

衛生設備의 設計(給水設備)

Design of Sanitary System

편집위원회

1. 급수설비

(1) 급수관의 치수 설명

급수관의 지름은 각종 기구의 동시 최대 급수량을 연속적으로 급수할 수 있고 또 가장 먼 곳에 있는 기구, 가장 높은 곳에 위치한 기구에 사용 압력에 충분히 맞도록 하여야 한다.

① 기구의 수가 많은 경우

관의 마찰 손실을 $Rmm Aq/m$ 는 다음 식으로 표시된다.

$$R = \frac{(H-h)}{\ell + \ell_1} \times 1000$$

여기서 H : 기구의 밸브까지의 정수두 m

h : 밸브의 송출구에서의 최저 필요 압력 수두 m

ℓ : 급수관의 실제길이 m

ℓ_1 : 급수관의 밸브, 관 이음류의 국부 저항에 의한 마찰 상당 관 길이 m

② 사용이 비교적 단순한 경우 또는 기구가

적은 경우 관 내의 마찰 손실의 계산식은

$$h_f = f \frac{\ell}{d} \frac{V^2}{2g}$$

로 표시되고 또 유량을 Q 라 하면

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

가 된다. 이들 두 식에서

$$Q = \sqrt{\frac{\pi^2 g h_f}{g f \ell}} d^{\frac{5}{2}}$$

여기서 $K = \sqrt{\frac{\pi^2 g h_f}{g f \ell}}$ 라 하면

$$Q = K d^{\frac{5}{2}}$$

가 된다.

따라서 같은 수량을 흘러보내는 안지름 D 의 큰 관에 상당하는 안지름 d 의 작은 관의 수 N 은 다음 식으로 표시된다.

$$N = \left(\frac{D}{d}\right)^{\frac{5}{2}}$$

(2) 급수 방식

(a) 급수 배관의 방식

① 수도 직결 방식

수도 직결 방식의 장점으로는 양수 펌프나 탱크를 필요로 하지 않으므로 설비비가 가장 저렴하고 동력비도 필요로하지 않는다.

동력을 사용하지 않으므로 정전시에 단수의 피해가 없다.

한편 결점으로는 수압이 충분히 크지 않을 때에는 소정의 목적을 달성하기 어렵다는 것과 단수시에는 전혀 급수할 수 없는 점을 들 수 있다.

직결 급수 방식의 경우에는 수압은 항상 다음 조건을 만족하여야 한다.

$$P \geq P_a + P_b + P_c$$

다만 P : 수도 본관의 압력 kg/cm^2

P_a : 수도 본관으로부터 최고 위치의 기구 밸브까지의 높이에 상당하는 수압 kg/cm^2

P_b : 수도 본관으로부터 최고 위치의 기구 밸브까지의 배관 손실 압력 kg/cm^2

P_c : 최고 위치의 기구 밸브의 필요 압력 kg/cm^2

② 탱크식 배관 방법

건물의 옥상에 설치되는 탱크를 옥상 탱크, 집합 주택, 단지 등 또는 탱크를 옥상에 설치하지 않은 경우에는 가대를 구축하여 그 상부에 탱크인 고가 탱크가 있어서 이곳으로부터 필요로 하는 부분에 급수하는 경우를 말한다.

③ 압력 탱크식 배관 방법

밀폐 탱크 내에 물을 송입하면 탱크 내의 공기는 물의 양이 증가함에 따라서 압축된다. 이 압축 공기는 처음의 상태로 되돌리도록 탱크 내의 수면에 항상 압력을 가하게 된다.

이렇게 하여 가압된 물을 소요 개소에 급수한다.

수도 또는 수원으로부터 급수 물받이 탱크에

저수한다.

그림 1은 압력 탱크식 급수 방식의 한 예이다.

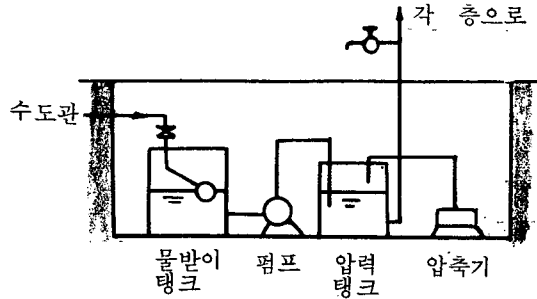


그림 1. 압력 탱크식

④ 가압 펌프식 배관법

압력 탱크식의 압력 탱크 대신에 소형의 서어지 탱크를 붙이고, 필요대수의 펌프를 설치하여 사용량의 변화에 대응하여 알맞는 펌프를 작동시켜 급수한다. 항상 1대는 상시 운전하고 다른 펌프는 부우스터 펌프로서 작동하도록 한다.

이 방식은 수압 감지기, 저압 한계 스위치, 고압 한계 스위치, 속도 조정 역전 모우터 등에 의한 제어를 갖는다.

2. 음료용 냉수 장치

(1) 냉수의 온도와 물의 양

냉수의 온도와 양은 작업의 경중에 따라 많은 차이가 있다.

또한 물의 양은 1년중 여름철이 가장 많으며 표 1은 여름철을 대상으로 한 것이다.

표 1. 냉수의 온도와 소요 수량

건 물	수 온	수 량
작업 공장	7 ~ 10 ℃	0.54 ℓ/인/h
중작업 공장	10 ~ 13 ℃	0.38 "
"	13 ~ 16 ℃	0.95 "
학교·사무실	7 ~ 10 ℃	0.125 ~ 0.32 "
극 장	7 ~ 10 ℃	0.38/100 인/h
호 텔	"	0.4 ℓ/실/h
병 원	"	0.315 ℓ/베드/ℓ
공공 수용기	"	75 ~ 130 ℓ/h/개소

(2) 열취득 부하 계산

① 사용 수량을 필요 온도까지 냉각하는 부하 H_c kcal/h

$$H_c = Q (t_w - t_r)$$

여기서 Q : 사용 수량 l/h

t_w : 보급수 온도 $^{\circ}C$

t_r : 냉수조 출구 온도 $^{\circ}C$

② 배관의 열취득 부하 H_p kcal/h

$$H_p = \frac{(t_o - t_r) \ell}{\frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha d_1} + \frac{2.303}{2k} \log \frac{d_1}{d_o} \right)} \quad \dots(2)$$

여기서 t_o : 실내 온도 $^{\circ}C$

d_o : 관의 외경 m

d_1 : 보냉재의 외경 m

ℓ : 관 길이 m

k : 보냉재의 열전도율 kcal/mh $^{\circ}C$

α : 배관 보냉 표면의 열전달율

kcal/m² h $^{\circ}C$

③ 밸브 및 관 이음류의 열취득 부하

H_f kcal/h

$$H_f = 0.2 (H_p) \quad \dots\dots\dots (3)$$

④ 냉조수의 열취득 부하 H_r kcal/h

$$H_r = \frac{t_o - t_r}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{k}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

여기서 δ 는 보냉재의 두께 m이다.

(3) 냉각 장치

압축기에서 압축된 고압 고온의 가스는 응축기로 들어가 물 또는 공기에 의하여 냉각되면 응축열을 빼앗겨 액체로 되고 수액기에 일시 저장된다.

이것이 팽창 밸브를 통하여 감압되고 냉수조 내의 냉각 코일은 냉각된다.

냉수조 내에서 기화된 가스는 다시 압축기에서 흡입되어 압축된다. 냉수조(冷水槽)는 냉각과 동시에 물의 저장 역할을 하며 일반적으로 소비량의 1 시간분을 저장한다.

냉각 코일의 표면적은 다음 식으로 구한다.

$$F = \frac{H_r}{K(LMTD)} \quad m^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

여기서 H_r : 열취득 부하 kcal/h

K : 물과 냉매 코일·표면 사이의 표면 전열 계수

(= 50 ~ 60 kcal/m²h $^{\circ}C$)

$LMTD$: 대수 평균 온도차 $^{\circ}C$

냉매의 온도는 필요 온도보다도 5 ~ 6 $^{\circ}C$ 낮게 취한다.

냉수조에는 개방형과 밀폐형이 있으며, 밀폐형의 경우는 탱크 내의 온도 변화에 따른 물의 체적 증가가 있으므로 팽창관 또는 안전밸브를 설치한다.

(4) 배관 방식

냉각수의 배관은 복관식(復管式)으로 하고 강제 순환에 의하여 항상 배관 내부의 냉각수 온도를 일정히 유지하도록 한다.

그림 2는 냉수 장치를 최하층에 설치하고 리터언 배관을 최상층에서 하나의 배관으로 배관한 것이고, 그림 3은 리터언 배관을 각 샤아프트로 한 경우이다.

그림 4는 냉수 장치를 최상층에 둔 것으로서 리터언 배관을 최하층에 설치한 예의 하나이다.

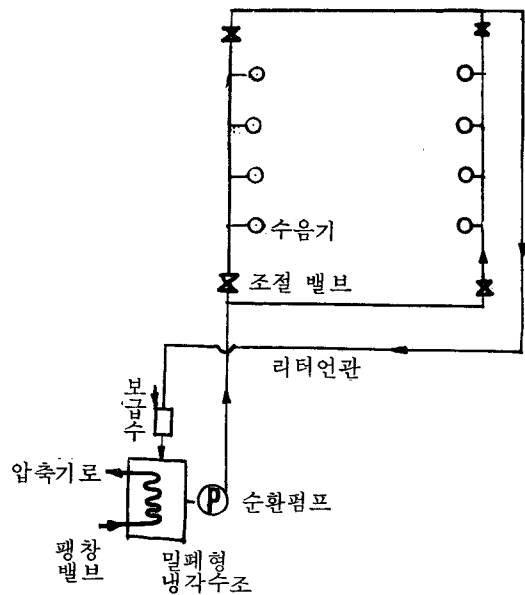


그림 2 냉수 장치가 최하층인 경우

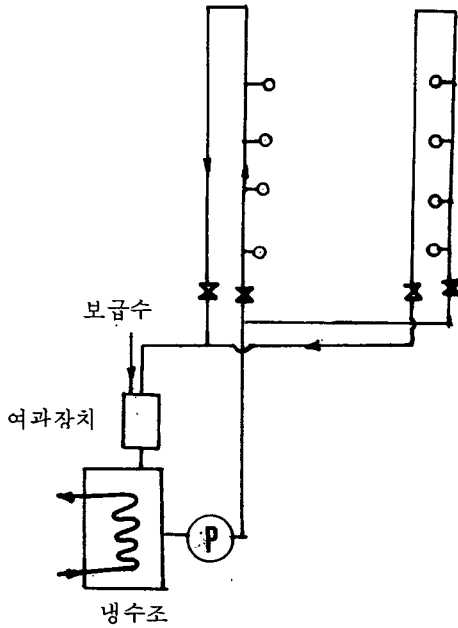


그림 3 리터언 관을 각 샤프트 마다 둔 경우

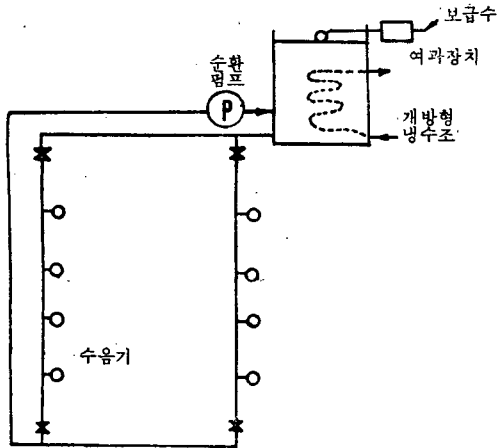


그림 4 냉수 장치가 최상층에 있는 경우

표 2는 냉수 탱크의 보온재 두께를 나타낸 것이다.

Table. 표 2 냉수 탱크의 보온재 두께 mm

상대 습도	암면 보온판 보온 두께 (mm)	탄화콜크판 보온 두께 (mm)
80%	50	50
85%	75	75
95%	100	100

(5) 급수 설비의 시공

1) 탱크류

급수 탱크의 종류에는 물받이 탱크, 옥상 (고가) 탱크, 압력 탱크가 있다.

① 물받이 탱크

건물로 공급하는 물을 일단 저수하는 목적으로 축조한 탱크로서 건물의 구조에 따라 옥외 지중 매설하는 경우와 옥내 최저층에 만드는 강판재가 있다.

바닥 아래 또는 지중 매설하는 경우의 오염 방지를 위하여 다음 사항에 유의하여야 한다.

(a) 주위가 깨끗하고 고인물, 더러운 물이 생기지 않도록 한다.

(b) 기기, 하수관, 배수관, 각종 배관, 배수로 등이 물받이 탱크 위로 지나지 않게 한다.

(c) 배수조, 오물조와 완전 절연 시킨다.

(d) 빗물, 편물 등이 들어가지 않게 지면보다 10cm정도 높게 슬라브를 친다.

(e) 맨 호일은 완전히 물이 새어들지 않는 구조일 것

(f) 철근 콘크리트의 경우 측벽은 최소 10cm 이상으로 하고 방수 가공을 완전하게 한다.

② 옥상 탱크 (고가 탱크)

필요로 하는 수압을 얻기 위하여 옥상 또는 고가 건축물대 위에 설치하는 탱크로서 건물 옥상의 경우에는 노출 설치하는 경우와 실내에 설치하는 경우가 있다.

③ 압력 탱크

옥상 탱크 대신에 일정 범위의 입력과 소요의 급수 능력을 갖는 내부 압력을 갖는 탱크로서 주위가 깨끗하고 점검, 수리가 용이한 곳에 설치한다. 보통 건물의 최하층에 설치한다.

원통형 강판재로 만들며 보일러 및 압력 용기에 관한 규정에 따르도록 한다.

그림 5는 압력 탱크의 한 예를 표시한 것이다.

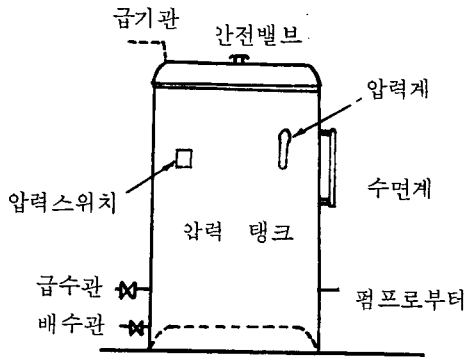


그림 5 압력 탱크

3. 급탕설비 (給湯設備)

(1) 물의 팽창과 비등

물의 온도와 밀도, 체적과의 관계는 다음 표와 같다.

표 3. 물의 온도, 밀도 및 체적

온도 (℃)	밀도 (kg/ℓ)	체적 (ℓ/kg)	온도 (℃)	밀도 (kg/ℓ)	체적 (ℓ/kg)
0	0.99988	1.000117	50	0.98818	1.01196
4	1.00000	1.000000	60	0.98336	1.01692
5	0.99999	1.000008	65	0.98077	1.01961
10	0.99974	1.000264	70	0.97787	1.02263
15	0.99915	1.000852	75	0.97492	1.02572
20	0.99826	1.001741	80	0.97190	1.02891
25	0.99711	1.002897	85	0.96879	1.03222
30	0.99572	1.00430	90	0.96552	1.03571
40	0.99235	1.00771	95	0.96216	1.03933
45	0.99029	1.00981	100	0.95867	1.04312

일정 중량의 물은 4℃를 경계로 하여 가열 또는 냉각에 따라 그 체적은 증가한다.

하나의 보기를 들면 1 kg의 물을 5℃에서 60℃까지 가열하면 그 체적은 1.000008 ℓ로부터 1.01692 ℓ로 증가한다. 따라서 체적은 처음 체적의 약 1.7% 정도 증가한다.

표 4는 압력과 비등점의 관계를 도시한 것이다.

표 4. 압력과 비등점

압력 (kg/cm ²)	비등점 (℃)	압력 (kg/cm ²)	비등점 (℃)
0	100	3.0	143
0.5	111	3.5	147
1.0	120	4.0	151
1.5	127	4.5	155
2.0	133	5.0	158
2.5	138		

이상에서 살펴본 바와 같이 물은 가열하면 밀도는 작아지며, 용기 내의 물을 가열하면 가열된 물은 상승하고 냉수는 아래로 내려가므로 물은 용기 내에서 순환 작용을 하게 된다. 이 때의 자연순환 수두는

$$H = 1.000 (\rho_2 - \rho_1) h \quad (6)$$

로 표시된다.

H : 자연 순환 수두 (mm Aq)

ρ_2 : 용기 밀면 부근의 물의 밀도 (kg/ℓ)

ρ_1 : 수면 부근의 " (kg/ℓ)

h : 용기 밀면으로부터 수면까지의 높이 (m)

(2) 수질 (水質)

물 속에는 용존 산소, 용해 염류 등 외에 여러 가지 불순물이 포함되어 있다. 그림 6은 온도와 용존 산소량과의 관계를 도시한 것이다. 하나의 보기를 들면 물 1ℓ를 5℃에서 70℃까지 가열하면 13 ppm - 4 ppm 즉 9 g의 산소가 유리된다.

80℃ 이상에서는 용존 산소가 거의 일정해 가와 지므로 부식의 정도는 80℃가 최대로 된다.

용해 염류는 수온의 상승과 더불어 석출되며 탱크 내의 스케일이 되고 보일러 등의 전열면에 부착하여 전열을 해치고 열전도율의 저하를 초래하며 또 재료의 과열과 연료의 손실을 가져오는 요인이 된다.

스케일의 주성분은 Ca, Mg의 화합물이며 이들 Ca, Mg 화합물을 경도 성분이라 하며 그 함량을 경도 (硬度)라 한다.

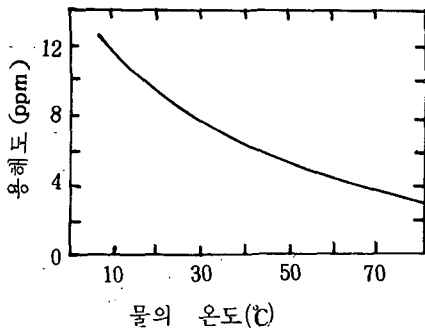


그림 6 . 공기중 산소의 물의 용해도

(3) 급탕 방식

급탕 방식은 국소 방식과 중앙식으로 크게 나뉘며 건물의 종류, 규모, 용도, 탕의 사용 방법 등에 따라 적당한 방식을 선정한다.

국소식에는 순간식 국소 급탕과 저장식 국소 급탕이 있으며 전자는 가스 또는 전기 가열식이 있으며 전기식은 가열 능력이 작은 (1 kW 정도)이다. 일반적으로 가스 가열식은 750 kcal/min 정도가 한도이다.

후자의 경우에는 전자에 비하여 건설비가 많이 들며 열원으로는 가스, 중유, 등유, 석탄 등이 있으나 중유, 등유의 것이 많이 쓰인다.

이 밖에도 기수 혼합식 (氣水 混合式)도 있다.

중앙식은 건물 전체에 걸쳐서 급탕하는 대규모 방식으로서 지하 기계실 등에 가열 장치, 저장조, 순환 펌프 등을 집중 설치하여 상향, 하향 등의 순환 배관을 통하여 필요 개소로 공급하는 방식이다.

(4) 가열 부하와 저장 용량

용도별 급탕의 사용 온도는 표 5와 같다.

표 5 용도별 사용 온도

용도	온도 (℃)
음료용	50 ~ 55
세면용	40
목욕용	43 ~ 45
주방일반용	45
세탁용 (모직·견직)	33 ~ 47
세탁용 (면직물)	49 ~ 52
수영풀	21 ~ 27
세차용	24 ~ 30

(a) 급탕량의 계산

① 인수에 의한 방법

1일 최대 급탕량 Q_d (ℓ/일), 1시간 최대 급탕량 (ℓ/h), 저장 용량 V (ℓ), 가열기 능력 H (kcal/h)는 다음 식으로 구한다.

$$Q_d = n q_d \quad (7)$$

$$Q_h = n q_h \quad (8)$$

$$V = Q_d \xi \quad (9)$$

$$H = Q_d \zeta (t_h - t_c) \quad (10)$$

여기서 n 은 급탕 대상 인원(인), t_h, t_c 는 각각 탕의 온도(℃), 물의 온도(℃)이다. 또 q_d, q_h, ξ, ζ 는 표 6에 표시된 값이다.

이 표에서 주택, 아파트에서 세탁기가 있는 경우에는 세탁기 1대당 150ℓ 정도를 추가한다.

[보기 1] 6인 가족이 사용하는 주택 급탕 설비의 가열기 능력과 저장 용량을 구하라.

[풀이] 1일 최대 급탕량

$$Q_d = 6 \times 150 = 900 \text{ ℓ/d}$$

1시간 최대 급탕량

$$Q_h = 900 \times \frac{1}{7} = 129 \text{ ℓ/h}$$

저장 용량

$$V = Q_d \cdot \xi = 900 \times \frac{1}{5} = 180 \text{ ℓ}$$

가열기 능력

$$\begin{aligned} H &= Q_d \cdot \zeta (t_h - t_c) \\ &= 900 \times \frac{1}{7} \times (60 - 5) \\ &= 7,071.43 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

[보기 2] 300 명을 수용하는 아파트에서 저탕조 용량이 4,000 ℓ인 경우 가열기 능력을 구하라.

[풀이] $Q_d = 300 \times 150 = 45,000 \text{ ℓ/d}$

$Q_h = 45,000 \times \frac{1}{7} = 6,429 \text{ ℓ/h}$

피이크 로우드의 계속 시간을 4 시간이므로 4 시간 동안의 급탕량은
 $6,429 \text{ ℓ/h} \times 4 \text{ h} = 25,716 \text{ ℓ}$

4,000 ℓ의 저탕조의 경우 유효 수량은

$4,000 \text{ ℓ} \times 0.7 = 2,800 \text{ ℓ}$ 이고, 4 시간 동안 가열해야 할 수량은 $25,716 - 2,800 = 22,916 \text{ ℓ}$

이므로 1 시간당 $22,916/4 = 5,729 \text{ ℓ/h}$ 가 된다.

따라서 가열기 능력은

$5,729 \text{ ℓ/h} \times (60 - 5) \text{ }^\circ\text{C} = 315,095 \text{ kcal/h}$

이다.

표 6 건물의 용도별 급탕량

건물종류	1인 1일 급탕량 (ℓ/d) q_h	1일 사용에 대하여 필요한 1시간 최대치의 비율 q_h	피이크 로우드의 계속 시간 h	1일 사용량에 대한 저탕비율 ξ	1일 사용량에 대한 가열능력에 대한 비율 ζ
주택·아파트·호텔	75 ~ 150 (60 °C에서)	1/7	4	1/5	1/7
사무실	7.5 ~ 11.5 (")	1/5	2	1/5	1/6
공장	20 (")	1/3	1	2/5	1/8
식당 (3식/1일)		1/10	8	1/5	1/10
식당 (1식/1일)		1/5	2	2/5	1/6

표 7 기구에 대한 급탕량 ℓ (60 °C)

기구	1회당 급탕량 (ℓ)	1시간당 사용회수	1시간당 급탕량 (ℓ)
일·반 세 면 기	5	2 ~ 8	10 ~ 40
개 인 세 면 기	7.5	1	7.5
욕 조	100	1 ~ 3	100 ~ 300
샤 워	50	1 ~ 6	50 ~ 300
부 역 조 리 대	15	3 ~ 5	45 ~ 75

표 8 여러 가지 건물에 대한 급탕량 ℓ (60 °C)

기구	건물명							
	아파트	체육관	병원	공장	호텔	사무소	개인주택	학교
개 인 세 면 기	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
공 중 세 면 기	15	30	22	45	30	22		57
욕 실	75	100	75		75		75	
부 역	38		75	75	110	75	38	75
샤 워	110	850	280	850	280	110	110	850
사 용 율	0.3	0.4	0.25	0.4	0.25	0.3	0.3	0.4
1시간당 최대 예상 급탕량에 대한 저탕탱크 용량의 비율	1.25	1.0	0.6	1.0	0.8	2.0	0.7	1.0