

# 온수 온돌의 난방부하와 적정 온수 순환량 및 난방관(온돌관)의 소재 특성비교

## 1. 서론

온수난방은 1930년경 독일에서 발전시설의 폐열(廢熱)을 이용한 것이 최초이고 일본에서도 1943년에 고온수를 난방에 이용하였다는 기록이 있다.

우리나라는 2차 대전이후 선교사들의 주택과 미군막사에 온수를 이용한 난방방식이 최초로 도입되었다.

이와 같이 온수난방은 방열기(RADIATOR OR CONVECTOR)를 사용하여 대류에 의한 난방방식으로 우리나라에서 개발된 온수온돌과는 다른 난방 방식이다.

온수온돌 난방방식은 1950년대말경 민간 연구가들에 의해서 개발된 것으로 연탄용 구들온돌의 연소통주위(부뚜막부분)에 물항아리를 매설하여 연소통 주위로 누열 손실되는 폐열을 이용하여 온수를 얻었던 것으로부터 착안된 것으로 연탄용 구들온돌에서 발생하는 연탄가스 중독사고등 여러 가지 폐단을 없애기 위해서 개량 발전된 것이 세계적으로 유일한 난방 방식이 된 것이다.

우리 고유의 온돌난방(구들온돌)으로부터 개량 발전된 온수 온돌(FLOOR PANEL HEATING SYSTEM)은 복사 난방이므로 실내공기의 수직 온도분포가 방바닥 측이 높고, 천장부분이 낮기

때문에 인체공학적으로 가장 이상적인 난방 방식 일 뿐만 아니라, 체감온도가 높기 때문에 어떠한 난방방식보다 연료비가 절약되고, 실내공기가 청정하며, 외기와 동일한 습도가 유지하므로, 두한족열(頭寒足熱) 효과가 높기 때문에 주택난방으로 가장 우수한 난방 방식이다.

이와 같은 우수성이 이론적으로 증명됨에 따라 일본의 경우 1979년도 말경 우리나라로부터 최초로 도입된 한국식 온수온돌난방방식이 고급주택에 일반화되고 있으며, 1986년도부터 미국, 서독, 스위스 등 유럽각국에서도 우리의 온수온돌 난방방식이 크게 유행하고 있다.

그럼에도 불구하고 세계적으로 가장우수하고 유일한 우리의 온수온돌난방방식에 관한 연구에 열의가 부족하여 크게 방전하지 못하고 있음은 기이한 일이다.

이와 같은 원인은 학계가 관심을 갖지 아니하여 체계적으로 정리된 문헌이 없기 때문에 지금도 여러 가지 문제점을 앓고 있다. 필자는 인체공학적인 측면과 연료 절약적 측면에서 온수온돌의 난방부하에 따른 보일러의 정격출력산정방법과 온수의 적정유량에 따른 순환펌프의 산정방법의 기초 및 난방배관 재료 선정방법을 제시하고자 한다.

## 2 온수온도의 난방부하(暖房負荷) 계산방법

난방부하는 실내의 온도차에 따라 실내에서 실외부로 단위시간당 도피하는 손실열량을 말한다.

난방부하의 계산식은

$$Q = K(T_i - T_o) \times A$$

K: 열관류율 (Kcal / m<sup>2</sup> h °C)

A: 벽, 천장, 바닥, 창문, 출입문등의 면적(m<sup>2</sup>)

T<sub>i</sub>: 구하고자 하는 실내온도(°C)

T<sub>o</sub>: 외기 온도(°C)

Q: 난방부하(손실열량)(Kcal / m<sup>2</sup> h)

따라서 벽체, 천장, 바닥, 창문, 출입문, 환기등으로 도피하는 손실열량과 채광, 인체에서 발산하는 열을 일일이 계산하여야 하기 때문에 쉬운 일이 아니다.

다음과 같은 난방부하가 간이계산식을 적용하여 계산하는 것이 편리하다.

난방부하 간이계산식은

$$Q = U \times AH$$

U: 주택의 실면적당 열손실 지수(Kcal / m<sup>2</sup> h)

AH: 난방면적(m<sup>2</sup>)

Q: 난방부하(손실열량)(Kcal / m<sup>2</sup> h)

기준주택의 열 관류율(Kcal / m<sup>2</sup> h °C)

구분	상 급	중 급	하 급
지붕, 천정	0.299 (3.344)	0.511 (1.957)	2.5 (0.4)
외 벽	0.3 (3.332)	0.533 (1.877)	2.024 (0.494)
창 문	2 (0.5)	2.469 (0.405)	3.226 (0.31)
출 입 문	1.142 (0.876)	3.21 (0.331)	3.66 (0.273)
바 닥	0.257 (3.89)	0.296 (3.38)	0.56 (1.776)

주 : ( )는 열관류 저항임(m<sup>2</sup> h °C / Kcal)

## 비 고

I. 일최저 기온 : 1981 - 1990 년 기후 :

1월중 최저평균기온임.

II. 지중온도 : 1981 - 1990년 기후 :

표준평균값(1월중)

III. 실내온도 18°C

지역별 단위 열손실지수(U)

Kcal / m<sup>2</sup> h

주택급수 지역	상 급	중 급	하 급
김 경	60.3	79.3	188.0
서 울	68.9	90.9	216.3
인 천	64.5	84.9	201.7
충 도	51.8	67.9	160.1
추 영	62.4	82.1	194.8
포 향	55.9	73.4	217.7
대 구	61.8	81.5	193.6
전 주	62.1	81.9	194.4
울 산	55.7	73.1	217.1
광 주	57.8	76.0	180.1
부 산	51.5	67.5	159.3
목 포	53.5	70.3	166.1
여 수	51.6	67.7	159.6
제 주	44.1	57.8	136.2

위 지역별 단위 열손실 지수(U)는 각 지역별 1우리중 최저 평균기온을 외기온도로 하고 실내온도 18°C를 기준으로 설정하여 단열시공상태를 상급, 중급, 하급으로 구분, 상급은 공동주택(공동 주택 중 최상층과 측방세대는 중급으로 본다), 중급은 단독주택으로, 건축법령에 따라 시공된 주택이며, 하급은 건축법령에 미달된 주택으로 기준주택의 지붕,

난방부하 산출시의 온도기준

지역	입체저기온	지중온도(1m)
강릉	-6	5.9
서울	-10	3.8
인천	-8	5.4
울릉도	-2	7.0
추풍령	-7	5.7
포항	-4	6.9
대구	-7	7.8
진주	-7	6.3
울산	-4	8.0
광주	-5	7.6
부산	-2	8.3
목포	-3	8.4
여수	-2	7.8
제주	+1	13.2

위 난방부하는 외기 온도를 -10°C 실내온도를 18°C를 기준으로 계산한 것이므로 여유를 20%정도를 가산해 주는 것이 좋다.

따라서 예1)의 경우

$$7,257.84 \text{ (Kcal / h)} \times 1.2(20\%) =$$

$$8,731 \text{ Kcal / h}$$

$$8,731 \text{ (Kcal / h)} \div 32(\text{평}) =$$

$$272.84 \text{ Kcal / h평}$$

평당 난방부하는 273Kcal / h 이다

천장, 외벽, 출입문, 바닥등 열관류율을 계산하여 위 지수를 구한 것이다.

따라서 난방부하 간이계산은 주택의 실적면적에 위 열손실 지수를 곱하면 쉽게 구할 수 있다.

예1) 서울에 있는 실 면적 32평인 아파트인 경우

$$32(\text{평}) \times 3.3(\text{m}^2) = 105.5(\text{m}^2)$$

$$105.5(\text{m}^2) \times 68.9(\text{Kcal / m}^2\text{h}) =$$

$$7,257.84 \text{ Kcal / m}^2\text{h}$$

예2) 서울에 있는 실면적 32평인 중급 단독주택의 경우

$$32(\text{평}) \times 3.3(\text{m}^2) = 105.5(\text{m}^2)$$

$$105.5(\text{m}^2) \times 90.9(\text{Kcal / m}^2\text{h}) =$$

$$9,589.95 \text{ Kcal / m}^2\text{h}$$

예3) 서울에 있는 실면적 32 평인 하급단독주택의 경우

$$32(\text{평}) \times 3.3(\text{m}^2) = 105.5(\text{m}^2)$$

$$105.5(\text{m}^2) \times 216.3(\text{Kcal / m}^2\text{h}) =$$

$$22,819.66 \text{ Kcal / m}^2\text{h}$$

예2)의 경우

$$8,589.95 \text{ (Kcal / h)} \times 1.2(20\%) = 11,507.94 \text{ Kcal / h}$$

$$11,507.94 \text{ (Kcal / h)} \div 32(\text{평}) =$$

$$359.62 \text{ Kcal / h평}$$

평당 난방부하는 360Kcal / h 이다.

예3)의 경우

$$22,819.66 \text{ (Kcal / h)} \times 1.2(20\%) =$$

$$27,383.59 \text{ Kcal / h}$$

$$27,383.59 \text{ (Kcal / h)} \div 32(\text{평}) =$$

$$855.74 \text{ Kcal / h평}$$

평당 난방부하는 856Kcal / h

### 3 개별 난방 보일러의 출력(적정용량) 산정 방법

보일러에는 열효율과 출력(용량)이 법령에 의하여 표시된다. 따라서 위 예1), 예2), 예3)과 같이 계산된 난방부하에 적합한 보일러를 선정하되 난방부하에 급탕 부하와 배관의 방열손실을 가산해 주어야 한다.

부 하	기 준 값	비 고
급 탕 부 하	35Kcal/h (5 인 가족기준)	급탕용 일 경우만 적용
배관의 방열손실	난방부하의 5%	강제 순환식

- 1) 난방부하  
단독주택의 적정난방부하(위 예2)의 경우) : 360Kcal / h평
- 2) 온수 순환식 송수와 환수의 적정 온도차  
강제 순환식의 경우 7-15°C

계산식은

$$HM = H_1 + H_2 + H_3$$

HM : 필요로 하는 보일러의 출력(용량)

H<sub>1</sub> : 난방부하(위 예1), 2), 3) 의 여유율을 가산한 값)

H<sub>2</sub> : 급탕부하

H<sub>3</sub> : 배관이 방열부하

- 3) 온수온도의 적정온수 공급온도  
중앙난방 65 - 75°C  
개별난방 55 - 65°C

- 4) 적정유량 계산식은  
 $Q = G \times C \times (T_2 - T_1)$

#### 4. 온수온도의 적정유량 계산방법

\* 온수온도에서 온수의 순환량(온수온도의 유량)이 과다할 경우

- 가) 모터의 전력 소모량이 많아지고
- 나) 분배기(HEADER) 또는 방열기(RADIATOR)가 떨리는 소음과 유속의 마찰소음이 발생한다.
- 다) 순환펌프의 값이 증가되므로 공사비가 증가한다.

\* 온수의 순환량이 표준치 보다 적으면

- 가) 방열량의 부족으로 난방효과가 저하되어 하자가 발생한다.
- 나) 보일러가 과열되어 보일러 부품수명이 단축된다. 따라서 온수온도에 필요한 적정한 온수의 순환량을 다음과 같이 계산한다.

$$G = \frac{Q}{C(T_2 - T_1)}$$

- Q = 열량(Kcal)
- G = 온수의 질량(kg)
- C = 온수의 비열(Kcal / kg°C)
- T<sub>1</sub> = 환수온도(°C)
- T<sub>2</sub> = 송수온도(°C)
- G" = 1개존에 필요한 온수량

적정유량 계산 예 : (강제 순환식 일 때)  
난방부하 360Kcal / h 평 전용면적 32평 송환수 온도차 10°C 5개존(ZONE)  
총 난방부하 = 360 Kcal / h x 32평 = 11,520 Kcal / h

$$G = \frac{11,520 \text{ Kcal / h}}{1 \text{ Kcal / kg } ^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C}} = 1,152 \text{ Kcal / h}$$

$$G'' = 1,152\text{kg/h} \div 5\text{개존} = 230.4\text{kg/h}$$

$$= 0.234 \text{ m}^3 / \text{h}(60^\circ\text{C})$$

기준)

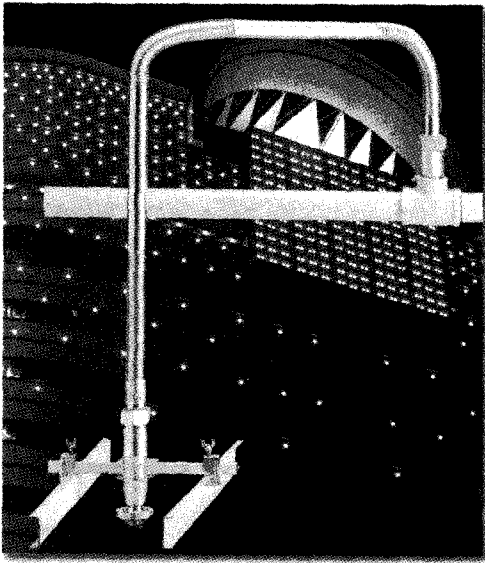
$$= 234 \text{ l} / \text{h}$$

15A(내경 16.05mm) 기준 유속

$$V = \frac{G''}{A} = \frac{0.234 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \times 0.01605^2 \text{ m}^2} = 0.32 \text{ m} / \text{sec}$$

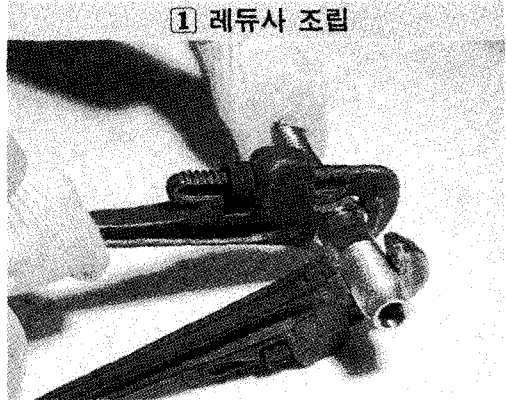
\* 전용면적 32평기준 세대당 적정 총유량은 1,152 l / h이고 1존당 유속으로 환산하면 0.32m / sec (15A 기준)이다. 따라서 강제순환식인 경우 순환펌프의 용량산정에 있어서 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

1) 개별 난방인 경우 적정흡상고 0m 인 것으로 한다.



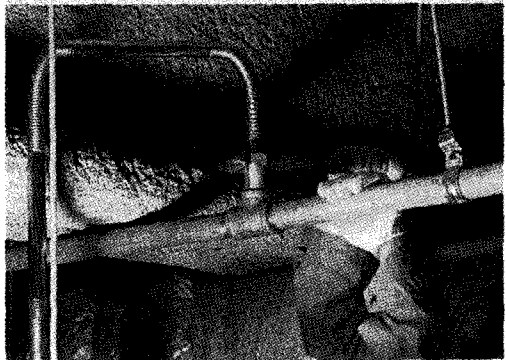
▲ 스프링롤러용 동아 플렉시블 조인트

### ① 레듀사 조립



레듀사의너트를 조인다.

### ② 너트 체결



메인에 너트를 체결후 너트를 조인다.

### ③ 사각바 설치



C채널 또는 M바에 사각바를 브래킷-B로 고정시킨다.



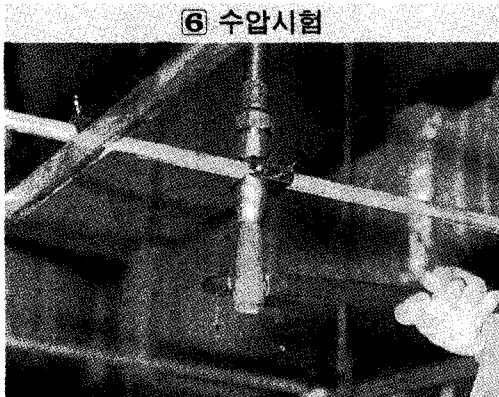
#### ④ 밴딩

맨손으로 구부려서 헤드설치 위치를 조정한다.



#### ⑤ 레듀사 고정

사각바를 브라켓트-A를 레듀사로 고정시킨다.



#### ⑥ 수압시험

레듀사 끝단에 플러그(PT1/2") 체결후 수압(21kgf/cm<sup>2</sup>) 시험한다.

2) 적정유량은 위 계산예에서 보는 바와 같이 난방 부하에 따라 적정유량을 계산하여야 하며, 위 간이계산방법은 1ZONE 당 234 l를 기준(전용면적 6평기준)으로 해당주택의 ZONE에 234 l/h를 곱하면 총유량이 나오므로 이에 알맞은 순환펌프를 선정하여야 한다.

\* 배관저항 및 유량 여유율은 난방부하에 이미 여유율 20%를 가산하였고 송수와 환수 온도차를 10℃로 계산하였으므로 개별난방방식에서는 무시해도 좋다.

\* 현재 대부분의 중앙난방식 아파트는 적정유량 보다 2배~3배로 과다하게 설계 시공되어 있기 때문에 ZONE의 밸브를 1/2로 조정할 경우 분배기(HEADER)에서 발생하는 소음이 70 데시벨에 육박하고 있다는 사실에 유의할 필요가 있다.

### 5. 난방관(은들관)의 소재 특성비교

1) 현재 사용되고 있는 난방관의 배관재료

현재 사용되고 있는 난방관은 합성 수지제관, 동관, 스테인레스 강관 스테인리스 나선형 주름관 등이 있다.

이들에 대한 물성은 다음 표와 같다.

(110 페이지 참고)

위표에서 스테인리스 나선형 주름관과 동관의 열전도율은 약 24배의 차이가 있으나 실제 필요로 하는 열 전달량에서는 스테인리스 주름관이 동관보다 약38.6%가 높다.

이와 같은 현상은 소재의 두께 차이와 방열면적의 차이에서 기인된 것이며, 실제 사용현장에서는 동관은 관내부에 청녹 스케일이 생기기 때

항목	판동	스태인리스강판	스틸레스나선형 주물관	동관	X-L관	P-P-C관	비고
재질	STS 304(27종)	STS 316(33종)	Cu (인합선동)		Cross Linked High Density Polyethylene Pipe	Poly Propylen Copolymer	
내구성	150년	STS 304(120년)의 25배	-		50년	50년	제조사의 카다북 참조
내후성	이상없음	이상없음	이상없음		* 태양광선에 취약함 2.5kg/cm <sup>2</sup>	* 태양광선에 취약함 2.62kg/cm <sup>2</sup>	제조사의 카다북 참조
인장강도	56kg/cm <sup>2</sup>	56kg/cm <sup>2</sup>	32kg/cm <sup>2</sup>				이음식 부분물 포함한 사용압력인 수직 적용에 의한 이음압력 (유속의 14배)이 발생함으로 안전을 고려해야 한다.
사용압력	14kg/cm <sup>2</sup>	14kg/cm <sup>2</sup>	14.1kg/cm <sup>2</sup>		* 5kg/cm <sup>2</sup>	* 5~7kg/cm <sup>2</sup>	제조사의 카다북 참조
내압파괴압력 15A 기준	160kg/cm <sup>2</sup>	190kg/cm <sup>2</sup>	-		* 25kg/cm <sup>2</sup>	* 45kg/cm <sup>2</sup>	분현참조
열전도율	14.02kcal/Mhr°C	14.02kcal/Mhr°C	332kcal/Mhr°C		* 0.325kcal/Mhr°C	* 0.325kcal/Mhr°C	온수의 온도 60°C 대기의 온도 18°C (나관상태일때)
열전달량	388.2kcal/평.hr	388.2kcal/평.hr	280kcal/평.hr		* 98.4kcal/평.hr	* 98.4kcal/평.hr	균형반경이 적을 경우 X-L, P-P-C관은 역임
최소균열반경	50 mm	30 mm	-		220 mm	220 mm	X-L, P-P-C관은 역임
동파	동파됨	3회 반복하여 열어도 동파되지 않음.	* 동파됨		* 동파됨	* 동파됨	공인기관 성적서 참조
해빙방법	전기저항이 커서 해빙기로 용이하게 해빙됨.	전기저항이 커서 해빙기로 용이하게 해빙됨.	해빙기로 해빙됨		* 대책방법 없음.	* 대책방법 없음.	
배관작업	배관작업이 어렵고 특히 이음식 부분의 작업이 어려움.	별도의 공구없이 맨손으로 작업하며 이음부분없이 시공가능.	PMC 808등판이 개발되어 용접 개소가 많이 줄었으나 용접부에 대해서는 숙련 용접공에 의한 용접작업이 필요		별도의 공구없이 맨손으로 작업함.	70~90°C의 온수를 순환시키면서 배당기로 작업하여야 하며 이음식 연결시 전용 열 용접기에 의한 용접 필요	
신축률수성	양호함	양호함	* 불량함		* 불량함	* 불량함	
신뢰성	KS 표시품	정부수의 계약품을 금전청 우수사용권장품 "U" 마크 표시품	KS 표시품		KS 표시품	KS 표시품	
열변형 온도 (취하온도)	-70°C ~ -450°C	-70°C ~ -450°C	-			-20°C ~ 119°C (ASTM D746)	
특기사항	* 이음식 부의 누수율이 높음.	* 건물물의 설비기준에 관한 규칙 제18조3항에 준한 국립건설시험소의 승인품 (응용수용 적정 배관재)	* 납땜 연결구조로 종금속인 납(Pb)이 용출되므로 응용수용 배관 재료로 부적합함 * 열수축팽창에 따른 피로 누적으로 이음부 누수위험 있음.	* 경화됨. 환경친화불량	* 경화됨. 환경친화불량	* 불특커본이 함유된 용접수지 배관은 수돗물에 함유된 염소(Cl)와 불특커본 및 잔유염소가 화학반응 일으켜 인체에 유해한 물질생성과 아울러 합성수지관(Pb)이 쉽게 피열되는 단점이 있어서 응용수용 배관재로 부적합함.	

문에 일정기간이 지난 후의 실제 방열량의 차이는 더욱 커지는 현상이 불가피하다.

내구성은 이론 수명을 기준으로 비교한 것이지만, 실제 현장 실정은 대부분 염분이 높은 바다모래를 사용하기 때문에 특히 동관의 경우 내구성이 의문시 된다.

**\* 스테인리스 강의 내식성**

미국의 상무성 발행문헌에서는 스테인리스강(304)의 내식성을 보통강의 10만배까지도 보고 있을 정도로 스테인리스강은 매우 강한 내식성을 가지고 있다. 기존의 배관재료인 동관과 스테인리스강의 내식성을 비교함으로써 스테인리스강의 우수한 내식특성을 살펴보고자 한다.

**일반 부식특성 비교**

금속의 일반 부식(general corrosion)에 대한 저항성은 대기 중이나 용액에 일정한 시간 동안 노출시켜 노출로 인한 질량 변화를 측정하여 평가한다. 여러 가지 환경의 대기 중에서 5년간 노출 시험을 수행한 결과에 의하면 (신일본제철제공, 1984년) STS 304의 대기부식 속도는 동의 약 1/100 ~ 1/1000 정도에 불과한 것으로 조사되었다. 대기 중 노출 시험결과를 아래표에 나타내었다.

5년간의 대기 중 노출시험 부식량 비교

	장소 1 (산)	장소 2 (도로변)	장소 3 (군기지)	장소 4 (제강소)
동	1.27	2.46	4.34	4.01
스테인리스강 (STS 304)	0.008	0.036	0.013	<0.003

