

## 공동주택의 연료소모량 간이계산법에 관한 연구

### A Study on the Simplified Energy Calculation Method of Apartment Houses

임 정 명\*  
C. M. Lim

**Key Words** : Analysis Variance (변량분석), Domestic Hot Water(급탕), Multiple Regression Analysis (회귀분석), Thermal Condition(열성능), Infiltration Air (극간풍)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the amount of heating, domestic hot water, and cooking fuel consumption with that of heating fuel consumption by the existing calculation method and to provide rational heating system design and energy conservation through presenting the simplified equation which can anticipate the amount of heating, domestic hot water, and cooking and the load mechanical equipments.

The affecting factors to the amount of energy consumption are the case of Heating, Domestic Hot Water and Cooking in addition to the energy conservation intention.

#### 기 호 설 명

$A$	: 벽체의 면적 ( $m^2$ )	$\Delta t$	: 실내외 온도차이 ( $^{\circ}C$ )
$K$	: 벽체의 열관류율 ( $Kcal/m^2 \cdot hr \cdot ^{\circ}C$ )	$t'$	: 비난방실온도 ( $^{\circ}C$ )
MOS	: 총체적 만족도의 최대값	$t_o$	: 외기설계온도 ( $^{\circ}C$ )
OS	: 총체적 만족도	$t_r$	: 실내온도 ( $^{\circ}C$ )
$Q$	: 실내 총손실열량 ( $Kcal/hr$ )	$X$	: 분양평수 (평)
$q$	: 손실열량 ( $Kcal/hr$ )	$X_1$	: 전용면적 ( $m^2$ )
ROS	: 총체적 만족도의 백분율 (%)	$X_2$	: 방향계수 (남 1, 동·서 2)
RSI	: 상대만족지표	$Y$	: 총 LPG 사용량 ( $m^3$ )
		$Y_1$	: 취사용 LPG 량 ( $m^3$ )
		$Y_2$	: 급탕용 LPG 량 ( $m^3$ )

\* 부산대학교 건축공학과

- $Y_3$  : 난방용 LPG 량( $m^3$ )
- $Y_1'$  : 월평균 취사용 LPG 량( $m^3$ )
- $Y_2'$  : 월평균 급탕량(ton)
- $Y_3'$  : 월평균 난방용 LPG 량( $m^3$ )
- $z_i$  : 기준요소에 대한 평가값
- $Z_i$  : 기준요소의 최대값

〈 하 침 자 〉

- $a$  : 외기에 면한 값
- $s$  : 어느지방의 비난방실이 있는 경우의 값
- $b$  : 부산지방의 비난방실이 있는 경우의 값
- $t$  : 관류에 의한 값
- $i$  : 극간풍에 의한 값
- $op$  : 부산지방의 값
- $os$  : 어느지방의 값

1. 서 론

일년의 반 이상이 난방의 절대조건이 되는 우리나라 주택에서는 생계비에 차지하는 연료비의 비중이 과중한 부담이 되고 있다. 취사, 급탕, 난방 연료비의 78%를 해외에 의존하는 현상향에서 주거용 에너지 절약이 큰 과제로 되어왔다. 국내외에서 구조체의 단열성능과 축열성능 강화, 설비기기의 고효율화, 적정용량의 장비선정, 대체 에너지개발 등 에너지 절약형 건물에 대한 연구가 진행되고 있으며 이를 뒷받침하기 위하여 새로운 입법도 제정되고 강화되어 왔다. 그 결과 구조체의 열성능은 크게 향상되어 효과를 거두고 있으나 온도변화에 따른 대응운전, 실온 유지상태, 건물입주자의 에너지 절약에 대한 의지 등 에너지 절약의 소프트웨어적인 면에 대한 연구는 이를 뒷받침하지 못하고 있다. 건축법에서 온도 변화에 따른 대응운전과 입주자의 에너지 절약의지를 높이기 위하여 공동주택의 중앙집중식 난방방식에는 열량계 혹은 온도조절장치의 부착을 의무화하고 있으나 그 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다. 이는 단위세대가 차지하는 건물의 층수, 방위, 외벽에 면하는 벽면의 수량에 따라 난방부하가 각각 상이한 데도 이를 무시하고 면적에 대한 비율만 적

용하여 일률적으로 난방비를 부과하기 때문이다.

본 연구에서는 건물의 계획 설계단계에서부터 효과적인 에너지 절약계획을 기획하는데 가장 기본이 되는 연료소모량 특히 난방부하를 편리하고 실용적으로 산출하기 위해서 실제 조사를 토대로 한 수리적 모델을 개발 제시하고, 기존 방법에 의한 계산치와 비교하였다. 또한 단위세대가 차지하는 위치, 조건에 따라 난방부하가 실제로 어떤 비율로 되어 있는가를 조사하므로써 그 비율을 난방비 산정시 적용하여 입주자 스스로 에너지 절약의지를 높이도록 하는 데 목적이 있다.

2. 연구현황 및 방법

건물외피를 통한 열전달을 정상열전달 방식으로 보고 에너지 사용량을 산정하는 도열계산법이나 최대 부하계산법은 계산 절차가 간단하여 널리 보급되고 있으나 정확도가 낮고 장비의 과다용량에 의한 에너지 과소비와 과도한 초기투자도 소규모 건물이나 주택건물의 난방 에너지 산정에 국한되어 사용되고 있다.<sup>1)</sup> 실제 건물의 복합구조체는 재료의 설치 위치에 따라 열전달의 속도와 양에 큰 차이가 생기는 비정상 열전달 방식이므로 이에 대한 해석방법이 점차 개발되어 응답계수법, 유한차분법, 유한요소법 등에 의한 동적열부하방법이 개발되어 왔다.<sup>2)</sup> 그중 에너지 소비량에 영향을 주는 건물데이터, 실내발열 데이터, HVAC 시스템과 장치에 관한 데이터, 외기 온·습도, 풍향, 풍속, 운량, 법선면직달일사량, 수평면 천공일사량 등 7개의 기후 데이터를 포괄적으로 고려한 DOE-2, BLAST 및 HASP/ACLD가 보급되고 있다. 그러나 이 동적 열부하 계산법은 시간별 계산기법을 채택하고 있기 때문에 입력자료가 많고 알고리즘이 복잡하여 요구사항에 부응하는 것 만큼 보급되지 못하고 있는 실정이다. 또한 AS-HRAE에서는 종래의 계산법과 DOE-2 등의 동적 열부하계산법의 문제점을 절충보완하여 “수정된 빈 방법에 의한 간이 에너지 해석법”

을 냉난방 부하계산법의 한 방법으로 제시하고 있다.<sup>3)</sup> 그러나 공기를 2차 열매로 주로 사용하는 난방방식이거나, 우리나라 복사난방 형태와 비슷하면서 천정에 방열판넬을 부착하여 50°C 이하의 낮은 온수를 공급하여 복사 난방방식을 채택하고 있는 유럽국가의 기후 조건이 난방기간에 일조율이 34% 정도인데 반하여 우리나라 주택에서는 축열성이 큰 건물 구조체(바닥)가 방열면이 되면서 생활관습상 판넬내의 설계 온수온도가 90°C<sup>4)</sup>이고, 난방기간내의 일조율이 52% 이상인 것을 감안할 때 기상변화에 따라 적절한 대응운전이 쉽지않고 실내 과부하상태도 빈번히 나타나고 있다. 실내환경을 쾌적열환경 상태로 일정하게 유지한다는 가정하에서 전개된 난방부하계산법을 우리나라 주택난방 방식에 적용시키기 위해서는 많은 연구가 선행되어야 할 것이다.<sup>6)</sup>

본 연구에서는 실제조사를 실시하여 통계 프로그램인 SPSS를 사용 분산분석, 상관관계분석, t검정, F검정 등을 통하여 각 변수에 대한 차이 및 영향력을 추출하여 회귀방정

식을 통한 추정방정식을 유도하였다. 유도된 식에 의한 값과 LOADSYS PROGRAM에 의한 값을 비교하였다.

### 3. 연료소모량 실태분석

#### 3.1 조사대상

기후조건이 동일하고 세대별 구조 및 평형이 비슷하여 난방 배관방식이 같은 대한주택공사에서 발주한 아파트단지 두 곳을 대상으로 선정하였다. 1986년에 공사를 발주하여 1988년에 완성한 아파트로서 분양면적, 층수, 난방방식 등을 조사한 결과 Table 1과 같이 나타났다.

도시가스에서 공급하는 LPG (발열량:7,000 Kcal/m<sup>3</sup>)를 세대별로 공급하여 개별 취사, 급탕, 난방방식을 취하는 부산 망미동 소재 망미주공아파트 1,998세대(거주인원 8,538명)와 도시가스를 취사용으로만 사용하고 방기C유를 사용, 중앙집중식 난방방식을 채택한 부산시 개금동 소재 개금주공아파트 2,454

Table 1 Introduction of Investigative Apartment

	Area for Sale	The number of Households	The number of Floors	Type	Heating Type	Heating and Hot Water Fuel	Cooking Fuel
MANGMI APT	23	150	15	I형	Separate Heating	LPG	LPG
	24	323	15	I형	Separate Heating	LPG	LPG
	27	180	15	I형	Separate Heating	LPG	LPG
	28	600	15	T형	Separate Heating	LPG	LPG
	28	246	15	T형	Separate Heating	LPG	LPG
	33	499	15	T형	Separate Heating	LPG	LPG
	SUM	1988					
GAEGEM APT	13	180	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	17	720	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	20	450	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	24	264	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	25	360	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	28	360	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	31	120	15	I형	Central Heating	Bunker C	LPG
	SUM	2454					

세대(거주인원 9,079명)를 조사대상으로 선정 1988. 9월~1990. 8월 2년동안의 연료사용실태를 조사 분석하였다.

### 3.2 취사용 연료소모량 분석

도시가스를 취사용으로 사용하는 개금주공아파트의 취사용 LPG 량(발열량: 7,000 Kcal/m<sup>3</sup>)을 분양평수별로 조사한 결과 Fig.1 과 같이 나타났다. 2,454세대 거주인원 9,079명이 연간 사용한 총취사용 LPG 량은 17,999 m<sup>3</sup>가 된다. 월사용량은 최대 31.4m<sup>3</sup> 최소 9.83m<sup>3</sup> 평균 13.51m<sup>3</sup>이고, 일일사용량은 큰변화 없이 일정한 량을 사용하고 있다. 평수가 증가함에 따라 총취사용 연료소모량은 증가하고 있으나 그 비율은 감소하고 있다.

### 3.3 급탕용 연료소모량 분석

방커C유를 급탕 및 난방연료로 사용하는 개금주공아파트의 급탕량을 평형별로 조사한 결과 Fig.2와 같이 나타났다. 1m<sup>2</sup>당 연간 급탕량은 0.62ton 이고, 급탕량을 월별로 분석하면 최고 1월 31 ton, 최저 8월 10 ton으로 변동이 심하며, 평형별로 월 소모량을 분석하면 Fig.3과 같이 나타났다. 평수가 감소할 수록 급탕소모량의 변화는 거의 일정하여 계절에 관계없이 일정량을 소비하고 있으나, 평수가 증가할 수록 계절별 급탕소모량의 차이가 있음을 알 수 있다. 25평 이하의 규모에서는 평수별 급탕량의 차이가 없이 일정한 범위내에서 소모되고 있으나 28평 이상의 규모에서는 25평 이하 보다 많이 쓰고 있는 것으로 나타났다.

### 3.4 난방용 연료소모량 분석

순수 난방용 연료소모량(LPG 량)을 구하기 위해서 LPG를 세대별로 공급, 취사, 급탕, 난방을 시행하고 있는 망미주공아파트의 LPG 사용량을 조사하여 개금아파트의 취사용 및 급탕용 LPG 량을 제외하면 아래와 같은 난방 사용량 산정식이 된다.

$$Y_3 = Y - Y_1 - Y_2 \dots\dots\dots (1)$$

식(1)에서 구한 난방용 연료소모량을 토대로 1,998세대 거주인원 8,538명이 연간 사용한 총난방용 LPG 량을 평형별로 분석하면 Fig.5와 같이 1월 1.65m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·mon, 4월 0.115 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·mon이며, 월별 난방용 가스 사용량

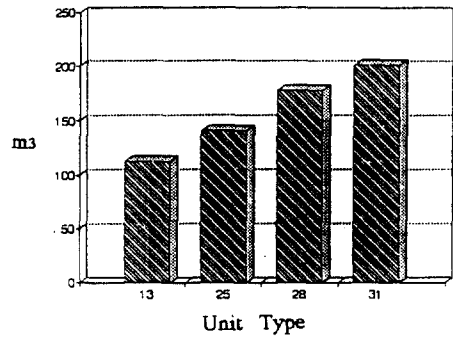


Fig.1 Annual Cooking LPG Consumption of Unit Type

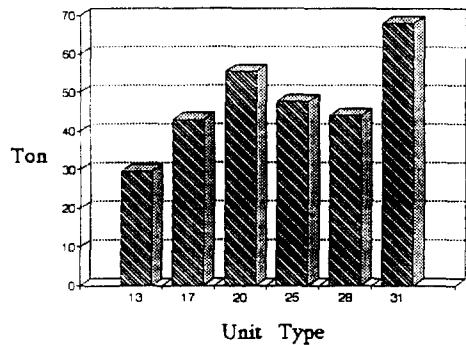


Fig.2 Annual Hot Consumption of Unit Type

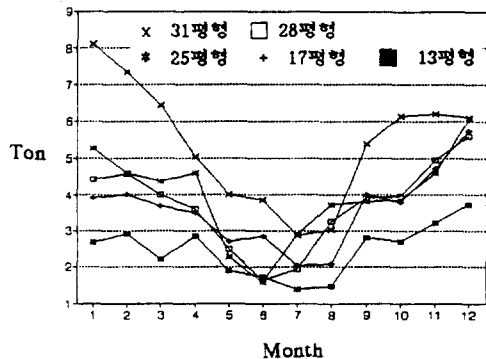


Fig.3 Monthly Hot Water Consumption of Unit Type

의 차이가 많고 11월~4월까지가 주난방기간으로 나타났다. 평형별로 월 소모량을 분석하면 Fig.6과 같이 평수가 증가함에 따라 연간 난방용 연료소모량은 증가하지만 1m<sup>2</sup>당연

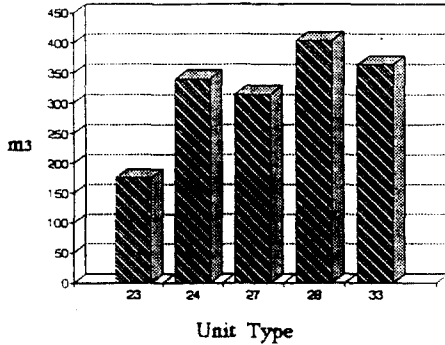


Fig.4 Annual Heating LPG Consumption of Unit Type

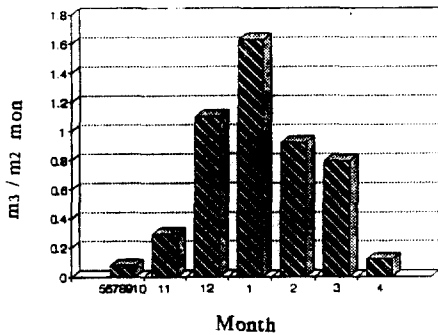


Fig.5 Monthly Heating LPG Consumption per 1 m<sup>2</sup>

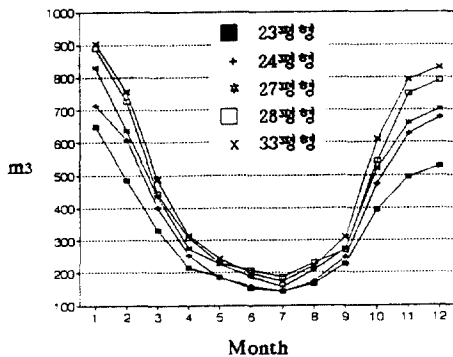


Fig.6 Monthly Fuel Consumption of Unit Type

료소모량은 감소하는 경향이 있어서 아무리 평수가 증가하고 감소하여도 연료소모량에는 상·하한선이 있고, 그 소모량의 차이가 적음을 알 수 있다. 난방기간 이외의 기간동안 미약하지만 난방을 시행하고 있으나 연료소모량이 0.08m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·mon로 미약하여 분석시 제거하였다.

#### 4. 연료소모량 산정을 위한 수리적 모델 설계

앞절에 조사분석된 연료소모량을 토대로 연료소모량에 영향을 주는 것으로 판단되는 조건(A:최상층 축세대, B:최상층 중간세대, C:중간층 축세대, D:중간층 중간세대, G:최하층 축세대, H:최하층 중간세대), 방위, 평수에 따라 산정할 수 있는 수리적 모델을 설정한다.

우선 연료소모량에 영향을 주는 위치, 방위, 평수 등의 변수를 확인하기 위해서 분산분석(ANOVA)하여 본 결과 집단간의 평균차이를 통계학적으로 유의도가 있는 것으로 확인되었다.

개급아파트에서 조사된 취사량을 토대로 월 취사용 연료소모량을 평수별로 추정하기 위한 회귀방정식을 유도하면 Fig.7과 같고, 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$Y_1' = 0.4 X + 3.49 \dots\dots\dots (2)$$

월 급탕용 연료소모량은 평형별로 추정할 수 있는 회귀방정식을 유도하기 위해서 개급아파트에서 조사된 급탕량을 토대로 회귀방정식을 유도하면 아래와 같다.

$$Y_2' = 0.13 X + 1.05 \dots\dots\dots (3)$$

Fig.3에서와 같이 월 변동량의 차이가 많아 식(3)과 같은 방정식을 그대로 사용하기에는 의미가 없으므로 월 평균값을 1로 보고 각월의 평균값을 환산하여 월 변화량을 반영할 수 있는 가중치식(회귀 방정식)을 구하였다. Table

2의 가중치 식에서 구한 가중치를 식(2)에 곱하면 아래와 같은 수정방정식을 구할 수 있다.

$$Y_2'' = Y_2' \times \text{가중치} \dots\dots\dots (4)$$

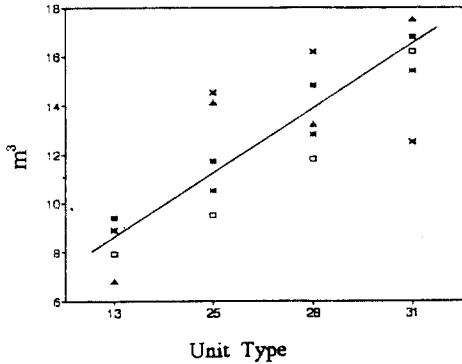


Fig.7 Monthly Cooking LPG Consumption of Unit Type

이러한 급탕량을 연료소모량으로 환산하기 위해서 1톤 = 7.09m³ 임으로 식(4)를 참조하여 식에 대입하면 아래와 같은 추정방정식을 구할 수 있다.

$$Y_2''' = Y_2'' \times 7.09 \dots\dots\dots (5)$$

위의 식(2)와 (5)를 이용하여 망미아파트의 연료량에서 구한 순수한 난방용 연료소모량을 토대로, 영향이 있다고 검정된 각 변수들을 고려하여 난방용 연료소모량을 평형별로 추정할 수 있는 회귀방정식을 유도하면 아래와 같다.

중간층 중간세대

$$Y_3' = 0.34 X_1^2 - 1.21 X_2 + 7.87 \dots\dots (6)$$

식(6)과 같이 2차방정식을 조건별로 구하여 이용할 수 있으나 실용화하기에는 계산이 복잡하고, 통계학적으로 유의도가 낮게 나타나므로 가장 상관관계가 있다고 할 수 있는 평형(규모)를 중심으로 위치별, 방향별로 나누어 회귀방정식을 유도하면 Table 4의 c와 같이 구할 수 있다. 그러나 Fig.6에서와 같이 월 변동량의 차이가 상당하고, 난방기간 이외의 기간에서 연료소모량이 미약하므로 이러한 것을 반영할 수 있는 가중치를 구하면 Table 3과 같다. 이러한 가중치를 Table 4의 c 식에 곱하면 아래와 같다.

중간층 중간세대

$$Y_4 = Y_3' \times \text{가중치} \dots\dots\dots (7)$$

식(7)과 같이 각 변수를 고려한 난방용 연료소모량을 추정할 수 있는 간편한 수리적 모델을 설정할 수 있다.

Table 2 Hot Water Weight Equation

Month	Weight Equation
1	$F = -0.02X + 1.88$
2	$F = 0.032X + 0.578$
3	$F = 6.6 \times 10^{-3} X + 1.046$
4	$F = 0.019X + 0.66$
5	$F = -8.55 \times 10^{-3} X + 1.22$
6	$F = -6.45 \times 10^{-3} X + 0.84$
7	$F = -0.011X + 0.87$
8	$F = -2.88 \times 10^{-3} X + 0.64$
9	$F = 8.28 \times 10^{-3} X + 0.52$
10	$F = -9.85 \times 10^{-3} X + 1.27$
11	$F = -9.79 \times 10^{-4} X + 1.08$
12	$F = 1.79 \times 10^{-3} X + 1.26$

Table 3 Heating Weight Equation

Month	Weight Equation
11	$F = 7.5 \times 10^{-3} X - 0.12$
12	$F = -0.016X + 2.41$
1	$F = -5.2 \times 10^{-3} X + 2.49$
2	$F = 0.014X + 0.02$
3	$F = 2.72 \times 10^{-3} X + 0.74$
4	$F = -3.93 \times 10^{-3} X + 0.4$

### 5. 비교분석 및 고찰

난방용 연료소모량(난방부하)을 산정함에 있어, 본 논문에서 제시한 간이 계산법에 의한 방식의 효율성을 결정하기 위해서 기준방식에 의한 값과 비교한다. 한 예로서 15층

120 세대 아파트를 건축하고자 할 때 24평형 (전용면적: 61.56 m<sup>2</sup>) 아파트의 취사량, 급탕량, 1m<sup>2</sup> 당 연간 난방용 연료소모량, 최대난방부하, 1월중 난방용 연료소모량을 구하여 보자. 실제조사를 토대로 작성한 간이 계산법에 의하면 아래와 같다.

1) 취사용 연료소모량

식(2)를 이용하면 월평균 취사용 연료소모량은 아래와 같다.

$$0.4 \times 24 + 3.49 = 13.09 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (8)$$

2) 급탕용 연료소모량

식(3)을 이용하면 월평균 급탕용 연료소모량은 아래와 같다.

$$0.13 \times 24 + 1.05 = 4.17 \text{ ton} \dots\dots\dots (9)$$

월별로 구하려면 가중치를 곱하면 된다. 한예로 1월의 값은 아래와 같다.

$$4.17 \times (-0.02 \times 24 + 1.88) = 5.84 \text{ ton} \dots\dots\dots (10)$$

3) 1m<sup>2</sup> 당 연간 난방용 연료소모량

조건(위치): 남향 중간층 중간세대인 경우 Table 4의 D조건인 c 방정식에서 월평균 난방용 연료소모량은 아래와 같다.

$$(0.00168 \times 61.56 + 0.327) \times 1.6 = 0.68 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{mon} \dots\dots\dots (11)$$

난방기간(6개월) 동안의 값은 4.08 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·yr이고, 열량으로 환산하면 아래와 같다.

$$4.08 \times 7,000 \times 0.8325 = 23,776 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{yr} \dots\dots\dots (12)$$

4) 최대 난방부하<sup>6)</sup>

3)에서 구한 값을 토대로 건설부에서 추천한 식(13)을 이용하여 최대난방부하를 계산하면 아래와 같다.

단위면적당 연간난방부하 (mcal/ m<sup>2</sup>·yr)

$$\frac{\text{최대난방부하(kcal/hr)} \times 24 \times \text{난방도일} \times (0.45 - 0.01 \times \text{층수})}{\text{난방면적(m}^2\text{)} \times \text{온도차} \times 1000} \dots\dots\dots (13)^7$$

식(13)에 난방도일 2,500 (°C, day), 온도차 24.6 (°C)를 대입하면 식(14)와 같다.

$$23.78 = \frac{X \times 24 \times 2,500 \times 0.3}{61.56 \times 24.6 \times 1,000} \dots\dots\dots (14)$$

식(14)를 풀면 최대난방부하 2,001 kcal/hr가 된다. 이와 같은 방식으로 그 이외의 집단에 해당하는 최대난방부하를 구하여 중간층 중간세대를 100으로 보고 환산하여 Table 4의 a와 같은 비교계수를 구하였다.

5) 월별 난방용 연료소모량

3)의 조건하에 1월의 값을 구하면 월평균 난방용 연료소모량은 Table 4의 D조건인 c 방정식에서 0.68 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·mon를 구하고, 1월의 가중치는 Table 3에서 2.4를 구하여 곱하면 1.63 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·mon를 구할 수 있다.

기존방식인 LOADSYS PROGRAM을 이용한 최대부하 산출방식에 의하면, 3) 조건인 최대난방부하 값이 2,644 kcal/hr가 산출되었다. 본 논문의 식에 의한 값(2,001 kcal/hr)은 LOADSYS PROGRAM에서 구한 값의 68% 수준이다. 그의 집단에 해당되는 최대난방부하를 구하여 중간층 중간세대를 100으로 보고 환산하여 Table 4의 b와 같은 비교계수를 구하였다.

이와같이 본 논문에서 제시한 방정식은 여러 용도로 사용할 수 있고 계산방법이 간편하고 입력데이터도 평수에 한정되어 있어 기존의 방식보다는 효율적이라 생각된다.

6) 부산이외 지방의 산출방법

(1) 비난방실이 없는 경우

실내 총손실열량은 관류와 극간풍에 의한 손실열량의 합이므로 아래와 같은 식을 구할 수 있다.

Table 4. Heating Load Coefficient Table

- Corridor Type (a Southern Exposure)

A a: 161 b: 127 c: $Y = (2.81 \times 10^{-3} X_1 + 0.5) \times 1.6$	B a: 118 b: 119 c: $Y = (-6.64 \times 10^{-3} X_1 + 0.99) \times 1.6$	A a: 161 b: 127 c: $Y = (2.81 \times 10^{-3} X_1 + 0.5) \times 1.6$
C a: 157 b: 127 c: $Y = (7.02 \times 10^{-4} X_1 + 0.64) \times 1.6$	D a: 100 (2001 kcal/hr) b: 100 (2644 kcal/hr) c: $Y = (1.68 \times 10^{-3} X_1 + 0.327) \times 1.6$	C a: 157 b: 127 c: $Y = (7.02 \times 10^{-4} X_1 + 0.64) \times 1.6$
G a: 152 b: 119 c: $Y = (8.19 \times 10^{-3} X_1 + 0.06) \times 1.6$	H a: 130 b: 111 c: $Y = (5.056 \times 10^{-4} X_1 + 0.54) \times 1.6$	G a: 152 b: 119 c: $Y = (8.19 \times 10^{-3} X_1 + 0.06) \times 1.6$

- Corridor Type (a Eastern Exposure and Western Exposure)

A a: 157 b: 123 c: $Y = (1.98 \times 10^{-4} X_1 + 0.4) \times 1.6$	B a: 150 b: 118 c: $Y = (-0.01 X + 1.36) \times 1.6$	A a: 157 b: 123 c: $Y = (1.98 \times 10^{-3} X_1 + 0.4) \times 1.6$
C a: 145 b: 123 c: $Y = (7.16 \times 10^{-3} X_1 + 0.107) \times 1.6$	D a: 100 (2089 kcal/hr) b: 100 (2728 kcal/hr) c: $Y = (-1.99 \times 10^{-3} X_1 + 0.57) \times 1.6$	C a: 145 b: 123 c: $Y = (7.16 \times 10^{-3} X_1 + 0.107) \times 1.6$
G a: 143 b: 116 c: $Y = (-0.019 X + 2.07) \times 1.6$	H a: 105 b: 108 c: $Y = (7.86 \times 10^{-3} X_1 + 0.028) \times 1.6$	G a: 143 b: 116 c: $Y = (-0.019 X + 2.07) \times 1.6$

- Hall Type (a Southern Exposure) (an Eastern Exposure and)

A a: 123 b: 116 c: $Y = (6.36 \times 10^{-3} X + 0.11) \times 1.6$	A a: 122 b: 116 c: $Y = (0.016 X - 0.2) \times 1.6$
C a: 100 (2676 kcal/hr) b: 100 (4138 kcal/hr) c: $Y = (9.55 \times 10^{-3} X_1 - 0.019) \times 1.6$	C a: 100 (3281 kcal/hr) b: 100 (4138 kcal/hr) c: $Y = (8.91 \times 10^{-3} X_1 + 0.15) \times 1.6$
G a: 119 b: 109 c: $Y = (5.09 \times 10^{-3} X_1 + 0.4) \times 1.6$	G a: 109 b: 109 c: $Y = (0.01 X + 0.09) \times 1.6$

- A : The end side households on the Top Floor
- B : The middle side households on the Top Floor
- C : The end side households on the Middle Floor
- D : The middle side households on the Middle Floor
- G : The end side households on the Bottom Floor
- H : The middle side on the Bottom Floor
- a : Heating Load Coefficient by Investigation
- b : Heating Load Coefficient by LOADSYS PROGRAM
- c : Monthly average Heating Fuel Consumption Equation



관류에 의한 손실열량은 식(15)와 같고

$$q_t = \sum_{i=1}^n A_i K_i (t_r - t_o) \dots\dots\dots (15)$$

극간풍에 의한 손실열량은 식(16)과 같다.

$$q_i = \sum_{i=1}^n 0.288 Q_i (t_r - t_o) \dots\dots\dots (16)$$

따라서 총손실열량은 식(17)과 같이 구할 수 있다.

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta t (A_i K_i + 0.288 Q_i) \dots\dots\dots (17)$$

벽체구성이 건축법 규정에 의하여 단일설계되어 A K와 Q가 어느 지방이나 비슷하다고 보면 실내 총손실열량 Q는 Δt에 비례하므로 그 비율에 따라 제시된 열량치를 가산하면 구하는 지방의 필요 난방부하를 산정할 수 있다(부산지방 공동주택 외기온도 : -4.6°C)<sup>7)</sup>.

(2) 비난방실이 있는 경우

비난방실의 경우도 외부온도와 같은 비율을 적용하면 된다.

$$\frac{Q_s}{Q_p} = \frac{K(t_r - t_{os})A}{K(t_r - t_{op})A} = \frac{t_r - t_{os}}{t_r - t_{op}} \dots\dots (18)$$

$$t' = \frac{t_r (A_1 K_1 + A_2 K_2 - A_n K_n) + t_o (A_{a1} K_{a1} + A_{a2} K_{a2} - A_{an} K_{an})}{(A_1 K_1 + A_2 K_2 - A_n K_n) + (A_{a1} K_{a1} + A_{a2} K_{a2} - A_{an} K_{an})}$$

$$= \frac{t_r w_i + t_o w_o}{w_i + w_o} \dots\dots\dots (19)$$

지금 부산지방의 비난방실과 실내온도와의 차이와 어느 지방의 비난방실과 실내온도 차이의 비율을 γ라 하면

$$\gamma = \frac{t_r - (t_r w_i + t_o w_o) / (w_i + w_o)}{t_r - (t_r w_i + t_o w_o) / (w_i + w_o)}$$

$$= \frac{(t_r w_i + t_r w_o - t_r w_i - t_o w_o) / (w_i + w_o)}{(t_r w_i + t_r w_o - t_r w_i - t_o w_o) / (w_i + w_o)}$$

Table 5 Satisfaction about Attribution of Inner Heating Environment

Factor	Scale	Seoul - APT <sup>9)</sup> Central Heating	Gae - Gem APT	Mang - Mi APT
Indoor Temperature	1	3.2	3.8	5.7
	2	10.0	7.8	14.0
	3	10.4	21.5	18.2
	4	27.9	36.4	36.0
	5	14.7	13.1	8.9
	6	23.0	11.1	11.7
	7	10.8	6.5	5.5
RSI		64.7	58.1	55.1
Indoor Air	1	4.7	1.4	2.0
	2	9.5	6.5	2.3
	3	20.9	19.6	11.5
	4	34.4	50.2	45.8
	5	13.4	7.2	11.1
	6	13.4	13.0	18.2
	7	3.6	2.2	3.6
RSI		56.7	57.6	59.2
Heating Cost	1	5.2	2.9	3.3
	2	12.7	8.4	5.4
	3	21.1	16.5	14.9
	4	34.7	44.3	28.6
	5	12.9	11.6	21.0
	6	11.6	8.6	22.5
	7	2.0	7.7	4.3
RSI		54.3	58.6	63.2
City Gas	1	1.6	1.8	2.9
	2	4.7	6.5	6.1
	3	7.1	11.9	10.4
	4	36.6	44.0	31.2
	5	15.7	11.6	19.7
	6	24.8	18.8	18.6
	7	9.4	5.4	11.1
RSI		67.4	62.2	65.6
OS		243.1	236.5	243.1
MOS		60.8%	59.1%	60.8%

$$= \frac{t_r w_o - t_o w_o}{t_r w_o - t_o w_o} = \frac{t_r - t_o}{t_r - t_o} \dots\dots\dots (20)$$

그러므로  $Q_s/Q_p$ 는 비난방실의 경우도 같은 비율을 적용할 수 있다.

조건별 대소를 비교하면 일자형 아파트는  $A>B>G>H>C>D$ 로 되어야 하나 실제부하량은 남향인 경우  $A>C>G>H>B>D$ , 동서향인 경우  $A>B>C>G>H>D$  순서로 나타났다. 이 원인은 건물외피 구조와 축열성능, 에너지 절약 의지 실내외의 부하변동에 따른 대응운전 방법 등에 따른 것이라 생각된다. 또한 구조체 시공정밀도, 운전방법, 거주민의 생활양식 및 행태 등의 영향이 작용한 것으로 볼 수 있다. 간이 계산법에 의한 값과 LOADSYS PROGRAM에 의한 값이 차이가 있어 각 주민을 상대로 실내환경에 대한 만족도를 조사하였다. 망미, 개금아파트의 세대별 주민을 대상으로 실내열환경과 관계있는 4가지의 기준요소에 대하여 만족도를 조사한 결과 Table 5와 같이 나타났다. 만족정도는 Likert의 7단계 척도 즉 대단히 좋다(7점), 만족하다(6점), 약간 만족하다(5점), 보통이다(4점), 약간 불만족하다(3점), 불만족하다(2점), 매우 나쁘다(1점)으로 하여 측정하였다. 이러한 만족정도를 객관화, 개량화 하여 만족수준을 평가할 수 있도록 Onibokun(1974)연구에서 상대만족지표(RSI)를 구하였다.

$$RSI = \left( \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} \right) \times 100 \dots\dots\dots (21)$$

개별 기본요소가 실내열환경 속성에 대한 총체적 만족도를 구하기 위해

$$OS = \sum_{i=1}^n RSI_i; \dots\dots\dots (22)$$

식(22)을 사용하여 구하고, 총체적 만족도의 이해를 돕기 위하여 식(23)에 의하여 백분율로 나타내었다.

$$ROS = (OS/MOS) \times 100 \dots\dots\dots (23)$$

실내열환경의 기준요소에 대하여 비교적 만족하고 있는 중앙집중식으로 연료를 공급하고 있는 서울지역 아파트의 총체적 만족도와 본

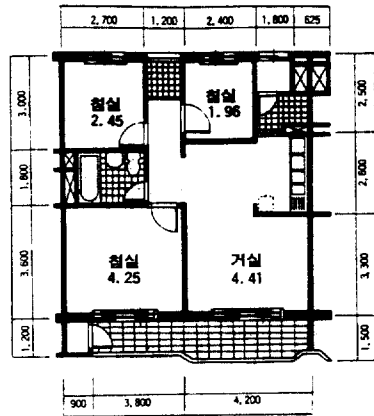


Fig.8 28 Type Plan(Exclusive Area 78 m<sup>2</sup>)

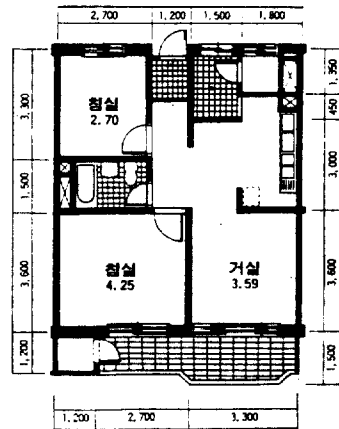


Fig.9 24 Type Plan(Exclusive Area 61 m<sup>2</sup>)

논문의 조사대상 아파트의 총체적 만족도 값을 비교한 결과 큰 차이를 보이지 않고 있고 난방비, 실내공기 쾌적도에서는 상대만족지표가 높게 나타났다. 본 논문에서 제시한 간이 계산법에 의한 난방부하량이 LOADSYS PROGRAM에 의한 값보다 적게 제시되지만 현상황을 반영한 적정설계 난방부하량이라 볼 수 있다.

## 6. 결 론

공동주택 연료소모량 간이계산법을 연구하여 본 결과,

- 1) 공동주택의 1인당 취사용 LPG량(발

열량 7,000kcal/m<sup>3</sup>)은 1.98m<sup>3</sup> 이고, 연간 취사용 LPG 량은 평형이 클수록 증가하지만 1m<sup>2</sup> 당 LPG 량은 감소하는 것으로 나타났다. 월 평형별 취사용 LPG 량을 추정할 수 있는 방정식을 유도하였다.

2) 공동주택의 1m<sup>2</sup> 당 연간 급탕량은 0.62 ton 이고, 연간 급탕량은 평형과 비례하여 증가하지 않으며, 월별 변화가 심하게 나타났다. 월 평형별 급탕용 LPG 량(발열량 7,000kcal/m<sup>3</sup>)을 추정할 수 있는 방정식을 유도하였다.

3) 공동주택의 1m<sup>2</sup> 당 연간 난방용 LPG 량(발열량 7,000kcal/m<sup>3</sup>)은 4.61m<sup>3</sup> 이며, 연간 난방용 LPG 량은 평형과 비례하여 증가하는 경향이 있으나, 1m<sup>2</sup> 당 연간 난방용 LPG 은 평형이 증가할수록 감소하는 경향이 있고 월별 변화가 심하게 나타났다.

4) 조사에 의한 난방부하량이 일자형 남향인 경우 A>C>G>H>B>D 동·서향인 경우 A>B>C>G>H>D 순으로 나타나 기존방식(LOADSYS PROGRAM)에 의한 값과 다소 차이가 있다. 본 조사에 의한 수리적 모델 Table 4 을 이용하여 각 변수별 최대 난방부하, 난방용 연료소모량 등을 간편하고, 현실에 맞게 구할 수 있고, 중앙집중식 난방에 있어서는 각 세대별로 합리적인 난방 연료비를 부과하는 기초적인 근거를 구할 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. 이병영외 1인, 1977. "단지형 아파트 난

방과 그 고려사항", 공기조화·냉동공학회, 제 6 권, 제 3 호, pp. 202-207.

2. 손장열외 2인, 1989, "건물외벽의 전열 특성 평가에 관한 실측연구", 공기조화·냉동공학회 논문집, 제 1 권, 제 3 호, pp. 234-238.
3. 김두천외 1인, 1989. "간이에너지 계산법과 동적 열부하계산법의 비교연구", 공기조화·냉동공학회 논문집, 제 1 권, 제 3 호, pp. 203-209.
4. 서승직, 1989. "건축설비", 일진사, pp. 225.
5. 오정무외 2인, 1988. "아파트 난방방식에 의한 건물열성능 실험연구", 공기조화·냉동공학회, 동계 학술대회, pp. 19-23.
6. ASHRAE, 1981. "Handbook of Systems. chapte 43"
7. 건설부, 1988. "건설부 고시 제 484 호".
8. 대한주택공사, 1991. "건축설비 설계지침 연구 11", 연구 91-7, pp. 231-250.
9. 이 훈, 1985. "주거환경의 체계적 평가 방법론에 관한 연구", 연세대 박사논문, pp. 36-39.
10. 김신도, 1986. "사무소용 건물의 에너지 소비 실태에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제 2 권, 제 2 호, pp. 145-150.
11. 渡邊要, 1968. "사무소 건축의 공조설비 운전평상비에 관한 연구", 일본공기조화·위생공학회, 제 42 권, 제 3 호, pp. 33-44.