

지역난방에서의 급탕공급방식 비교검토

Comparison of Domestic Hot Water System in District Heating

오 재 홍*
Jae Hong Oh

1. 서 론

아파트의 기계설비중 중요한 일부분인 급탕설비를 설치할때는 갖추어야 될 필수조건이 있다. 첫째는 거주자에게 충분한 급탕유량을 확보시켜 주어야 하며, 둘째는 거주자에게 용도에 알맞는 급탕온도를 유지시켜 주어야 하며, 셋째는 거주자에게 언제나 안정되게 공급시켜 주어야 하며, 넷째는 거주자에게 어디서나 안정되게 공급시켜 주어야 한다. 그러므로 이러한 조건들을 충족시키기 위하여 공동주택을 건설하는 많은 회사마다 적절한 용량산정을 위한 기준을 정하여 설계에 임하고 있다.

급탕의 시간당 최대사용량은 각 민족의 생활습성과 지역적인 특성에 따라 다르고, 동일 지역의 아파트라 하더라도 아파트 규모와 거주인원이 다르고 생활수준에 따라 다르므로 어떠한 급탕량 산정공식 하나로서 모든 공동주택의 급탕설비를 만족시켜 주기는 불가능하다. 또한, 표본적으로 일개 단지를 선정, 실측용량을 검정한다 해도 그 사용량을 모든 아파트에 일률적으로 적용하기에는 어려움이 있다. 그러므로 지금까지 국내아파트에서는 저탕조방식을 채택하여 순간적인 피크부하를 저탕조에 저장된 탕으로 안정된 급탕을 공급하여 왔다.

현재 수도권에 건설되고 있는 신도시 지역은 에너지이용 합리화법에 의거 집단에너지 공급지역으로 고시되어 있다. 이들 지역은 열공급 사업자의 열을 의무적으로 공급받아야 하며 열공급 사업자는 열공급규정(정부 인가)을 제정하여 이 규정에 따라 수용가측에 열을 공급하고, 또한 공급받는 수용가측도 이 규정에 의한 수용가 시설 기준에 의거 시설을 설치하도록 규제되어 있다. 따라서 여기서는 여러가지 제한된 열공급 규정상의 수용가 시설 기준중 순간급탕공급방식에 대해서 기존의 저탕조설치 공급방식과 비교 검토하기로 한다.

2. 급탕 공급방식의 비교

중앙집중식 급탕공급방식은 일반적으로 열교환기와 저탕조의 조합에 따라 순간급탕공급방식, 저탕조설치 공급방식 및 양자의 혼합방식 등이 있으나 여기서는 순간급탕공급방식과 저탕조설치 공급방식만 비교하기로 한다.

순간급탕공급방식은 급탕전용 열교환기만 설치하여 시수를 열교환기에 의거 가열하고 순간적으로 가열된 탕을 각 세대로 공급하는 방식이며 저탕조 설치 공급방식은 급탕전용 열교환기와 급탕용 저장조를 함께 설치하여 열교환기에 의거 가열된 탕을 저탕조에 저장한

* 정희원, 대한주택공사

후 필요시 각 세대로 공급하는 방식이며, 이에 대한 개략적인 공급개요와 일반적인 적용 및 장·단점 등은 표 1 과 같다.

급탕량을 산정하는데는 사용인원에 의한 방법과 기구수에 의한 방법 등이 있다.

3. 1. 1 사용인원에 의한 방법

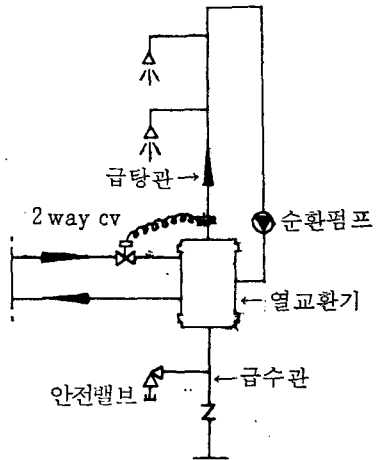
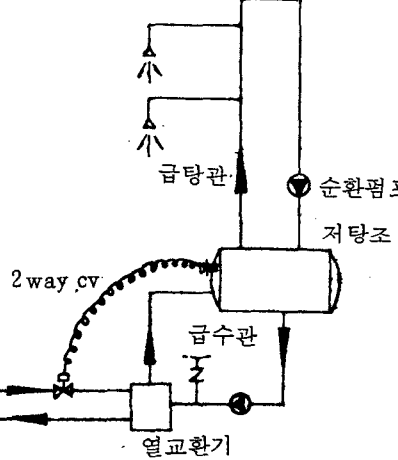
$$Q_d = N \times q \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_h = Q_d \times r \dots\dots\dots (2)$$

3. 급탕량 산정

3. 1 일반적인 산정

표 1. 급탕공급방식의 비교

| 구 분 | 순 간 급 탕 방 식 | 저 탕 조 방 식 |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 공급개요 |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> 일반적인 적용예 | <ul style="list-style-type: none"> 안정적이고 연속적으로 급탕이 필요한 곳 (참고문헌 1 인용) <p>The instantaneous indirect water heater may be used to meet a demand for a steady, continuous supply of hot water</p> | <ul style="list-style-type: none"> 급탕량이 일정치 않거나 PEAK 시 많은 양이 필요한 곳 (참고문헌 1 인용) <p>Indirect storage water heater designed is primarily for service conditions where the hot water requirements are not constant or when a large volume of heated water must be held in storage to provide for period of peak load.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> 장 점 | <ul style="list-style-type: none"> 저탱조의 설치면적 불필요 장치가 간단 1 차측 저온수에도 적용가능 | <ul style="list-style-type: none"> 급탕온도 제어가 우수 피크로드시 안정된 급탕공급 가능 열교환기 용량이 작아진다. 간헐 운전시 지속적 급탕공급 가능 |
| <ul style="list-style-type: none"> 단 점 | <ul style="list-style-type: none"> 열교환기 용량이 저탱식에 비해 크다 급탕공급온도가 불안정하다. (사용자의 불쾌감 초래 우려) 간헐 운전시 지속적 급탕공급이 어렵다. 순간적인 피크부하에 대처할 수 없다. | <ul style="list-style-type: none"> 저탱조 설치면적 필요 초기 투자비가 다소 증가 |

여기서, Q_d : 1일 급탕사용량(ℓ /일)
 N : 급탕대상 인원
 Q_h : 한시간의 최대 급탕량(ℓ/h)
 r : 1일 사용량에 대한 한시간당
 필요한 최대치의 비율(=1/7)
 q : 1일 1인당 급탕량(75~150
 ℓ /인·일)

α : 건물별 동시 사용율
 Σ 는 각종 기구에서의 급탕량의 총
 합을 뜻한다.

이 방법을 적용할 경우 주방+다용도실+욕
 실 1실의 경우에는 세대당 급탕량이 69 ℓ/h
 정도이며 욕실이 2실인 경우에는 104 ℓ/h 정
 도가 계산상의 급탕량이 된다.

아파트의 경우 급탕 대상인원을 4~5 인으
 로 기준할때 1세대당 사용 급탕량의 범위는
 43~107 ℓ/h 로 산정된다.

3.1.2 기구수에 의한 방법

$$Q_h = \Sigma(F_h \times u) \times \alpha \dots\dots\dots (3)$$

여기서, Q_h : 1시간 최대 예상 급탕량(ℓ/h)
 F_h : 사용기구의 1시간당 급탕량
 (ℓ/h)
 u : 기 구 수

3.2 일반 아파트에서의 적용 예

상기 일반적인 산정방법을 참고로 하여 현
 재 실제 적용되고 있는 일반아파트의 급탕량
 및 가열량의 산정기준을 표 2에서 보여주고 있
 다. 이에 따르면 아파트 평수에 따라 지역난
 방 지구의 경우는 세대당 30 ℓ/h 에서 48 ℓ/h
 정도의 기준으로 설계되고 있으며 중앙집중식
 난방아파트에서는 세대당 50 ℓ/h 에서 100 ℓ/h 정도로

표 2. 일반 아파트에서의 급탕량, 가열량 산정기준

| 구 분 | 평 형 | 급 탕 량 (ℓ/h .세대) | 가 열 량 (ℓ/h .세대) | 공급온도 ($^{\circ}C$) |
|-------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| M아파트 | 20평이하 | 30 | 30 (= 1,500 Kcal/h. 세대) | 55 |
| | 35 " | 36 | 36 (= 1,800 ") | |
| | 45 " | 42 | 42 (= 2,100 ") | |
| | 45평이상 | 48 | 48 (= 2,400 ") | |
| H아파트 | 24, 29, 32평 | 70 | 52 (= 2,900 ") | 60 |
| | 38, 42, 45평 | 93 | 70 (= 3,900 ") | |
| D아파트 | 국민주택 | 50 | 40 (= 2,200 ") | " |
| | 국민주택초과 | 65 | 50 (= 2,800 ") | |
| HS아파트 | 31평기준 | 75 | 60 (= 3,300 ") | " |
| S아파트 | 국민주택 | 70 | 63 (= 3,500 ") | " |
| | 국민주택초과 | 100 | 90 (= 5,000 ") | |
| SH아파트 | 국민주택 | 60 | 60 (= 3,300 ") | " |
| | 국민주택초과 | 90 | 90 (= 5,000 ") | |
| W아파트 | 32평이하 | 70 | 70 (= 3,500 ") | 55 |
| | 32평이상 | 80 | 80 (= 4,000 ") | |
| | 40평이하 | 90 | 90 (= 4,500 ") | |
| L아파트 | 화장실 1개 | 85 | 60 (= 3,300 ") | 60 |
| | 화장실 2개 | 100 | 80 (= 4,400 ") | |
| Y아파트 | 전 평형 | 80 | 80 (= 4,400 ") | " |
| SS아파트 | 전 평형 | 60 | 55 (= 3,025 ") | " |

설계되고 있음을 보여주고 있다. 이는 앞에서 산정 한 수치와 비슷한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

3.3 순간급탕 공급방식의 급탕량

순간급탕 공급방식에서도 소요급탕량은 서론에서 언급한바와 같이 순간 피크 부하시에도 급탕온도가 떨어지지 않는 필요유량을 충분히 공급할 수 있어야 한다. 따라서 실제 아파트에서 발생되고 있는 순간 피크부하를 정확히 추정하여 열교환기를 선정하여야만 비로소 소기의 목적을 달성할 수 있으나 현재까지는 이러한 순간 피크부하에 대한 정확한 자료를 찾을 수 없었으며 그렇다고 무작정 가열량을 크게 할 수도 없는것이 설계자의 입장인 것이다.

그런데 열공급 사업자의 열공급 규정에서는 아파트의 급탕공급방식을 저탕조가 없는 순간 가열시스템으로 설치토록 규정하고 있으며 급탕 과부하시는 그림 1 과 같이 난방용 콘트롤 밸브를 순간 차단하여 난방용 열매를 급탕쪽으로 공급토록 자동제어 기능을 갖추도록 규정하고 있다. 그러나 이러한 방식이 피크부하 시간대에 어느정도 충분히 대응할 수 있을지 당장은 판단하기 어려우며 충분한 기간동안 실험을 통하여 검증이 되어야 할 것이다.

순간급탕 공급방식에 대한 한국지역난방공사의 열공급규정에 의하면 N세대에 급탕을 공급할 경우 1분당 가열되는 급탕 가열량 $P(\ell/\text{min})$ 는 다음의 식(4)로 주어진다.

$$P = (36 + 9\sqrt{4N-2}) \times 0.8 \dots\dots\dots (4)$$

식(4)를 이용하여 세대수에 따른 급탕량 및 가열량을 산출하면 표 3 과 같으며 여기에 나타난 수치를 검토해 볼 때 100세대에서 500세대까지의 순간급탕 공급방식의 가열량은 일반아파트의 저탕조 설치시의 급탕 가열량과 비슷한 세대당 103ℓ/h에서 42ℓ/h로 나타나고 있다.

표 3. 순간급탕방식의 급탕량

| 세대수 | 급탕량 (ℓ/min) | 가 열 량 (ℓ/h·세대) | 비 고 |
|------|-------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1 | 39 | 2,339 (=116.950Kcal/h·세대) | 가열열량은 5℃의 물 55ℓ로 가열하는 데 필요한 열량임. |
| 10 | 73 | 439 (= 21,950 ") | |
| 20 | 92 | 227 (= 11,350 ") | |
| 30 | 107 | 214 (= 10,700 ") | |
| 50 | 130 | 156 (= 7,800 ") | |
| 100 | 172 | 103 (= 5,150 ") | |
| 150 | 204 | 82 (= 4,100 ") | |
| 200 | 232 | 70 (= 3,500 ") | |
| 300 | 278 | 56 (= 2,800 ") | |
| 400 | 317 | 47 (= 2,350 ") | |
| 500 | 350 | 42 (= 2,100 ") | |
| 700 | 410 | 35 (= 1,750 ") | |
| 1000 | 484 | 29 (= 1,450 ") | |
| 1500 | 586 | 23 (= 1,150 ") | |

4. 급탕 공급방식의 적용 및 검토

앞에서 검토한 내용을 토대로 지역난방 공급지구 아파트 단지의 1개 중간기계실을 임의 선정하여 두 방식을 적용 비교 검토하기로 한다.

표본으로 선정한 중간기계실의 담당세대 규모는 표 4 와 같다.

표 4. 담당 세대 규모

| 담당세대수 | 전용면적 (㎡) | 연 면 적 (㎡) | 단위난방하 부 (Kcal/㎡·h) |
|-------|----------|-----------|--------------------|
| 287 | 12,893 | 18,571 | 48 |

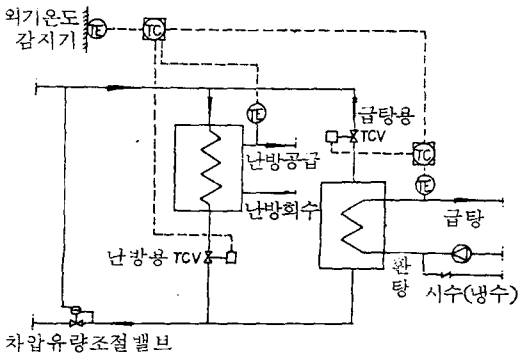


그림 1. 순간급탕 가열방식 배관 및 제어계통도

4.1 기기 및 배관경의 검토

표 5는 두 방식에 대한 항목별 비교내용을 보여주고 있다.

순간급탕방식의 경우는 저탕조 설치방식에 비하여 중간기계실 스페이스가 약간 줄어들 수 있으나 호당 가열량이 저탕조 설치방식에 비해 약 90% 정도 증가되어 열교환기 용량이 과대하게 되는데 비해 저탕조 설치방식은 저탕조를 설치하게 되므로써 중간기계실 구조물이 다소 크게되나 열교환기용량, 단위급탕부하, 배관경 등이 작아지게 된다. 특히 표 4의 세대수에 순간급탕 공급방식의 식(4)를 적용하여 산출된 급탕가열유량에 따라 환산한 단위면적당 급탕부하는 열공급규정에 규제되어 있는 아파트 단지 난방부하 49 Kcal/m²·h 보다 훨씬 큰 63 Kcal/m²·h 로 산출되며 이러한 경우에는 지역난방 1차측 공급시설배관도 급탕부하를 기준으로 산정해야 타당한 것으로 판단된다.

표 5, 항목별 비교

| 구분 항목 | 순간급탕 공급방식 | 저탕조설치 공급방식 |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 주요장비 | 열교환기+ 순환펌프 | 열교환기+ 저탕조+ 순환펌프 |
| 1분당 급탕공 급량(55℃ 기준) | 272ℓ/min (56.8ℓ/h. 세대) | 8600+ 143.5ℓ/min (30ℓ/h. 세대) |
| 열교환기용량 | 816.000Kcal/h (190%) | 430.000Kcal/h (100%) |
| 단위급탕부하 (Kcal/m ² ·h) | 63 | 33 |
| 1차측 유량 및 배관경 | 388ℓ/min φ 100 mm | 205ℓ/min φ 65 mm |

4.2 공급 온도변화

급탕온도의 제어는 표1의 공급개요에 표시된 2-WAY 콘트를 밸브에 의하여 제어되고 있으며 저탕조 설치 공급방식은 P제어방식으로도 일정한 공급온도를 유지할 수 있으나 순간급탕

공급방식의 경우는 그 시스템 특성상 PI 제어방식을 택하여도 급탕온도가 다소 불균일할 경우가 발생할 수 있다.

4.3 피크부하시의 급탕공급 능력비교

4.3.1 공급능력

순간급탕 공급방식의 급탕 가열량은 식(4)에 의해 산출되고 287세대의 경우 1분당 공급되는 급탕 공급능력은 272ℓ/min 이다.

한편, 저탕조 설치공급방식의 경우 피크부하가 계속되는 t분동안의 1분당 공급할 수 있는 최대 급탕 공급능력 P(ℓ/min)는 다음의 산식으로 표시된다.

$$P = S \div t + q \times Y \div 60 \dots\dots\dots (5)$$

여기서, S : 저탕조 용량(8,600ℓ)

t : 피크부하 지속시간(분)

q : 세대당 급탕 가열량(30ℓ/h)

Y : 세대수(287세대)

표 6은 식(5)에 의거 산출한 피크부하 지속시간에 대응하는 1분간의 급탕공급 능력을 표시한다.

표 6. 1분당 공급능력

| 순간급탕공급방식 | 저탕조설치공급방식 |
|--------------------------------------|--|
| 피크부하 지속시간 에 관계없이 272 ℓ/min로 일정 | 피크 5분:1,863ℓ/min 피크 10분:1,003 " 피크 20분: 573 " 피크 30분: 430 " |

4.3.2 공급능력의 총량적 비교

지금까지 검토한 결과를 토대로 급탕공급능력을 총량적으로 비교하기로 한다. 피크부하를 추정하기 위하여 한 세대의 월급탕사용량을 12톤, 1일 사용시간을 10시간으로 가정하고 최대피크시 1분당 사용량은 시간당 평균 사용량의 3.5배로 가정한다. 피크부하 지속시간을 t분이라 하면 t분동안에 총공급한 급탕량 H_{max}는

$$H_{max} = 670 t \dots\dots\dots (6)$$

한편, 순간급탕 공급방식과 저탕조설치 공급방식의 급탕 총공급량은 각각 H_1, H_2 라 하면,

$$H_1 = 272t \dots\dots\dots (7)$$

$$H_2 = 8.600 + 143.5t \dots\dots\dots (8)$$

로 표시된다.

이상의 결과를 도표로 나타낸것이 그림 2 이다.

그림 2에서 최대 피크부하가 지속되고 있을 경우 저탕조 설치 공급방식은 약 16분 정도 피크부하에 대응할 수 있는 능력이 있지만 순간급탕 공급방식의 경우는 대응할 수 없다는 것을 보여준다.

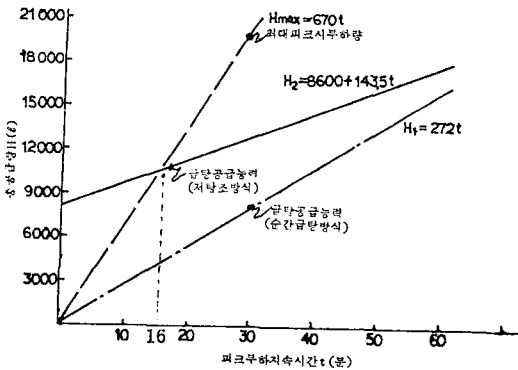


그림 2. 급탕 공급량

5. 검토결과

5.1 급탕공급 능력 측면

저탕조설치 공급방식이 순간급탕 공급방식에 비해 저탕조 설치는 추가되나 열교환기 용량은 절반 정도 축소되면서도 급탕 공급 능력 측면에서는 오히려 훨씬 많은량의 급탕을 공급할 수 있어 더 경제적이고 효율적인 것으로 판단된다.

5.2 열부하 및 공사비 측면

식(4)에 의한 급탕을 공급하기 위한 287세대 기준 단위급탕부하는 표 7에서 보는 바와 같이 $63Kcal/m^2 \cdot h$ 로써 공급규정상의 단위난방

부하보다 약 30% 정도 크게되며 이것은 소형아파트에서 순간급탕 공급방식을 선택할 경우 1차측 열매공급 배관은 난방부하와 급탕 부하를 비교하여 큰 부하를 기준으로 관경을 선정하여야 타당한 것임을 보여주고 있다.

한편, 각 방식별 검토되어야 할 공사비 항목은 표 8과 같다.

표 7. 소요 부하

(단위 : $Kcal/m^2 \cdot h$)

| 구 분 | 열공급규정 | 표본중간기계실 |
|------|-------|----------------------|
| 난방부하 | 49 | 48 |
| 급탕부하 | - | 순간식 : 63 저탕식 : 33 |

표 8. 공사비 검토 항목

| 항 목 | 순간급탕 공급방식 | 저탕조설치 공급방식 |
|---------|-----------|------------|
| 저탕조설치비 | - | 대 |
| 열교환기 // | 대 | 소 |
| 배관망 // | 대 | 소 |

5.3 급탕 온도제어 측면

순간급탕 가열방식에서는 급탕부하의 피크가 순간적으로 나타날때는 정확한 온도제어가 어렵게 되고 따라서 급탕 출구온도가 피크부하시 불균일한 경우를 예상할 수 있다.

또한, 급탕 과부하시 난방용 콘트롤밸브는 닫히고 급탕용 콘트롤밸브가 완전히 열리게 하여 충분한 급탕온도를 확보하기 위한 급탕 과부하시를 체크할 수 있는 시스템상의 기준 설정이 필요하다.

실제로 A호텔 조사결과를 보면 순간급탕 공급방식으로 객실에 급탕을 공급하였으나 급탕 온도 불균일로 인한 고객의 불편이 커 소형저탕조를 설치하여 보완한 실례가 있으며 보완한 후의 급탕온도 변화는 표9와 같다.

6. 결 론

이상에서 본 바와 같이 순간급탕방식은 조

표 9. A 호텔 급탕온도 조사결과

| 시 간 | 열교환기 출구온도 | 저 탕조 온 도 | 세 텅 온도 | 비 고 |
|-------|--------------|-------------|-----------|-----------------------------------|
| 06:32 | 53.1 °C | 52 °C | 52 °C | 열원 : 스팀 제어방식 : PID 제어 |
| 06:33 | 58.1 °C | 52 °C | 52 °C | |
| 06:34 | 75.5 °C | 52.1 °C | 52 °C | |
| 06:35 | 55.9 °C | 52.1 °C | 52 °C | |
| 06:36 | 53.6 °C | 52.1 °C | 52 °C | |

사 예처럼 피크부하시 탕온이 불균일하여 사용자의 불편을 초래할 우려가 있고 피크부하를 충분히 감안하여 열교환기 용량을 선정해야 하므로 소형 아파트의 경우는 단위 면적당 공급되는 급탕부하가 난방부하보다 커질 경우 1 차측 배관 관로망의 공사비가 과대해져 비경제적임을 알 수 있다.

또한, 아파트에 있어서는 일정시간에 다량의 탕을 동시에 사용하는 점 등을 감안할 때 지역난방 공급지구라 할지라도 저탕조 설치공급 방식이 급탕공급에 유연성을 지니고 피크 부하에 대응할 수 있는 가장 바람직한 방식으로 판단되며 순간급탕공급방식의 적용은 평형별, 규모별 적정단지를 선정하여 충분한 기간 실험과 검증을 거쳐 적용하는 것이 보다 바람직한 방안으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. ASHRAE HANDBOOK, 1980. SYSTEM Ch 37. pp. 37.3~pp. 37.4
2. 한국지역난방공사 열공급규정, 1990. 6. 한국지역난방공사