얻을 수 있다.

4. 결 론

한국형 아파트의 에너지소비에 미치는 여러 인자의 영향을 평가하기 위하여 TRNSYS 15를 이용하여 이론적인 해석을 시도하였다. 실제 시공되고 있는 3개 건평 아파트의 단순화된 해석모델을 대상으로 동적 열부하 계산을 수행하였다. 연구에 포함된 특성인자는 일사량과 밀접한 방위, 외부와의 열교환과 연관된 벽체 및 창호, 건평에 따른 평면의 종횡비, 구조변경에 따른 공조공간의 차이 등이다. 실제 아파트의 설계조건을 고려하여 난방부하에 초점을 맞추었으며, 냉방부하는 부분적으로 다루었다.

해석모델의 각 방위별 외벽길이를 실제 아파트와 일치시킨 단순화는 난방뿐만 아니라 냉방부하 계산에 있어서도 양호한 결과를 보였으며, 이 타당성에 근거하여 전술한 인자들의 영향을 평가하였다. 먼저 아파트의 구조변경은 에너지사용에 있어서 현저한 변화를 수반한다. 아파트 설계에 반영되는 난방에 있어서 Case C는 Case A에 비하여 30~40%의 추가 에너지를 사용한다. 단위 공조면적당 부하 측면에서도 전자가 당연히 불리하다. 비록 부하는 작지만 냉방에 있어서 양자의 상대적 차이는 극명하다. 가용공간을 확장하려는 구조변경이 증가하는 추세이고 쾌적성의 향상을 위하여 개별냉방의 수요가 급증하는 현실임을 감안할 때 국가적 에너지관리의 관점에서 Case C를 지양하기 위한 대책이 마련되어야 할 것이다. 본 연구와 같이 구조변경에 따른 에너지사용량의 증가를 정량적으로 보여주는 것도 효과적인 홍보 방법이다.

방위에 따른 난방부하의 변화는 정성적 예측과 유사한 경향을 보이며, 남향에 비하여 최대 16% 정도 증가한다. 남동향과 남향 사이가 가장 바람직하고, 동향보다는 남서향이 유리하다. 아파트 동간 간격이 좁은 한국의 입지조건에 비추어 인접 동의 음영과 수직위차(층)가 고려되어야 실제 설계에 반영할 수 있을 것이다. 법령에 의해 규제되는 축벽 단열은 난방부하에 작지 않은 영향을 미친다. 외기와 접하는 축벽이 없는 중간세대에 비하여 규칙 개정 전·후의 단열조건을 적용한 양끝세대는 각각 7.7% 및 4.5%의 추가적인

난방에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 현재의 조건에서 단열을 강화함으로써 얻을 수 있는 추가적인 부하감소는 크지 않을 것으로 판단되며, 법령의 개정 이전에 비용효과분석을 수행하는 것이 바람직하다. 새시유리의 고급화는 난방부하의 감소에 크게 기여할 수 있음이 밝혀졌다. 단순히 2중 유리를 같은 재질의 3중 유리로 교체하기만 하여도 약 15%를 절약할 수 있다. 아파트의 구조변경이나 상호교체에서 고찰하였듯이 새시유리는 에너지절약과 직결되지만, 현실적으로는 영세업체에 의해 시공된다. 이 점과 아파트 주거비율의 급증을 고려할 때 새시유리의 품질향상 및 표준화의 노력이 요구된다. 마지막으로, 공동주택의 체계적인 에너지관리를 위해서는 설비의 운전조건과 같이 본 연구에서 다루지 못한 인자들의 영향도 함께 파악되어야 한다.

참고문헌

1. Korean National Statistical Office, 2000, The census of population and residence 2000, Report of residence, pp. 44-45.
2. Hong, T., Chou, S. K. and Bong, T. Y., 2000, Building simulation: an overview of developments and information sources, Building and Environment, Vol. 35, pp. 347-361.
3. 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.
4. Kim, Y. H. and Park, J. W., 1999, The newest air conditioning equipment, Bomundang, pp. 462-463.
5. Sejin-kihoik, 2002, Encyclopedia of apartment house, Sejin-kihoik.
6. McQuiston, F. C. and Spitler, J. D., 1992, Cooling and heating load calculation manual, 2nd ed., ASHRAE.
7. Solar Energy Lab., 1994, TRNSYS reference manual, University of Wisconsin-Madison.
8. Hong, H., 2001, An Introduction of TRNSYS program, J. of Korean Association of Air Conditioning, Refrigerating and Sanitary Engineers, pp. 54-59.