

공동주택의 최적 열공급을 위한 난방부하 예측에 관한 연구§

유성연* · 김태호*† · 한규현* · 윤홍익** · 강형철** · 김경호***

* 충남대학교 기계설계공학과, ** 가교테크, *** 대전도시공사 시설사업팀

Prediction of Heating Load for Optimum Heat Supply in Apartment Building

Seong-Yeon Yoo*, Tae-Ho Kim*†, Kyou-Hyun Han*, Hong-Ik Yoon**, Hyung-Chul Kang** and Kyung-Ho Kim***

* Dept. of Mechanical Design Engineering, Chungnam Nat'l Univ., ** Ga-Kyo Tech, *** Daejeon City Corporation

(Received December 23, 2011 ; Revised May 10, 2012 ; Accepted May 25, 2012)

Key Words: Apartment Building(공동주택), Optimum Heat Supply(최적 열공급), Prediction of Heating Load(난방부하 예측), Prediction of Temperature and Humidity(온습도 예측)

초록: 지역난방 시스템의 최적 스케줄 제어를 위해서는 난방부하 예측이 필요하다. 공동주택의 난방부하는 복잡한 변수들의 영향을 받기 때문에 손쉬운 난방부하 예측을 위해 사용하기 쉬우며 효율성 있는 예측방법의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 일일의 시간별 난방부하를 예측하기 위해 단순화된 외기조건 예측방법과 부하 예측방법을 제안하였다. 난방부하 예측을 위해 건물설계서에서 쉽게 얻을 수 있는 간단한 사양과 예측된 온습도가 사용되었다. 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위해 지역난방 시스템으로부터 시간별로 실측된 난방부하와 예측된 결과를 비교하였다. 예측된 외기조건은 실측된 값과 비교하여 변화양상이 잘 일치하였다. 예측된 난방부하와 측정된 난방부하를 비교한 결과, 시간별, 일별, 월별 모두 예측과 실측이 비교적 잘 일치하였으며, 난방기간 동안 월별 부하의 평균 오차는 약 4.68%로 비교적 작은 값을 가졌다.

Abstract: It is necessary to predict the heating load in order to determine the optimal scheduling control of district heating systems. Heating loads are affected by many complex parameters, and therefore, it is necessary to develop an efficient, flexible, and easy to use prediction method for the heating load. In this study, simple specifications included in a building design document and the estimated temperature and humidity are used to predict the heating load on the next day. To validate the performance of the proposed method, heating load data measured from a benchmark district heating system are compared with the predicted results. The predicted outdoor temperature and humidity show a variation trend that agrees with the measured data. The predicted heating loads show good agreement with the measured hourly, daily, and monthly loads. During the heating period, the monthly load error was estimated to be 4.68%.

1. 서론

최근 에너지 소비를 줄이고 이산화탄소의 배출 저감이 가능한 설비인 소형열병합발전은 에너지 효율이 높은 장점을 가지는 동시에 인구의 집중도가 높고 도시의 주거형태가 공동주택의 비율이 높은 국내의 현실에 유리한 시스템으로 2000년대에 이르러 보급이 확대되어 왔다.⁽¹⁾ 이러한 냉난

방 시스템의 효율화 및 안정적인 제어를 위한 중요한 요소는 시간별 난방부하 분포이다. 과도한 부하 예측에 따른 열 공급은 공급유량 및 이송동력의 증가로 인해 에너지 사용량 증가를 야기시키고, 부족한 부하 예측은 오히려 거주자의 불쾌감 증가 및 보조 난방기 사용을 야기하여 궁극적으로 에너지 사용 증가라는 결과를 낳게 된다.

건물의 부하예측이나 계산에 관련된 과거 연구의 대부분은 동적해석법을 적용한 시뮬레이션 프로그램 개발 또는 동적해석 프로그램의 결과를 이용한 통계분석을 통한 간이식 예측에 비중을 두었다. 그러나 이러한 방법들은 고도의 숙련이 필요하고 방

§ 이 논문은 대한기계학회 2011년도 추계학술대회(2011. 11. 2.-4., EXCO) 발표논문임

† Corresponding Author, thkim2845@naver.com

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

대한 변수에 의해 시간이 많이 소요되기 때문에 시스템의 즉각적인 운영을 위해 사용되기에는 어렵다. 또한 지역별 및 세대면적별로 정해진 단위난방부하를 이용하는 방법은 시간별 부하분포를 얻을 수 없다. 따라서 현장에서 시스템 운전에 필요한 난방부하 예측을 하려면 사용하기 간단하면서도 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있는 난방부하 예측방법이 필요하다.

2. 외기조건 예측

2.1 시간대별 외기온도 예측 방법

정확한 부하 예측을 위해서는 신뢰할 수 있는 외기조건이 필요한데, 본 연구에서는 현장에서 시스템 운전자의 손쉬운 사용을 위해 기상청에서 예보하는 최고, 최저온도만을 가지고, 익일의 온도를 예측하는 방법을 제시하였다. 이를 위해 대전지역 기상청에서 측정했던 2005 ~ 2009년까지 5년간 데이터를 활용하였다. 5년간 각 월의 맑은 날만을 고려한 하루 평균 외기온도의 변화를 분석한 결과, 월별로 최고온도와 최저온도가 나타나는 시간에 약간의 차이가 있으나 단조증가와 감소를 반복하는 일정한 변화 양상을 보임을 알 수 있었다. 이러한 양상을 이용하여 외기온도를 예측하기 위해 식 (1)과 같이 최고온도를 1로 최저온도를 -1로 설정하여 무차원화 시킴으로써 계절별로 온도변화양상을 정의하였다.

얻어진 시간별 무차원온도 상관식과 기상청의 자동응답시스템을 통해 쉽게 얻을 수 있는 최고, 최저온도를 식 (2)에 대입함으로써 하루동안의 시간별 온도변화를 예측할 수 있다.

$$T^*(h) = \frac{T(h) - T_{avg}}{T_{max} - T_{avg}}, -1 \leq T^* \leq 1 \quad (1)$$

$$T_{es,o}(h) = T_{avg} + T^*(h)(T_{max} - T_{avg}) \quad (2)$$

2.2 시간대별 외기습도 예측 방법

하루 중 상대습도는 온도에 반비례하며, 이는 상대습도가 주어진 온도의 포화 수증기량에 대한 실제 수증기량의 비이기 때문이다. 하지만 온도와 습도가 반비례하는 정도는 계절과 날씨 별로 다르므로 간단한 반비례식에 통계적으로 구한 가중치를 고려하는 다음과 같은 식 (3)를 제시한다.

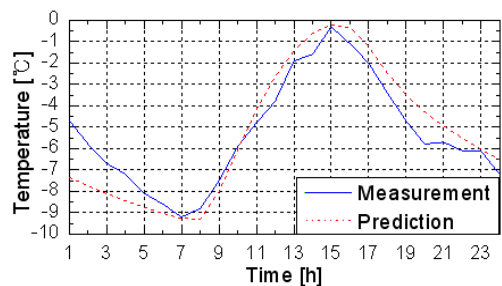
$$RH(h) = (-m \times T(h)) + n \quad (3)$$

여기서 가중치 n 은 온도와 상대습도의 수치적 차이를 보정하며 매일의 온도와 상대습도의 평균 차이로 구하고, 가중치 m 은 습도가 온도에 반비례하는 정도를 조정하며, 0.1 간격으로 바꾸어가며 실제 습도와 m 값의 변화에 따른 예측 습도의 오차가 가장 작은 값으로 정하였다. 이로써 m 값은 계절별 일교차의 영향을, n 값은 우리나라에 영향을 미치는 기단의 영향을 반영하게 된다. 이때 강수량이 측정된 날과 측정되지 않은 날을 나누어 평가하였으며, 최종적으로 연중일수(d)에 따라 변하는 m 값과 n 값의 식이 얻어진다. 따라서 예측된 온도변화에 m 값과 n 값을 식 (4)에 대입함으로써 시간별 상대습도를 예측할 수 있다.

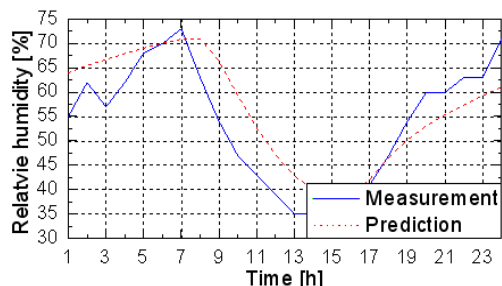
$$RH_{es,o}(h) = m(T_{es,o}(h) - T_{avg}) + n \quad (4)$$

2.3 외기조건 예측 결과 및 고찰

제안된 외기온습도 예측 방법으로 얻어진 예측된 값과 기상청으로부터 측정된 값을 비교하였다. 대전지역, 2009년 1월 1일, 하루동안의 예측값과 측정값을 비교하면 Fig. 1과 같고 2009년 1월, 한 달 동안의 결과를 비교하면 Fig. 2와 같다.



(a) Temperature



(b) Relative humidity

Fig. 1 Comparison of measured temperature and humidity with those of prediction for one day

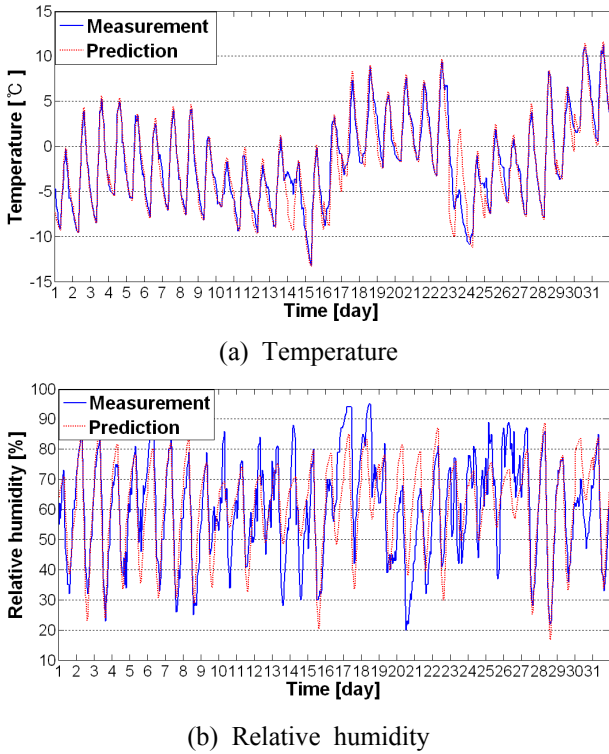


Fig. 2 Comparison of measured temperature and humidity with those of prediction for one month

Fig. 1에 보인 하루 중 최대값과 최소값 및 변화양상을 보면 온도는 매우 잘 일치하고 습도는 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 예측된 온도보다 실측된 온도가 새벽에 더 높는데 이는 전날의 외기온도가 높았기 때문으로 제시한 방법이 전날의 외기조건을 고려하지 않기 때문에 생기는 오차이다. 습도는 실측된 습도와 약간의 시간 차이를 보이는데 이는 낮은 온도에서 공기가 가지는 내부에너지가 적기 때문에 실제 외기습도는 온도 등 작은 외부환경 변화에도 민감하게 반응하기 때문이라 판단된다. Fig. 2의 한 달 동안의 변화를 보면 실측온도가 예측된 온도에 비해 변화가 적은 날(14일과 23일)이 있는데 이는 공통적으로 소나눈이 온 날로, 잠열의 영향이 커져 온도가 크게 변하지 않았기 때문이라 판단된다. 제한한 습도 예측 방법은 온도에서 습도를 도출하는 특성상, 온도의 오차로 인해 습도에서도 오차가 생긴다. 마지막으로 습도예측에 오차가 생기는 기간(19일 ~ 21일)이 있는데 이때는 겨울임에도 비가 온 기간으로, m과 n값을 구할 때 비 온 날과 눈 온 날이 모두 강수량이 측정된 날로 동일하게 간주되었기 때문에 생긴 오차이다.

3. 난방 및 급탕부하 예측

3.1 난방부하 예측 방법

난방부하의 종류는 온도차에 의한 전도열부하, 침입외기부하, 손실열량부하 등이 있다. 이는 냉방부하에 비해 간단한데, 그 이유는 일반적으로 부하를 평가할 때 최대부하를 기준으로 평가하기 때문에 난방부하에 이득이 되는 인체부하, 기기부하, 태양복사열 등이 제외되기 때문이다. 하지만 본 연구에서는 보다 정확한 부하를 예측하기 위해 부하에 이득이 되는 요인을 고려하였다.

부하에는 구조체에 의한 부하, 외기에 의한 부하, 일사량 부하, 인체부하, 기기부하 등이 있으며 부하에 대한 손실, 이득에 따른 시간별 난방부하율로 나타내면 다음 식 (5)와 같다.

$$\dot{Q}_{heat}(h) = \dot{Q}_{win}(h) + \dot{Q}_{wall}(h) + \dot{Q}_{air}(h) - \dot{Q}_{sol}(h) - \dot{Q}_{etc}(h) \quad (5)$$

여기서 $\dot{Q}_{win}(h)$ 는 창호에 의한 전도열, $\dot{Q}_{wall}(h)$ 는 벽체에 의한 전도열, $\dot{Q}_{air}(h)$ 는 외기에 의한 부하, $\dot{Q}_{sol}(h)$ 는 일사에 의한 열유입, $\dot{Q}_{etc}(h)$ 는 인체, 기기, 기타부하를 의미한다. 이때 지역난방수는 각 세대에서 사용되는 급탕을 가열하는 역할까지 하므로 총 부하는 세대를 난방하는 난방수부하($\dot{Q}_{heat}(h)$)와 세대에 온수를 공급하는 급탕부하($\dot{Q}_{wat}(h)$)의 합이 된다.

창호에 의한 전도열부하($\dot{Q}_{win}(h)$)는 다음과 같은 식 (6)로 정의된다.

$$\dot{Q}_{win}(h) = k \times A \times (t_i - t_{e,s,o}(h)) \quad (6)$$

여기서 k 는 창호의 열관류율[kcal/m²h°C], A 는 창호의 면적[m²], t_i 는 실내온도, t_o 는 실외온도[°C]를 의미하며, 창호의 열관류율 k 는 설계서에서 쉽게 구할 수 있는 값이다. 창호면적 A 는 환기와 일조량을 위해 바닥면적에 비례하는 경향이 있으며, 표준주택에서도 창호면적은 바닥면적의 함수로 설계된다. 이에 착안하여 본 연구에서는 여러 설계서를 분석하여 바닥면적과 창호면적의 상관식을 추정함으로써 창호에 의한 전도열부하 계산에 적용하였다.

$\dot{Q}_{wall}(h)$ 는 벽체 전도부하로써 다음 식 (7)과 같이 구해진다.

$$\dot{Q}_{wall}(h) = k \times A \times (t_i - t_{es,o}(h)) \times K \quad (7)$$

여기서 K 는 방위계수를 나타내며 난방부하에서는 통상 1로 설정한다. 벽체의 열관류율 k 도 설계서에서 쉽게 얻을 수 있는 값이며, A 는 외기에 접한 벽체면적으로 이는 다른 부하계산 방법에서는 매우 번거로운 과정이지만 본 연구에서는 공동주택의 구조를 환기, 일조량 등에 장점에 장점을 가지는 판상형으로 가정하여 그 과정을 단순화하였다. 실제로 대한건축학회논문집에 수록된 “아파트 주동평면형태의 특성 및 개방성에 관한 연구”⁽²⁾에서 대구지역 아파트를 분석한 결과, 판상형과 변형판상형이 주거용 아파트의 80% 이상을 차지하는 것으로 조사됐다. 본 연구에서는 설계서를 통해서 얻어진 세대 면적과 한 층당 세대수를 분석하여 지붕면적을 구하였고, 한 층의 외벽면적에 층수를 곱함으로써 총 외벽면적을 구하였다.

외기에 의한 부하 $\dot{Q}_{air}(h)$ 는 식 (8)로 정의된다.

$$\dot{Q}_{air}(h) = \rho \times Q \times (h_i - h_{es,o}(h)) \quad (8)$$

여기서 ρ 는 공기의 밀도, h 는 공기의 엔탈피, Q 는 환기량을 의미하며, 엔탈피는 앞서 구해진 공기의 두 가지 상태량인 온도와 습도로부터 구해진다. 이때 환기량은 극간풍량 산출방법 중 하나인 환기횟수법을 사용하였으며, Q 는 환기횟수에 방의 체적을 곱하여 구해진다. 환기횟수는 법적 기준인 시간당 0.7회를 기준으로 하였다.

$\dot{Q}_{sol}(h)$ 은 일사량 부하를 의미하며, CRM(Cloud cover Radidation Model)법을 이용하여 일사량을 산출하였다. CRM법에 의해 정의된 수평면 전일사량은 식 (9)과 같다.

$$\begin{aligned} I_{GC} &= A \sin \alpha - B \\ I_G &= I_{GC}(1 - C(N/8)^D) \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 I_{GC} 는 맑은날 수평면 전일사량(W/m^2)이고, I_G 는 운량의 영향이 내포된 전일사량이다. 또

한 산출계수 A, B, C, D 는 한국태양에너지학회 논문집에 수록된 “국내 주요도시의 운량데이터를 이용한 전일사 산출 및 비교”⁽³⁾에서 구해진바 있으며 이를 이용하였다. α 는 태양고도를 나타내며 N 은 10월의 운량을 8월로 나눈 값이다. 구해진 일사량 값에 차폐계수와 창호면적을 곱하고 남향에 대한 영향만을 고려하기 위해 1/2을 곱함으로써 유입되는 일사열 \dot{Q}_{sol} 을 구한다.

$\dot{Q}_{etc}(h)$ 는 인체부하, 내부발생열, 기타부하를 의미하지만, 본 연구에서는 인체부하만을 고려하였다. 인체부하는 인원수에 인체의 현열과 잠열을 곱함으로써 구해지는데 본 연구에서는 혼한 가정이 생활하는 공동주택이라 간주하여 세대당 인원수를 4명으로 가정하였다. 인체의 현열량은 62 kcal/h 인, 잠열량은 29 kcal/h 인 것으로 설정하였다. 그리고 생활패턴을 감안하여 오전 8시 ~ 오후 7시까지의 집에 주부만 있다고 가정하였다.

추가적으로 고려하여야 할 사항은 거주자의 취침시간이다. 새벽에는 외기온도가 낮음에도 불구하고 난방부하가 매우 낮게 측정된다. 이는 사람들이 잠들기 전, 실내온도제어기를 취침모드로 설정하거나 보조 난방기를 사용하기 때문이라 판단된다. 이를 고려하기 위하여 2003년 소비자 행태 조사에서 조사된 소비자, 즉 거주자의 기상시간과 취침시간을 이용하였다. 에너지절약을 목적으로 권장되는 실내온도는 20°C 이나 이는 보통 사람들이 입는 착의량으로는 쾌적함을 느끼지 못하는 온도이다. 따라서 좀 더 현실적인 적용을 위해 1990년 대한주택공사에서 보고된 “실내온열 환경조사연구”를 참조하여 실내온도를 23°C 로 설정하였다. 또한 온도제어기의 알고리즘을 고려하여 취침모드의 실내설정온도는 18°C 로 설정하였다. 따라서 기상하는 사람과 취침에 드는 사람의 비에 따른 실내설정온도는 Table 1과 같다.

3.2 급탕부하 예측 방법

급탕부하는 거주자의 생활패턴, 시수온도, 공급온도 등의 복잡한 인자로 인해 영향을 받으며, 이를 구하기 위해서는 추가적인 계측장비가 요구된다. 하지만 본 연구에서는 급탕부하가 총 난방부하(난방부하+급탕부하)의 대부분은 차지하는 여름철을 이용함으로써 급탕부하를 예측하는 방법을 모색하였다. 각 세대에서 실제로 사용되는 급탕부하는 다음 식 (10)로 구해진다.

Table 1 Setting temperature with life pattern

	Time	Proportion	Setting temperature
Wake-up time	5 A.M.	7.1%	18.50℃
	6 A.M.	27.1%	19.39℃
	7 A.M.	37.6%	21.02℃
	8 A.M.	13.3%	22.96℃
	after 9 A.M.	14.9%	23.00℃
Bedtime	10 P.M.	13.1%	22.08℃
	11 P.M.	23.2%	21.50℃
	12 P.M.	25.6%	19.67℃
	1 A.M.	17.3%	19.46℃
	after 2 A.M.	20.8%	18.00℃

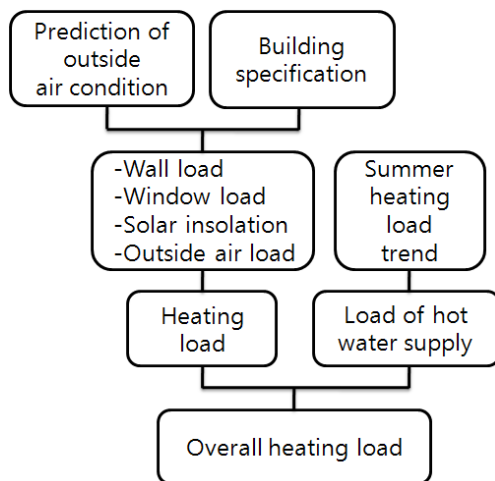


Fig. 3 Flow chart of load estimation process

$$\dot{Q}_{wat}(h) = \dot{m} C_p (T_{supply} - T_{return}) \quad (10)$$

여기서 각각 \dot{m} 은 급탕사용량, C_p 는 물의 정압비열, T_{supply} 는 공급온도, T_{return} 은 시수온도를 의미한다. 여름철 총 난방부하에서 공급온도와 시수온도 차를 나눔으로써 거주자의 생활패턴이 포함된 급탕사용량을 얻는다. 이때 시수온도는 열손실을 줄이기 위해 절기별 외기온도에 비례하여 변하는 선형적인 관계를 가진다. 따라서 같은 급탕사용량이라도 겨울철의 급탕부하가 여름철보다 크게 계산된다. 이때 공급온도는 사용하기에 쾌적한 온도로 일정하게 공급된다.

위 부하 계산과정을 Flow chart로 나타내면 Fig. 3과 같다.

3.3 난방 및 급탕부하 예측 결과 및 고찰

3.3.1 건축개요 및 설계조건

총 난방부하 예측방법의 현장 적용성 평가 및 타당성 검증에 위해 대전시 소재의 D 아파트 단지 건물을 벤치마킹하여 비교, 분석하였다. D아파트의 전용면적은 $50,622 m^2$ 이고 총 난방면적은 $70,572 m^2$ 이다. 11개동에 464세대가 있으며 부속 시설로 관리노인정과 주민복지관이 있다. 설계서에서 주어진 창호의 열관류율은 2.7이고, 벽체의 열관류율은 외벽, 측벽 모두 0.4이며 지붕의 열관류율은 0.23이다. 연구대상 아파트는 판상형으로 제시한 방법대로 구한 지붕면적은 $6801 m^2$ 이고, 창호면적을 제외한 외벽면적은 $32373 m^2$ 이다. 이때 한국건설기술연구원의 “공동주택의 한국형 지역난방시스템 개발에 관한 연구”⁽⁴⁾에서 집 전체를 난방하는 비율은 33.9%, 부분난방을 하는 비율은 29.5%, 병행하는 비율은 39.6%라는 점을 고려하여 총 면적 중 75%만을 부분난방한다고 설정하였다.

메인 기계실에서는 열병합발전소로부터 유입되는 지역난방수가 흐르는 1차측의 유량과 공급수 온도, 환수온도가 측정되었으며 연구대상 아파트 전체에 공급되는 열량은 다음 식 (11)을 통해 구해진다.

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_1 - T_2) \quad (11)$$

여기서 \dot{m} 은 지역난방수의 질량유량을, T_1 은 공급수온도를, T_2 는 환수온도를 의미한다.

3.3.2 창호면적 추정 결과

앞에서 언급한 방법대로 분석한 27개 아파트와 연구대상 아파트의 바닥면적 대 창호면적을 나타내면 Fig. 4과 같다. 연구대상의 창호면적이 다소 높게 설계된 값을 알 수 있다. 이때 창호면적은 회사의 설계 성향에 따라 다를 수 있으므로 연구대상과 동일한 회사의 면적당 창호면적을 따로 분석해보면 Fig. 5와 같다.

연구대상아파트의 바닥면적 대 창호면적이 동일한 회사의 아파트인 경우에 더욱더 비슷한 성향을 가지는 것으로 보아 회사마다 아파트 설계 성향이 있음을 짐작할 수 있다. 데이터를 1차적으로 곡선맞춤하여 나타내면 모든 건물의 경우

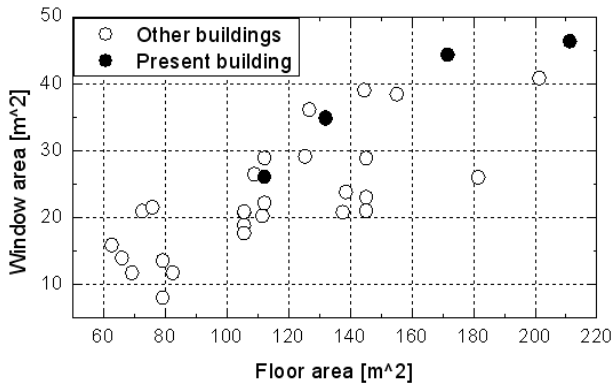


Fig. 4 Window area per floor area in present building and other building

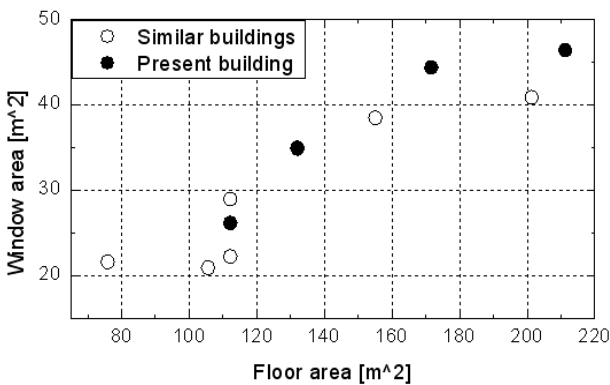


Fig. 5 Window area per floor area in present building and similar buildings

는 식 (12)과 같으며, 연구대상 회사 건물의 경우는 식 (13)와 같다. 식의 기울기, 즉 바닥면적 증가율 대 창호면적 증가율은 거의 동일함을 알 수 있다. 본 연구에서는 오차가 적은 연구대상 회사의 식 (13)를 사용하였다.

$$A_{win} [m^2] = 0.1806 \times A_{floor} + 2.277 \quad (12)$$

$$A_{win} [m^2] = 0.1837 \times A_{floor} + 5.489 \quad (13)$$

3.3.3 급탕부하 예측 결과

앞에서 제시한 방법대로 기준으로 정한 여름철 총 난방부하를 공급온도와 시수온도 차로 나누어 건물에서 사용되는 시간별 급수유량을 구하고, 구해진 유량과 겨울철의 공급온도와 시수온도 차를 이용하여 겨울철 급탕부하를 계산하였다. 이러한 방법으로 평일과 휴일을 나누어 분석한 여름철과 겨울철의 급탕부하는 Fig. 6과 같다. 평일 아침에는 세면 혹은 조리를 위해, 늦은 저녁에는

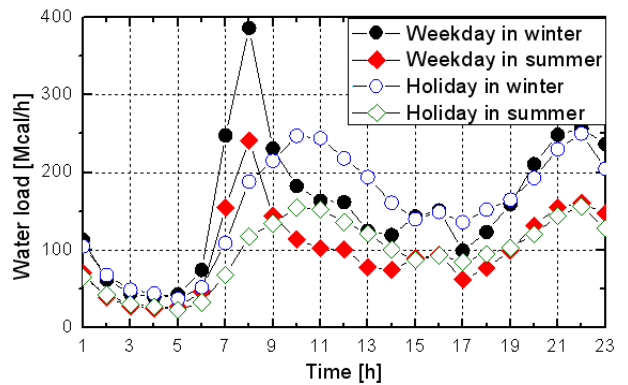


Fig. 6 Water load of weekday and holiday

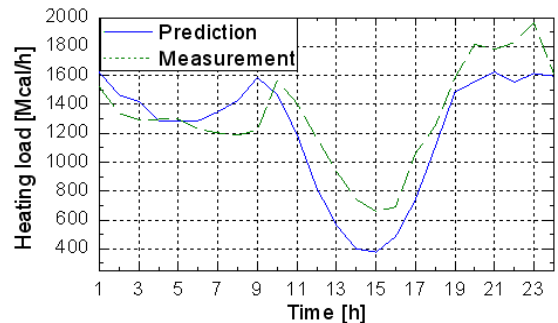


Fig. 7 Comparison of measured total load with predicted total load for one day

목욕을 위해 급탕을 사용하며, 휴일 아침에는 기상시간이 늦어져, 늦게 급탕을 사용하는 일반적인 거주자의 생활형태가 결과에 내포되어 있음을 알 수 있다. 한 세대에서 사용되는 겨울철 최대 급탕부하는 약 430 kcal/30min 으로 지역난방으로부터 열원을 공급받는 공동주택 단지의 급탕부하를 분석한 다른 연구들과 비교하여 매우 비슷한 결과였다.

3.3.4 총 난방부하 예측 결과

Fig. 7은 2010년 1월 15일 실측 총 난방부하와 예측 총 난방부하를 비교한 결과이다. 오후 실측값이 예측값에 비해 약간 큰 경향을 보이나 이외의 기간은 비교적 잘 예측되었다.

Fig. 8은 '10.01. 한 달 동안 실측 총 난방부하와 예측 총 난방부하를 비교한 결과이다. 실측된 값이 갑자기 과도하게 커지는 경우는 계측기, 혹은 관리상의 오차라고 판단된다. 이러한 오차를 고려하더라도 매일 부하가 잘 예측되고 있음을 알 수 있다. 하지만 늦은 오후와 출근시간, 그리고 한낮에 오차가 비교적 큰 때가 있다. 이는 거

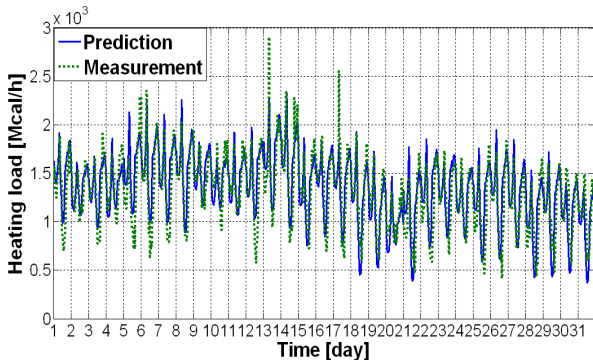


Fig. 8 Comparison of measured total load with predicted total load for one month

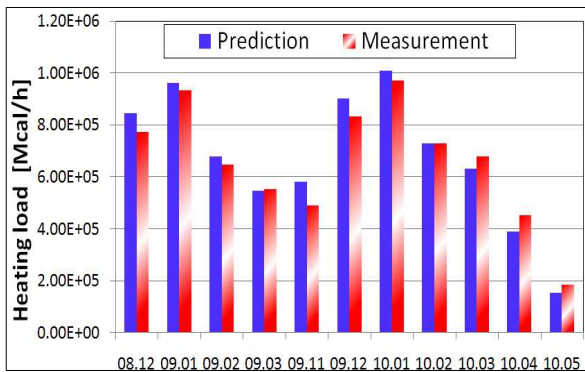


Fig. 9 Comparison of monthly total load

주자의 패턴에 큰 영향을 받는 급탕부하와 기타 부하의 불규칙성으로 인한 결과로 사료된다. 또한 다른 시간대의 부하가 잘 예측된 날이라도 한 낮에 오차가 큰 부분이 있는데, 이는 복잡한 운량변화에 따른 정확한 일사량 변화를 표현할 수 없는 CRM법의 오차 때문이라 판단된다. 그리고 변화가 잘 일치하더라도 변화가 나타나게 되는 시간차가 있는데 이는 건물 열용량의 영향으로 인해 축열현상이 발생하였기 때문으로 추후 연구가 필요한 부분이라 판단된다.

Fig. 9는 월별 부하합산을 나타낸 것으로 오차가 0.06%에서 18%의 범위를 지나 난방을 미룬 11월초와 난방기간이 끝나는 4월 이후를 제외하면 평균 약 4.68%의 작은 오차를 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 간단한 부하산출식에 설계서에

서 쉽게 얻을 수 있는 사양들과 기상청에서 쉽게 얻을 수 있는 익일의 최고, 최저 온도로부터 쉽게 예측되는 온도와 습도를 이용하여 익일의 시간별 총 난방부하를 예측하는 방법을 제안하였다. 제안된 부하예측방법의 타당성을 검증하기 위하여 열병합발전소에서 열공급을 받는 아파트에서 측정된 실측 데이터와 비교하였다. 온습도 예측 결과, 익일의 최대값과 최소값 및 하루 중 변화양상이 잘 예측되었다. 또한 예측된 난방부하는 시간별, 일별, 월별 모두 예측이 잘 수행되고 있음을 알 수 있었으며, 난방기간 동안의 월별 부하 합의 평균 오차는 4.68%의 작은 값을 보였다. 본 연구의 가장 큰 기여는 많은 노력과 전문성을 요구하는 기존의 방법과 달리 매우 간단한 계수를 이용하여 난방부하를 예측할 수 있음을 보인 것이다.

후 기

본 연구는 지역혁신인력사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- (1) Monterio, E., Moreira, N. and A. Ferreira, So., 2009, "Planning of Micro-Combined Heat and Power Systems in the Portuguese Sebario," *Applied Energy*, Vol. 86, No. 3, pp. 290~298.
- (2) Kim, J. D., Kim, S. H. and Choi, M. H., 2010, "A Study on the Block Plan Characteristics and the Openness of the Apartment Complexes," *Architectural Institute of Korea*, Vol. 26, No. 4, pp. 99~107.
- (3) Yoo, H. C., Lee, K. H. and Park, S. H., 2008, "Analysis of Data and Calculation of Global Solar Radiation Based on Cloud Data for Major Cities in Korea," *Journal of the Korean Solar Energy Society*, Vol. 28, No. 4, pp. 17~24.
- (4) Jo, D. O. and others, 2007, "A Study On Development of Korean District Heating System in Apartment Building," *Korea Institute of Construction Technology and Korea District Heating Corporation*.