

지역난방 공동주택에 설치하는 급탕 2단 열교환기의 용량 적정성 평가에 관한 연구

정 광 섭[†], 사 기 용^{*}, 김 래 현^{**}, 이 훈^{**}

서울산업대학교 건축학부, ^{*}서울산업대학교 주택대학원, ^{**}서울산업대학교 에너지환경대학원

Design Capacity Evaluation of 2-stage Hot Water Heat Exchanger in Apartment Mechanical Rooms with District Heating System

Kwang-Seop Chung[†], Ki-Yong Sa^{*}, Lae-Hyun Kim^{**}, Hoon Lee^{**}

School of Architecture, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

^{*}Graduate School of Housing, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

^{**}Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received May 15, 2009; revision received July 21, 2009)

ABSTRACT: Recently, an increasing interest in district heating system has emerged rapidly. In this paper, the physical measurements and data to be monitoring through the internet were carried out with regard to hot water heating energy consumption at the three apartment housings with district heating system in Sang-am district of Seoul, Korea. Measurements were made of the thermal factors such as the pressure of heating pipe, flow rates, hot water temperature and etc. The objective of this study is to compare the design capacity of reheat exchanger with that of preheat exchanger in order to evaluate for the number of plates of two exchangers to be distributed properly.

Key words: District heating system(지역난방방식), Hot water load(급탕부하), Hot water heat exchanger(급탕 열교환기), Preheat and reheat exchanger(예열 및 재열 열교환기)

기 호 설 명

- Qd : 급탕부하 [kcal/h]
- n : 세대수 [세대]
- ΔT : 급탕 1차 측과 2차 측 공급 온도차 [°C]
- A : 전열면적 [m²]
- Q : 전열량 [kcal · h]
- K : 열전달 계수 [kcal/m² · h · °C]
- $LMTD$: 대수평균온도차 [°C]

1. 서 론

최근 10여 년간 에너지원의 다원화와 효율적인 에너지 이용의 인식이 고조됨에 따라 지역난방 시스템의 보급이 확대되고 있으며, 또한 그에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 국내 전체 지역난방 사용 건물 중 공동주택이 차지하는 비율은 80% 이상이고 나머지가 상업용과 공공용 시설로 분포되어 있다. 최근 공동주택의 경우 에너지 소비 관련 여건의 변화에 맞춘 단위 난방부하 및 단위 급탕부하의 적정 기준 값 재검토의 필요성이 대두되고 있는 상황이다. 그 주요 이유는 2003년에 단열기준 강화 등의 내용을 골자로 하는 “에

[†] Corresponding author

Tel.: 02-970-6561; fax: 02-972-4096

E-mail address: kschung@snut.ac.kr

너지 절약설계 기준'(현 국토해양부 고시 제2001-314호)" 변경과 같은 제도적 변화 그리고 지구온난화, 거주자 생활패턴의 변화 등과 같은 여러 가지 요인에 기인하는 것으로 사료된다.

본 연구의 목적은 지역난방을 하는 공동주택에서 열 공급자 측(1차측)과 사용자 측(2차측)의 열교환이 이루어지는 기계실 내에 여러 가지 측정장치를 설치해 두고, 급탕 2단 열교환 방식의 재열 열교환기와 예열 열교환기의 열사용 실태를 파악하여 두 열교환기의 용량(열관수) 배분이 적정한지 아닌지의 여부를 분석 검토하는데 있다. 더욱, 이를 토대로 향후 신규 지역난방 설계 시 열 공급자 측의 열 생산시설 효율화와 사용자 측의 합리적인 사용요금 적용에 관한 기초 자료로 제공하고자 한다.

2. 열사용 시설기준 검토

2.1 지역난방 급탕부하 산출방식

한국지역난방공사, 대한주택공사에서 시행하고 있는 열사용 시설의 급탕부하는 순간가열급탕방식(열사용 시설 기준 제11조 제2항의 규정)으로 하며, 공동주택의 경우 급탕부하 산정 기준은 식(1)로 산정한다.

$$Qd = (36 + 9\sqrt{4n - 2}) \times 0.8 \times 60 + \Delta T \quad (1)$$

식(1)로 산정된 급탕부하 값으로 급탕 열교환기의 용량 선정을 하되 안전율, 배관손실, 예열부하 등이 배제되어야 하며 기기 선정 상 부득이한 증가분은 더한 값이 가능하다. 또한 단위급탕 열교환기 용량이 150 Mcal/h 이상인 공동주택은 급탕 재열 열교환기와 급탕 예열 열교환기로 분리한 급탕 2단 열 교환방식을 적용하고 있다.⁽¹⁾

2.2 급탕 열교환기 설계 기준

지역난방 공급 급탕 열교환기는 지역난방 측과 사용자 측 사이에 중온수를 열매체로 사용하여 물대 물의 간접 열교환 방식을 적용하고 있다.

열교환기 설비의 단위급탕 연결 부하 기준은 공동주택의 경우 15 kcal/h · m²로 적용하고 있으며, 1차 측과 2차 측 설계온도 및 압력 기준은 Table 1과 Table 2에 나타낸 바와 같다. 급탕 열교환기

Table 1 Design temperature and pressure of 1st part with heat exchanger type

Type		Design temperature (°C)		Design pressure (bar)
		Supply	Return	
		Hot water supply	1-stage	75
	Reheat	75	35	16
	Preheat	55	35	616

Table 2 Design temperature and temperature distance of 2nd part with heat exchanger type

Type		Design temperature (°C)		temperature distance (°C)
		Supply	Return	
		Hot water supply	1-stage	55
	Reheat	55	35	40
	Preheat	35	15	40

는 일반적인 급탕 1단 열교환 방식과 재열과 예열로 나누어 기존 회수 열을 재이용하는 급탕 2단 방식으로 분류할 수 있다.

2.3 급탕 열교환기 방식

2.3.1 급탕 1단 열교환 방식

지금까지 가장 보편적으로 사용되어 온 급탕 1단 열교환 방식은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

급탕 1단 열교환 방식은 지역난방 측 공급 배관과 연결된 각각의 난방 및 급탕 열교환기에서 열

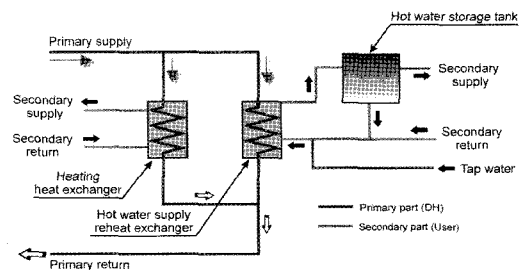


Fig. 1 1-stage hot water heat exchange system.

교환을 한 후 지역난방 측 회수 배관을 통해 열을 회수하는 방식이다.

2.3.2 급탕 2단 열교환 방식

일반적인 지역난방 측 공급 배관의 중온수가 난방 및 급탕 열교환기를 통해 열전달을 한 후 바로 회수되는 급탕 1단 열교환 방식에 비해, 급탕 2단 열교환 방식은 급탕 예열 열교환기를 하나 더 설치하는 방식이다. 이것은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 지역난방 측 회수 온도를 재활용하기 위한 것으로 급탕 보급수(시수)의 온도를 예열하여 열 효율을 높일 수 있다.

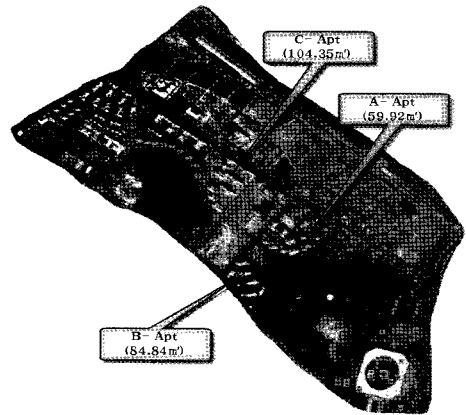


Fig. 3 Locations of data measurement.

3. 측정자료 수집 및 시스템 구축

3.1 측정 대상 지역 및 건물 개요

본 연구의 측정 대상 건물은 정부의 “건축물 에너지절약 설계 기준”이 개정되고 난 후 2003년 이후에 건설된 공동주택만 후보지로 선정하였고, 급탕 열 공급 패턴에 영향을 미칠 수 있는 여러 요소들을 고려하여 최종적으로 서울시 상암지구의 공동주택 단지 3개소를 선정하였다. 또한 급탕 2단 열교환 방식의 구체적인 비교분석을 위해, 공동주택 단위면적별로 예열과 재열 열교환기의 사용량을 측정하였으며, 비교적 급탕 사용량의 변동폭이 심할 것으로 판단되는 고층부와 저층부를 따로 나누어 측정하였다.

측정 대상 공동주택은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 서울시 상암동 지구로서 각 측정 대상 건물은 A, B, C로 표시하였다.

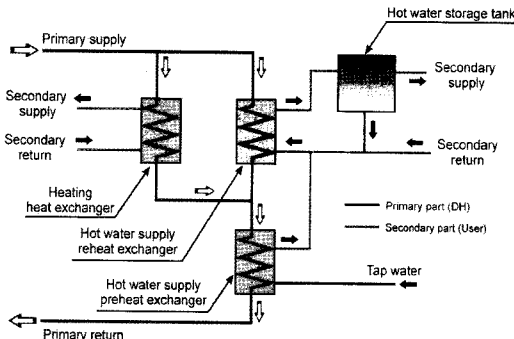


Fig. 2 2-stage hot water heat exchange system.

또한, 급탕 열사용량의 기초자료로 활용되는 초기 데이터는 Table 3에 나타난 바와 같이, 2007년 11월 1일~2008년 10월 31일까지 12개월 간으로 하였으며, 공동주택의 평형(전용면적)과 가구 수 및 급탕 열교환기 방식과 시설 용량은 Table 4에 나타내었다.

3.2 측정 장비 제원 및 데이터 저장

측정 대상 공동주택의 측정 항목, 측정 장비 설치 지점 및 공동주택 단지의 기계실 계통도를 Fig 5

Table 3 Measurement period of apartments

Location	Completion year	Measurement period
A-Apt	2005	2007. 11. 1 ~ 2008. 10. 31
B-Apt	2003	2007. 11. 1 ~ 2008. 10. 31
C-Apt	2005	2007. 11. 1 ~ 2008. 10. 31

Table 4 Information of apartment facilities

Location	Heating area (㎡)	Type	Households	Capacity of hot water heat exchanger (Mcal/hr)	
				Reheat	Preheat
A-Apt	59.92	2-stage	121	220	221
				115	224
B-Apt	84.95	2-stage	136	236	236
C-Apt	104.35	2-stage	125	228	228

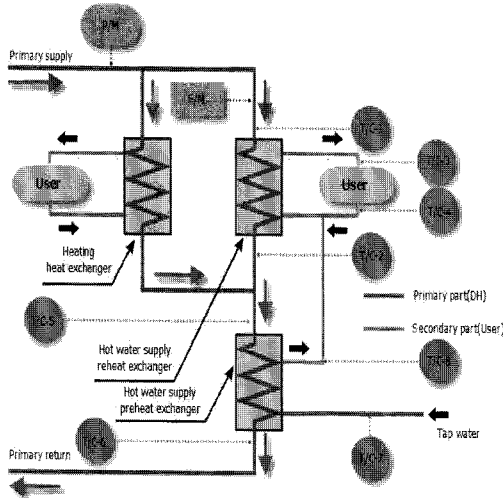


Fig. 5 Measurement points of 2-stage hot water heat exchange system.

에 나타낸다. 데이터 측정 장비는 압력계(P/M), 유량계(F/M) 및 컨버터, 온도측정센서(T/C), 데이터 로거(Data Logger)로 구성한다.

압력계는 ±0.5% 정밀도의 계측기, 유량계는 정밀도 ±0.5%의 전자식 유량계를 사용하였으며. 온도 측정센서는 +극 니켈·크롬합금, -극 니켈·알루미늄 합금으로 되어있으며, 측정온도 범위가 -200 ~ 1200℃인 K-type 열전대를 사용하였다. 압력 측정 포인트는 공급자 측 배관에 공급 압력과 회수 압력 2개 지점으로 선정하였다. 또한 측정데이터를 저장하고 전송할 수 있는 데이터 로거를 각 공동주택단지 마다 1개소씩 설치하였다.

온도센서 측정 점은 공급자 측 급탕 공급온도와 회수온도, 사용자측 급탕 공급온도와 회수온도를 측정할 수 있는 배관 지점을 선정하고, 재열과 예열 열교환기 각각의 공급 및 회수온도도 측정하였다.

한편, 측정 방법은 각 측정 대상 공동주택 기계실에 설치된 유량계, 압력계, 온도측정센서를 통해 데이터 로거로 매 2초 마다 한번 씩 측정하며, 이 데이터를 매 30초 마다 평균하여 측정 점의 측정값으로 초기 데이터를 형성한다.

데이터 로거에 저장된 파일은 매 1시간 마다 생성된 데이터 파일을 인터넷을 통해 데이터 관리 서버로 전송되어 각 공동주택별로 지정되어 있는 각각의 폴더에 저장된다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 최대 급탕 열교환기 사용열량

4.1.1 월별 최대 급탕 열교환기 사용열량 비교

12개월 간 월별 최대 급탕 열교환기를 재열과 예열로 나누어 비교한 열량을 전용 면적별로 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8을 살펴보면 전용면적 59.92 m²의 경우 예열 최대 열량은 1월 9.25 kcal/h·m², 재열 최대 열량은 11월 10.66 kcal/h·m²로 나타났으며,

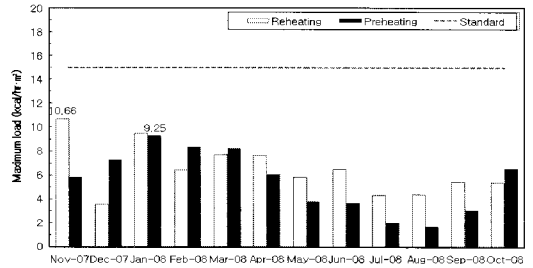


Fig. 6 Monthly maximum hot water load in 59.92 m² house.

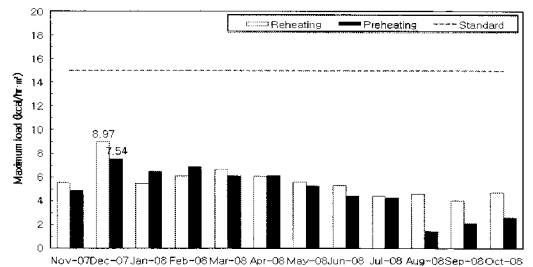


Fig. 7 Monthly maximum hot water load in 84.84 m² house.

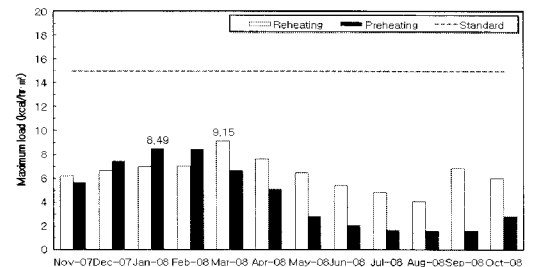


Fig. 8 Monthly maximum hot water load in 104.35 m² house.

전용면적 84.84 m²의 경우는 예열 최대 열량은 12월 7.54 kcal/h·m², 재열 최대 열량은 12월 8.97 kcal/h·m²로 나타났고, 전용면적 104.35 m²의 경우는 예열 최대 열량은 3월 8.49 kcal/h·m², 재열 최대 열량은 1월 9.15 kcal/h·m²로 나타났다. 예열 대비 재열 열교환기의 최대 사용열량은 전용면적 59.92 m²의 경우 약 1.15배, 전용면적 104.35 m²의 경우 약 1.08배로 전용면적별로 차이를 보였고, 특히 전용면적 84.84 m²의 경우는 약 1.2배 정도 차이를 보였다.

현실적으로는 한국지역난방공사, 대한주택공사는 “열사용시설 기술기준 제 9조의 2-1”에서 급탕 재열 열교환기와 예열 열교환기의 용량 배분은 1:1(전체 용량의 증가 없이 5% 이내에서 급탕 예열 열교환기 용량 증대 가능)로 하는 설치 기준을 적용하고 있다.

Moon⁽²⁾의 연구에서는 특수 열 사용시설의 급탕 2단 열교환방식의 경우 예열 열교환기 보다 재열 열교환기 사용열량이 1.44배 큰 것으로 나타나, 예열 열교환기와 재열 열교환기 용량 분배 기준을 40:60으로 제시한 바 있다.

한편, 본 연구에서의 결과와 비교해 보면, 예열 열교환기 보다 재열 열교환기 사용열량이 공동주택 평형별로 달리는 나타나고 있지만 평균 1.2배 큰 것으로 나타나, 예열 열교환기와 재열 열교환기 용량 분배 기준이 40:60으로 됨을 알 수 있다.

따라서, 공동주택의 경우 현재 적용되고 있는 재열 열교환기 용량과 예열 열교환기 용량의 50:50분배 기준의 전용면적별 용량 산정 기준은 향후 재검토가 필요한 것으로 사료된다.

4.1.2 난방 열교환기 사용 열량과의 상관성

지역난방 공급 배관의 특성상 난방 공급관과 급탕 공급관이 동일 관으로 공급되어 난방 열교환기의 사용열량에 따라 급탕에 주는 영향의 분석이 필요한 것으로 판단하여 급탕 열교환기와 난방 열교환기의 사용 열량에 대한 상관성을 도출하였다.

회귀분석 데이터 난방 열교환기 사용 열량의 경우 전용면적별로 동절기(11월~2월)의 월 평균값을 사용하였으며, 또한 재열과 예열 열교환기 사용 열량도 전용면적별로 동절기의 월 평균값을 사용하였다.

Fig. 9의 분포도에 나타난 독립변수는 난방 열교환기 사용 열량이고, 종속변수는 예열 열교환기

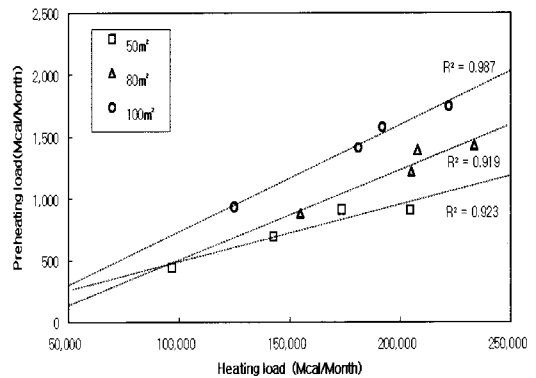


Fig. 9 Correlation of preheat heat exchanger with heating load.

사용 열량이다. 여기에서, 종속변수로 급탕 재열 열교환기 사용 열량을 채택한 경우는 그 내용을 본 논문 속에는 넣지 않았으나 난방 열교환기 사용 열량 당 급탕 재열 열교환기 사용 열량은 전용면적 84.84 m²를 제외하고 일관적인 상관성을 보이지 못했다. 이로 인해 선행 연구에서도 밝힌 바 있는 난방 열사용량과 급탕 열사용량과의 특성 중 특히 급탕 열사용량은 외기에 영향뿐만 아니라 내부적 요인, 외부적 요인, 사회적요인, 환경적 요인 등에 의한 불규칙한 패턴 변화가 있는 것으로 사료된다.⁽³⁾

Fig. 9를 살펴보면 난방 열교환기 사용 열량 당 급탕 예열 열교환기 사용 열량은 모든 전용면적별로 90% 이상의 일관적인 상관성을 보이고 있다. 이로 인해 난방 열교환기와 재열 열교환기에서 열전달을 마치고 나온 중온수를 급탕 예열 열교환기의 열전달을 통해 시수를 예열하는 과정에서 난방 열교환기의 사용 열량이 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

4.2 급탕 재열 및 예열 열교환기의 용량 평가

위 측정데이터를 통해 급탕 재열과 예열 열교환기의 용량의 재분배를 통한 실제 설치된 급탕 열교환기의 열판수의 절감 효과를 나타낸 것으로 59.92 m²의 경우 6 SH, 84.84 m²의 경우 8 SH, 104.35 m²의 경우 4 SH의 열판 수 감소를 가져올 수 있는 것으로 Table 6을 통해 알 수 있다. 이러한 열판수의 감소로 인해 초기 설치비의 절감이 가능 할 것으로 보인다.

Table 6 Saving information of hot water heat exchanger

Area (m ²)	Type	No. of Existing		No. of Modified		No. of Saving	
		HX Plate (SH)	Ratio	HX Plate (SH)	Ratio	HX Plate (SH)	Ratio
59.92	Re : Pre	30 : 30	1 : 1	30 : 24	1 : 0.8	6	
	Re : Pre	30 : 30	1 : 1	30 : 24	1 : 0.8	6	
84.84	Re : Pre	30 : 32	1 : 1	30 : 24	1 : 0.8	8	
104.35	Re : Pre	20 : 22	1 : 1	20 : 18	1 : 0.9	4	

$$A = \frac{Q}{K \cdot LMTD} \quad (2)$$

식(2)의 전열면적을 통해 급탕의 경우 재열과 예열이 1 : 1로 용량 분배를 하게 되는데, 그러한 용량 분배의 전용면적별 재분배가 필요한 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구는 지역난방 공동주택 기계실의 급탕 2단 열교환 방식인 재열 열교환기와 예열 열교환기의 실제 열사용 실태를 파악하여 그 사용 열량의 차이를 분석하였으며, 그 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 급탕 2단 열교환 방식의 급탕 재열 열교환기 사용 열량이 예열 열교환기 사용 열량보다 전용면적별로 59.92 m²와 84.84 m²는 약 20%, 104.35

m²는 10% 큰 것으로 나타나 용량 분배 기준을 현행 50 : 50에서 전용면적별로 좀 더 세밀하게 재분배할 필요가 있다.

(2) 난방 열교환기 사용열량 당 급탕 예열 열교환기 사용 열량은 모든 전용면적별로 95% 이상의 상관성을 보이고 있어, 예열 열교환기 용량 산정에 있어 각 공동주택 난방 부하 패턴의 적용이 가능할 것으로 보인다.

(3) 급탕 재열 열교환기와 예열 열교환기 용량의 재분배를 통한 실제 설치된 각각의 열교환기 열판수의 절감 효과를 나타낸 것으로 59.92 m²의 경우 6 SH, 84.84 m²의 경우 6 SH, 104.35 m²의 경우 2 SH의 열판 수 감소를 가져올 수 있는 것으로 보인다. 이러한 열판수의 감소로 인해 초기 설치비의 절감이 가능 할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Korea District Heating Corporation, 2006, Design Criteria of Heat Energy Usage, pp. 8-20.
2. Moon, Jung-Hwan, 2007, Improvement of special facility system using district heating by heat load pattern analysis, PHD thesis, Hanyang University, Seoul, Korea.
3. Chung, Kwang-Seop, Kim, Sung-Min, 2009, A study on the effect of variable outdoor temperature upon heating load pattern in apartment housings with district heating system, Architectural Institute of Korea, Vol. 25. No. 2, pp. 233-240.