

## 지역 난방 시스템 (VI)

### District Heating System (VI)

오 후 규

H. K. Oh

부산수산대학교 냉동공학과

#### (2) 벨로우즈형 신축 이음

U밴드는 돌출부가 공간을 차지하고 있는데 비하여, 벨로우즈형 신축 이음은 그것이 필요없는 장점을 가지고 있다. 배관을 2분 이상 평행하게 매설하는 경우에도 배관 간격을 넓게할 필요가 없다. 벨로우즈형 신축 이음은 특별한 몰라법으로 제조되고, 이것은 다수의 홈에서 만들어진다. 두꺼운 홈보다도 다수의 얇은 재료로 만들어진 홈 쪽이 유연하고, 하나의 이음으로 큰 열 팽창을 흡수할 수 있다. 벨로우즈형 신축 이음을 유체가 통과할 때 와류(소용돌이)가 생기지 않도록 배관 내측에 별도의 매끄러운 배관을 설치하는 경우도 있다. 이음 부착 배관의 신축 구조에서는 최대 팽창의 50%까지가 프리스트레스(pre-stress)를 받고 있다. 실제에서의 프리스트레스(pre-stress)는 최대 온도차, 지지점 간격, 조립 온도에 의해 발생된다.

벨로우즈형 신축 이음을 설치할 때에는 양쪽의 직관을 직선 모양으로 접속하여야 한다. 벨로우즈형 신축 이음의 종류를 그림 3.41에 나타내었다.

① 하중이 걸리는 벨로우즈형 신축 이음은 양쪽 끝에서 직관으로 접속되도록 하므로서 내압과 이음부분의 작동력에 의해 고정점에 큰 힘을 준다. 이 때에는 이음의 수로 길이 방향의 변화를 상쇄하도록 하고, 내압에 의해 길이 방향의 힘이 증대하지 않도록 해야 한다. 이것은 이음의 직경에 의한 것으로 구조에 주의해야 한다. 고온수 배관에서 고온을 이용하는 경우에 벨로우즈형 신축 이음은 고정점에 강한 힘이 가해지기 때문에, 이 이음의 사용은 제한을 받는다. 프리스트레스(pre-stress)와 고정점의 힘 계산은 제조자의 지시에 따른다. 제조자는 허용 신축량을 일정한 하중 변화수와 이음의 수를 고려하여 결정한다. 이 수치를 얻을 수 없는 경우에는 허용 신축량 결정에 있어서 일정한 안전계수를 곱해 허용 신축량의 경감을 도모할 필요가 있다.

② 하중이 걸리지 않는 벨로우즈형 신축 이음은 고강도에서 내식성이 있는 강재로 제작된 세층의 재료로 되어 있어, 내압에 의해 생기는 길이 방향의 힘을 축방으로 밀어 올릴 수 있도록 되어 있다. 이와 같이 하므로서 일

반적인 벨로우즈형 신축 이음이 가진 결정을 해소하고, 보다 높은 운전 압력에 대해서도 사용 가능하게 된다. 외측의 금속 표면은 압력에 의한 움직임에 대해 안정화하는 방향으로 작용한다. 하나의 금속 표면 중에는 택산의 자바라(주름)가 들어 있어 내압의 변화를 흡수한다. 최대의 자바라(주름) 수는 15매이지만, 이것으로 길이 방향 120mm의 신축을 흡수할 수 있다. 이 이상의 신축이 예상되는 경우도 전혀 문제가 없고, 하중이 걸리지 않는 신축 이음을 2개 병렬로 접속하여 사용하면 좋다.

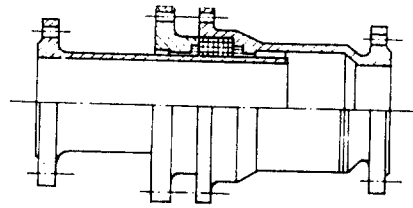
경첩·이음매식 벨로우즈형 신축 이음은 배관 시스템에서 엘보우 부분이나 Z자형 배관, U자형 배관 부분에서 얻어지는 탄성을 증대시키는 역할을 하고 있다. 경첩·이음매식 벨로우즈형 신축 이음은 짧은 직관부에서도 큰 신축을 흡수할 수 있고, 이것에 의해 생기는 반력도 작다. 경첩·이음매식 볼트를 가진 벨로우즈형 이음에서는 가운데에서 이음형의 접힘이 간단히 사용되고 있다.

경제적인 면에서 보면 벨로우즈형 신축 이음은 통상의 U밴드와 거의 같게 된다. 배관에서 엘보우, Z자형 배관 등을 도입하여도 신축 흡수가 충분하지 않은 경우에 경첩·이음매식 볼트를 가진 벨로우즈형 신축 이음을 사용하면 유리하다.

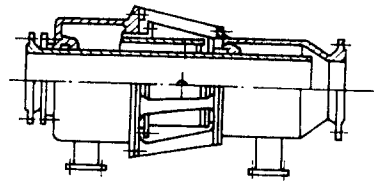
(3) 윤활 신축 이음

윤활 신축 이음에는 충전물이 있는 신축 이음이 사용되지만, 여기에도 하중이 걸리는 것(하중형)과 걸리지 않는 것(무하중형)이 있다(그림 3.42). 이 신축 이음의 결점은 충전물을 사용하므로 장치 운전 중에 기밀성이 손상되지 않도록 지속적인 감시가 필요하다.

하중이 걸리지 않는 윤활 관 신축 이음(그림 3.42a)에서는 배관의 끝이 다른 배관의 속에 들어가 윤활하고, 다른 배관은 뚜껑처럼 되어 있다. 따라서 충전물을 통하여 기밀성을 잃게 된다. 기밀 압력은 충전물을 고정하는



a) 무하중형 신축이음



b) 하중형 윤활 신축 이음

그림 3.42 윤활 신축 이음

나사를 조임으로서 얻어진다. 배관은 신축 이음에서 일단 절단되기 때문에 길이 방향의 힘을 다시 전해줄 수가 없고, 내압에 의해 고정점에 큰 힘이 작용한다. 이 내압에 의한 고정점에서의 반력과 충전물이 기밀되어 있지 않다는 위험성 때문에, 하중형 윤활 신축 이음은 내압이 작은 경우에만 이용된다. 하중형 윤활 신축 이음(그림 3.42b)에서의 관 끝은 하중이 걸리지 않는 윤활 관 신축 이음에서와 마찬가지로 뚜껑관(외관)내의 통관을 윤활한다. 통관에는 충전물이 채워져 있다. 무하중형 윤활 신축 이음과는 반대로 통관의 외측에서 뚜껑관의 내측으로 내압 이하의 환상의 압력실(무부하실)이 있고, 이 압력실은 배앞면에 의해 내압에 대항하도록 길이 방향의 힘을 발생시키고, 관의 신축에 대해서는 충전물의 마찰이 반력으로 작용하여 신축을 제거하는 작용을 하고 있다. 하중형 윤활 신축 이음은 온도 400℃, 압력은 ND 25(공업 단위계)까지 사용되고 있다.

표 3.24에 무하중형 신축 이음과 하중형 신축 이음의 치수와 흡수되는 신축량을 나타내었다.

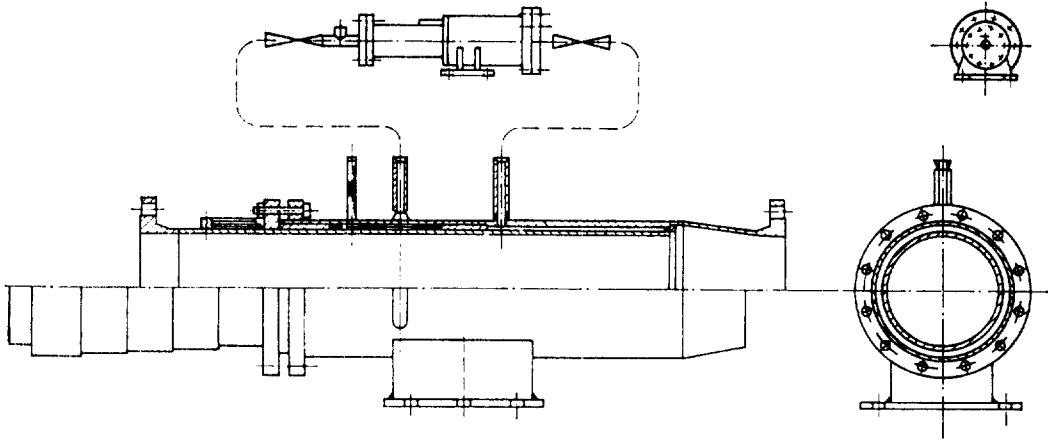


그림 3.43 원격 감시가 가능한 충전물을 가지는 신축 이음과 자동 기밀 유지장치

표 3.24 윤활 신축 이음의 치수

호칭경 (mm)	하중형 윤활 신축 이음		무하중형 윤활 신축 이음	
	최대길이 (mm)	흡수되는 신축 (mm)	최대길이 (mm)	흡수되는 신축 (mm)
50	470	100		
80	545	125		
100	565	125		
150	630	150	1900	250
200	690	150	2100	300
250	720	150	2200	300
300	810	200	2425	350
350			2500	350
400	860	200	2570	350
500	920	200	2745	350
600	940	200	2800	350
700			2800	350
800	1030	200	2800	350

그림 3.43은 특수한 구조의 하중형 윤활 신축 이음을 나타낸다. 이 충전물을 가지는 신축 이음은 합성 수지의 충전재를 운전 중에 자동적으로 충전할 수 있도록 제작된 것으로, 늪이 생겼거나 충전재가 충분하지 못하다는 것을 원격 지시로 알리도록 되어 있다. 충전재는 패키징에 관 내압의 2배 이상 되는 압력으로 고압 압축기에 의해 가압되어 있다. 운전 도중에 충전재가 없게 되면 충전재가 고압 압축기에서 패키징로 언제나 보급될 수 있도록 되어 있다. 압축용 압력은 배관에서 취출

되고, 크기가 다른 피스톤 압축기에 의해 2배가 된다. 충전재의 보급도 고압 압축기에서 배관의 운전 중에 이루어진다.

(가) 지지재의 형태

지역 난방 배관의 지지재는 장치 운전 중 다음의 기능을 가질 필요가 있다.

- i) 배관에 과도한 하중이 걸리는 것을 피한다.
- ii) 온도에 따른 배관의 과도한 신축을 방지한다.
- iii) 배관의 연장은 미리 계획한 방향으로만 허용한다.
- iv) 지지재에서의 탈락, 낙하, 경사를 만들지 않도록 한다.
- v) 배관에 설치된 단열재가 한쪽 방향으로 치우친다던지 손상을 받지 않을 것.

기능에서 보면 배관 지지재는 다음과 같이 분류된다.

- i) 롤라식 지지
- ii) 가이드 홈 부착 롤라 지지
- iii) 핀 지지
- iv) 기타 지지

지지 방법과 마찬가지로 지지 간격도 중요한 의미를 가지고 있다. 이것은 지지 간격의 계산법에 의해 정해지지만, 허용 구배, 허용

배관 응력에 의해 결정된다.

(1) 지지재의 간격

지역 난방 배관의 허용 지지 간격은 크게 다음의 3가지 기준에 의해 정해진다.

- i) 배관의 허용 곡률 응력을 고려할 것.
- ii) 곡부가 생겨도 역구배가 생기지 않을 것.
- iii) 지지재의 허용 응력을 고려할 것.

문헌<sup>(3,24)</sup>에 의하면 지지 간격은 간이 계산에 의해 다음과 같이 나타나고 있다.

$$\sigma_1 + \sigma_0 \leq 1.2\sigma_{zul}$$

여기서,  $\sigma_0$ : 곡률 응력,  $\sigma_1$ : 내압에 의한 길이 방향 응력

배관의 구간별 질량  $q$ 는 배관 자체의 질량, 유체의 질량, 단열재의 질량 3가지에 의해 결정된다.

열 팽창의 방해에 의한 배관의 반력, 배관의 마찰력, 시공 정도, 질량 편차에 대한 할증의 3가지는 무시하고 계산한다.

표 3.25 물의 배관에 대한 허용 지지 간격 St 35b, St 35-5 : 100°C, 150°C

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)				
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20
100°C							
31.8×2.6	30	9.1	2.2	2.5	2.6	2.6	2.6
	50	12.7	2.0	2.2	2.6	2.6	2.6
38 ×2.6	30	10.3	2.5	2.9	3.1	3.1	3.1
	50	13.9	2.3	2.6	3.1	3.1	3.1
44.5×2.6	30	11.6	2.9	3.3	3.7	3.7	3.7
	60	17.2	2.5	2.9	3.4	3.7	3.7
57 ×2.9	30	14.6	3.6	4.1	4.8	4.8	4.8
	60	20.4	3.2	3.7	4.3	4.8	4.8
76 ×2.9	30	19.2	4.4	5.1	6.0	6.5	6.5
	70	27.5	3.9	4.5	5.3	6.5	6.5
89 ×4	30	24.6	5.3	6.0	7.1	7.5	7.5
	70	33.2	4.8	5.4	6.5	7.5	7.5
108×4	50	35.0	5.7	6.6	7.8	9.2	9.2
	80	42.1	5.4	6.2	7.3	9.2	9.2
133×4	50	44.0	6.6	7.5	8.9	11.2	11.2
	80	51.5	6.2	7.1	8.5	10.5	10.5
159×4.5	60	58.6	7.4	8.5	10.1	12.5	12.5
	90	66.7	7.1	8.2	9.7	11.7	11.7
150°C							
31.8×2.6	30	9.1	2.2	2.5	2.6	2.6	2.6
	60	14.6	1.9	2.1	2.5	2.6	2.6
38 ×2.6	30	10.3	2.5	2.9	3.1	3.1	3.1
	60	15.9	2.2	2.5	3.0	3.1	3.1
44.5×2.6	30	11.6	2.9	3.3	3.7	3.7	3.7
	70	19.3	2.4	2.8	3.3	3.7	3.7
57 ×2.9	30	14.6	3.6	4.1	4.8	4.8	4.8
	70	22.5	3.1	3.5	4.2	4.8	4.8
76 ×2.9	50	23.2	4.1	4.7	5.6	6.5	6.5
	80	29.9	3.8	4.3	5.1	6.5	6.5
89 ×4	50	28.7	5.0	5.7	6.7	7.5	7.5
	80	35.6	4.6	5.3	6.3	7.5	7.5
108×4	60	37.2	5.6	6.4	7.6	9.2	9.2
	90	44.7	5.2	6.0	7.1	9.0	9.0
133×4	60	46.4	6.4	7.3	8.7	11.0	11.0
	90	54.2	6.1	7.0	8.3	10.1	10.1
159×4.5	60	58.6	7.4	8.5	10.0	12.4	12.4
	100	69.6	7.0	8.0	9.5	11.4	11.4

허용 변형에 의한 지지 간격  $l_{zul}$ 은 다음과 같이 정해진다.

## (2) 수평 배관

$$l_{zul} = 4.4 \sqrt[4]{\frac{Ei f_{zul}}{q}}$$

표 3.26 물의 배관에 대한 허용 지지 간격 St 38b-2 : 150℃

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)				
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20
219×5	80	95.8	9.0	10.3	12.2	13.4	13.4
	110	105.4	8.7	10.0	11.8	12.8	12.8
219×6	80	100.3	9.4	10.7	12.7	14.3	14.3
	110	109.9	9.1	10.4	12.3	13.7	13.7
273×5	80	127.9	10.2	11.7	13.9	14.6	14.6
	120	141.9	9.9	11.3	13.4	13.9	13.9
273×6	80	133.6	10.7	12.2	14.5	15.6	15.6
	120	147.5	10.3	11.8	14.0	14.8	14.8
325×5	80	163.2	11.3	12.9	15.3	15.5	15.5
	130	182.1	10.9	12.4	14.6	14.6	14.6
325×6	80	169.9	11.8	13.5	16.0	16.5	16.5
	130	188.8	11.4	13.0	15.4	15.7	15.7
325×8	80	183.3	12.6	14.4	17.0	18.2	18.2
	130	202.2	12.2	13.9	16.5	17.3	17.3
377×5	120	218.6	11.9	13.6	15.5	15.5	15.5
377×6	120	226.5	12.4	14.2	16.7	16.7	16.7
377×8	120	242.1	13.3	15.3	18.1	18.5	18.5
426×5	130	265.0	12.6	14.4	16.0	16.0	16.0
426×6	130	274.0	13.2	15.1	17.2	17.2	17.2
426×8	130	291.7	14.2	16.2	19.1	19.1	19.1
426×10	130	309.3	14.9	17.1	20.2	20.6	20.6
530×6	140	383.4	14.7	16.9	18.1	18.1	18.1
530×8	140	405.6	15.9	18.2	20.2	20.2	20.2
530×10	140	427.7	16.7	19.2	21.9	21.9	21.9
620×8	150	519.6	17.1	19.6	21.0	21.0	21.0
620×10	150	545.5	18.1	20.7	22.8	22.8	22.8
720×8	150	655.4	18.4	21.1	21.7	21.7	21.7
720×10	150	685.6	19.5	22.3	23.7	23.7	23.7
820×8	160	813.5	19.6	22.3	22.3	22.3	22.3
820×10	160	848.0	20.7	23.7	24.3	24.3	24.3
1020×8	160	1164.6	21.6	23.2	23.2	23.2	23.2
1020×10	160	1207.7	23.0	25.4	25.4	25.4	25.4
1020×12	160	1250.6	24.1	27.3	27.3	27.3	27.3

여기서,

$$l_{zul} \leq 250 \sqrt{\frac{I}{A}}$$

표 3.27 물의 배관에 대한 허용 지지 간격 St 38b-2 : 200℃

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)				
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20
219×5	80	95.8	8.9	10.2	12.1	12.9	12.9
	130	112.2	8.5	9.7	11.5	11.9	11.9
219×6	80	100.3	9.3	10.7	12.6	13.7	13.7
	130	116.7	8.9	10.1	12.0	12.7	12.7
273×5	80	127.9	10.2	11.6	13.8	14.0	14.0
	140	149.4	9.7	11.1	12.9	12.9	12.9
273×6	80	133.6	10.6	12.1	14.4	14.9	14.9
	140	155.1	10.1	11.6	13.7	13.8	13.8
325×5	100	170.5	11.0	12.6	14.5	14.5	14.5
	150	190.3	10.6	12.2	13.7	13.7	13.7
325×6	100	177.2	11.5	13.2	15.5	15.5	15.5
	150	197.0	11.1	12.7	14.7	14.7	14.7
325×8	100	190.6	12.3	14.1	16.7	17.1	17.1
	150	210.4	11.9	13.6	16.2	16.2	16.2
377×5	140	227.1	11.7	13.3	14.6	14.6	14.6
377×6	140	235.5	12.2	14.0	15.6	15.6	15.6
377×8	140	250.6	13.1	15.0	17.3	17.3	17.3
426×5	150	274.2	12.4	14.2	15.0	15.0	15.0
426×6	150	283.1	13.0	14.9	16.1	16.1	16.1
426×8	150	300.9	13.9	16.0	18.0	18.0	18.0
426×10	150	318.4	14.7	16.8	19.4	19.4	19.4
530×6	160	393.8	14.5	16.6	17.1	17.1	17.1
530×8	160	416.0	15.5	17.9	19.1	19.1	19.1
530×10	160	438.0	16.5	18.9	20.7	20.7	20.7
620×8	170	530.9	16.9	19.3	19.8	19.8	19.8
620×10	170	556.8	17.9	20.4	21.6	21.6	21.6
720×8	170	667.7	18.2	20.6	20.6	20.6	20.6
720×10	170	697.9	19.3	22.1	22.4	22.4	22.4
820×8	180	826.9	19.3	21.1	21.1	21.1	21.1
820×10	180	861.4	20.5	23.1	23.1	23.1	23.1
1020×8	180	1174.9	21.4	22.1	22.1	22.1	22.1
1020×10	180	1223.0	22.7	24.2	24.2	24.2	24.2
1020×12	180	1266.0	23.8	25.9	25.9	25.9	25.9

허용 굽힘  $f_{zul}$  은

i) 액체용 배관에 대해 :

$$f_{zul} = \frac{d_i}{60}$$

여기서,  $2 \text{ mm} \leq f_{zul} \leq 10 \text{ mm}$

ii) 가스나 증기 배관에 대해서는 :

$$f_{zul} = \frac{d_i}{120}$$

여기서,  $f_{zul} \geq 2 \text{ mm}$

경사를 가지고 매설된 배관에 대해서는

$$l_{zul} = 4.5 \sqrt[3]{\frac{E \cdot I \cdot n}{q}}$$

$$\text{여기서, } l_{zul} \leq 250 \sqrt{\frac{I}{A}}$$

조건 : 실질적 장애가 있는 구배가 생기지

않을 것.

허용 응력에 의한 지지 간격은 유체를 기초로 하여 결정된다.

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

표 3.28 증기 배관에 대한 허용 지지 간격 St 35-5 ; 350℃

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(rnm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)				
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20
318×2.6	60	14.1	1.9	2.2	2.6	2.6	2.6
	100	22.7	1.6	1.9	2.2	2.6	2.6
38×2.6	60	15.0	2.3	2.6	3.1	3.1	3.1
	100	23.8	1.9	2.2	2.6	3.1	3.1
44.5×2.6	60	16.0	2.6	3.0	3.6	3.7	3.7
	110	27.4	2.2	2.5	3.0	3.7	3.7
57×2.9	60	18.3	3.4	3.8	4.6	4.8	4.8
	110	30.0	2.8	3.3	3.9	4.8	4.8
76×2.9	80	26.0	4.0	4.6	5.5	6.5	6.5
	120	36.2	3.6	4.1	4.9	6.2	6.2
89×4	80	30.5	5.0	5.7	6.7	7.5	7.5
	130	43.8	4.4	5.0	6.0	7.5	7.5
108×4	80	34.2	5.8	6.7	7.9	9.2	9.2
	140	51.0	5.1	5.8	6.0	8.7	9.2
133×4	100	44.7	6.6	7.6	9.0	11.3	11.4
	160	63.3	5.9	6.7	8.0	10.1	10.4
159×4.5	100	52.0	7.3	9.0	10.6	13.4	13.7
	180	78.6	6.8	7.8	9.3	11.7	11.8

표 3.29 증기 배관에 대한 허용 지지 간격 St 38b-2 : 150℃

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)					
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20	
219×5	80	61.5	10.6	12.2	14.4	18.2	18.2	
	110	71.1	10.1	11.6	13.7	17.3	17.3	
219×6	80	66.7	10.9	12.5	14.8	18.7	18.7	
	110	76.2	10.5	12.0	14.2	17.9	17.9	
273×5	80	87.4	11.8	13.5	16.1	20.2	20.2	
	120	87.6	11.8	13.5	16.0	20.2	20.2	
273×6	80	93.1	12.3	14.0	16.6	21.0	21.0	
	120	94.0	12.2	14.0	16.6	20.9	20.9	
325×5	80	117.4	12.8	14.7	17.4	21.3	21.3	
	130	117.4	12.8	14.7	17.4	21.3	21.3	
325×6	80	124.2	13.3	15.2	18.1	22.6	22.6	
	130	124.2	13.3	15.2	18.1	22.6	22.6	
325×8	80	137.6	14.1	16.1	19.1	24.1	24.1	
	130	137.6	14.1	16.1	19.1	24.1	24.1	
377×5	120	151.7	13.7	15.6	18.5	21.8	21.8	
	×6	120	159.6	14.2	16.3	19.3	23.2	23.2
		120	175.2	15.1	17.3	20.5	25.5	25.5
426×5	130	187.9	14.4	16.5	19.5	22.2	22.2	
	×6	130	196.8	15.0	17.2	20.4	23.7	23.7
		130	214.5	16.0	18.3	21.7	26.0	26.0
	×10	130	232.1	16.7	19.1	22.7	27.8	27.8
530×6	140	288.3	16.5	18.9	22.4	24.4	24.4	
	×8	140	310.5	17.7	20.2	24.0	27.0	27.0
		140	332.6	18.5	21.2	25.1	29.0	29.0
620×8	150	407.3	18.9	21.7	25.7	27.7	27.7	
	×10	150	433.2	19.9	22.8	27.0	30.0	30.0
720×8	150	529.8	20.2	23.1	27.4	28.3	28.3	
	×10	150	560.0	21.3	24.3	28.9	30.6	30.6
820×8	160	667.9	21.3	24.4	28.9	28.8	28.8	
	×10	100	702.5	22.5	25.7	30.5	31.2	31.2
1020×8	160	991.4	23.3	26.6	29.4	29.4	29.4	
1020×10	160	1034.5	24.6	28.2	32.1	32.1	32.1	
1020×12	160	1077.5	25.8	29.5	34.3	34.4	34.4	

여기서,

$$l_{zul} = 2.9 \sqrt{\frac{W\sigma_{zul,t}}{q}}$$

여기서,  $l_{zul}$ : 허용 지지 간격,  $E_t$ : 온도에 대한 탄성계수,  $I$ : 배관 단면의 관성 모멘트,  $n$ : 배관 구배(길이에 대한 높이의 차),  $W$ : 배관 단면의 저항 모멘트,  $\sigma_{zul,t}$ : 온도에 대한

허용 응력

안정 조건에서의 허용 지지 간격은

$$l_{zul} = 2.5 \sqrt{\frac{I}{A}}$$

여기서,  $A$ : 배관 단면적

배관 지지 간격의 선정에 있어서는 최소값을 기준으로 하여 결정한다.



표 3.31 증기 배관에 대한 허용 지지 간격 Mb 16 : 250 °C

배관 호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)					
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20	
219× 4	100	62.6	9.8	11.3	13.4	16.8	18.2	
	150	80.0	9.1	10.4	12.3	15.5	16.1	
219× 5	100	67.8	10.3	11.8	14.0	17.6	18.9	
	150	85.1	9.5	10.9	13.0	16.3	17.3	
273× 4	100	81.7	11.3	12.9	15.3	19.3	20.0	
	160	96.5	10.7	12.2	14.5	18.2	18.4	
273× 5	100	87.4	11.8	13.5	16.1	20.2	21.5	
	160	103.0	11.2	12.8	15.2	19.2	19.8	
273× 6	100	93.1	12.3	14.0	16.6	21.0	22.7	
	160	109.5	11.6	13.3	15.8	19.9	20.9	
325× 4	100	110.6	12.2	13.9	16.5	20.5	20.5	
	170	113.2	12.1	13.8	16.4	20.3	20.3	
325× 5	100	117.4	12.8	14.7	17.4	22.0	22.2	
	170	120.9	12.7	14.5	17.2	21.7	21.8	
325× 6	100	124.2	13.3	15.2	18.1	22.8	23.5	
	170	128.7	13.2	15.1	17.9	22.5	23.1	
377× 4	170	143.8	12.9	14.8	17.6	20.9	20.9	
	× 5	170	151.7	13.7	15.6	18.5	22.7	22.7
	× 6	170	159.6	14.2	16.3	19.3	24.1	24.1
426× 5	180	187.9	14.4	16.5	19.5	23.1	23.1	
	× 6	180	196.8	15.0	17.2	20.4	24.6	24.6
	× 8	180	214.5	16.0	18.3	21.7	27.0	27.0
	× 10	180	232.1	16.7	19.1	22.7	28.6	28.9
530× 5	190	277.2	15.8	18.1	21.4	23.7	23.7	
	× 6	190	288.3	16.5	18.9	22.4	25.4	25.4
	× 8	190	310.5	17.7	20.2	24.0	28.1	28.1
	× 10	190	332.6	18.5	21.2	25.1	30.2	30.2
620× 6	200	381.2	17.6	20.2	24.0	25.9	25.9	
	× 8	200	407.3	18.9	21.7	25.7	28.8	28.8
	× 10	200	433.2	19.9	22.8	27.0	31.1	31.1
	× 12	200	459.0	20.7	23.7	28.1	32.9	32.9
720× 8	200	529.8	20.2	23.1	27.4	29.4	29.4	
	× 10	200	560.0	21.3	24.3	28.9	31.9	31.9
	× 12	200	590.0	22.1	25.3	30.0	33.9	33.9
820× 8	210	667.9	21.3	24.4	28.9	29.9	29.9	
	× 10	210	702.5	22.5	25.7	30.5	32.5	32.5
	× 12	210	736.8	23.5	26.9	31.8	34.6	34.6
1,020× 8	220	991.4	23.3	26.6	30.6	30.6	30.6	
	× 10	220	1,034.5	24.6	28.2	33.4	33.4	33.4
	× 12	220	1,077.5	25.8	29.5	35.0	35.8	35.8

표 3.30 증기 배관에 대한 허용 지지 간격 St 38b-2 : 250℃

배관호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $l_{zul}$ (m)				
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20
219 × 5	100	67.8	10.3	11.8	14.0	17.6	18.7
	150	85.1	9.5	10.9	12.9	16.3	16.7
273 × 5	100	87.4	11.8	13.5	16.1	20.2	20.7
	160	103.0	11.2	12.8	15.2	19.0	19.0
273 × 6	100	93.1	12.3	14.0	16.6	21.0	21.3
	160	109.5	11.6	13.3	15.8	20.0	20.1
325 × 5	100	117.4	12.8	14.7	17.4	21.3	21.3
	170	120.9	12.7	14.5	17.2	21.0	21.0
325 × 6	100	124.2	13.3	15.2	18.1	22.6	22.6
	170	128.7	13.2	15.1	17.9	22.2	22.2
325 × 8	100	137.6	14.1	16.1	19.1	24.1	24.6
	170	144.0	13.9	15.9	18.8	23.7	24.0
377 × 5 × 6 × 8	170	151.7	13.7	15.6	18.5	21.8	21.8
	170	159.6	14.2	16.3	19.3	23.2	23.2
	170	175.2	15.1	17.3	20.5	25.4	25.4
426 × 5 × 6 × 8 × 10	180	187.9	14.4	16.5	19.5	22.2	22.2
	180	196.8	15.0	17.2	20.4	23.7	23.7
	180	214.5	16.0	18.3	21.7	26.0	26.0
	180	232.1	16.7	19.1	22.7	27.8	27.8
530 × 6 × 8 × 10	190	288.3	16.5	18.9	22.4	24.4	24.4
	190	310.5	17.7	20.2	24.0	27.0	27.0
	190	332.6	18.5	21.2	25.1	29.0	29.0
620 × 8 × 10	200	407.3	18.9	21.7	25.7	27.7	27.7
	200	433.2	19.9	22.8	27.0	30.0	30.0
720 × 8 × 10	200	529.8	20.2	23.1	27.4	28.3	28.3
	200	560.0	21.3	24.3	28.9	30.6	30.6
820 × 8 × 10	210	667.9	21.3	24.4	28.8	28.8	28.8
	210	702.5	22.5	25.7	30.5	31.2	31.2
1020 × 8 × 10 × 12	220	991.4	23.3	26.6	29.4	29.4	29.4
	220	1034.5	24.6	28.2	32.1	32.1	32.1
	220	1077.5	25.8	29.5	34.4	34.4	34.4

표 3.32 증기 배관에 대한 허용 지지 간격 Mb 16 : 350 °C

배관 호칭 치수 (mm)	단열재 두께 (mm)	단위 길이당 질량 (kg/m)	경사(mm/m)가 있는 경우의 지지 간격 $L_{zul}$ (m)					
			2.0	3.0	5.0	10	≥ 20	
219× 4	120	69.3	9.5	10.9	12.9	16.3	17.3	
	180	91.5	8.7	9.9	11.8	14.8	15.1	
219× 5	120	74.4	10.0	11.4	13.5	17.0	18.5	
	180	96.7	9.1	10.5	12.4	15.6	16.3	
273× 4	120	81.7	11.3	12.9	15.3	19.3	20.0	
	190	109.1	10.2	11.7	13.9	17.3	17.3	
273× 5	120	87.6	11.8	13.5	16.0	20.2	21.5	
	190	115.6	10.8	12.3	14.6	18.4	18.7	
273× 6	120	94.0	12.2	14.0	16.6	20.9	22.6	
	190	122.0	11.2	12.8	15.2	19.2	19.8	
325× 4	120	81.7	11.3	12.9	15.3	19.3	20.0	
	200	113.5	10.1	11.6	13.7	17.0	17.0	
325× 5	120	87.6	11.8	13.5	16.0	20.2	21.5	
	200	120.0	10.6	12.2	14.4	18.2	18.3	
325× 6	120	94.0	12.2	14.0	16.6	20.9	22.6	
	200	126.4	11.1	12.7	15.0	18.9	19.5	
377× 4	210	145.0	12.9	14.8	17.5	20.4	20.8	
	× 5	210	154.1	13.6	15.6	18.4	22.5	22.5
	× 6	210	163.1	14.1	16.2	19.2	23.9	23.9
426× 5	220	187.9	14.4	16.5	19.5	23.1	23.1	
	× 6	220	196.8	15.0	17.2	20.4	24.6	24.6
	× 8	220	214.5	16.0	18.3	21.7	27.0	27.0
	× 10	220	232.1	16.7	19.1	22.7	28.6	28.9
530× 5	230	277.2	15.8	18.1	21.4	23.7	23.7	
	× 6	230	288.3	16.5	18.9	22.4	25.4	25.4
	× 8	230	310.5	17.7	20.2	24.0	28.1	28.1
	× 10	230	332.6	18.5	21.2	25.1	30.2	30.2
620× 6	250	381.2	17.6	20.2	23.9	25.9	25.9	
	× 8	250	407.3	18.9	21.7	25.7	28.8	28.8
	× 10	250	433.2	19.9	22.8	27.0	31.1	31.1
	× 12	250	459.0	20.7	23.7	28.1	32.9	32.9
720× 8	260	529.8	20.2	23.1	27.4	29.4	29.4	
	× 10	260	560.0	21.3	24.3	28.9	31.9	31.9
	× 12	260	590.0	22.1	25.3	30.0	33.9	33.9
820× 8	270	667.9	21.3	24.4	28.9	29.9	29.9	
	× 10	270	702.5	22.5	25.7	30.5	32.5	32.5
	× 12	270	736.8	23.5	26.9	31.8	34.6	34.6
1,020× 8	280	991.4	23.3	26.6	30.6	30.6	30.6	
	× 10	280	1,034.5	24.6	28.2	33.4	33.4	33.4
	× 12	280	1,077.5	25.8	29.5	35.0	35.8	35.8

최종적으로는

$$l_E = 0.8l_{zul}$$

이 된다.

표 3.25~표 3.32에 배관 치수, 배관 재료, 단열재 두께, 온도에 대한 허용 지지 간격을 나타내었다. 단열재와 패킹의 재질은 150~20kg/m<sup>3</sup>으로 계산하였다.

(3) 롤라 지지, 가이드의 홈 부착 롤라 지지 지역 난방 배관의 길이가 변화하는 경우에는 롤라 지지 또는 가이드 홈 부착 롤라 지지가 필요하게 된다. 자주 윤활 설유가 사용된다. 들어 올리지 않고, 가이드의 홈을 따라 움직

이도록 되어 있다.(그림 3.44 참조). 가이드의 홈은 견고하게 부착되거나 지지의 홈조에 경사가 있어서는 안된다. 가이드의 홈 부착 롤라 지지에서는 모든 면에 2~5mm의 공극을 가질 필요가 있다. 지지면에서는 홈의 이동 방향에 평행하게 움직이도록 되어 있다. 고정점에서 꽤 거리가 있는 경우나 운전 온도가 높은 경우는 신축 이음 가까이에서 윤활 홈의 길이가 충분한가 시험해 볼 필요가 있다. 경우에 따라서는 윤활 홈의 길이를 연장한다.

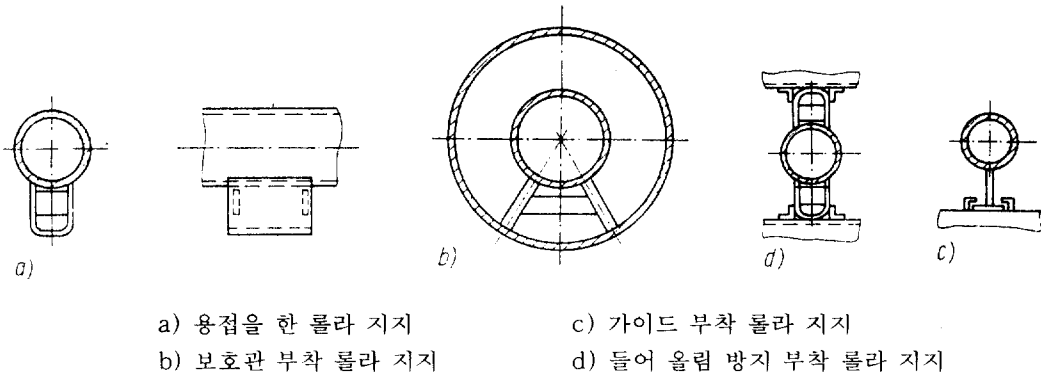


그림 3.44 롤라지지, 가이드의 홈 부착롤라지지

홈 부착 롤라 지지는 다음의 장소에 설치한다.

- i) U밴드 신축 이음의 전후
- ii) 엘보우나 Z자형 배관이 있는 장소
- iii) 좌굴의 위험이 있는 긴 배관
- iv) 직관의 신축 이음이 있는 장소

증기 배관이나 응축수 배관에서는 측방이 가이드의 홈이 부착되어 있는 지지법이 사용되어 들어 올림을 방지한다. 직경이 작은 배관에서는 들어 올림에 대한 안전 장치로 충분하다.

롤라 지지는 수직력

$$F_v = qls \cos \gamma$$

을 마찰력  $F_R$  과 함께 취급한다.

$$F_R = k\mu F_v$$

여기서,  $q$ : 단위 길이당 배관질량,  $l_s$ : 지지 간격,  $\gamma$ : 배관의 경향,  $\mu$ : 부착마찰계수

$k$	배관 1본에 대해	$k=1.0$
	2~4본의 배관에 대해	$k=0.65$
	4본 이상의 배관에 대해	$k=0.5$

지지재에서의 부착 마찰계수는 사용된 재료의 조합과 시공법에 따라 표 3.33과 같이 정해진다.

표 3.33 부착 마찰계수

재료와 시공법	$\mu$
강재와 강재	0.3 ~ 0.5
원통형(섭유) 지지와 강재	0.1 ~ 0.15
구형(베어링) 지지와 강재	0.1 ~ 0.12
강재와 동재	0.25 ~ 0.3
강재와 콘크리트	0.6
강재와 주철	0.35
주철과 주철	0.35
PTFE와 강재	0.1 ~ 0.15
PTFE와 PTFE	0.03 ~ 0.1

[역주] PTFE : 테크론 수지 코팅

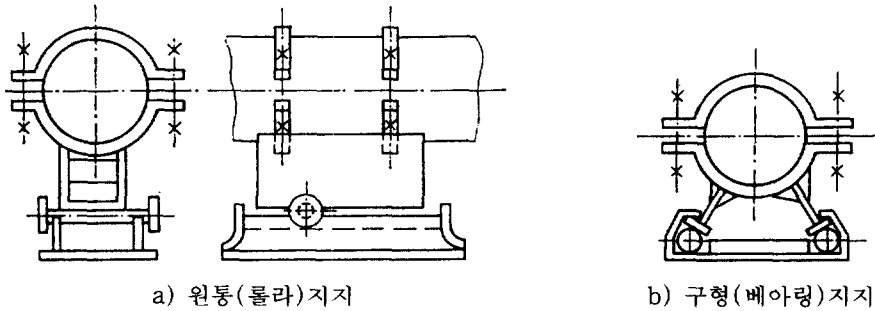


그림 3.45 원통 (롤러) 지지 (a)와 구형(베어링) 지지(b)

원통형(롤러) 또는 구형(베어링) (그림 3.45참조) 지지인 경우 및 습동 부분에 테프론 수지 코팅층을 설치하는 것은 성능이 좋다. 그림 3.46은 지지로써 반구형의 것을 사용한 예를 나타내고, 이것에 의해 경사를 수정, 보상한다. 이와 같은 지지를 설치하는 경우 비정상 상태에서 큰 고정점 힘이 생기는 것에 주의해야 한다. 롤러 지지는 모든 지역 난방 배관의 중량과 마찰력을 받고 있다. 자주마찰면에서 대단히 불균일한 상태가 생겨 마찰계수가 크게 불균일하게 될 우려가 있기 때문

에, 지지 구조의 설계에 있어서는 평균적으로 마찰력의 1.5~2배의 값을 주어행하게 된다. 실제로 시공하는 배관의 지지 간격은 허용 지지 간격보다 좁기 때문에, 시공 정도와 지지점의 침하나 부상 등에 의한 배관의 고유 강성에 따른 지지력의 변화를 고려할 필요가 있다. 이것은 지지점에서 수직력으로 작용한다. 지지재가 손상되거나 기타 하중을 받게 되면 그 힘은 근처의 지지점에 미치게 된다. 그러므로 이 지지점이 상당히 약하게 설계되어 있으면 지지점의 손상은 다음으로 전파되게 된다.

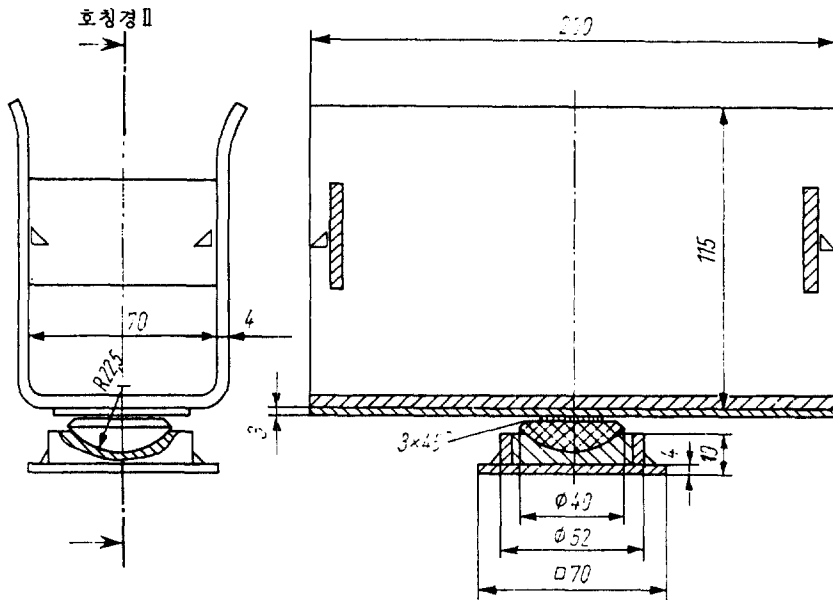


그림 3.46 PTFE 지지를 가진 마찰이 작은 롤러 지지

호칭경(mm)	하 중(Mp)
I = 350	2
II 400 ~ 500	6
III 600 ~ 800	15
IV = 1200	30

(4) 고정점

열매의 온도변화에 의한 배관 시스템 중에서 신축의 보상은 배압력으로 작용하고, 지지재의 마찰력으로 인하여 고정점에 작용한다. 이 고정점은 롤러 지지의 기능을 확실한 것으로 하고, 배관의 간격을 제한하는 것이 필요하다. 배압력은 다음과 같은 요소가 있다.

i) 반력  $P_{Rea}$

이 힘은 배관의 시공과 설치된 신축 이음매의 종류에 따라 달라진다.

ii) 마찰력  $P_R$

iii) 내압력  $P_i$

내압력은 렌즈 모양의 신축이음 또는 하중이 걸리지 않는 매끄러운 신축이음인 경우(롤러 신축 이음)에 발생된다.

고정점은 완전 고정점<sup>1)</sup>과 불완점<sup>2)</sup>으로 분류된다. 이것은 각각 배관의 축에 대하여 평행 및 직각으로 힘이 작용하는 것이다. 완전 고정점은 밸브 가까이 또는 각도 30° 이상의 곡부가 생기는 점에 배관 매설상 필요한 경우에 설치한다. (그림 3.47 참조). 또, 2개의 신축 이음매 사이에서 완전 고정점이 비대칭의 위치가 되는 경우 필요에 따라 설치한다. 이때 작용하는 힘은 다르지만, 큰 힘에 대하여 다른쪽으로 50% 이상이 되도록 한다. (그림 3.48 참조)

특히 렌즈형 신축 이음매나 하중이 걸리는 매끄러운 신축 이음매에서 필요하다. 배관의 축방향으로 완전 고정점에서는 다음의 힘이 작용한다.

$$P = P_{Rea} + P_R + P_i$$

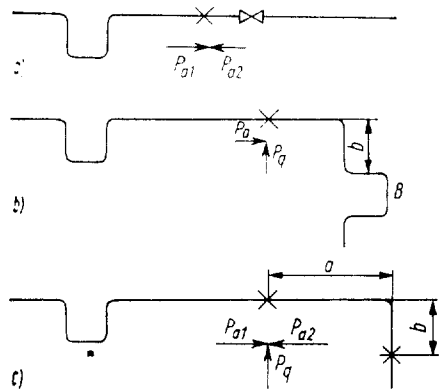
완전 고정점에 작용하는 전단력은 다음과

같이 산정된다.

i) 고정점이 직접 곡부 근처에 있어 배압력을 흡수하지 않으며 안되는 경우 다음과 같이 나타난다. 이 때 U밴드 B에 접속하는 배관의 다리부분을 b로 하면 (그림 3.47b)

$$P_q = P_{Rea}(B) + P_R(b)$$

U밴드 신축이음 대신에 하중이 걸리지 않는 매끄러운 신축이음이나 렌즈형 신축이음이 있는 경우에는  $P_i$ 를 가산한다.



a) 밸브 부근의 하중    b) 곡부 부근의 하중  
c) 특별한 배관  
 $P_a$ : 축력     $P_q$ : 전단력

그림 3.47 완전 고정점

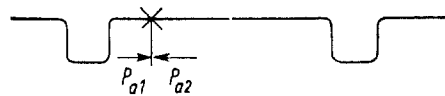


그림 3.48 2개의 신축 이음 사이에 있고, 비대칭의 힘을 받는 완전 고정점

ii) 고정점 배관 다리의 끝 부분에 있고, 모통이 토대부분에 의한 신축 흡수가 이루어질 때, 전단력은 다리부분 반력과 같게 된다. (그림 3.47c)

$$P_q = P_{Rea}(a)$$

1) [역주] 3차원의 방향 전부로 이동하지 않도록 하는 고정시킨 점  
2) [역주] X방향 또는 Y방향만을 이동하지 않도록 고정시킨점

고정점은 그림 3.49와 같이 동일한 종류의 신축 이음매 중앙에 밸브가 없는 경우, 배관 구배 30°이하의 경우에 사용된다. 이 때 힘  $P_{a1}$ 과  $P_{a2}$ 는 마주 보고 작용한다.(배관 시스템의 안정성 및 양끝고정점의 가열로 생기는 힘) 배관의 축방향으로 고정점에서 생기는 힘은 각 배관에서 다음과 같이 된다.

$$P = \frac{P_{Rea} + P_R + P_i}{2}$$

그림 3.50에 고정점의 실시 예를 나타내었고, 직접 땅 속에 매설한 배관 고정점의 실시 예를 그림 3.51에 나타내었다. 크레만(Klemann)은 고정점에 가해지는 최소의 힘을 표 3.34와 같이 보고 있다.

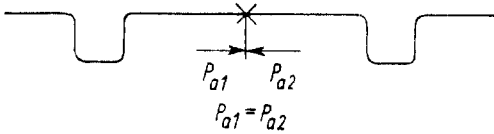


그림 3.49 2개의 신축 이음의 중앙에 있는 완전 고정점으로서의 하중

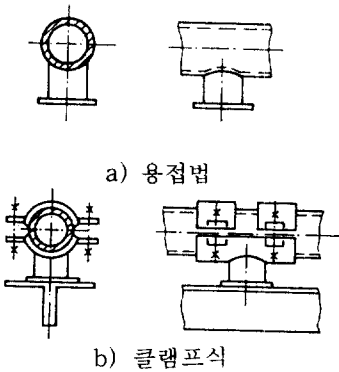
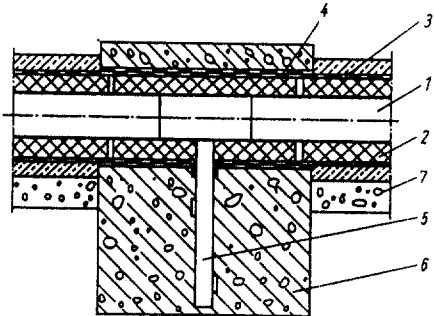


그림 3.50 고정점



1. 열매가 흐르는 동관
2. 단열재(콘크리트, 폴리우레탄 등)
3. 방습재
4. 지지재
5. 고정 앵커
6. 고정 기초
7. 모래층

그림 3.51 직접 지중 매설 배관의 고정점

표 3.34 최소 고정점의 힘

호칭경 (mm)	배관의 최소 고정점 힘 (kN)
50	2
100	5
200	12
300	23
400	40
500	62
600	90
700	120
800	160
900	195
1000	230

3.5.3 지역 난방 배관의 형태, 운전에 대한 기술적 요구

(가) 스톱 밸브

모든 호칭경 200 이상의 배관에서는 유체의 압력 조절을 위해 스톱 밸브를 필요로 한다. 밸브는 호칭경 80 이하의 지역난방 배관 및 배수나 배기용으로 사용된다. 사용 빈도에 따라 수동 또는 전동식이 사용된다. 게이트 밸브는 1000~2000m간격으로, 또 각 분기점에 설치된다.

(나) 기능 배관

기능 배관의 정의로는 배관과 부속품이 포함된다. 여기서 말하는 부속품은 지역 난방 배관에 필요한 배기관, 통기관, 배수관이다. 이들은 특히 장치의 운전 개시시에 필요하지만, 경우에 따라서는 정상 운전에도 들어가서도 사용된다. 이들 부속품은 계속 사용되는 것이 아니기 때문에, 사용되지 않는 방이나 동결의

위험이 있는 방에서는 동결에 주의를 요한다. 이와 같은 경우는 지역 난방 주관에 밀착하여 접속함으로써 고통 보온을 한다던가 배관속으로 항상 소량의 열매를 흘리는 등의 대책이 필요하다.

(1) 배기 및 통기

배기관과 통기관은 지역 난방 배관에 있어서 장치 운전 중 또는 예열시에 발생하는 공기를 유도 배관으로 배제하는 역할을 한다. 이 배관은 최소의 호칭경이 25로 교축 밸브가 있다. 수배관에서는 배관은 모두 가장 높은 장소에, 증기 배관에서는 가장 낮은 장소에 설치한다. 교축밸브를 설치하므로써 수배관에서나 증기배관에서나 배관을 그와 같은 위치에 유도하는 것이 가능하다. 수배관에서 공기 배출관은 소위 “배기집합소”에 접속한다. 여기서 장치 운전중에는 공기가 체류하게되므로, 공기배출관은 교축밸브에 접속시킨다. 교축밸브는 접근하기 쉽고, 위험이 없으며, 장치 운전중에도 보수가 가능해야 한다. 구축물 중에서는 배기관은 배수조에 유도된다. 증기 배관의 배기관은 드레인관으로도 사용될 수 있도록 설비 된다. 배기관으로 사용되는 배관경을 표 3.35에 나타내었다.

표 3.35 공기배출관의 치수

지역 난방 배관 호칭경	공기배출관 호칭경
≤250	25
250 ~ 350	50
250 ~ 350	100
>600	150

(2) 드레인과 물빼기

드레인은 증기 배관에 있어서 응축수를 도출하는 데 필요하다. 드레인관은 운전개시시 및 정상 운전중에 수격이나 배관내 온도 분포의 불균형을 방지하기 위한 역할을 하고, 증기 배관에서 드레인은 다음과 같이 설치된다.

i) 낮은 곳에

흐름 방향으로 구배가 있는 경우 밸브 앞에

ii) 흐름 방향과 역구배가 있는 경우는 급구배, 예를 들면 층을 올라가는 구배 앞에 설치한다.

다음의 최저 간격을 초과하는 경우에는 다시 별도의 드레인관을 필요로 한다.

i) 포화 증기의 경우 100m

ii) 흐름 방향으로 구배를 가진 과열증기의 경우 500m

iii) 흐름 방향과 반대 방향의 구배를 가진 과열 증기의 경우 300m

그 외에 배수 설비는 배관의 운전 개시시에 배수용으로도 이용된다. 운전 개시시의 배수와 운전중의 드레인은 별도로 것이다. 운전중의 드레인은 증기 배관에서의 응축수를 자동적으로 도출하는 것이다. 운전중의 드레인 배수의 횟수는 증기의 압력, 온도와 증기 배관의 운전 방법에 따른다.

물빼기는 지역 난방 배관에서 온수나 응축수를 제거하는 것이다. 물빼기는 지역 난방 배관의 전체 중 낮은 장소, 또는 밸브를 단음으로 생기는 낮은 장소에 설치한다. 배수관에는 스트레이너를 설치한다. 배수관의 대략적인 직경을 표 3.36에 나타내었다. 긴 배관에서 밸브가 그다지 설치되지 않는 배관에서는 배수 시간을 고려하여 큰 구경을 선택한다.

그림 3.52와 그림 3.53에 증기, 응축수배관의 드레인 예와 구축물에서의 드레인 및 배수의 예를 나타내었다.

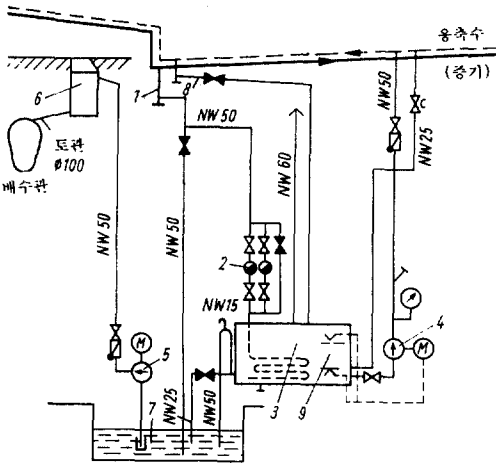
표 3.36 배수관의 치수

지역 난방 배관(호칭경)	배수관(호칭경)
≤200	50
250 ~ 500	80 ~ 100
600 ~ 1 000	100 ~ 200

(다) 바이패스관과 조립식 장치

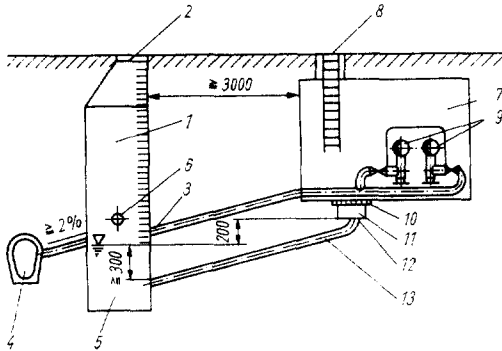
바이패스관은 부하가 작고 최소한의 순환으로 경제적인 경우에 이용한다. 특히 2차측 장치까지의 접속 배관이 길며 용량이 작아도 되고, 장치 정지 후 신속히 부하에 추종하고자





1. 수분리기
2. 증기 트랩
3. 응축수 수조
4. 응축수 펌프
5. 배수 펌프
6. 조립식(prefabricated)콘크리트조
7. 배수조
8. 드레인 배관
9. 볼텡

그림 3.52 증기 배관 및 응축수 배관의 배수장치



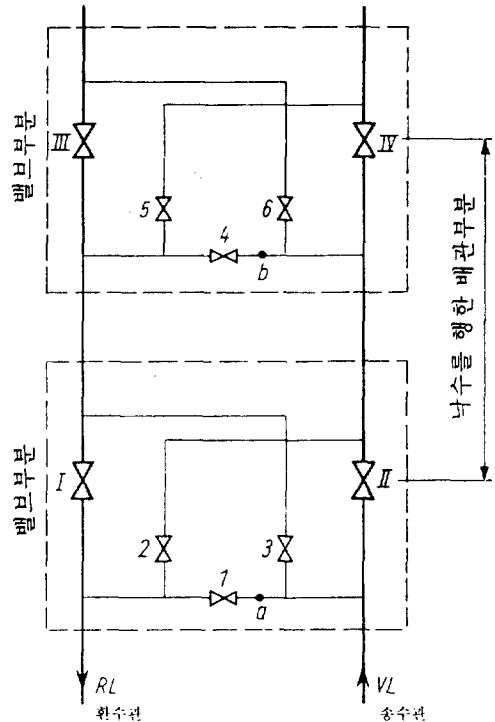
1. 맨홀
2. 배기구 부착 맨홀 덮개
3. 배수관(호칭경80이상)
4. 배수관망
5. 혼합용적 1.0m<sup>3</sup> 이상의 혼합조
6. 배수 취수
7. 구축물
8. 승강용 입구
9. 지역 난방 배관
10. 격자
11. 배수 체류조
12. 역류 방지를 고려한 바닥 높이
13. 접속 배관

그림 3.53 배수관으로 구축물에서의 배수

하는 경우에 사용된다. 또 계획적으로든 돌발적으로든 배관망 정지 후 신속히 열공급을 하는데 바이패스관을 사용한다.

조립식 장치를 사용하여 고온수 배관으로 보내는 관을 수리시에 일부 배관을 폐쇄하고 귀환관에 접속할 수 있다. 조립식 장치는 수리가 필요한 배관을 단시간에 배수하는 것이 가능하다. 3관식이나 그 이상의 배관을 이용하는 방식, 온도에 따라 제어되고 있는 방식에서는 이 조립식 장치 방식을 설치하기 곤란하다. 열원 장치 근처에서는 조립식 장치 대신에 바이패스가 사용되고, 열 발생 장치에서의 온수 공급이 바이패스를 통하여 흐른다. 작은 배관망에서는 바이패스를 설치하는 것만으로 충분하다.

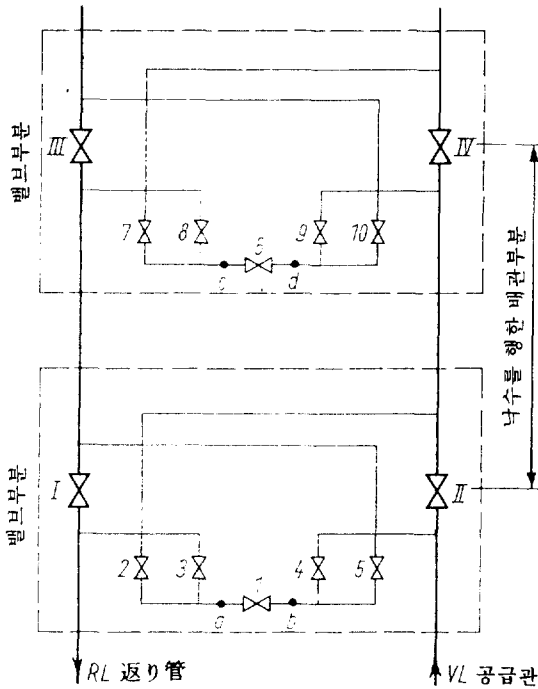
그림 3.54에 흐름 방향이 명료한 경우의 예비 장치 계통도와 작용을 나타내었다. 그림 3.55에는 흐름 방향이 임의인 경우에 공급관과 환수관을 교체하는 예를 나타내었다. 표 3.37이 조립식 장치 배관의 치수를 나타내었다.



작 용 :

1. 밸브 I ~ IV를 닫는다.
2. 2~4의 밸브를 순서대로 연다.
3. 점 b에서 온도 상승이 있을 경우 모든 밸브를 닫는다.
4. 배관 부분의 낙수점 a를 제어하고, 1,5,6의 밸브로 낙수시킨다.

그림 3.54 흐르는 방향이 일정한 경우의 조립식장치



작 용 :

1. 밸브 I에서 IV를 닫는다.
2. 압력을 균등하게 하는 밸브 2와 3을 연다.
3. 밸브 4, 5, 6과 9를 연다.
4. 점 b에서 온도상승이 있을 때에는 모든 밸브를 닫는다.
5. 배관 부분의 낙수, 흐름의 방향이 변화하는 경우는 다른 밸브를 이용하여 낙수를 한다.

그림 3.55 흐름의 방향이 변화하고, 공급관과 환수관이 교환하는 예비 장치

(라) 누설 부위의 탐지

큰 팽창이 생기는 지역 난방 배관망이나 지

중 매설 배관망에서는 누수가 생기는 경우 신속 정확히 누설 부위의 탐지가 가능한 것이 필요하다. 이 위치 탐지는 직·간접법에 의해 이루어진다. 직접법은 부분적인 유량 손실을 직접 측량 또는 관찰하므로써 이루어진다. 간접법은 누설에 의해 생기는 물리량의 변화를 알고 누설 부위를 탐지한다. 이것은 보다 좋은 자동화가 가능한 장점이 있다.

직접 지중 매설관에서는 일련의 제어법이 개발되어있으며, 이들은 단열재 속에 삽입하는 방법이다. 재료는 크롬 니켈 및 동이 잘 사용된다. 누설 부위의 발견은 전기 저항을 비교하거나 가청 주파수법에 의해 소음계를 사용하여 반향 시간을 측정 하는 방법이 이루어진다. 배관망의 규모나 특성에 따라 이들 방법을 조합한 방법으로 조사하는 것도 의미가 있다.

표 3.37 보조 배관의 치수

지역 난방 배관 호칭경	공기배출관 호칭경
≤200	50
250 ~ 400	80
• 250 ~ 400	100
700	150
800	200

### 3.6 고온수 지역 배관망에 있어서 압력 유지

#### 3.6.1 압력 유지의 과제

압력 유지를 위해서 다음의 과제를 만족하여야 한다.

i) 지역 배관망 전체에 걸쳐 아래의 정압<sup>4)</sup>이 확보될 것.

- 1) 운전 상태에 있어서 지역 배관망 각부분의 정압이 확실하게 국소 최소온도의 포화 압력 이상이 되어 있을것.
- 2) 가스배출<sup>2)</sup>이 피해질 것
- 3) 정압이 각각의 플랜트 부품 허용 운전 압력을 초과하지 않을 것

3) [역주] 일반적 의미의 정압

4) [역주] 지역 배관망의 물에는 산소, 탄소가스등이 용해되어 있다. 이들 가스는 압력에 따라 어느 일정온도에서 액체(물)에 분리된다. 이 현상을 가스배출이라 한다.

이 때 정압은 펌프의 흡입측에서 필요로 하는 공급 압력을 유지하는 것이 좋다.

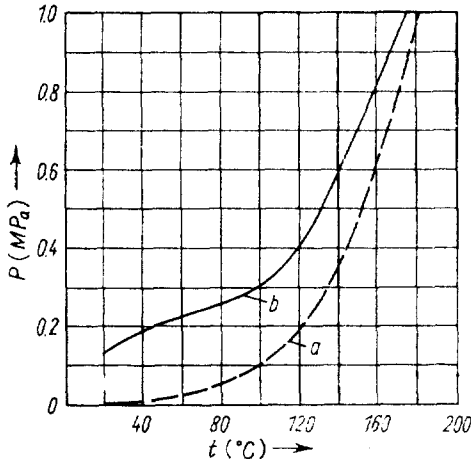
- ii) 압력·온도 변화에 의한 열매의 용적 변화(팽창·수축)가 보상될 수 있을 것.
- iii) 누설에 의한 물 손실이 보상될 수 있을 것.

그림 3.56에서 가스배출을 피하기 위한 최소 압력을 정상 운전 압력으로 선정하면, 포화 압력에 대해서도 충분한 압력차가 확보될 수 있다. 또한 간헐 운전의 경우에도 정압이 포화 압력 이상이어야 한다. 즉, 순환 펌프가 고장났을 때 생기는 압력 분포가 확실히 최대 공급 온도의 포화 압력 이상으로 되어 있어야 한다. 이와 같은 조건을 만족하여야 한다.

정압이 운전 조건을 만족하고 있는 각각의 플랜트 부품 허용 운전 압력을 초과하지 않는다는 조건은 간헐 운전에 있어서도 만족되어야 한다. 이것은 펌프의 고장시에 규정의 운전 상태에 있어서보다도 일반적으로 훨씬 높은 압력이 생기는 환수관에 대해서 특히 필요하다.

3.6.2 압력 관계

순환 펌프가 고장나면 가압 장치에 의해 정



- a) 포화 압력
- b) 가스배출을 피하기 위한 최소 압력

그림 3.56 압력과 온도의 관계

지압<sup>5)</sup>에 도달하기까지 1~2km의 지역 배관의 관 길이에서 대개 수 초내의 단시간에 평형 압력이 나타난다. 여기서 평형 압력은 안전을 고려하여 다음의 범위내에 놓여진다.

$$P_s + \Delta P_D + \Delta P_{TD} + \Delta H_{T, \rho g} \leq P_M \leq P_{Azu} - \Delta P_d - \Delta P_{DT} + \Delta H_{T, \rho g}$$

여기서,  $P_s$ : 포화압력,  $\Delta P_D$ : 안전 할증,  $\Delta P_{TD}$ : 가압 장치의 편차,  $\Delta H_T$ : 0수평면에서 관의 중심선까지의 고도차,  $P_M$ : 평균 압력,  $P_{Azu}$ : 플랜트의 허용 운전 압력

3.6.3 가압 장치의 설계법

지역 난방 배관망의 온도 변화에 의한 지역 난방 배관망의 온수 용적 변화에 따라 다음의 질량 변화가 일어난다.

$$\Delta \dot{m}_{TW} = \frac{V_N}{2} \left( \frac{1}{v_v} + \frac{1}{v_R} - \frac{1}{v_{v0}} - \frac{1}{v_{R0}} \right)$$

여기서,  $V_N$ : 지역 배관망의 내용적,  $v_v, v_R$ : 공급 및 환수 온수의 비체적 (첨자 0은 초기 상태)

공급 온수만을 가열하는 경우에는 다음의 근사식이 약산에 사용된다.

$$\Delta \dot{m}_{TW} = V_{VT} \cdot \alpha_{TW} \cdot \Delta t$$

여기서,  $V_{VT}$ : 공급 온수의 용적,  $\alpha_{TW}$ : 물의 팽창 계수,  $\Delta t$ : 공급 온수의 온도 변화

다음의 부하 변동시에 지역 난방 배관망의 온수 온도에 의한 밀도 변화에 따라서 최대 팽창 질량 유량이 발생된다.

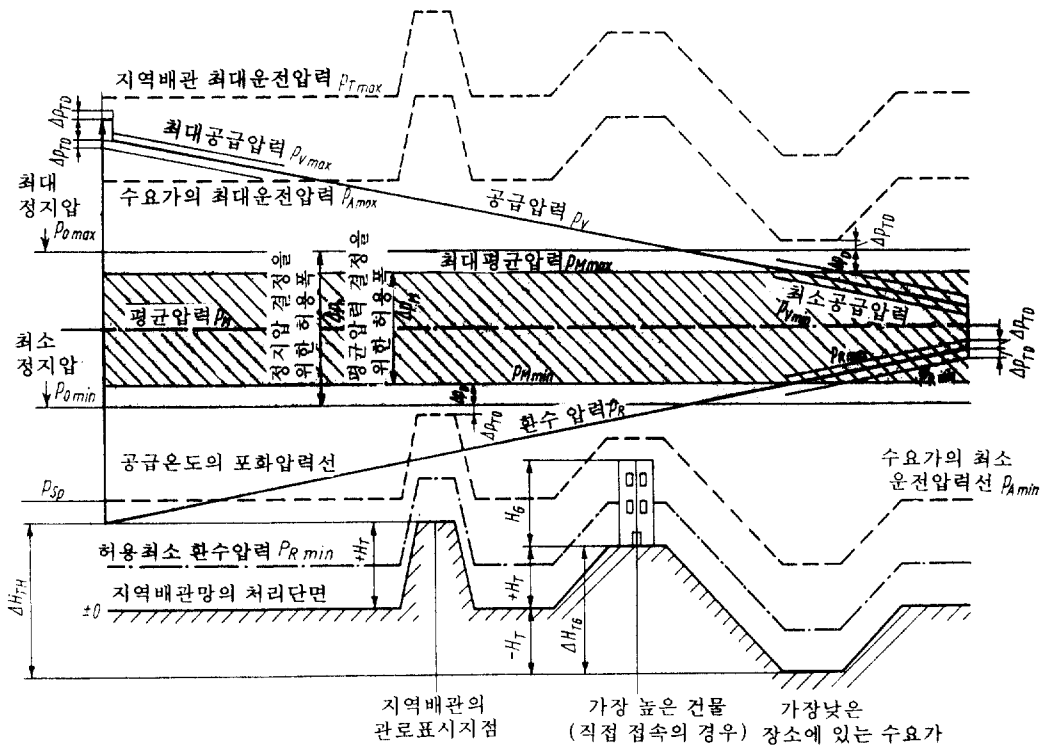
- i) 보일러 정지시에 수요가측에 100%의 순환량이 있고, 최대 열부하인 경우
- ii) 한냉 상태에서 운전 상태까지의 예열인 경우

보급 또는 방출되는 질량 유량은 다음의 균형으로 산출된다.

$$\dot{m}_N(v_v - v_R) = \Delta \dot{m}_{TV} v_v = \Delta \dot{m}_{TR} v_R$$

여기서,  $\dot{m}_N$ : 지역 배관망의 순환 질량 유량,  $\Delta \dot{m}_{TV}, \Delta \dot{m}_{TR}$ : 공급 및 환수 질량 유량의 변화

5) [역주] 순환펌프가 정지하고 있을 때의 각부 정압



[역주] (그림 3.57)

- (1) 주어진 조건을 다음과 같이 고찰함
  - 1) 지역 배관은 지형에 따라 매설되어 있다.
  - 2) 배관에는 전부 같은 내압의 것이 사용되고 있다.
  - 3) 수요가의 열교환기 등의 내압은 같은 것으로 한다.
  - 4) 지표면을 기준으로 하여 고려한다.

(2)  $P_{Tmax}$ ,  $P_{Amax}$

$P_{Tmax}$ 는 지역 배관의 중심선에서 지형의 고저를 고려한 배관의 내압 강도에서 결정된 허용 정압을 수직으로 두고, 이것을 연결한 선이다. 지역 배관에 이르는 압력이  $P_{Tmax}$ 보다 크게 되면, 배관의 파손이 생기기 때문에,  $P_{Tmax}$ 를 초과하는 것은 허용되지 않는다.

$P_{Amax}$ 는 수요가의 열교환기 내압에서 결정되는 허용 정압을 기준한 정압을 지역 배관의 중심선에서 수직으로 두고, 이것을 연결한 선이다. 수요가측은 일반적으로 플랜트에서 어느 정도 거리가 있기 때문에, 지역 배관 보다도 내압은 낮게 된다. 그러나 펌프 정지압 (평균 압력)  $P_{Tmax}$ 는  $P_{Tmax}$ 선 중 가장 낮은 것을 초과해서는 안된다. 초과하면 그 장소에서는 압력에 견딜 수 없게 되어 파손이 생긴다. 즉

$$P_{Tmax} \leq P_{Azul} - \Delta P_D - \Delta P_{TD} + \Delta H_{T,PR}$$

(3)  $P_{Amin}$ ,  $P_{Rminzul}$

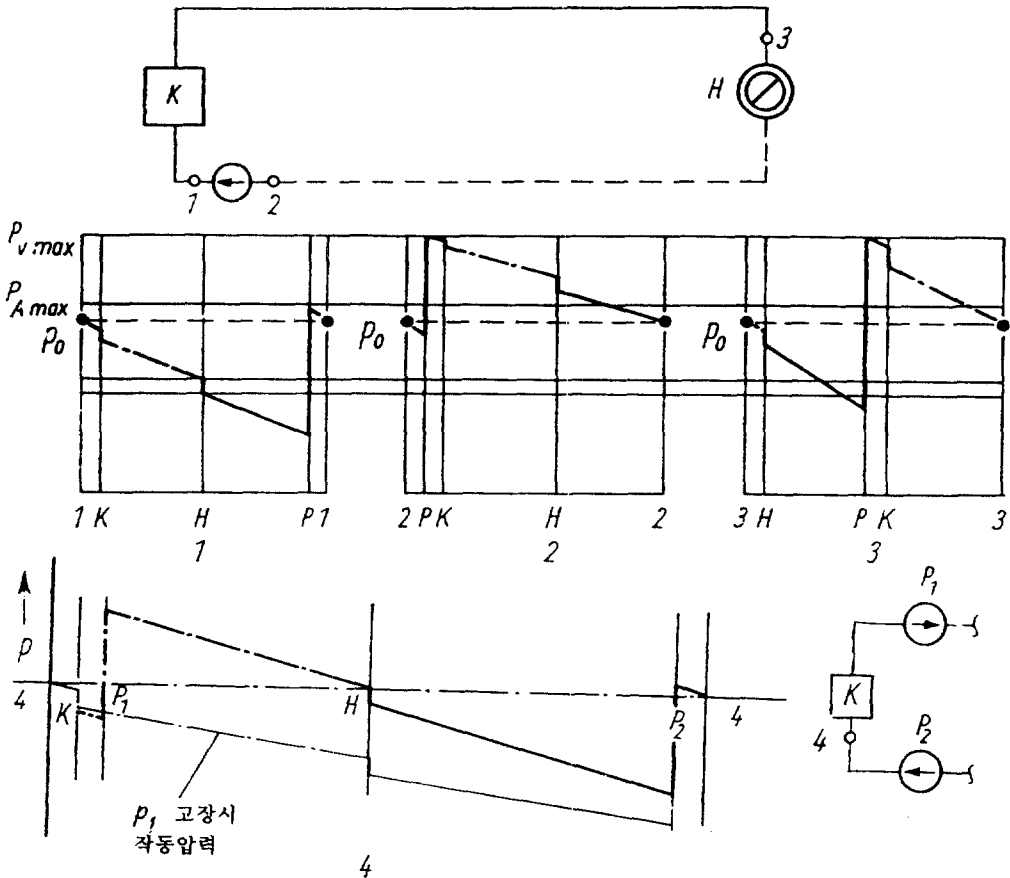
재증발(flushing)의 발생을 피하기 위해 지역 배관 및 수요가에 있는 열교환기 중의 정압은 그 장소의 온도에 대한 포화 증기압에 상당하는 정압 이상으로 되어서는 안된다.  $P_{Amin}$ 은 공급 온도의 포화 증기압에 상당하는 수압을 지역 배관의 중심선에서 수직으로 두고, 이것을 연결한 것이다. 펌프 장치시의 정지압(평균 압력)  $P_{Mmin}$ 은  $P_{Amin}$ 보다도 크게 되어서는 안된다. 즉

$$P_{Tmax} \leq P_s + \Delta P_D + \Delta P_{TD} + \Delta H_{T,PR}$$

$P_{Rminzul}$ 의 환수 온도는 공급 온도보다도 낮기 때문에, 그 온도에 상당하는 포화 압력에 상당하는 정압을 지역 배관의 중심선에서 수직으로 두고 이것을 연결한 것이다.

(4)  $P_V$ ,  $P_R$

펌프 운전 중 공급 지역 배관 중의 압력  $P_V$ , 환수 압력  $P_R$ 은  $P_{Tmax} \cdot P_{Rminzul}$ 의 어느 선과도 교차하여서는 안된다.  $P_{Tmax}$ 와 교차하면 파손이 일어나고,  $P_{Rmaxzul}$ 과 교차하면 재증발(flushing)이 발생한다.



- 1. 펌프 출구측
- 2. 펌프 입구
- 3. 수요가측
- 4. 순환펌프 P1과 P2의 사이

그림 3.58 압력 유지의 접속 위치  
(역주)그림에서 1~4는 가압장치의 접속위치

다음의 부하 변동시에 지역 난방 배관망의 온수 온도에 의한 밀도 변화에 따라서 최대팽창 질량 유량이 생긴다.

- i) 보일러 정지시에 수요가측에 100%의 순환량이 있고, 최대 열부하인 경우
- ii) 한냉 상태에서 온저 상태까지의 예열인 경우

보급 또는 방출되는 질량 유량은 다음의 균형으로 산출된다.

$$\dot{m}_N(V_V - V_R) = \Delta \dot{m}_{TVVV} = \Delta \dot{m}_{TRRR}$$

여기서,  $\dot{m}_N$ : 지역 배관망의 순환 질량 유

량,  $\Delta \dot{m}_{TV}$ ,  $\Delta \dot{m}_{TR}$ : 공급 및 환수 질량 유량의 변화

$\Delta \dot{m}_{TV} \doteq \Delta \dot{m}_{TR} \doteq \dot{m}_{TW}$ 를 써서 팽창 질량 유량은 다음 식으로 표현한다.

$$\Delta \dot{m}_{TW} = \Delta \dot{m}_N \left(1 - \frac{V_R}{V_V}\right)$$

또는 전술한 근사식을 사용하여

$$\Delta \dot{m}_{TW} = \Delta \dot{m}_{NCR}(t_V - t_R)$$

보급 또는 방출 시간은 다음 식으로 된다.

$$\tau_t = \frac{V_V}{\dot{m}_{NDV}}$$

여기서,  $V_0$ : 공급 온수의 용적

관의 팽창을 고려하여 팽창계수  $\alpha_{TR}$ 을 써서 팽창 질량 유량은 다음 식으로 표현된다.

$$\Delta \dot{m}_{TRW} = M_0(\alpha_{TRW} - \alpha_{TR})\Delta t$$

물의 압축을  $\alpha_{PW}$ 를 써서, 압력이 변화할 때의 보급 또는 방출하는 물의 질량은 다음 식으로 주어진다.

$$\Delta \dot{m}_{PW} = V_P \alpha_{PW} \Delta P$$

여기서,  $V_P$ 는 압력  $P$ 에서의 배관 용적이다. 이 때 관의 용적 변화는 다음 식으로 나타난다.

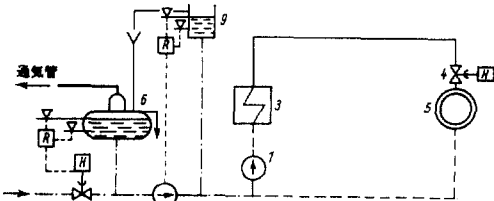
$$\Delta V = V_0 \alpha_{PR} \Delta P$$

누설에 의한 물 손실을 보상하기 위한 질량 유량에는 다음의 표준값이 채용될 수 있다.

$$\text{반송 배관: } \dot{m}_L = 0.6 \cdot 10^7 \text{ MN (t/s)}$$

$$\text{지역 배관망과 수요가 설비: } \dot{m}_L = 1.3 \cdot 10^7 \text{ MN (t/s)}$$

$\dot{m}_N$ : 지역 배관망의 용적(t)



1. 순환펌프
2. 가압 장치 측정 장소
3. 보일러
4. 조정 백브
5. 수요가(substion)
6. 지역 배관망 급수 탱크(가스배출기)
7. 보급수 조절기
8. 급수 펌프
9. 팽창탱크

그림 3.59 개방형 팽창 탱크인 경우의 순환 펌프 흡입측에서의 정적 압력 유지

[역주] (그림 3.59)

지역 배관망에서 팽창 질량이 생기는 경우에 팽창 질량은 팽창 탱크 ⑨에 방출된다. ⑨에서 넘친 온수는 지역 배관망 급수 탱크 ⑥에 축적된다. 이것은 가스배출기도 겸하고 있어 여기에서 가스배출이 이루어진다.

역으로 지역 배관망의 온수가 수축되거나 누설되어 수량 부족이 생기는 경우에는 ⑨에서 지역 배관망에 온수가 보급되지만, 저수위에 이르면 급수 펌프 ⑧이 작동하여 ⑥의 온수를, 또 이것이 저수위에 이르면 보급수 조절기 ⑦이 열려 보급수를 보급한다.

⑨의 온수가 고수위에 달하면 ⑦이 폐쇄되고, ⑨의 수위가 고수위에 달하면 ⑧의 펌프가 정지한다.

### 3.6.4 압력 유지 방법

#### (가) 정적 압력 유지

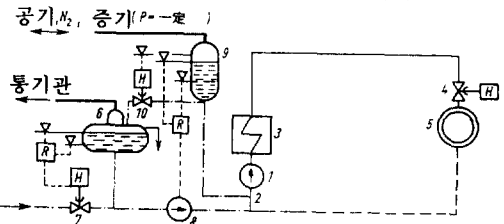
압력 유지는 팽창 탱크내의 정지압하의 압축성 매체에 의해 이루어진다.

팽창 질량 유량은 지역 배관망에서 팽창 탱크로 방출되던가 또는 팽창 탱크에서 지역 배관망으로 보급된다. 대개의 경우에는 압축성 매체로 증기가 사용된다. 수요가내의 가압 장치에는 불활성 가스가 사용된다. 흐름도의 예를 그림 3.59 및 그림 3.60에 나타낸 가압 장치의 크기에 관한 공학적 사용 한계는 지적될 수 없다. 경우에 따라서 압력 용기에 관한 장치 비용은 큰 지역 배관망에서는 동적 압력 유지의 경우보다도 크게 되는 경우가 있다. 그러나 지역 배관망에 있어서 동적 압력 유지에서 실현될 수는 없고 그 외의 관점에 자주 중점을 두고 있다. 여기에는 다음과 같은 것이 있다.

#### i) 정전시의 운전 확보

#### ii) 공급 압력 유지

이들은 정전인 경우를 고려하면 정적 압력 유지에 의해서 대처될 수 있을 뿐이다.



1. ~9.는 그림 3.59와 동일
10. 도출 조절기(오버플로)

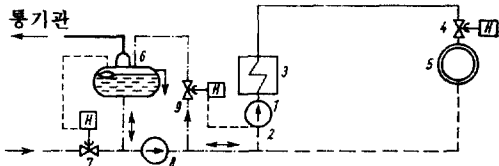
그림 3.60 밀폐형 팽창 탱크인 경우의 순환 펌프 흡입측에서의 정적 압력 유지

[역주] (그림 3.60)

지역 배관망에서 팽창 질량이 생기는 경우에 팽창 질량은 팽창 탱크 ⑨에 방출된다. 최고 수위에 달하면 도출조절기 ⑩이 열려 가스배출기 겸용의 지역 배관망 급수탱크 ⑥에 축적된다.

역으로 지역 배관망에서 수축이나 물 누설로 인하여 온수량이 부족한 경우에는 ⑨에서 지역 배관망에 온수가 보급된다. ⑨의 수위가 저수위까지 떨어지면, 급수 펌프 ⑧이 작동한다. ⑥의 수위가 저수위에 달하면, 보급수 조절기 ⑦이 열려 보급수가 공급된다.

⑥의 수위가 고수위에 달하면 ⑦이 닫히고, ⑨가 고수위를 넘어서면 ⑧의 펌프가 정지하고 ⑩이 닫힌다.



1. 순환펌프
2. 가압장치제어장소
3. 보일러
4. 조정 밸브
5. 수요가(substation)
6. 지역 배관망 급수 탱크(가스배출기)
7. 보급수 조절기
8. 가압 펌프
9. 도출 조절기

그림 3.61 순환 펌프 흡입라인 장소에서의 동적 압력 유지 및 측정 장소

[역주] (그림 3.61)

지역 배관망에 있어서 팽창 질량이 생기면 ②에서 검출하여 도출 조절기 ⑨가 열린다. 가압 펌프 ⑧은 항상 운전되고 있고, 팽창 수량과 ⑧에서의 온수가 지역 배관망 급수 탱크 (가스배출기 겸용) ⑥으로 흐르고, 여기에서 ⑧의 펌프로 또 순환한다.

지역 배관망에서 수축·물 누설에 의한 수량 부족이 생기면 ⑨가 닫히고, ⑥에서 ⑧의 펌프에 의해 배관망에 급수된다. ⑥의 수위가 저수위까지 내려가면 보급수 조절기 ⑦이 열리고, 일부는 ⑧의 펌프에서 지역 배관망으로 공급되고, 일부는, ⑥에 보급된다. ⑥의 수위가 고수위에 달하면 ⑦이 닫히고, ⑥에서 ⑧에 의해 지역 배관망에 보급된다.

(나) 동적 압력 유지

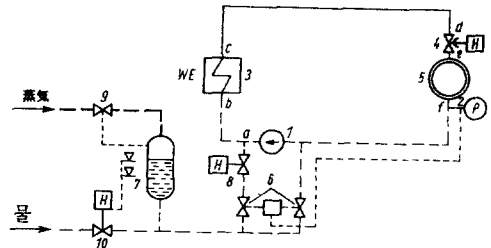
동적 압력 유지는 팽창 질량 유량을 지역 배관망에 공급한다든지 지역 배관망에서 방출하기 위한 제어 장치와 가압 펌프로 이루어진다. 이러한 가압 펌프는 일반적으로 항상 운전 되던가 미리 설정된 입력에서 많은 적든 큰 수량 0 또는 아주 조금 가압하여 팽창 탱크에 보낸다. 이경우에 가압 펌프의 운전 비용은 대단히 작다.(그림 3.61)

이상적인 방법을 근거로 하여 정지압을 평균 공급 운전 압력과 평균 환수 운전압력의 산술 평균과 거의 같도록 유지하기 위하여 특수한 제어 방법이 여러가지 개발되어 있다. 이들은 현재 가압 펌프 없이 보일러 플랜트내에서 정지압을 유지할 수 있는 잇점을 가지고 있다.

(1) 에바트 회로(그림 3.62)

여기서는 수요가 근처의 대표 장소의 압력을 측정한다. 이 측정 압력이 평균압력의 희망치(안전 압력)보다도 높게 되는 경우에는 연동된 2개의 밸브를 자동조절하고, 여기에서 지역 배관망의 총순환량중 일부 (최대 5%)를

팽창 탱크에 흘린다. 이 팽창 탱크는 작은 압력 쿠션을 갖추고 있기 때문에, 순환 펌프의 흡입측압력은 거의 일정하게 된다. 다음으로 측정 압력이 평균 압력의 희망치보다도 낮아지면, 연동 밸브의 작동에 의해 팽창탱크에서 배관망에 조금 전의 순환량 중일부가 방출된다. 이 에바트 회로의 주요한 결점은 측정계에 혼란이 발생하기 쉽다는 것이다.



1. 순환 펌프
  2. 가압장치의 측정 장소
  3. 보일러
  4. 조정 밸브
  5. 수요가
  6. 피스톤 밸브
  7. 압력용기
  8. Δp 비례제어기
  9. 증기 압력 조절기
  10. 보급수 조절기
- a, b, c, d, e, f, 플랜트 특성 장소

그림 3.62 에바트 회로

[역주] (그림 3.62)

압력 측정점 ②에서의 측정 압력이 희망 평균 압력을 초과하면 피스톤 밸브 ⑥의 펌프 토출측이 열려 (흡입측 단힘 Δp 비례 제어기 ⑧이 열리고, 지역 배관망의 총순환량 중 일부 (최대5%)가 팽창 탱크 ⑦로 방출된다.

역으로 ②의 측정 압력이 희망 평균 압력치보다도 낮아지면, 밸브 ⑥의 펌프 흡입측이 열리고 (토출측 단힘) ⑦에서 온수가 보급된다. ⑦의 수위가 저수위까지 내려가면 보급수 조절기 ⑩이 열려 지역 배관망에 보급된다.

(2) 겿펠트회로(그림 3.63)

보일러 플랜트의 배관망 출구가 있는 곳에서의 브릿지 회로에 의해 정확한 평균 압력을 형성시킬 수 있다. 이 브릿지 회로에 가변 흐름 저항을 부착함으로써 임의의 정지압을 만들 수 있다. 이 회로는 가압 펌프가 없어도 되기 때문에, 에바트회로와 완전히 같이 수정할 수 있다.

그림 3.64 회로의 아날로그 측정 구간을 갖춘 동적 압력 유지 구성에 대하여 문헌<sup>(3.38)</sup>의 표준치를 표 3.38에 나타내고 있다.

표 3.38 동적 압력 유지 구성에 대한 표준값

$\dot{m}$	고온수 순환량	t/h	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	4,000	
$\dot{Q}_{max}$	$t_v=150^\circ\text{C}$ , $t_r=70^\circ\text{C}$ 에 있어서 최대 열손실	MW	46.5	93	140	186	233	270	372	
$\Delta \dot{V}_N$	고온수 용적의 일변화	m <sup>3</sup> /d	23	45	68	90	112	135	180	$t_{r,max}=150^\circ\text{C}$ , $t_{r,min}=70^\circ\text{C}$ $t_{r,min}=110^\circ\text{C}$ , $t_{r,max}=60^\circ\text{C}$ $\Delta \dot{V}_N \approx 4.5\% \dot{m}$
$\dot{V}_A$	최대 팽창량	m <sup>3</sup> /h	20	40	60	80	100	120	160	$\dot{V}_{A,max} \approx 4\% \dot{m}$
$\dot{V}_V$	지역 난방 배관망에 있어서 수량 손실	m <sup>3</sup> /h	1	1~2	2~3	2~4	3~5	3~6	4~8	$\dot{V}_V \approx 0.1 \sim 0.2\% \dot{m}$ (m <sup>3</sup> /h) $\approx 1 \sim 2\% \dot{V}_N$ (m <sup>3</sup> /d)
$\dot{V}_Z$	급수 량 최소 표준 최대	m <sup>3</sup> /h	0 5 25	0 5 45	0 5 65	0 10 90	0 10 110	0 10 130	0 15 175	개략적인 값 $\dot{V}_Z$ 와 $\dot{V}_{U,max}$ 단독으로 단시간에 새로운 정상 상태가 공급 온도의 교환 후 약 2~3시간내에 달성된다.
$\dot{V}_O$	도출 유량 최소 표준 최대	m <sup>3</sup> /h	5 25	5 40	5 60	5 75	5 95	5 115	5 155	$\dot{V}_{Z,form} = \dot{V}_{U,form} + \dot{V}_V$ $\dot{V}_{Z,max} = \dot{V}_{max} + \dot{V}_V \dot{V}_{A,max}$ $\dot{V}_{U,max} = \dot{V}_{max} + \dot{V}_V$
$\dot{V}_M$	아날로그 측정 구간을 통과하는 유량	m <sup>3</sup> /h	10~20	10~20	10~20	10~20	10~20	10~30	10~30	$\dot{V}_M$ 을 측정하기 위해 밸브 1과 밸브 2를 1도 조정하는 것만으로 양호한 측정장치를 준비한다.
DP FP	가압 펌프 보급수 펌프	m <sup>3</sup> /h m <sup>3</sup> /h	2×6.3 1×16	2×10 1×40	2×10 1×63	2×16 1×63	2×16 1×63	2×16 2×63	2×25 2×63	$\Delta p = P_{total} \pm \Delta P \geq \Delta P_{out} + \Delta P_{pneat} + \Delta P_{0.05MPa}$ , $\Delta p \approx 5.5\text{MPa}$ ( $t_v=150^\circ\text{C}$ , 기록이 없는 지역 배관망) 2회선 인입 전원으로 펌프의 전동기를 정속한다.
DR	압력 조정기 일부분	m <sup>3</sup> /h	3~25	3~45	3~65	3~90	3~110	3~130	3~175	제어 精度 $\Delta p_{konst} = \pm 0.02\text{MPa}$
UR	도출 조정기 일부분	m <sup>3</sup> /h	0~20	0~40	0~60	0~75	0~95	0~115	0~155	
	팽창 탱크 지역 배관망 급수 탱크 가스배기기	m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> t/h	1×25 1×10	1×50 1×10	1×40 1×10	1×50 1×20	1×63 1×20	1×63 1×20	2×63 2×63 2×20	

$V_A$  : 팽창 탱크의 용적(m<sup>3</sup>),  $V_B$  : 최대 보급수량(m<sup>3</sup>/h)



$t_v$  = 일정한 계에 있어서는

$$V_B = 0.03 \sim 0.04 V_{N,V} + 0.01 V_{N,R} \\ \approx 0.025 \sim 0.03 \text{ m}^3$$

$$V_A \approx 0.03 \text{ m}^3$$

$t_v$  = 가변인 계에 있어서는

수요가의 간접 접속 :

$$V_B = 0.045 \sim 0.055 V_{N,V} + 0.01 V_{N,R} \\ \approx 0.035 \sim 0.04 \text{ m}^3$$

$$V_A \approx 0.04 \text{ m}^3$$

직접 공급 :

$$V_B = 0.045 \sim 0.055 V_{N,V} + 0.01 V_{N,R} \\ + 0.02 V_{N,S} \approx 0.04 \sim 0.045 \text{ m}^3$$

$$V_A \approx 0.04 \text{ m}^3$$

$V_A$  : 팽창 탱크의 용적 ( $\text{m}^3$ ),  $V_{Bmax}$  : 팽창 수량 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )으로 하면, 여기에 나타낸 자료는 자료가 없을 경우 참고치로 하고, 실제의 계획시에는 구체적인 지역 배관망의 구성에 기초하여 검토해야 한다.

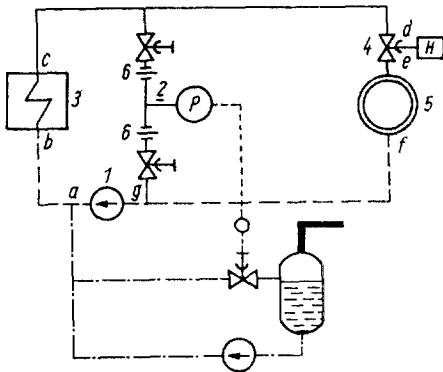


그림 3.63 겿펠트 회로

1. 순환 펌프
2. 가압장치의 측정 장소
3. 보일러
4. 조정 밸브
5. 수요가
6. 교축 오리피스

a, b, c, d, e, f, g 플랜트특성 장소

[역주] (그림 3.63)

②의 압력 측정점은 ⑥의 교축 오리피스에 의해 정확한 평균 압력이 검출되도록 되어 있다. 측정 압력이 평균 압력의 희망치보다도 높은 경우에는 팽창 탱크 앞의 밸브를 열고 팽창 질량이 지역 배관망에서 팽창 탱크로 방출된다.

역으로 측정 압력이 낮아지는 경우에는 팽창 탱크가 있는 곳의 가압 겸용 급수 펌프가 작동하여 팽창 탱크에서 보급수를 배관망에 공급한다.

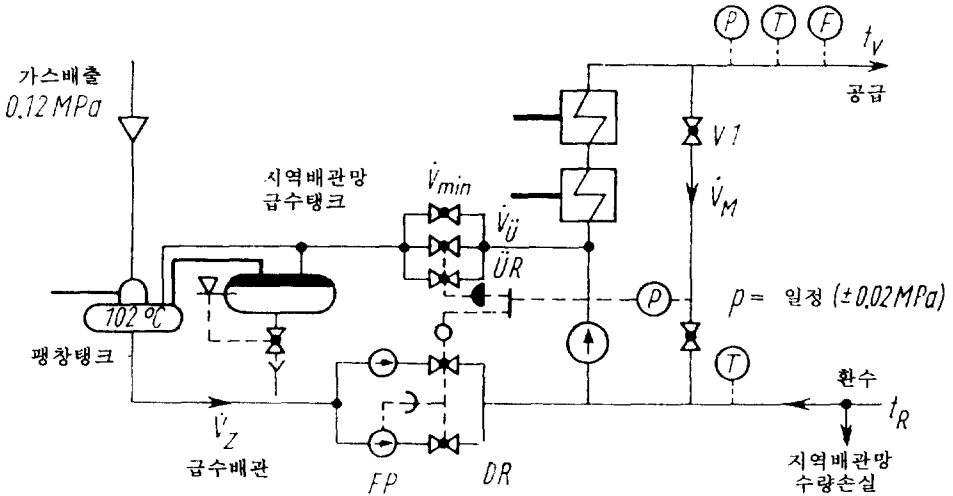


그림 3.64 아날로그 측정 구간을 가진 동적 압력 유지

[역주] (그림 3.64)

측정 압력이 평균 압력의 측정치보다도 높은 경우에는 VR(도출 조정기)이 열리고 DR(압력 조정기)이 닫혀, 지역 배관망의 팽창 수량이 팽창 탱크에 흘러 여기서 넘친 것이 지역 배관망 급수 탱크로 흐른다.

역으로 측정 압력이 낮아지는 경우에는 VR이 닫히고, DR이 열려 팽창 탱크의 온수가 FR(보급수 펌프)에 의해 지역 배관망에 보급된다.

3.6.5 평균 압력 형성의 문제

실제의 지역 난방 배관망의 운전에서는 수압 상태가 변하면, 복잡한 조건이 생긴다. 이것은 순환 펌프 또는 가압 펌프의 고장시, 폐쇄 밸브의 폐쇄 또는 개방시 및 지역 배관망의 온수 중 가스 농도<sup>6)</sup>가 허용 농도를 초과할 때를 고려하여야 한다. 펌프의 고장 및 폐쇄 밸브의 폐쇄는 수격 작용(water hammer)을 유발하고, 허용 농도를 초과한 가스 농도는 순환펌프의 고장시에 평균 압력을 상회하는 압력 또는 하회하는 압력을 만든다.

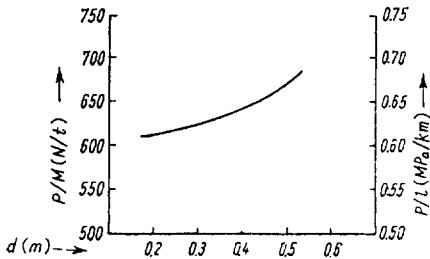
(가) 지역 배관망에서 수격 작용(water hammer)

펌프 정지 후 또는 차단 밸브 차단시에 관성력, 마찰력 및 차단 밸브에 미치는 반작용의 힘이 작용하여 차단 시간이 짧다(반작용의 힘이 일정)고 가정하면, 힘의 균형에서 다음 식이 성립한다.

$$\frac{W_0}{\sqrt{\frac{P}{M} \frac{2d}{\lambda}}} = \tan\left(\sqrt{\frac{P}{M} \frac{2d}{\lambda} \tau_s}\right)$$

여기서,  $W_0$ : 초기 속도,  $P$ : 차단 밸브에 미치는 반작용의 힘,  $M$ : 시스템내의 총 수량,  $d$ : 관의 직경,  $\lambda$ : 관마찰계수,  $\tau_s$ : 차단 밸브의 차단 시간

이 식은 반복하여 풀 수 있다. 모든 배관 단면에 대한 선도가 그림 3.65에 나타나 있다.



폐쇄 시간  $\tau_s=3S$

속도  $W_0=2m/s$

관마찰계수  $\lambda=0.02$

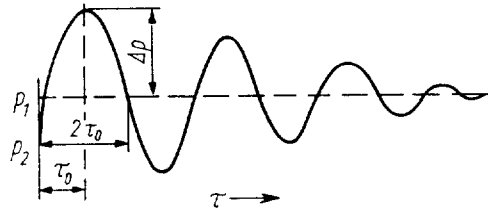
밀도  $\rho=10^3kg/m^3$

그림 3.65 급속 차단일 경우에 발생하는 힘

급속 차단 부분이 음속으로 전달되는 수격 작용(water hammer)을 만든다. 주우코프스키에 의하면 다음 식이 성립한다.

$$\Delta p = \alpha \Delta w \rho$$

여기서,  $\alpha$ : 음속,  $\Delta w$ : 속도 변화,  $\rho$ : 물의 밀도,  $\Delta p$ : 워터 해머



$$\tau_0 = \frac{1}{\alpha} L$$

그림 3.66 워터 해머의 특성

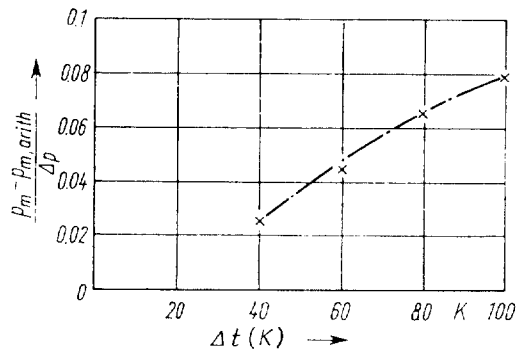


그림 3.67 산술 평균으로 계산한 평균 압력의 편차

음속은 다음 식에서 구해진다.

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{1}{\rho_w K_w}}}{\sqrt{1 + \frac{d}{s E_{st} R_w}}}$$

여기서,  $E_{st}$ : 강의 탄성율,  $K_w$ : 물의 압축율

음속은  $\alpha \approx 1300 \sim 1000 m/s$ 의 값을 가진다.

구간 길이  $l_{1-2}$  및 급속 차단 부분이 점 2에 작용한다고 생각하면, 그림 3.66 (공급과

6) [역주] 지역 난방 배관망의 운전 규칙(동독)에서는 가스농도의 제한이 있다. 이것은 특히 산소에 관한 것으로 산소는 당연히 공기의 성분이므로 기표가 된다.

환수의 압력 유지를 가정하면) 에 의해서 수격 작용의 특성이 명확해진다. 마찰 작용에 의해서 수격 작용의 진폭은 시간의 경과와 함께 감소한다. 일반적으로 이루어지고 있는 것과 같이 가압 장치만의 경우에 수격 작용이 평균 압력 또는 정지압 근처를 오르내리고, 이 경우 배관 연장이 길어지면 진폭의 절대 높이는 높아진다.

(나) 가스 농도의 영향

물의 압축성 및 배관의 탄성에 의해 산술 평균 압력  $P_{m,arith}$ 와는 다른 평균 압력  $P_m$ 이 생긴다(그림 3.67)

편차는 온도 구배가 클수록, 또 공급 평균 압력  $P_{vm}$ 과 귀환 평균 압력  $P_{Rm}$ 과의 차가 클수록 크게 된다. 지역 배관망에 대개 작은 기포형으로 존재하고 있는 미 용해 가스가 펌프 고장시에 2차적으로 다음의 것을 만든다.

- i) 주로 가스가 환수에 존재하는 경우에는 평균 압력에 미치지 못한다.
- ii) 주로 가스가 공급에 존재하는 경우에는 평균 압력을 넘는다.

생기는 평균 압력은 다음 식으로 계산된다.

$$\frac{P_m}{P_{m,arith}} = \frac{1+x\tau}{\pi} \cdot \frac{2}{x\tau+1}$$

$P_m$  : 발생되는 평균 압력

$P_{m,arith}$  : 산술 평균 압력

$x = m_{GV} / m_{GR}$  : 공급에서 환수로의 가스 질량의 상태

$\tau = T_V / T_R$  : 공급에서 환수로의 온도 상태

$\pi = P_{Vm} / P_{Rm}$  : 공급에서 환수로의 평균 압력 상태

그림 3.68은  $\tau = 423 / 323 = 1.3$ 에 대한 선도이다.

부분 가스배출에 의해서 허용 가스 농도를 유지할 수 있다. 이 경우에 질량 처리 유량은 순환 펌프 유량의 1%에 이르고, 또 가스배출기의 용적은 1시간당 지역 배관망 수량의 0.4%를 가스배출할 수 있도록 설치하기 때문에, 지역 배관망의 전 수량을 처리하는 데 실제로 거의 10일을 필요로 한다.

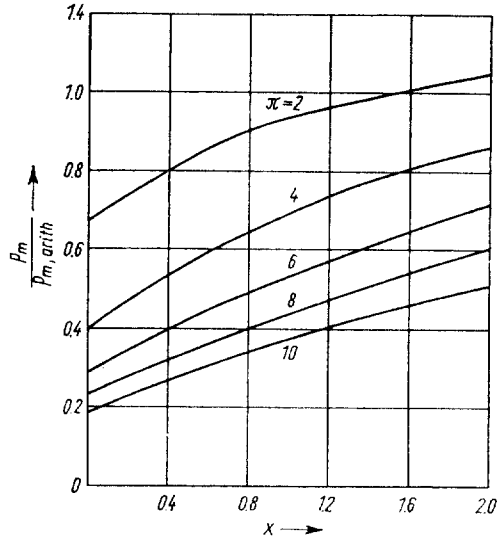


그림 3.68 가스가 존재하는 경우의 지역난방 배관망의 평균압력

[역주] (그림 3.68)

$$K_w \approx 5 \times 10^{-5} \frac{m^3}{m \cdot bar} \text{ 및 } \left( \Delta \frac{V}{V \cdot \Delta p} \right) = \frac{1}{p}$$

그러므로,  $\left( \Delta \frac{V}{V \cdot \Delta p} \right)_G \cdot k_w$ 로 되고,

가스의 압축성에 대한 물의 압축성은 실용상 무시될 수 있다.

윗 그림을 이용하여 펌프 운전시의 질량은 이상 기체 상태 방정식에서

$$\text{공급 } \dot{m}_{GV} = \frac{P_{Vm} \cdot V_{GV}}{R \cdot T_V} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{환수 } \dot{m}_{GR} = \frac{P_{Rm} \cdot V_{GR}}{R \cdot T_R} \dots\dots\dots(2)$$

펌프 운전 정지후의 질량은

$$\text{공급 } \dot{m}_{GV} = \frac{P_m(V_{GV} + \Delta V)}{R \cdot T_V} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{환수 } \dot{m}_{GR} = \frac{P_m(V_{GR} - \Delta V)}{R \cdot T_R} \dots\dots\dots(4)$$

질량은 일정하기 때문에, 식 (1)과 (3), (2)와 (4)에서

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{GV} \left( \frac{P_{Vm}}{P_m} - 1 \right) \\ &= V_{GR} \left( 1 - \frac{P_{Rm}}{P_m} \right) \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

여기서, 식 (1)과 (2)에서

$$\frac{V_{GV}}{V_{GR}} = \frac{m_{GV}}{m_{GR}} \cdot \frac{T_V}{T_R} \cdot \frac{P_{Rm}}{P_{Vm}}$$

$$\frac{V_{GV}}{V_{GR}} = x, \frac{T_V}{T_R} = \tau, \frac{P_{Vm}}{P_{Rm}} = \pi \text{로 두면,}$$

식(5)에서

$$P_m \frac{1+x\tau}{\pi} P_{Rm} \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{또 } P_{m,arith} = (P_{Vm} + P_{Rm}) / 2 = (\pi + 1) P_{Rm} / 2$$

이므로

$$\frac{P_m}{P_{m,arith}} = \frac{1+x\tau}{\pi} \times \frac{\tau}{\pi+1} \dots\dots\dots(8)$$

공급 온도의 변동은 그 만큼 크게 되기 때문에, 평균치로서  $\tau \doteq 1.25$ 로 하는 것이 좋다. 이 식은 그림 3.68에서 계산된다. 지역 난방 배관망에 가스가 존재하면, 평균 압력은 상당한 영향을 받는다. 특히 환수관에 있어서 가스의 비율이 높으면 ( $x < 1$ ), 산술 평균 압력에서 상당한 편차가 생겨서 증발 현상이 일어나게 된다. 이렇게 되는 경우에도 환수에 보조적인 가스배출을 사용하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

(3.1) R. & R. CLARK, Etd., Edinburgh : Telethermics Report, given in 1971 by the adhoc Commitee on Large Scale Transportation of Heat over Long Distances

(3.2) HUH, J., und J. WOLF : Zweiphasenströmung. Leipzig : VEB Fachbuchverlag 1975, S. 9ff

(3.3) TGL190-261. Ausg. 7.77 : Fernwärmeversorgungsanlagen, Fernwärmeleitungen ; Druckverlustberechnung. Grundlagen, Widerstandszahlen, berechnungsgrÖBen

(3.4) STRIEN, H.E., MERTSHENG und G. NTZOLD : Handbuch für den Rohrleitungsbau. 4., überarb. Aufl. Berlin : VEB Verlag Technik 1972

(3.5) ALTSCHUL, A.D., und P.G. KISELEV :

Gidravlika i aerodinamika. Moskau : Strojizdat 1975, S. 189ff.

(3.6) COLEBROOK, C.F., und C.M. WHITE : The Reduction of carrying capacity of pipes with age. London : J. Instn. civ. Engrs. (1937/38) H.1, Paper 5137, S. 99-118

(3.7) HEYNATZ, J.T. : Äquivalenzgesetze und Näherungsverfahren in der Abrechnungspraxis inkompressibler und Kompressibler reibender Rohrströmung. VDI-Forschungsheft 547. Düsseldorf : VDI-Verlag 1971

(3.8) MUNSER, H., und A. DITTMANN : Fernwärmeversorgung. Lehrbriefe für das Fernstudium, 2. Lehrbrief. Berlin : Verlag Technik 1974, S. 8-13

(3.9) TGL 24 581/01 Ausg. 10/69. Wärmeisolierung, Berechnung der Wärmeverluste ;

(3.10) TGL 190-252/08 Ausg. 9/75. Fernwärmeversorgungsanlagen, Fernwärmenetze ; Einheitsmethodik für die Ermittlung der Wärmeverluste

(3.11) BÖHMER, P., und N. ELSNER : Ein Beitrag zur optimalen Dimensionierung unvermaschter Rohrnetze. Energietechnik 21 (1971) 5, S. 222-228

(3.12) SOKOLOV, J.J. : Konstruktion von Wärmenetzen. Vorlesung an der Technischen Universität Dresden, Sektion Energieumwandlung, 1977

(3.13) KLEMAN, E. : Beschreibung der Anlagengestaltung und Bauweisen der Fernwärmenetze. Dresden : Technische Universität, Abshlubarbeit im postgradualen Studium Fernwärmeversorgung, 1975

- (3.14) MUNSER, H., und G. GLÄSER :  
 Untersuchungen zur Einführung  
 eines neuen kombinierten Systems  
 der Fernheizung und  
 Gebrauchsqarmwasserbereitung.  
 Stadtund Gebäudetechnik 30 (1976)  
 3,S. 84-87 ; 4,S. 102-104
- (3.15) TGL 22 160/02 Ausg. 11/75.  
 Rohrleitungen aus Stahl.  
 Festigkeitsberechnung ; Berechnung  
 von Rohren gegen Innendruck
- (3.16) TGL 11 776/01 Ausg.9/66.  
 Schweißverbindungen.  
 Ausführungsklassen ;  
 SchmelzSchweißen
- (3.17) TGL 10 646/01 Ausg.  
 5/75. Zerstörungsfreie Prüfung ;  
 Klassifikation und Bewertung von  
 Schweißnahtfehlern an Hand von  
 Radiogrammen
- (3.18) TGL 22 160/03 Ausg.11/75.  
 Rohrleitungen aus Stahl ;  
 Festigkeitsberechnung ; Berechnung  
 von Rohrleitungsbauteilen gegen  
 Innendruck
- (3.19) TGL 13000 Ausg. 3/77.  
 Verkehrsbau ; Straßen-und  
 Wegbrücken
- (3.20) MARSTON, A., und A.O.ANDERSON :  
 The theory of loads on pipes in  
 ditches and of sement and day tile  
 and show pipes. Iowa Eng (1913)  
 H.31
- (3.21) BRACHETTI, H.E. : Bauphysikalische  
 Probleme der Fernheizleitnngen,  
 Energie 23 (1971) 11, S.341
- (3.22) TGL 22 160/07 Ausg. 11/.  
 Rohrleitungen aus Stahl.  
 Festigkeitsberechnung ;  
 Vereinfachter Festigkeitsnachweis
- (3.23) Potrubi, Praha :  
 Stopfbuchsenausgleicher mit  
 Fernkontrolle und Selbsttätiger  
 Zusatzdichtung. Firmeninformation
- (3.24) TGL 22 160/05 Ausg. 11/75.  
 Rohrleitungen aus Stahl.  
 Festigkeitsberechnung ;  
 Stützweitenberechnung
- (3.25) TGL 23 132 Ausg. 12/71.  
 Rohrleitungen aus Stahl. Gleitlager  
 zum Anschweißen ; für  
 Rohraubendurchmesser  
 89 bis 820 mm
- (3.26) SCHWEDLER, F., und H.V. JÜRGENSONN  
 : Handbuch für Rohrleitungen. 5.  
 Aufl. Berlin (West) : Springer  
 Verlag 1957.
- (3.27) TGL 23 135 Ausg. 12/71.  
 Rohrleitungen aus Stahl. Festlager  
 zum Anschweißen ;  
 für Rohraubendurchmesser 89 bis 820  
 mm
- (3.28) TGL 24 723. Ausg. 7/76. Armaturen  
 ; Keilplattenschieber aus  
 warmfestem Stahlguß mit direkt  
 aufgebauter Handradbetätigung
- (3.29) TGL 190-261/04. Ausg. 1/73.  
 Fernwärmeversorgungsanlagen.  
 Fernwärmeleitungen.  
 Heiß-und Warmwasserleitungen ;  
 Technische Forderungen
- (3.30) TGL 190-261/05. Ausg. 4/73.  
 - ; - ; Dampf- und  
 Kondensatleitungen ; Technische  
 Forderungen TGL 190-261/06.  
 - ; - ; Rohre, Flansche ; Auswahl
- (3.31) TGL 190-252/06. Ausg. 7/74. - ;  
 Fernwärmenetze ;  
 Qualitätsprüfungen zur Abnahme
- (3.32) TGL 26 833. Ausg. 10/77.  
 Schmutzsammeler für

- Rohrleitungen bis  
Aubendurchmesser 426mm
- (3.33) Mitteilung KFV 21/70.  
Dresden : VEB Verkehrs-und  
Tiefbaukombinat.
- (3.34) BODE, W. : Untersuchungen zur  
Druckhaltung in einem  
Heißwassernetz. *Energietechnik* 20  
(1970) 10, S. 470-475
- (3.35) BODE, W. : Störungen in der  
Druckhaltung Von  
Heißwassernetzen.  
*Energieanwendung* 23 (1974) 2, S.  
39-42
- (3.36) BODE, W. : Qualitätsanforderungen  
an das Heiznetzwasser hinsichtlich  
Störender Gasbeimischungen.  
Vortrag VI. Fernwärmetagung 9.-  
11.11.1976 in Karl-Marx-Stadt
- (3.37) BODE, W., und S.HAZIAK :  
Druckhaltung im HKW Halle  
Dieselstr. und HKW Halle R. -  
Breitscheid. Bericht IEV : 74-833-  
(1974)FE
- (3.38) VEB Enernieprojektierung : Studie  
zur Durckhaltung in  
Fernwärmenetzen. 1963
- (3.39) EIGNER, G. : Projektierungsrichtlinie  
Druckhaltung in Fernwärmenetzen.  
Wärmearanlagenbau Berlin 73-006-  
(1975) FE
- (3.40) TGL 190-255/01. Ausg. 12/68.  
Fernwärmeversorgungsanlagen.  
Wärmeträger Dampf und Wasser,  
Rücklaufkondensat und  
Rücklaufwasser ;  
Qualitätsanforderungen