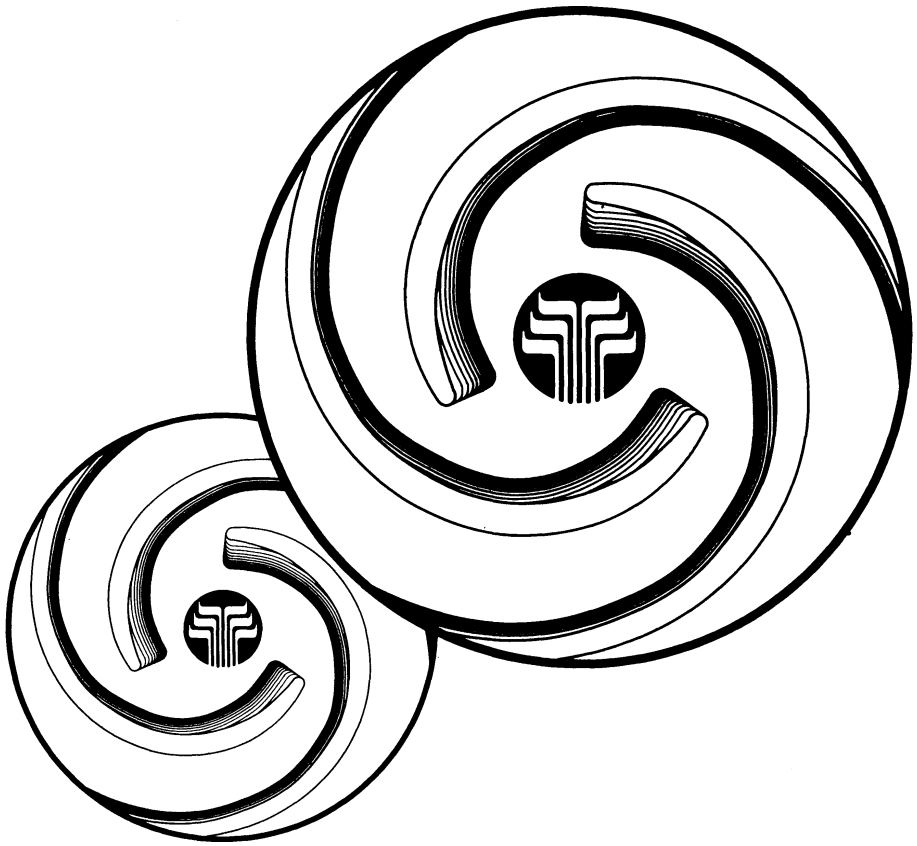
효성펌프편람

HEC PUMP HAND BOOK



효성EBARA주식회사

HYOSUNG EBARA CO., LTD.

제4장 기 장 계 획

1. 시방의 결정과 기종, 형식의 결정

1.1 펌프사양의 결정순서

펌프의 시방결정에 있어서 설비, 장치의 목적 등 사용조건에 기본을 두고 토출량, 전양정(경우에 따라 실양정), 흡입양정, 수질등의 사양, 유량 또는 양정의 변동 범위, 운전조건 등 여로가지의 조건이 주어질 수 있다. 따라서 그런 조건에 가장 적합한 펌프를 카다로그로부터 선정하든지, 그 펌프사양의 상세결정을 하든지, 어떤 방법으로 하여도 사용조건 등을 신중히 검토하여서, 그 장치의 가동상태에 가장 적합하게 함과 동시에 설비비와 운전, 보수관리를 포함한 총 경비가 최저가 되는 펌프를 결정하여야 한다. 플랜트설비, 장치로부터 펌프에 대하여 필요로 하는 사양 및 사용조건을 가지기 위하여, 펌프사양을 결정하기까지의 경로를 그림4.1, 그림4.2에 나타내었다.

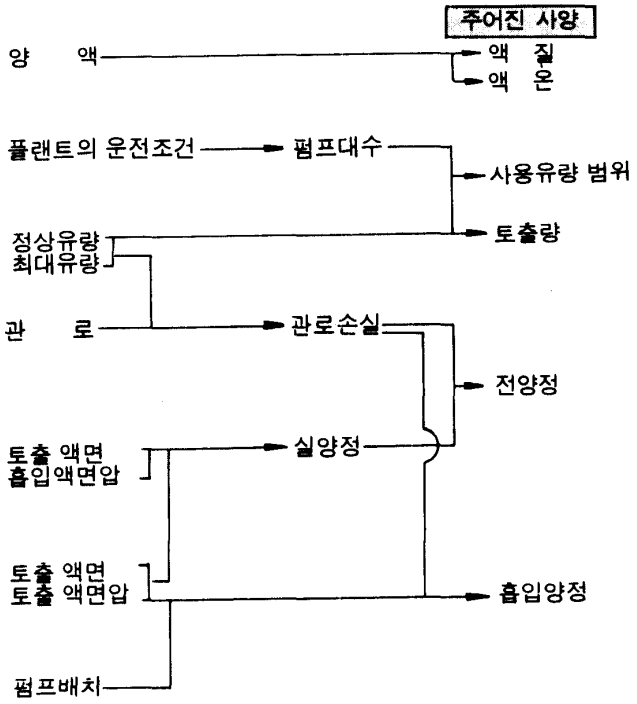


그림 4.1 플랜트 설비에 의해 주어진 사양

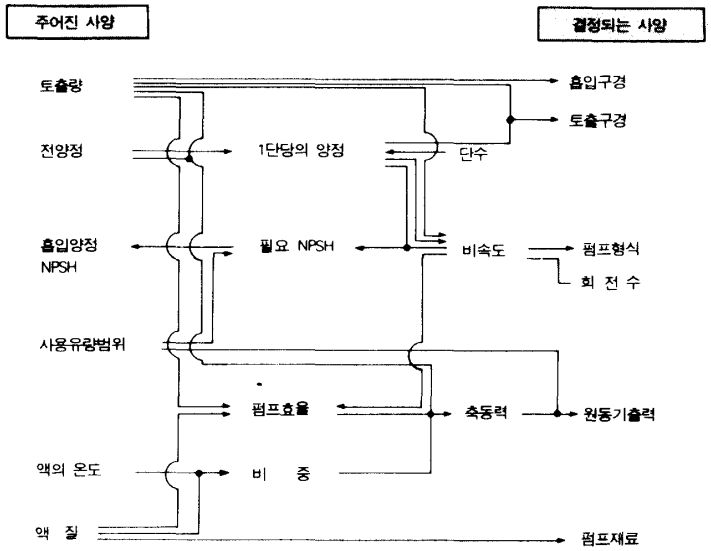


그림 4.2 펌프사양의 결정 경로

1.2 토출량과 구경

펌프대수를 정해 한 대에 대한 토출량을 정하면 펌프흡입구의 개략 구경이 정해진다. 토출량에 대한 개략적인 토출구경의 관계를 표 4.1 에 표시하였다. 표 4.1은 개략적인 값으로 상세사양의 결정에는 사용할 수 없다. 최근 제품의 소형, 경량화와 성에너지화의 추세 및 엔지니어링능력의 향상으로 대체로 유량범위가 커지는추세이며 또한 메이커 마다 구경에 대한 유량값이 현저하게 다르기 때문에 상세사양의 결정시에는 메이커에 문의하여 결정하는 것이 바람직하며 송수관 지름과 꼭 맞출 필요는 없으며 일반적으로 확대관이나 축소관을 사용하여 펌프와 연결하면 된다.

표 4.1 토출구경에 따른 최대유량

편흡입 . 양흡입						축 . 사 류			
토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)
25	13	125	590	500	6,000	300	1,500	900	16,500
32	30	150	720	600	8,000	350	2,300	1,000	18,500
40	50	200	1,050	700	11,500	400	2,800	1,100	22,000
50	110	250	1,700	800	14,000	500	4,000	1,200	29,000

표 계속

편흡입 . 양흡입						축 . 사 류			
토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)	토출구경 (㎜)	최대유량 (㎥/Hr)
65	190	300	2,300	900	15,000	600	7,000	1,300	32,500
80	290	350	3,200	1,000	17,000	700	9,000	1,400	36,000
100	440	400	4,200	1,100	18,000	800	11,500	1,500	45,000
								1,600	49,500

주) 펌프구경과 송수관지름과는 꼭 맞출 필요는 없고, 일반적으로 확대관이나 축소관을 사용하면 된다.

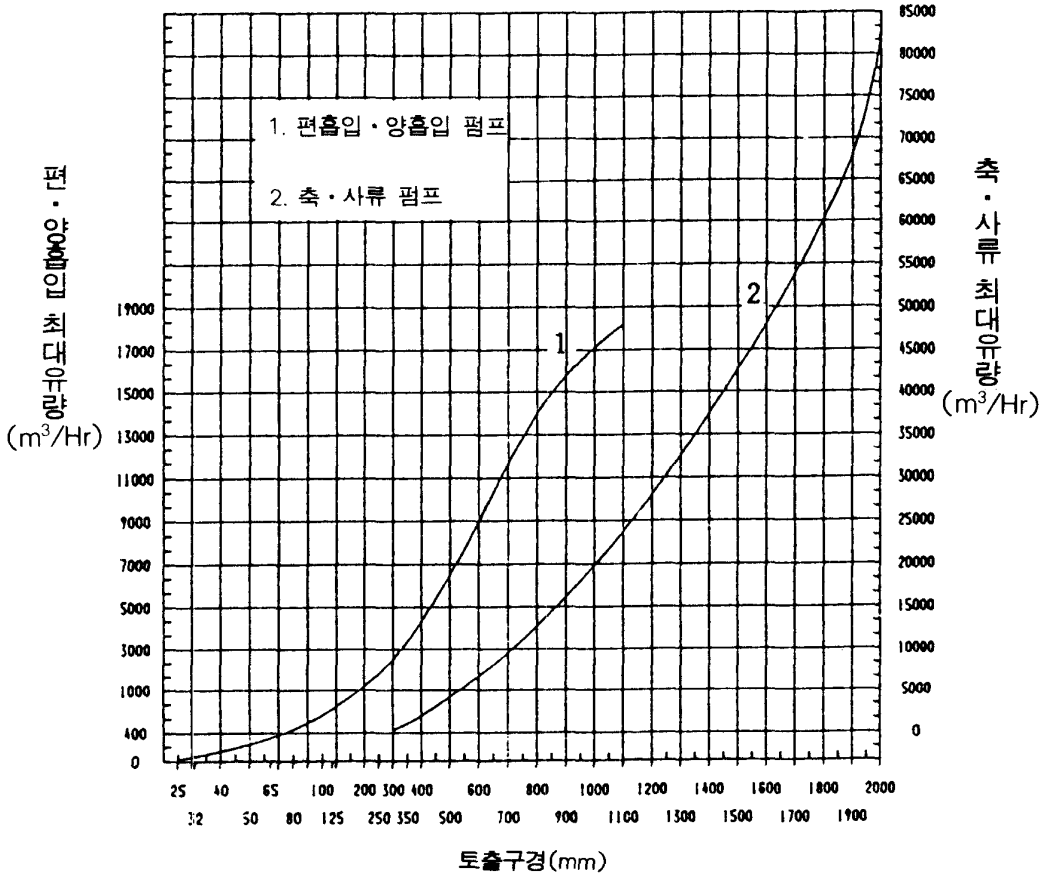


그림 4.3 토출구경에 따른 최대유량

특히, 토출구경은 임펠러를 나온 고유속 물의 운동에너지를 압력에너지로 바꾸는데 필요한 유로의 형상, 치수에 따라 정해지는 것이며 표4.1과 상당히 다를 경우가 많다.

1.3 펌프전양정의 결정

1) 펌프의 전양정

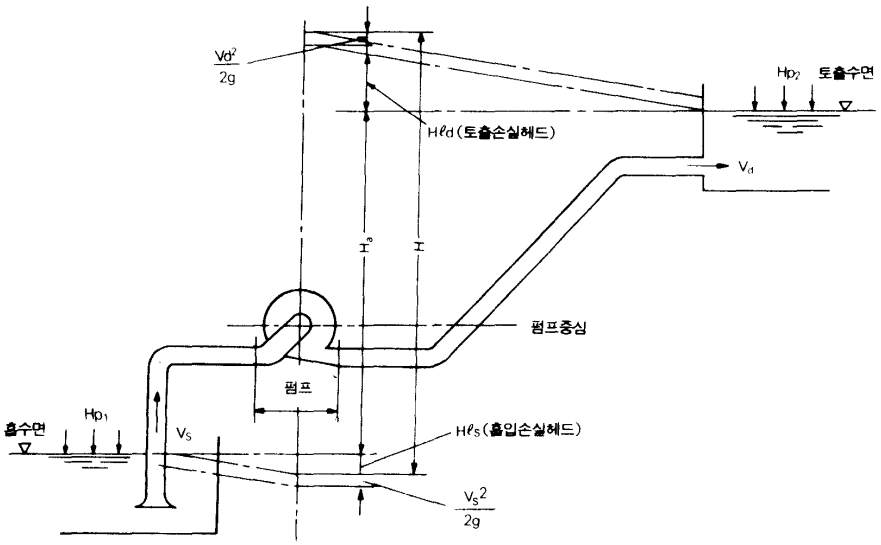


그림 4.4 펌프의 양정

$$H = H_a + \Delta H_p + H_\ell + V_d^2/2g \qquad (4.1)$$

여기서, H : 전양정 (m)

H_a : 실양정 (m)

토출면과 흡수면의 수위차에서 토출수면쪽이 높을 때(+)

ΔH_p : 수면에 작용하는 압력헤드차 (m)

$$\Delta H_p = H_{p1} - H_{p2}$$

H_ℓ : 관로, 밸브 등의 여러 손실헤드(m) (펌프이외의 손실)

$$H_\ell = H_{\ell s} + H_{\ell d}$$

$V_d^2/2g$: 토출속도 헤드 (m)

g : 중력가속도 ($9.8 m/sec^2$)

단, 가압 펌프와 같이 펌프의 흡입관에 다른 곳에서 에너지가 주어지는 속도로서 유입하는 것에는

$$H = H_a + \Delta H_p + H_\ell + (V_d^2 - V_s^2)/2g \qquad (4.2)$$

여기서, H_a : 토출관의 임의 점 A와 흡입관의 임의점 B와의 높이차(A- B) (m)

ΔH_p : A점과 B점에서의 정압헤드 차(m)

H_ℓ : A점에서 B점까지의 관로, 밸브 등의 여러 손실헤드(m) (펌프를 제외한다)

V_d : A점에서의 관내유속(m/sec)

V_s : B점에서의 관내유속(m/sec)

입형펌프의 경우는 식(4.1)에서 $H = H_{\ell d}$가 된다. 실양정으로서 수위 변화가 클 경우에는 펌프의 특성, 수위차의 변화폭, 계획양수량의 결정근거를 감안해서 정한다. 또 압력과 압력헤드의 관계는 식(4.3)에 의해 구해진다.

$$H_p = 10 \times P / \gamma \qquad (4.3)$$

여기서, H_p : 압력헤드 (m)

P : 압 력 (Kg/cm^2)

γ : 취급액의 비중 (g/cm^3)

2) 관의 마찰손실 헤드

관의 마찰손실을 나타내는데는 일반적으로 다음 두가지 식이 사용된다.

$$V = C R^P S^Q \qquad (4.4)$$

$$H = \lambda V^2 L / (2gD) \qquad (4.5)$$

여기서, V : 관내평균유속 (m/sec)

C,P,Q : 계수

R : 유체평균 깊이 (m)

$$R = \frac{\text{단면적}(m^2)}{\text{접수길이}(m)}$$ (원관의 경우 R=D/4)

S : 동수구배

$$S = H_f / L$$

H_f : 관의 마찰손실 헤드 (m)

λ : 마찰손실계수

g : 중력가속도 (m/sec^2)

L : 관 길이 (m)

D : 관의 내경 (m)

3) 층류인 경우의 마찰 손실 계수

층류인 경우 손실헤드는 유체의 점도 및 유속에 비례한다.

$$\lambda = 64 / Re \qquad (4.6)$$

여기서, Re : 레이놀즈 수

4) 난류인 경우의 마찰손실 계수

물을 취급하는 펌프 관로내의 흐름에서는 대개의 경우 난류이다. 난류인 경우 마찰손실 계수는 다음의 실용공식으로 나타낸다.

[Dracy 공식]

식 (4.5)와 같다.

$\lambda = 0.020+0.0005/D(m)$ (신주철관의 경우)

관의 사용연령이 오래되면 λ는 위 식값의 1.5 2.0배 정도로 된다. Dracy공식에 따른 직관 100m 당의 손실헤드를 그림 4.4에 표시한다.

[헤젠윌리엄 공식]

식(4.4)의 형식으로 상수도 방면에 많이 채용되고 있다

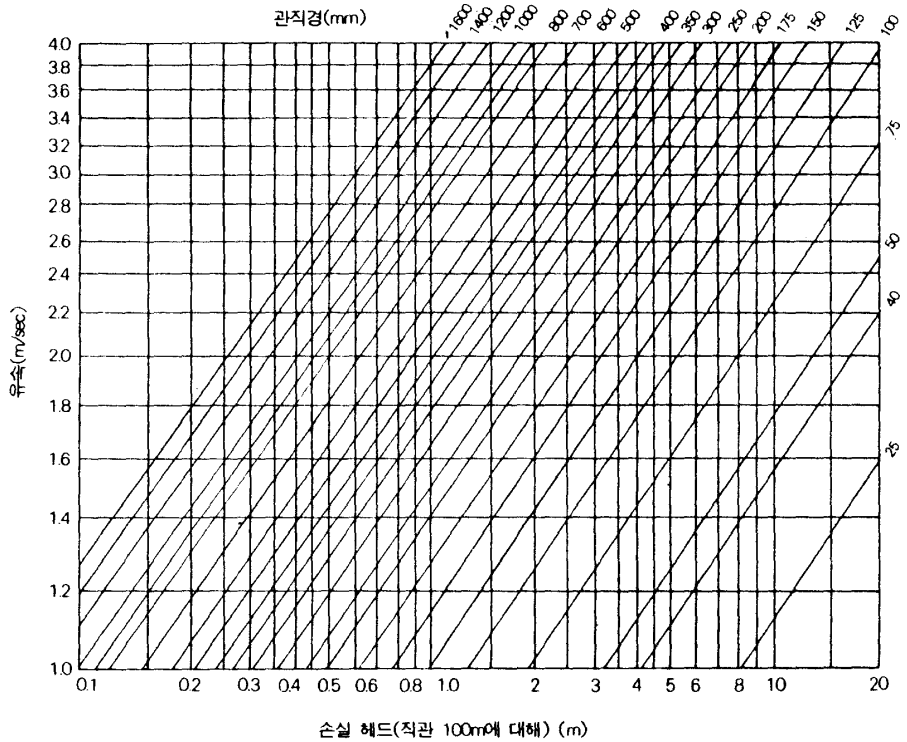


그림 4.5 직관 100m 당의 손실헤드(Darcy공식)

여기서, $V = 0.849C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$ (4.7)

C : 표 4.2에 표시한다.

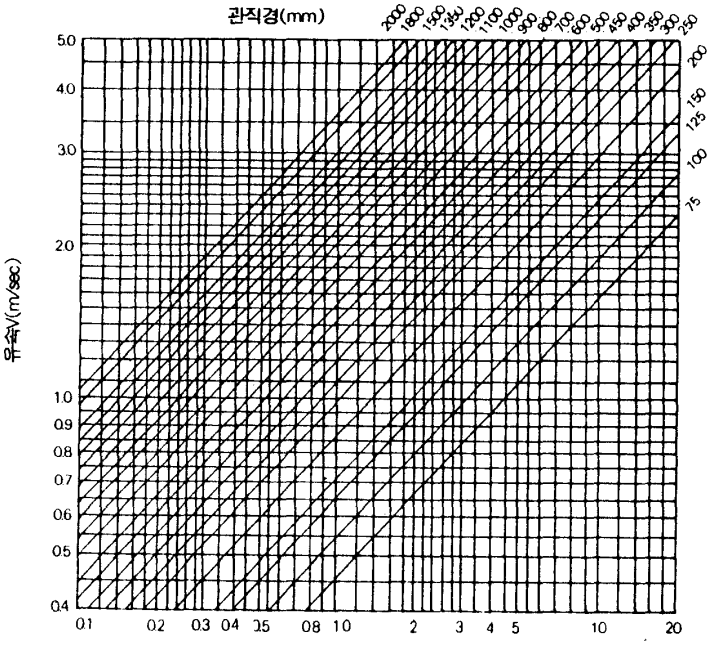
표4.2 관의 조건과 C의 관계 (헤젠윌리엄 공식)

C	일반적으로 본 관의 조건	관 경													
		1/8 1.5 (inch)	2 3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42 48
		3.5 40 (mm)	50 75	100	125	150	200	250	300	400	500	600	750	900	1050 1200
		소경관의 조건		주철관 경우의 통수년령(년)											
140	매끄러운 직관, 매끄러운 고무호스	대단히 매끄러운 직관	대단히 매끄러운 직관	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
130	매끄러운 직관 콘크리트 관		황동직관	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	매끄러운 목관, 신강관	매끄러운 신강관	좌 동	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6
110	강관, 토관						10	10	10	11	11	11	12	12	12
100	고주철관	보통강관	좌 동	13	14	15	16	17	17	18	19	19	19	20	20
90									26	27	28	29	30	30	30
80		고강관	좌 동	26	28	30	33	35	37	39	41	42	43	44	45
70	악조건하의 고주철관 또는 고강관														
60			대단히 거친것	45	50	55	62	68							
50															
40	악조건하의 소경철관	대단히 거친것	녹이심한 경우	75	87	95									

주) 보통 년령에 00은 최량 상태의 새로운 직관의 경우
0은 양호 상태의 새로운 직관의 경우

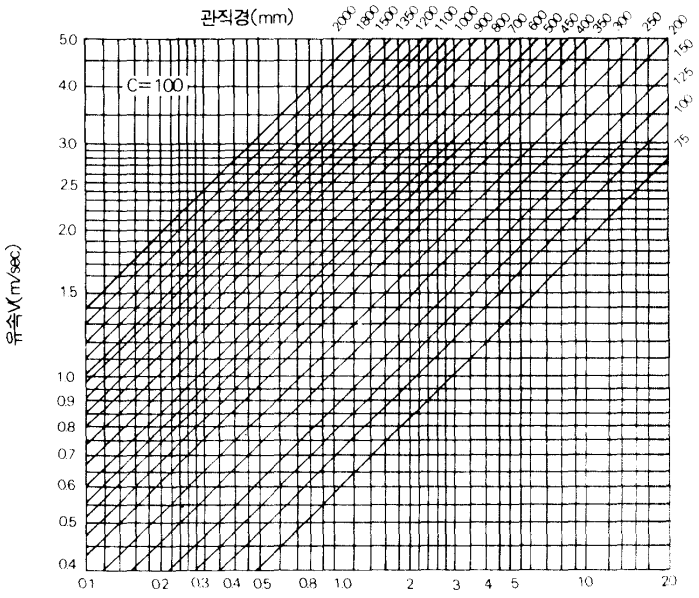
이외의 기호는 식(4.4)와 같다.

헤젠윌리엄 공식에 따른 100m 당의 손실헤드를 그림 4.5(1)-(4)에 표시한다.



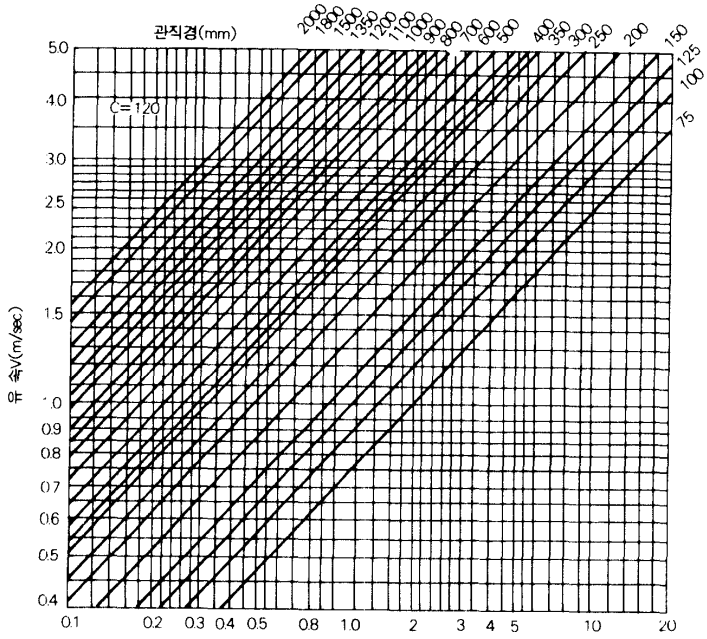
100m 당의 손실헤드(100×S)(m)

(1)헤젠-윌리엄공식 C=80



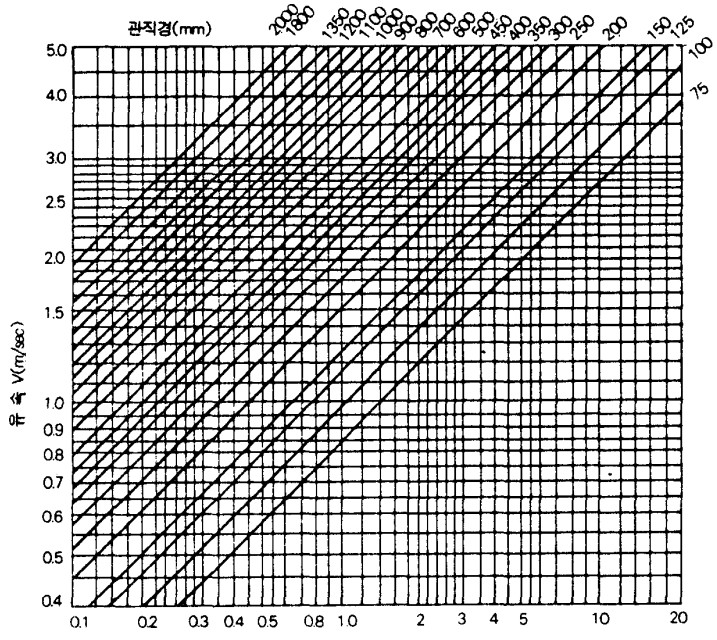
100m 당의 손실헤드(100×S)(m)

(2)헤젠-윌리엄공식 C=100



손실헤드(100× S)(m)

(3)헤젠-윌리엄공식 C=120



100m 당의 손실헤드(100× S)(m)

(4)헤젠-윌리엄공식 C=140관직경(mm)

그림 4.6 100m당의 손실헤드

[池田공식]

신관에 대해서는

$$V = C\ R^{0.581}\ Q^{0.507} \qquad (4.8)$$

각종 관의 C값을 표 4.3에 표시한다. 또 신주철관 경우 100m당 손실헤드를 그림 4.7에, 또한 池田公式에 의해 계산된 주철관의 사용연수에 대한 손실의 증가율을 그림 4.8에 표시한다.

표 4.3 각종관과 C의 값

관의 종류	C	관의 종류	C
시멘트관	84.2	용접강관	81.6
이음없는 주관	82.3	콘크리트관	78.0
연 관	81.8	리벳접강관	74.5
주 철 관	81.6	나무흙통관	72.7

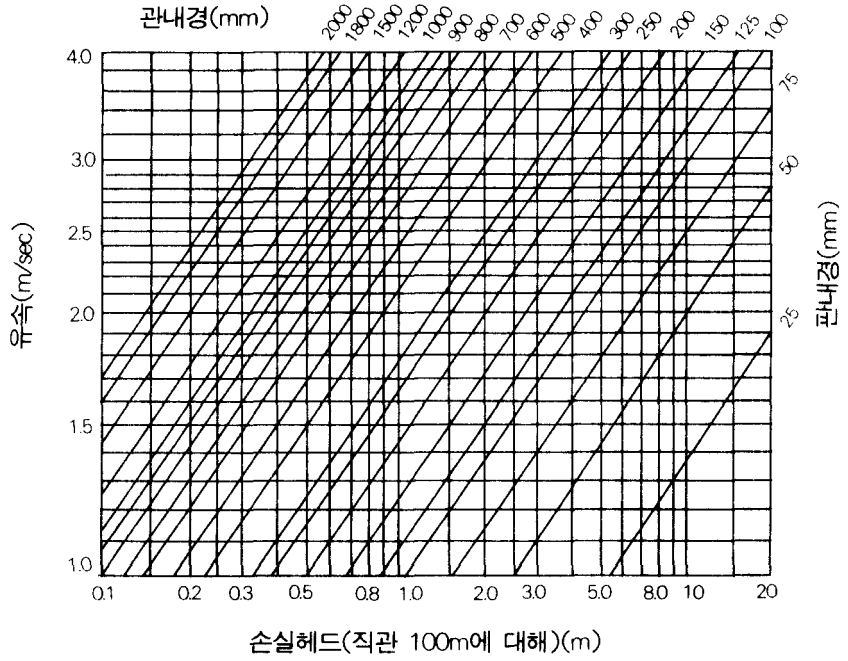


그림 4.7 100m당의 손실 헤드
(池田公式 C=81.6 : 신주철관의 경우)

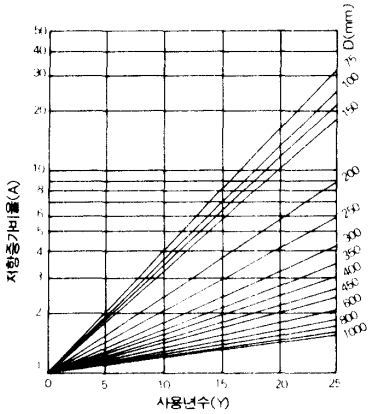


그림 4.8 주철관의 사용연수에 대한 손실의 증가율
(池田公式)

[스코비 공식]

퓨음관의 경우에 많이 사용되며 다음의 식으로 표시된다.

$$V = 84.2\, R^{0.625}\, Q^{0.5} \qquad (4.9)$$

퓨음관의 관길이 100m당 손실헤드를 그림 4.9에 나타내었다.

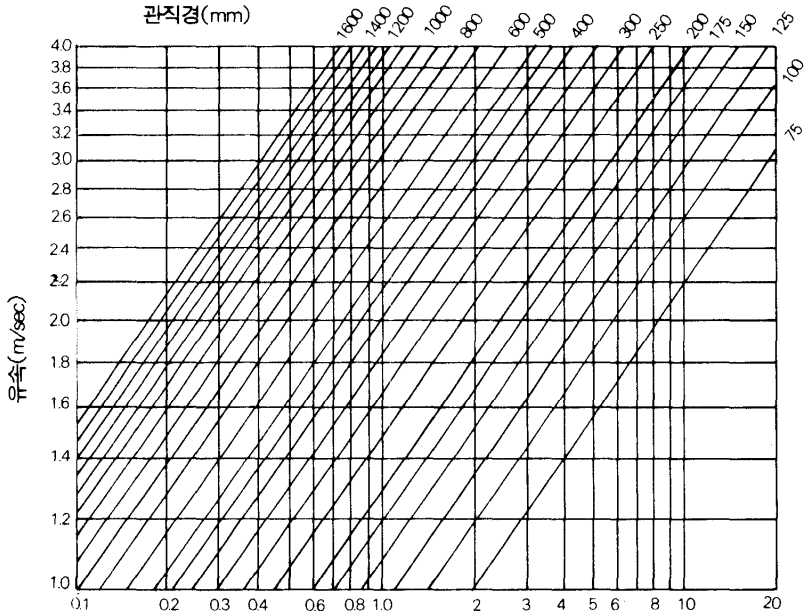


그림 4.9 100m당의 손실헤드(퓨음관) (스코비의 공식)

[스키마이의 공식]

에타니트관에 대해서 아래의 공식이 사용된다.

$$V = 165\ R^{0.68}\ S^{0.56} \qquad (4.10)$$

에타니트관의 관길이 100m당 손실헤드를 그림 4.10에 나타내었다.

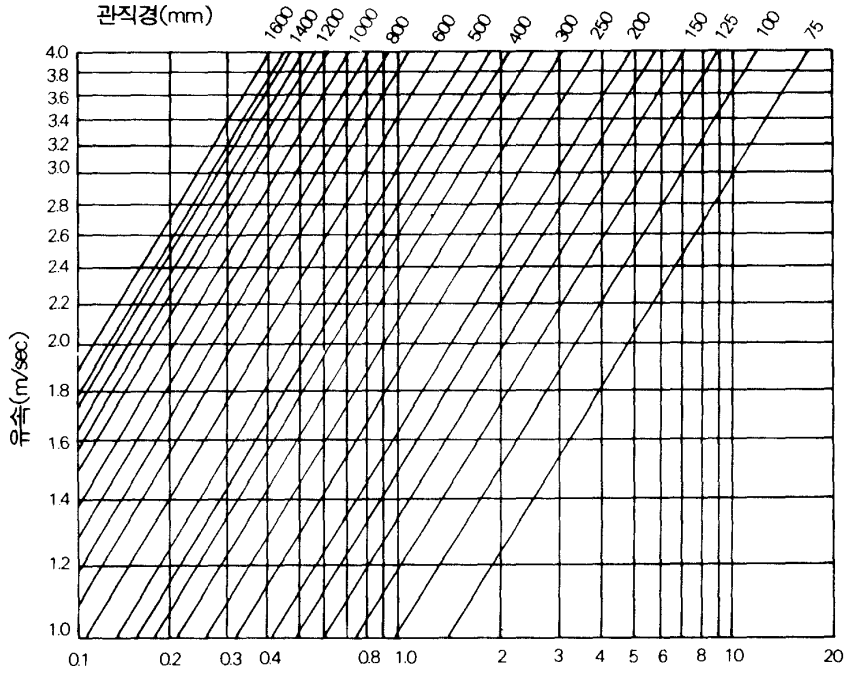


그림 4.10 100m당의 손실헤드(에타니트관)
(스키마이의 공식)

5)이형관의 손실헤드

이형관의 손실헤드는 일반적으로 다음의 식으로 표시한다.

$$H_f = f\frac{V^2}{2g} \qquad (4.11)$$

여기서, V : 평균유속(m/sec)

f : 손실계수

g : 중력가속도 (9.8m/ sec ^{2})

H_f : 이형관의 손실헤드(m)

6) 곡관, 굴절관의 손실계수

곡관에 관해서는 플러의 실용식이 많이 사용되며 f는 다음과 같다.

$$f = [0.131 + 1.847 (\frac{D}{2R})^{3.5}] (\frac{\theta}{90})^{0.5} \quad (4.12)$$

여기서, D : 관지름 (m)

R : 곡률반경 (m)

θ : 구부리기 각도(°)

f : 손실계수

굴절관에 대해서는 와이스바하의 실험결과가 일반적으로 사용되며 손실계수는 다음과 같다.

$$f = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.047 \sin^4 \frac{\theta}{2} \quad (4.13)$$

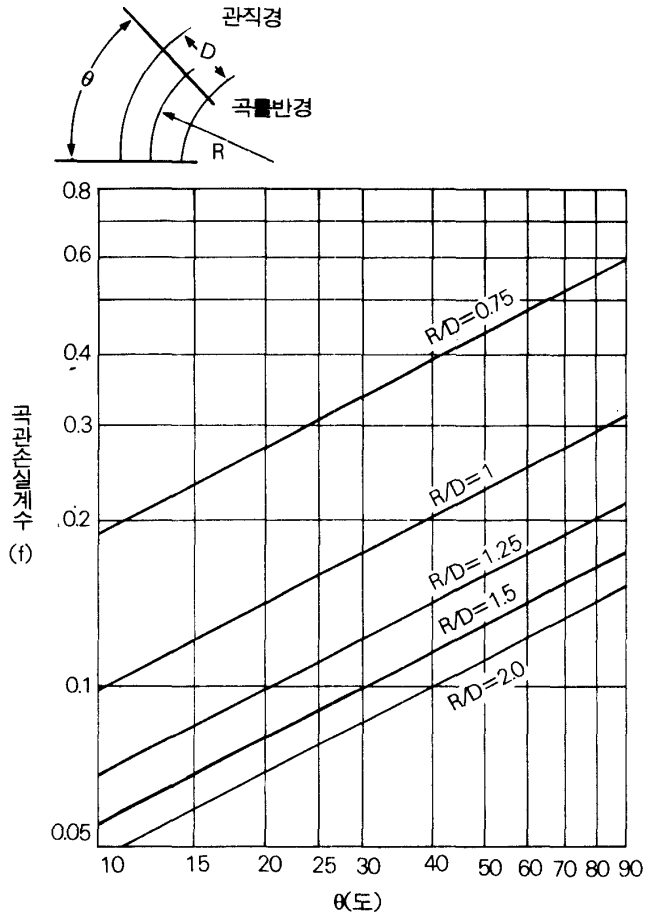


그림 4.11 곡관의 손실계수

여기서, θ : 구부리기 각도

f : 손실계수

각도와 계수의 관계를 표 4.4에 표시하였다.

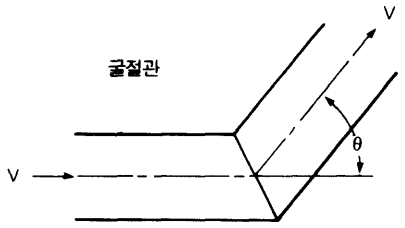


표 4.4 굴절관의 손실계수

θ(°)	15	30	45	60	90	120
f	0.0222	0.0728	0.183	0.365	0.99	1.86

7) 각종 이형관의 손실계수

대표적인 이형관의 손실계수를 표 4.5에 표시하였다.

표4.5 각종 이형관의 손실계수

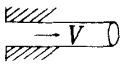
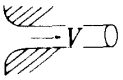
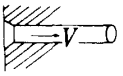
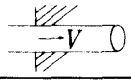
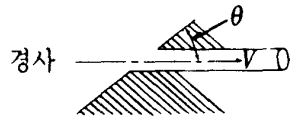
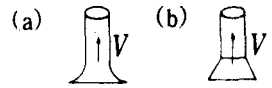
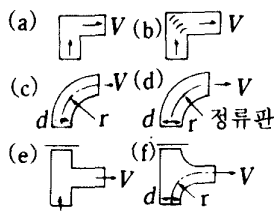
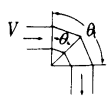
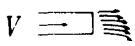
이형관명칭	형 상	손 실 계 수 f
유 입 구	각 단 	0.5
	둥글게 	0.06~0.005 (r=소) (r=대)
	면잡기 	0.25
	관돌출 	0.5~3.0

표 계속

<table>
<tr><th>이형관 명칭</th><th>형 상</th><th>손 실 계 수 f</th></tr>
<tr><td></td><td> 

직각흐름일 때의 f에 β를 더한다.</td><td>0.5+β (각단)
: $\beta = 0.3\cos\theta + 0.2\cos^2\theta$
0.05+β (둥글게)
<table>
<tr><td>θ</td><td>15°</td><td>30°</td><td>45°</td><td>60°</td><td>75°</td><td>90°</td></tr>
<tr><td>β</td><td>0.48</td><td>0.41</td><td>0.31</td><td>0.2</td><td>0.02</td><td>0</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>벨마우스</td><td> 
</td><td>(a) 0.15(주철벨마우스)
(b) 0.3(강판벨마우스)</td></tr>
<tr><td>90° 굽히기</td><td> 
</td><td>(a) 1.0
(b) 0.14 0.40 (정류격자 달림)
(c)
<table>
<tr><td>r/d</td><td>1.0</td><td>1.25</td><td>1.5</td><td>2.0</td></tr>
<tr><td>f</td><td>0.27</td><td>0.22</td><td>0.17</td><td>0.13</td></tr>
</table>
(d) r/d=1 : f=0.24
(e) 0.88
(f) f/d=1.5 : f=0.40</td></tr>
<tr><td>다절곡관</td><td> 

θ 전 굴곡각
θ 각절 굴곡각
N 마디수</td><td>
<table>
<tr><td>θ</td><td>22.5°</td><td>30°</td><td>20°</td><td>45°</td><td>22.5°</td><td>30°</td></tr>
<tr><td>N</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>2</td><td>4</td><td>3</td></tr>
<tr><td>θt</td><td>45°</td><td>60°</td><td>60°</td><td>90°</td><td>90°</td><td>90°</td></tr>
<tr><td>f</td><td>0.284</td><td>0.268</td><td>0.236</td><td>0.377</td><td>0.250</td><td>0.299</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>방 류</td><td> 
</td><td>1.0</td></tr>
</table>

8) 천천히 넓어진 관과 천천히 좁혀진 관의 손실계수

확대관의 손실헤드는 다음과 같이 표시된다.

$$Hf = \frac{f\,(V_1 - V_2)^2}{2g} \qquad (4.14)$$

여기서, V_1 : 소구경측의 평균유속 (m/sec)

V_2 : 대구경측의 평균유속 (m/sec)

f : 손실계수 (그림 4.12)에 표시함

Hf : 손실헤드 (m)

d_1 : 소구경 d_2 :대구경

θ : 관확대 각도(°)

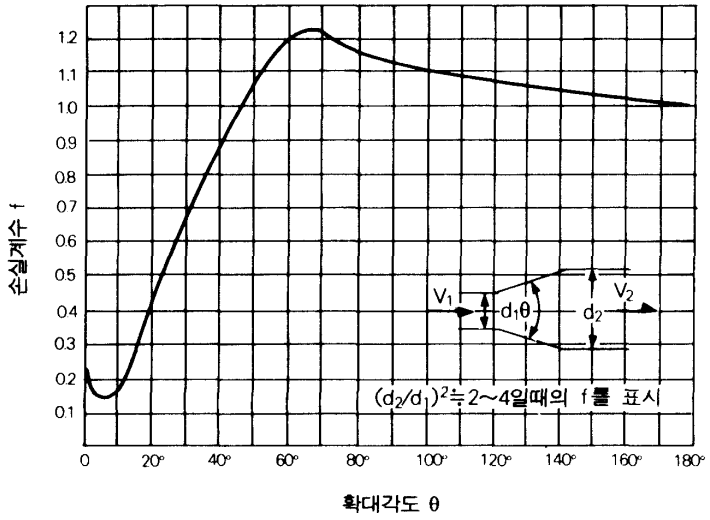


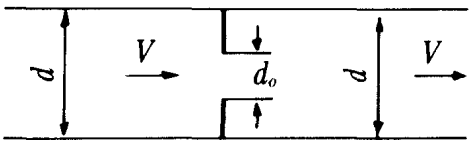
그림 4.12 확대관 손실 계수

축소관에 대해서는 손실은 작고 일반적으로 무시해도 좋을 정도이다.

9) 관내오리피스의 손실계수

표 4.6에 손실계수를 나타낸다.

표 4.6 관내오리피스의 손실계수



$(d_0/d)^2$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f	∞	226	47.8	17.5	7.8	3.75	1.8	0.8	0.29	0.06	0.0

d_0 : 오리피스 직경, d : 관내경, v : 관내유속(m/sec)

10) 관단면의 급확대 손실 계수

$$f = \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right]^2 \qquad (4.15)$$

여기서, f : 식(4.11)의 손실계수

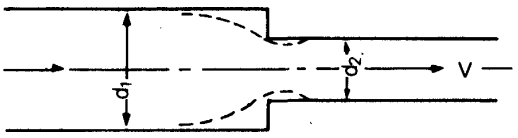
d_1 : 소구경, 이 부분의 유속 V(m/sec)

d_2 : 대구경

11) 관단면의 급축소 손실계수

단면 급축소의 경우 f를 표 4.7에 표시한다.

표4.7 관단면의 급축소 손실계수



$(d_2/d_1)^2$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f	0.50	0.48	0.45	0.41	0.36	0.29	0.21	0.13	0.07	0.01	0

d_1 : 대구경

d_2 : 소구경

V : 소경부의 유속(m/sec)

12)분류 및 합류의 손실헤드

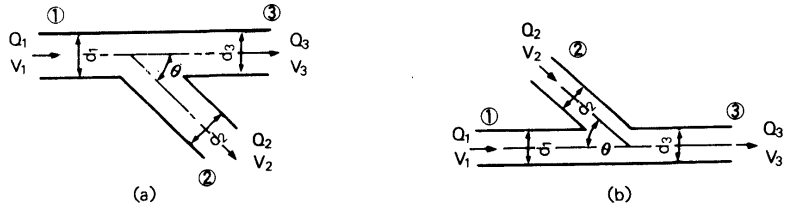


그림 4.13 분류, 합류판

그림 4.13(a)와 같은 분류인 경우의 손실헤드는 다음과 같이 표시된다.

$$H_{f13} = f1 \frac{V_1^2}{2g} \qquad (4.16)$$

$$H_{f12} = f2 \frac{V_1^2}{2g}$$

여기서, H_{f13} : ① → ③의 분류 손실헤드(m)

H_{f12} : ① → ② 의 분류 손실헤드(m)

V1 : 분류전 1의 유속 (m/sec)

f_1, f_2 : 개개의 손실계수

그림 4.13(b)와 같은 합류경우의 손실헤드는 다음과 같이 나타낸다.

$$H_{f13} = f_1 \frac{V_3^2}{2g} \qquad (4.17)$$

$$H_{f23} = f_2 \frac{V_3^2}{2g}$$

여기서, H_{f13} : ①→③의 분류 손실헤드(m)

H_{f23} : ②→③의 분류 손실헤드(m)

V_3 : 합류후 ③의 유속(m/sec)

f_1, f_2 : 개개의 손실계수

표 4.8분류, 합류의 손실계수 f_1, f_2

관내면이 매끄럽고 교각의 r=0일 때의 f_1, f_2			분 류(식 4.16) Q_2/Q_1						합 류(식 4.17) Q_2/Q_3					
			0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$d_1 = d_3$ (43㎜의 실험) $d_1 = d_2$	90°	f_1	0.05	-0.08	-0.05	0.07	0.21	0.35	0.04	0.18	0.30	0.40	0.50	0.60
		f_2	0.96	0.88	0.89	0.96	1.10	1.29	-1.01	-0.41	0.08	0.46	0.72	0.91
	60°	f_1	0.05	-0.05	-0.02	0.07	0.20	0.34	0.04	0.24	0.31	0.24	0.10	-0.18
		f_2	0.98	0.80	0.64	0.57	0.60	0.75	-0.93	-0.30	0.13	0.40	0.57	0.66
	45°	f_1	0.04	-0.07	-0.04	0.06	0.20	0.33	0.04	0.17	0.18	0.06	-0.17	-0.54
		f_2	0.89	0.67	0.50	0.37	0.33	0.47	-0.91	-0.37	0	0.22	0.37	0.37
$d_1 = d_3$ (d_2 =25㎜의 실험) $(d_1/d_2)^2 \fallingdotseq 3$	90°	f_1	0.20	-0.15	-0.05	0.05	0.20	0.30	0.30	0.50	0.77	1.00	1.25	1.50
		f_2	1.30	1.50	2.35	4.30	-	-	-0.70	0.20	1.25	2.75	4.75	7.30
	60°	f_1	0.03	-0.03	0.02	0.11	0.24	0.39	0	-0.20	0.10	-0.30	-0.80	-1.70
		f_2	0.90	0.70	0.80	1.50	2.70	4.60	-0.90	0	1.00	2.50	4.40	6.65
	45°	f_1	0.	-0.05	-0.03	0.07	0.20	0.35	0	0.10	-0.20	-0.70	-1.50	-2.89
		f_2	0.92	0.50	0.60	1.30	2.80	5.00	-1.00	-0.10	0.75	2.10	3.70	5.53

d_1, d_2, d_3 :①,②,③의 관경

Q_1, Q_2, Q_3 : ①,②,③의 유량

13) 밸브의 손실헤드

밸브의 손실헤드는 아래의 식으로 계산된다.

$$H_v = f_v \frac{V^2}{2g} \qquad (4.18)$$

여기서, V : 밸브구에서의 평균유속 (m/sec)

f_v : 밸브손실계수

H_v: 밸브손실헤드 (m)

각종 밸브 전개시의 손실계수를 표4.9에, 또 주요한 밸브의 개도와 손실계수의 관계를 그림 4.14에 표시한다.

표4.9 각종밸브 전개시의 손실계수

밸브명칭	전개시 f_v
슬루우스밸브	
구경 50㎜	0.17
100㎜	0.14
150㎜	0.12
200㎜	0.10
250㎜	0.09
300㎜	0.05
대구경	≒0
플랩밸브	0.5
보올밸브	6 16(대형 소형)
앵글밸브	3 8(대형 소형)
나비형밸브	0.2 0.4(저압 고압 대형 소형)
로우터리밸브	≒0
코크	0.05 이하
푸트밸브	
(스트레이너 달림)	1.5 2.0(대형 소형)
체크밸브	0.6 1.5(대형 소형)
반전밸브	
(레프럭스 밸브)	0.6

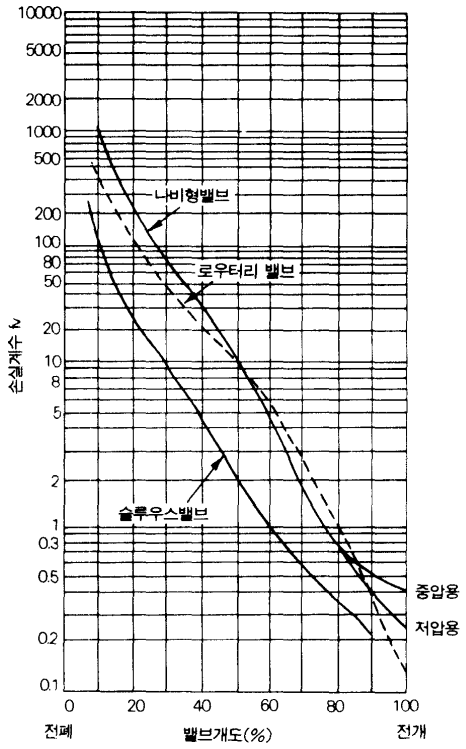


그림 4.14 밸브개도와 손실계수 f_v 와의 관계

14) 배관부속품의 해당관 길이

소경관의 배관손실 계산에는 배관의 부속품손실은 직관의 해당길이로 나타낸 해당 직관길이 L_f 를 쓰면 편리하다. 대표적인 해당 직관길이를 표4.10에 표시한다.

표 4.10 해당직관길이 L_f

배관부속품의 명칭	해당직관길이 L_f
45° 엘보우 (1″ 3″)	15 20D
90° 엘보우 표준곡률	32D
중간곡률	26D
장 경	20D
직 교	75D
90° 벤 드(R/D=3)	24D
(R/D)=4	10D
180° 벤 드	75D
+ 이 음	50D
ㅜ 이 음	40 80D

배관부속품의 명칭	해당직관길이 L_f
유량계 피스톤형	600D
디스크형	135 400D
익 차 형	200 300D
슬루우스밸브 전개	0 7D
1/4 개	10 40D
1/2 개	100 200D
3/4 개	800D
보 올 밸 브(스톱밸브)	
1″ 2 1/2″	200 300D
3″ 6″	300D
7″ 10″	300 350D

15) 특수액경우의 마찰손실 헤드

물과 점도, 밀도가 다른 액체가 관로를 흐를 때 손실헤드를 구하기 위해서는 레이놀즈수 Re를 계산하고 이것에 해당하는 마찰손실계수를 써서 물의 경우와 같이 계산하면 된다. 지금 취급액의 절대점도를 μ (g/㎝-sec), 동점성계수를 υ (㎠/sec), 밀도를 ρ (g/㎤)로 나타내면 이 사이의 관계는 아래와 같다.

$$\upsilon = \frac{\mu}{\rho} \qquad (4.19)$$

절대점도가 아니고 다른 실용점도로 표시하고 있을 경우에는 그림 4.14에 따라 이것에 해당하는 절대점도 혹은 동점성계수를 구한다. υ를 알면 아래 식에 따라 레이놀즈수가 산출 된다.

$$Re = \frac{VD}{\upsilon} \qquad (4.20)$$

여기서, V : 관내평균유속 (㎝/sec)

D : 관내경 (㎝)

υ : 동점성계수 (㎠/sec)

동점성계수(스토우크스)를
절대점도(포이즈)로 환산하는 선도
예) 절대점도= 0.24포이즈
= 24센티포이즈
비 중= 0.85
동점성계수=0.29스토우크스

양끝 K의 같은 수자를 수평으로 연결하면 중간에 각종 실용점도의 숫자를 얻는다.

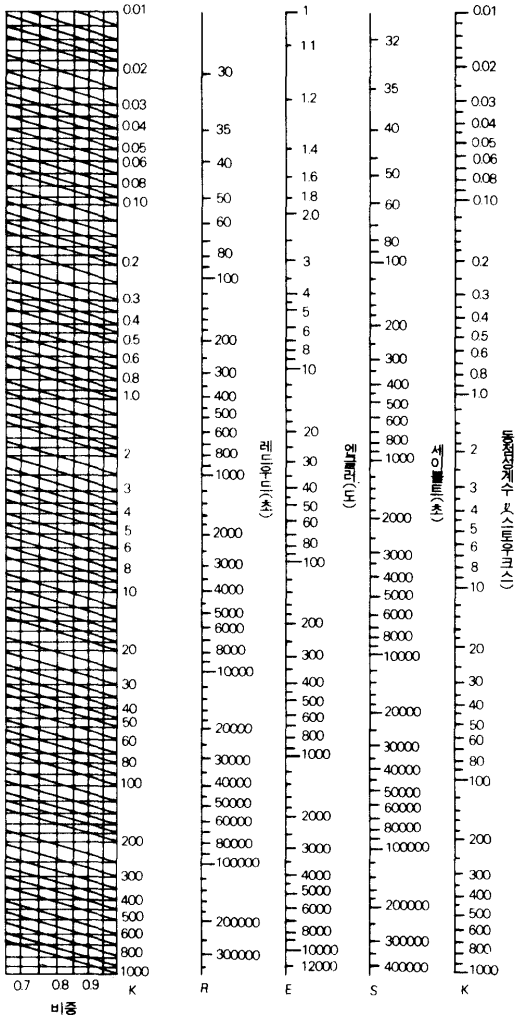


그림 4.15 각 점도간의 환산도표

레이놀즈수가 2320 이하의 경우 흐름은 층류가 되고 마찰계수는 식(4.6)에 따라 표시된다.

레이놀즈수가 2320 3000의 범위에서 흐름은 불안정하게 된다. 레이놀즈수가 3000 이상이 되면 흐름은 난류가 된다. 난류의 경우 레이놀즈수와의 관계를 그림 4.16에 표시한다. 상기와 같이 마찰손실계수를 구하면 식 (4.5)에 따라 마찰손실헤드가 계산된다.

1.4 기종, 형식의 선정

토출량, 전양정이 정해지고 흡입측의 여러조건에서 유효 NPSH를 정하면 어떤 종류의 펌프를 선정하는 것이 좋은가 대략 정해진다. 즉 전동기의 회전수를 택하고 비속도 Ns(2장 1.2절 참조)를 계산한 후, 이 Ns에 해당하는 케비테이션계수 σ(2장2절 참조)를 구해 이것에서 필요 NPSH를 구하고 다시 최고효율점에서 대유량측에서 사용할 경우가 있을 때에는 이 범위 내에서의 필요 NPSH를 구해 이것이 토출량에 해당하는 유효 NPSH 보다 큰 범위에서의 최고회전수가 되도록 전동기회전수를 택하면 된다. 또한 주어진 시방에 대해서 기종이 하나로 정해지는 것이 아니고 2 3종류으 것이 언제나 사용할 수 있을 경우가 있으므로 이때는 다음사항에 유의해서 선정한다.

1) 볼류트 펌프, 터어빈 펌프, 입축사류펌프

전양정이 50 60m 이상인 다단의 펌프에서는 볼류우트 펌프, 터어빈펌프의 어느것도 제작되나 효율도 같은 정도로 구조도 간단하고 경제적인 볼류트펌프가 유리하다. 전양정이 100m 이상인 대구경의 것은 케이싱의 강성있는 터어빈펌프가 바람직하다. 일반적으로 소구경의 고양정다단펌프에서는 터어빈 펌프가 많이 사용된다. 흡입수위가 낮고 그 변화가 클때나 설치면적의 축소화, 운전조작의 자동화를 위해서는 입축다단 또는 다단사류펌프가 좋다.

2) 볼류트 펌프와 사류펌프

볼류우트 펌프는 대체로 효율이 좋은 범위가 넓고 또한 효율이 높다. 또 유량은 소유량까지 가감하지 않으면 안될때는 볼류우트 펌프쪽이 소요동력이 작아도 된다. 단, 일정변화가 클 때에는 사류펌프쪽이 유량변화가 작다. 한편 구조적으로 보면 사류펌프는 일반적으로 수중베어링이 있는데에 반해 볼류우트 펌프에서는 필요가 없기 때문에 보수, 유지 관리성은 볼류우트 펌프쪽이 유리하다. 양흡입 볼류우트

펌프는 흡입양정이 같으면 사류펌프나 편흡입펌프보다도 회전수를 높게 잡을 수가 있다.

3) 사류펌프와 축류펌프

전양정이 3.5 4.0m 이하의 경우 축류 펌프 쪽이 대체로 회전수를 높게 잡을 수가 있으므로 경제적으로 유리하다. 단, 흡입성능이 부족할 때나 체절기동이 목적인 교축운전이 필요한 경우에는 사류펌프쪽이 적합하다. 사류펌프는 본질적으로 사용양정이 설계전양정의 약 130%이상이 되면 소음이 생기고 축동력이 급격히 늘기 때문에 선정시 이점을 유의하여야 한다.

4) 횡축, 입축, 사축펌프

펌프축의 방향에 따라 횡축, 입축, 사축으로 분류할 수 있으며, 이것에는 각각 장점, 단점이 있으므로 사용 조건에 따라 선정할 필요가 있다. 이 비교를 표 4.11에 표시한다.

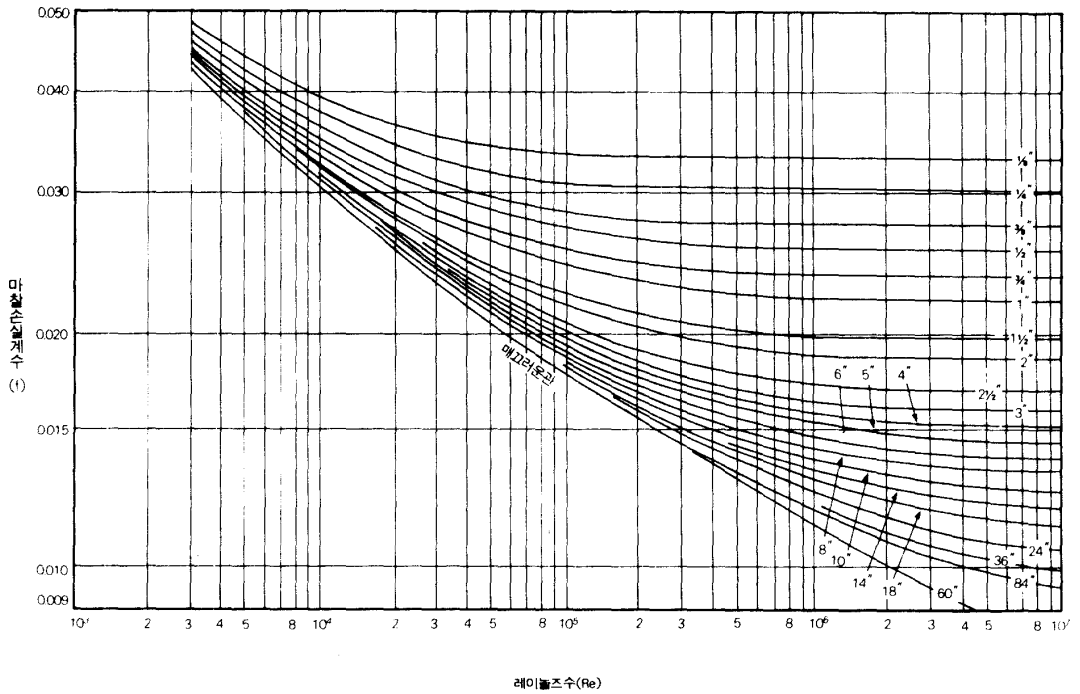


그림 4.16 레이놀즈수와 마찰계수

표 4.11 횡축, 입축, 사축의 비교

	횡 축	입 축	사 축
장점	1) 평소 주요부분이 수면상에 있으므로 부식이 적다. 2) 주요부분의 보수점검이 편리하다. 3) 분해조립이 쉽고, 특히 수평분할 케이싱의 펌프에서는 원동기를 움직이지 않아도 된다 4) 횡축원동기와 간단히 직렬이 되고 일반 표준원동기 5) 가격이 대체로 싸다.	1) 설치면적이 좁다. 2) 임펠러가 수중이 있고 캐비테이션의 염려가 적다. 3) 기동이 간단하여 자동 운전에 적합하다. 프라이밍이 불필요하므로 진공 펌프가 필요치 않다. 4) 원동기의 위치를 임의로 높게 할 수가 있으므로 홍수에 대해서 안전하다. 5) 횡형펌프로는 양수불가능한 깊은 곳에서 양수가능하다. 6) 방수 보호가 쉬우므로 옥외 설치에 적합하다. 7) 초대형의 경우 펌프케이싱의 일부를 콘크리트로 시공되므로 설비비가 절약된다.	1) 주요 부분의 보수점검, 분해조립의 점에서 횡축 펌프에 준한다. 2) 케비테이션에 대한 안전성, 기동의 용이도. 전동기를 홍수에서 보호하는 점은 입축펌프에 준한다. 3) 펌프 부분, 배관부분의 굴곡 수나 정도를 작게 할 수가 있으므로 효율이 좋고 가동 시간이 길다.
단점	1) 설치면적이 크다. 2) 흡입 양정에 제한이 있고 흡입 양정을 높게 잡으면 케비테이션의 위험이 있다. 3) 기동시에 프라이밍이 필요하며 조작이 복잡하다. 진공펌프, 기밀펌프 또는 푸트밸브가 필요하며 따라서 자동운전 조작이 복잡. 4) 홍수수위가 높은 곳에서는 전동기의 보호를 고려 할 필요가 있다. 5) 대구경펌프에는 적합하지 않다.	1) 주요부분이 수중이 있으므로 부식되기 쉽다. 2) 주요부분의 점검이 곤란하다. 3) 분해수리가 약간 곤란하며, 원동기나 기타 감속장치를 없애야 할 때가 많다. 4) 원동기가 입축이며, 특수형으로 된다. 5) 횡축의 원동기(가령 디젤엔진)류를 사용할 때는 벨트걸기 또는 베벨기어 걸기로 하여야 하므로 전달동력에 제한이 있다. (대략 2000PS가 한계) 6) 가격은 일반적으로 비싸다.	1) 비교적 저양정인 축류, 사류펌프에 한정된다. 2) 설치면적은 횡형과 입형의 중간 정도이다. 3) 분해 점검을 위해 흡입측에 게이트밸브를 설치할 때가 많다. 4) 설치작업에 기술 필요. 5) 전동기가 특수형이 됨. 6) 횡축의 원동기를 사용하면 특수한 전동장치를 필요로 한다.

5) 설치조건에 따른 펌프의 선정

펌프의 계획에 있어서 각각 특수한 설치조건이 있을 때가 많다. 이것에 대해서 결정적으로 특정종류의 펌프를 선정한다는 것은 꼭 필요한 것은 아니지만 어떤종류의 펌프를 사용하면 비교적 쉽게 목적을 달성할 때도 많다. 표 4.12는 각각의 설치 조건에 따라서 우선 고려할 펌프를 표시한다.

표 4.12 특수한 사용조건에 적합한 펌프

사 용 조 건	적 용 펌 프
설치면적을 좁게 하고 싶을 때	입축펌프
깊은 우물에서 사용	입축수중 모터 펌프(모터밑 장치형)
흡수위의 변동이 클 경우	입축펌프
펌프실에 침수의 염려가 있을 때	입축펌프(二床式)
오수, 오물을 이송할때	드라이피트형 입축원심펌프
증압용	소형의 경우 인라인 펌프
양액에 유지의 혼합을 피하여야 할 때	횡축원심펌프 또는 물윤활 입축펌프
소음을 줄이고 싶을 때	수중모터 펌프, 피트바렐형 입축펌프(증압용)
외부를 젖지 않게 할 때	켄드모우터 펌프

1.5 원동기 출력

1) 수 동 력

펌프양수시의 이론동력을 수동력이라 하며 다음식으로 표시된다.

$$Pw = 0.163 \gamma Q H \ (kW) \qquad (4.21)$$
$$= 0.222 \gamma Q H \ (PS)$$

여기서, Pw : 수동력 (kW 또는 PS)

γ : 취급액의 비중 (g/cm^3)

Q : 펌프토출량(m^3/min)

H : 펌프전양정 (m)

2) 펌프축동력

펌프운전에 필요한 축동력은 펌프내에 생기는 손실동력분 만큼 수동력보다 크게 되고 다음식으로 표시된다.

$$P = \frac{P_w}{\eta_p} = \frac{0.163\gamma QH}{\eta_p}(kW) \qquad (4.22)$$

$$= \frac{0.222\gamma QH}{\eta_p}(PS)$$

여기서, P : 펌프축동력(KW 또는 PS)

η_p : 펌프효율

KS규격에 규정된 펌프효율에 대한 값을 그림 4.17에 표시한다. 펌프효율은 메이커마다 조금씩 다르기 때문에 펌프효율값에 대해서는 메이커에 문의하는 것이 바람직하다.

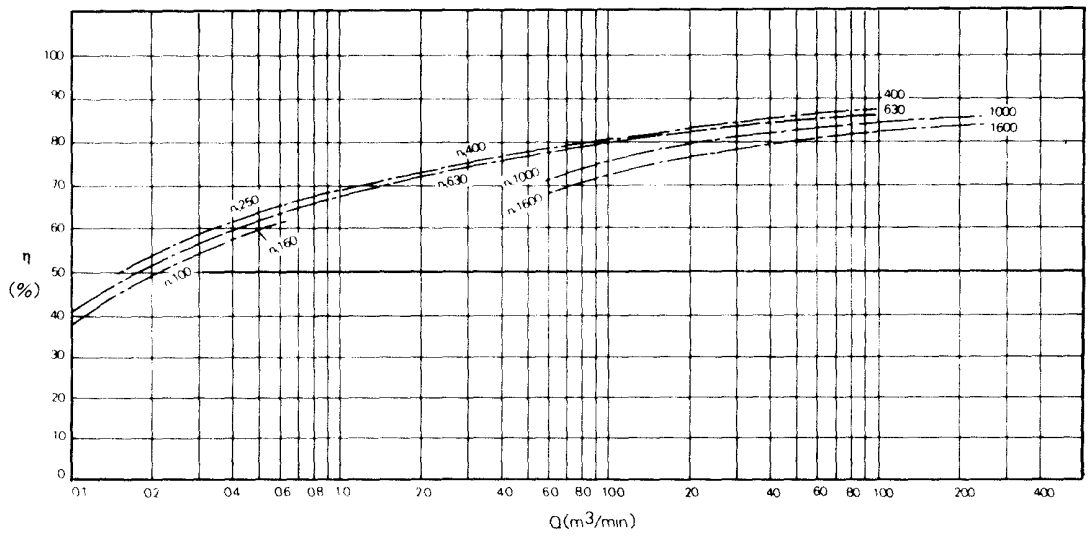


그림 4.17 펌프의 표준효율

3) 원동기 소요 출력

펌프의 구동에 사용하는 원동기의 소요출력은 아래에 따라 결정한다.

$$P_m = \frac{P(1+\alpha)}{\eta} \qquad (4.23)$$

여기서, P_m : 원동기소요출력 (kW 또는 PS)

α : 여유율 (표 4.13)

η : 전달효율 (표 4.14)

여유율 α는 전압 및 주파수의 변동, 연료의 적합여부, 설계, 제작상의 여유 등을 고려한 값이다. 펌프의 운전점이 어떤 폭으로 변화할 때가 있을 때에는 일반적으로 축동력도 변화하므로 상용운전범위 내의 최대축동력 P에 대해서 여유를 예상할 필요가 있다.

표 4.13 여 유 율

원동기의 종류	α
유도 전동기	0.1 0.2
대출력의 엔진	0.15 0.25
대출력의 엔진	0.1 0.2

표 4.14 전달효율

전달 형식		η
평 벨 트		0.9 0.93
V 벨 트		0.95
기어 변속	평기어1단	0.92 0.95
	헬리컬기어1단	0.95 0.98
	베벨기어1단	0.92 0.96
	유성기어1단	0.95 0.98
유 체 이 음		0.95 0.97

1.6 펌프의 배치

1) 배치상의 주의

펌프실은 기계반입구, 펌프를 분해, 조립하는 장소, 공기, 보수점검에 필요한 통로, 배전반, 배관, 배관지지구, 배수구, 전선구, 실내배수, 환기, 조명, 분해용 기중기등을 고려하여 결정한다. 특히 여러대의 펌프를 같은 실내에 설치할 경우 상호간의 간격이 너무 넓으면 비경제적이며, 좁으면 흡입측 와류 때문에 펌프성능을 해치거나 운전이나 분해에 불편을 느끼게 된다. 따라서 기기주위의 통로치수는 최소 1.0m 보통은 1.5m 이상이 좋다.

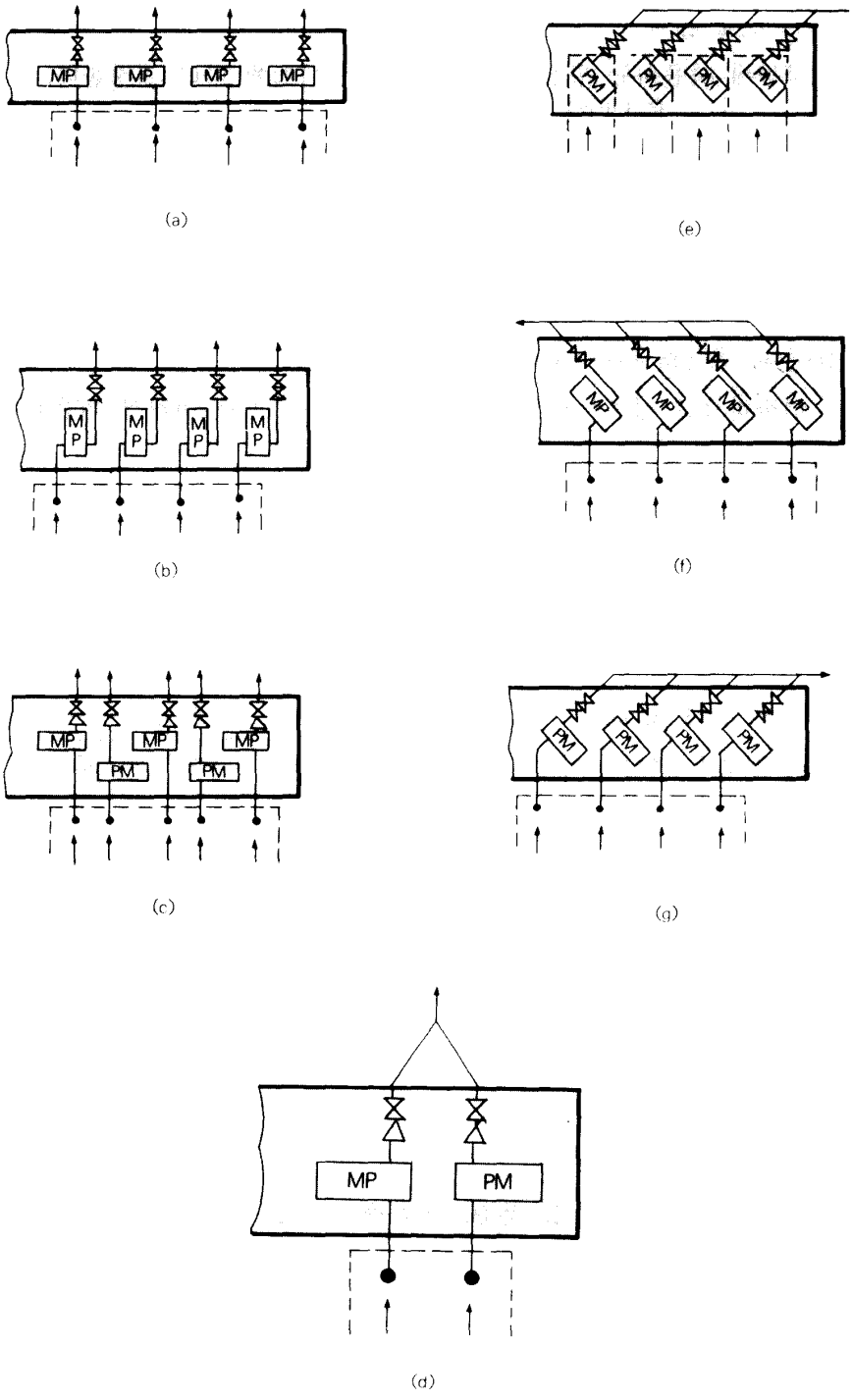


그림 4.18 횡축원심펌프의 설치양식

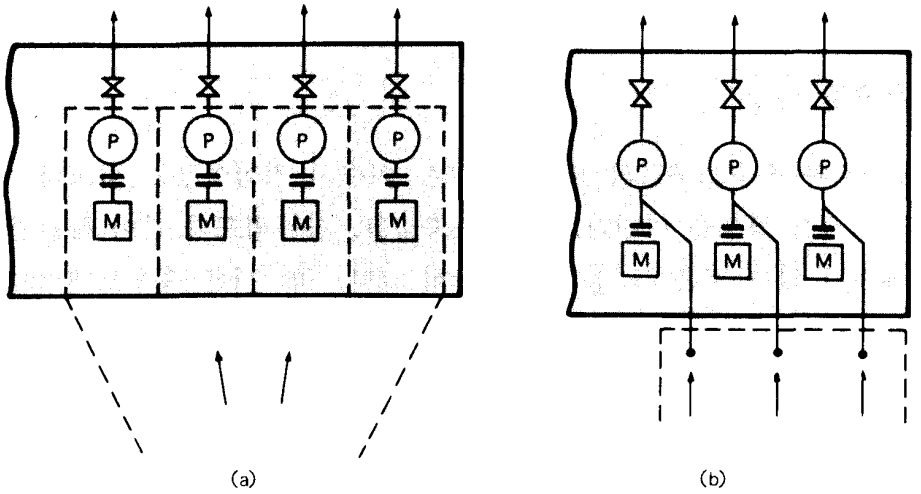


그림 4.19 횡축축류, 사류펌프의 설치양식

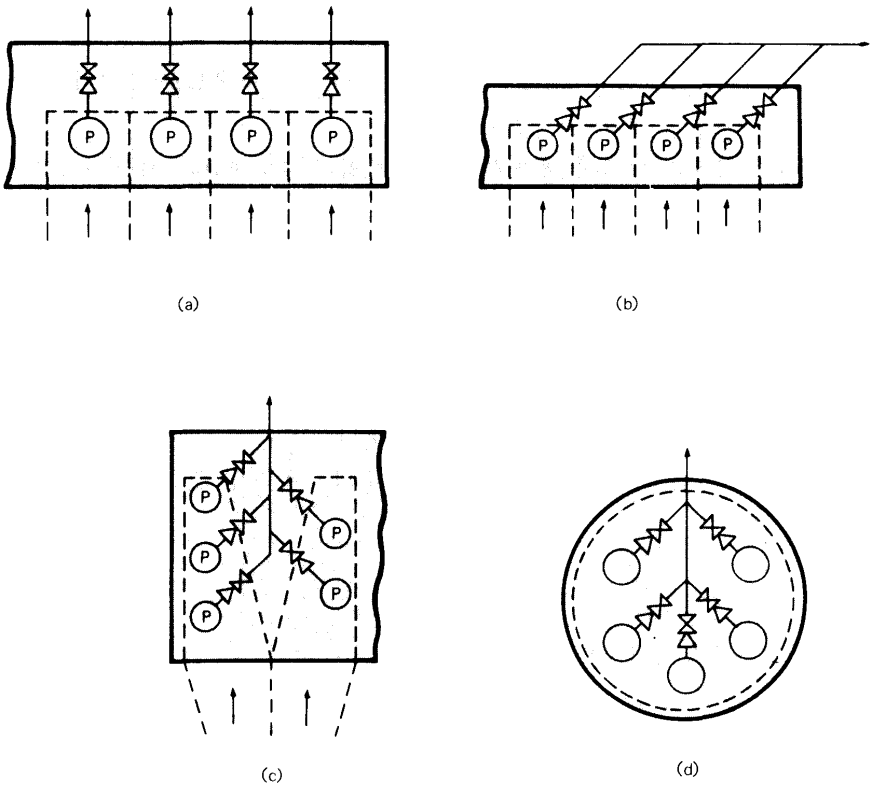


그림 4.20 입축축류, 사류펌프의 설치양식

2. 흡수조와 토출조

2.1 흡수조

펌프흡수조와 흡수조부근의 도수로 모양, 치수의 적합여부는 펌프의 성능이나 운전상태에 직접 영향을 미친다. 특히 입축축류, 사류펌프와 같이 흡임관끝 가까이에 임펠러가 있는 것은 그 영향이 대단히 크다. 즉, 나쁜 흡수조에서는 조내에 소용돌이가 생겨 이것 때문에 펌프 흡입관에 선회흐름이 생겨서 성능이 변화하거나 펌프흡입관에서 공기흡입이 되어 소음, 진동이 발생할 때도 있다. 와류를 막기 위해서는 아래의 점에 주의하여야 한다,

1) 도수로는 흡수조에 향해서 흐름이 빠른 방향 변화 혹은 심한 유속 변화가 생기지 않는 형태로 한다. 흡수조 입구부근의 흐름속도는 보통 0.5 0.8m/sec이하, 최대치 0.9 1.2m/sec 이하로 한다.

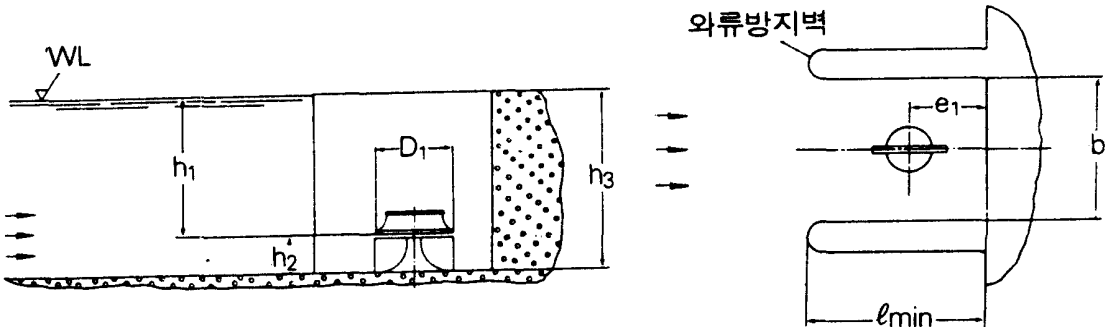
2) 흡입관의 하류측에 해당하는 벽과 흡입관과의 거리는 필요이상으로 크게하지 말고, 이 거리가 넓으면 이부분에 소용돌이가 생기기 쉬우므로 오히려 작은 것이 좋다.

3) 흡입관 끝에는 반드시 벨마우스를 달고 벨마우스 하단의 최저 흡수면에서의 깊이를 충분히 잡는다.

4) 하나의 흡수조내에 여러개의 흡입관을 설치할 때에는 어떤 흡입관의 뒷흐름이 다른 흡입관에 들어가는 배관을 될 수록 피하고 흡입관이 서로 간섭되지 않도록 계획하는 것이 좋다.

5) 흡수조는 각 제작회사마다 특성이 다르므로 펌프 설치시 제작회사와 충분한 협의를 한 후에 토목공사를 완성하는 것이 좋다.

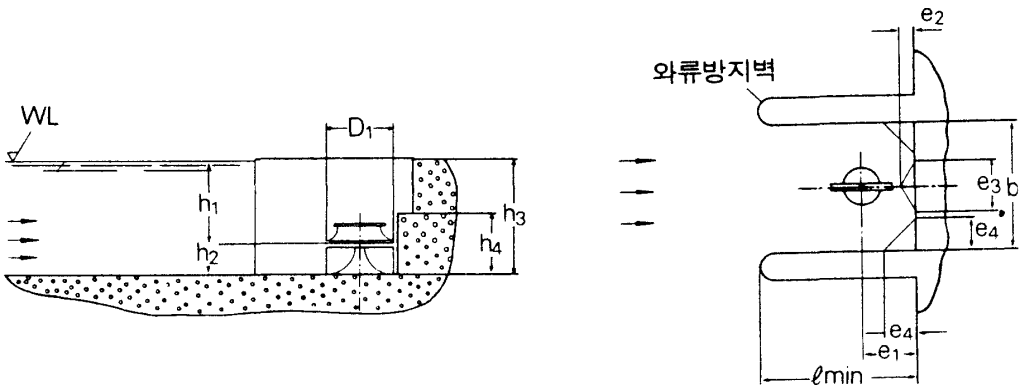
6) 당사에서 표준으로 채택하고 있는 흡수조의 기본형상 및 치수는 그림 4.21과 같다.



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D 1 max	b	e 1	h 1	h 2	h 3	ℓ min
0.56	500	1000	500	1000	230	1200	1000
0.83	600	1200	600	1200	260	1400	1200
1.11	700	1400	700	1400	320	1700	1400
1.39	900	1600	800	1600	380	1900	1600
1.67	1000	1800	900	1800	440	2200	1800
2.08	1100	2000	1000	2000	500	2400	2000
2.78	1300	2300	1150	2300	560	2800	2300
3.47	1400	2600	1300	2600	620	3200	2600
4.17	1600	2900	1450	2900	680	3500	2900
4.86	1700	3100	1600	3100	740	3800	3100
5.56	1800	3300	1700	3300	800	4000	3300
6.25	2000	3500	1800	3500	860	4200	3500
6.94	2100	3700	1850	3700	920	4600	3700
8.33	2200	4000	2000	4000	980	4900	4000
9.72	2500	4400	2200	4400	1100	5400	4400
12.50	2800	5000	2500	5000	1220	6200	5000
15.28	3100	5500	2700	5500	1340	6800	5500
18.06	3300	6000	3000	6000	1460	7400	6000

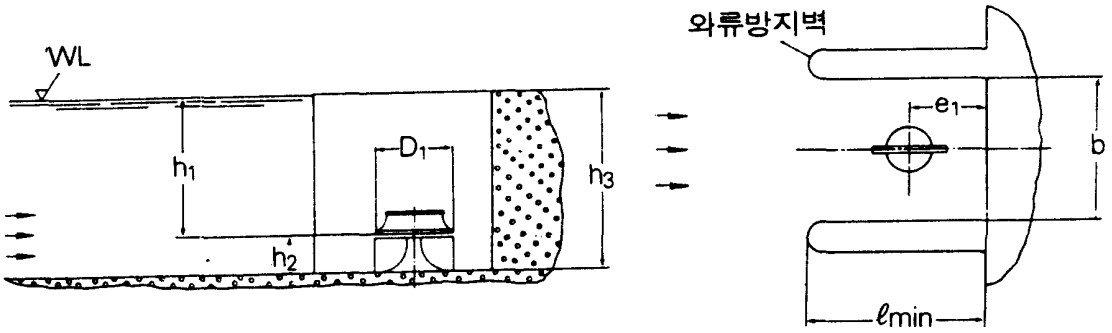
그림 4.21 (a)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D 1 max	b	e 1	e 2	e 3	e 4	h 1	h 2	h 3	h 4	ℓ min
0.56	500	1000	430	130	340	260	700	230	900	500	1000
0.83	600	1200	520	160	400	320	840	260	1000	600	1200
1.11	700	1400	600	185	480	370	1000	320	1300	700	1400
1.39	900	1600	680	200	540	410	1100	380	1400	800	1600
1.67	1000	1800	760	230	580	450	1200	440	1600	900	1800
2.08	1100	2000	850	250	600	500	1300	500	1700	1000	2000
2.78	1300	2300	990	290	760	580	1500	560	2000	1140	2300
3.47	1400	2600	1100	330	850	650	1700	620	2300	1250	2600
4.17	1600	2900	1200	360	930	710	1850	680	2500	1400	2900
4.86	1700	3100	1300	380	1000	760	2000	740	2700	1500	3100
5.56	1800	3300	1350	410	1100	820	2100	800	2800	1600	3300
6.25	2000	3500	1450	430	1150	870	2250	860	3000	1730	3500
6.94	2100	3700	1550	460	1200	920	2400	920	3300	1800	3700
8.33	2200	4000	1700	500	1300	1000	2600	980	3500	2000	4000
9.72	2500	4400	1850	550	1400	1100	2800	1100	3800	2200	4400
12.50	2800	5000	2100	620	1600	1250	3200	1220	4400	2450	5000
15.28	3100	5500	2300	680	1800	1350	3500	1340	4800	2700	5500
18.06	3300	6000	2500	740	1950	1500	3900	1460	5300	2900	6000

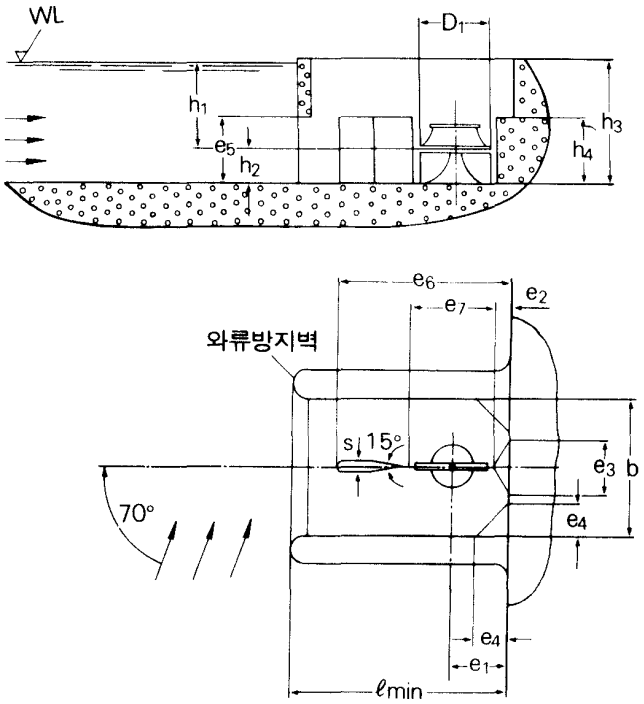
그림 4.21 (b)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D 1 max	b	e 1	e 2	e 3	e 4	e5	h 1	h 2	h 3	h 4	ℓ min
0.56	500	960	400	115	320	240	500	460	230	700	500	1450
0.83	600	1150	500	140	390	290	600	560	260	800	600	1750
1.11	700	1350	580	150	450	340	700	660	320	1000	700	2100
1.39	900	1500	660	180	500	380	800	740	380	1100	800	2300
1.67	900	1650	720	200	560	420	800	800	380	1200	800	2500
2.08	1000	1900	850	230	620	470	900	900	440	1400	900	2800
2.78	1100	2200	920	250	720	540	1000	1000	500	1600	1000	3300
3.47	1300	2500	1050	300	800	600	1140	1200	560	1800	1140	3700
4.17	1400	2700	1150	320	900	660	1250	1300	620	2000	1250	3900
4.86	1600	2900	1250	350	950	720	1400	1400	680	2200	1400	4300
5.56	1700	3100	1300	380	1000	760	1500	1500	740	2300	1500	4600
6.25	1800	3300	1400	400	1050	810	1600	1600	800	2500	1600	4900
6.94	2000	3400	1500	430	1100	850	1700	1700	860	2600	1700	5100
8.33	2100	3800	1600	450	1250	950	1800	1700	920	2800	1800	5600
9.72	2200	4000	1750	500	1300	1000	1900	1900	980	2900	1900	6000
12.50	2500	4600	2000	550	1500	1150	2200	2200	1100	3400	2200	6900
15.28	2800	5000	2200	600	1600	1250	2400	2400	1220	3700	2400	7600
18.06	3100	5500	2400	700	1800	1400	2700	2700	1340	4100	2700	8300
22.22	3300	6000	2600	750	2000	1550	2900	2900	1460	4400	2900	9000

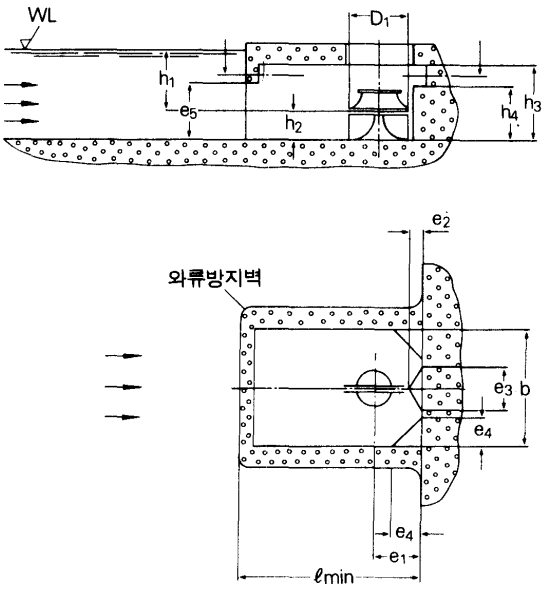
그림 4.21 (c)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D1 max	b	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	h1	h2	h3	h4	ℓmin	S
2.78	1100	2200	920	250	720	540	1000	2600	1350	1450	500	2000	1000	3300	100
3.47	1300	2500	1050	300	800	600	1140	2800	1600	1600	560	2200	1140	3700	120
4.17	1400	2700	1150	320	900	660	1250	3200	1830	1800	620	2500	1250	3900	120
4.86	1600	2900	1250	350	950	720	1400	3400	1950	1900	680	2600	1400	4300	120
5.56	1700	3100	1300	380	1000	760	1500	3700	2070	2100	740	2900	1500	4600	120
6.25	1800	3300	1400	400	1050	810	1600	3900	2250	2200	800	3100	1600	4900	150
6.94	2000	3400	1500	430	1100	850	1700	4100	2320	2300	860	3200	1700	5100	150
8.33	2100	3800	1600	450	1250	950	1800	4500	2550	2500	920	3500	1800	5600	200
9.72	2200	4000	1750	500	1300	1000	1900	4900	2700	2700	980	3700	1900	6000	200
12.50	2500	4600	2000	550	1500	1150	2200	5600	3100	3000	1100	4200	2200	6900	200
15.28	2800	5000	2200	600	1600	1250	2400	6100	3400	3400	1220	4700	2400	7600	200
18.06	3100	5500	2400	700	1800	1400	2700	6600	3675	3700	1340	5100	2700	8300	200
22.22	3300	6000	2600	750	2000	1550	2900	7400	4050	4000	1460	5500	2900	9000	200

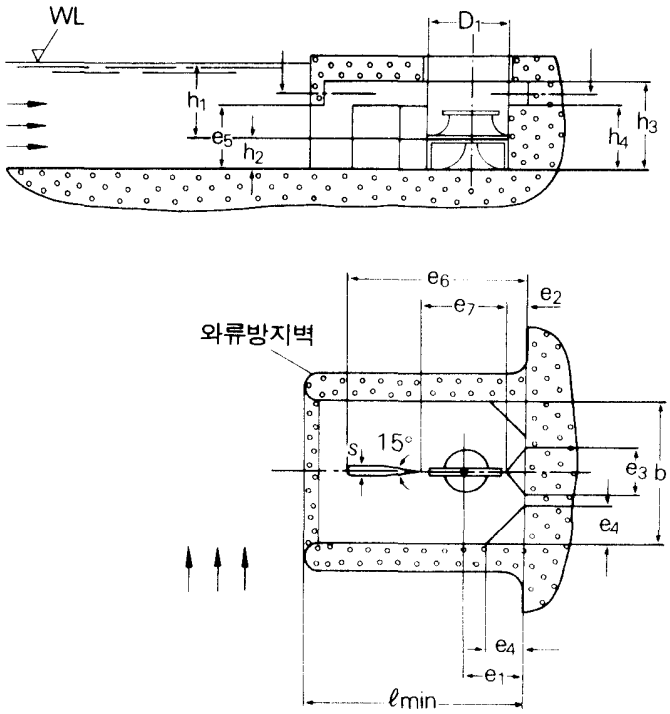
그림 4.21 (d)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D1 max	b	e1	e2	e3	e4	e5	h1	h2	h3	h4	ℓmin
3.47	1300	2500	1050	300	800	600	1140	1300	560	1650	1140	3700
4.17	1400	2700	1150	320	900	660	1250	1450	620	1800	1250	3900
4.86	1600	2900	1250	350	950	720	1400	1550	680	1950	1400	4300
5.56	1700	3100	1300	380	1000	760	1500	1650	740	2100	1500	4600
6.25	1800	3300	1400	400	1050	810	1600	1800	800	2200	1600	4900
6.94	2000	3400	1500	430	1100	850	1700	1900	860	2400	1700	5100
8.33	2100	3800	1600	450	1250	950	1800	2100	920	2600	1800	5600
9.72	2200	4000	1750	500	1300	1000	1900	2200	980	2800	1900	6000
12.50	2500	4600	2000	550	1500	1150	2200	2500	1100	3200	2200	6900
15.28	2800	5000	2200	600	1600	1250	2400	2800	1220	3500	2400	7600
18.06	3100	5500	2400	700	1800	1400	2700	3000	1340	3800	2700	8300
22.22	3300	6000	2600	750	2000	1550	2900	3400	1460	4200	2900	9000

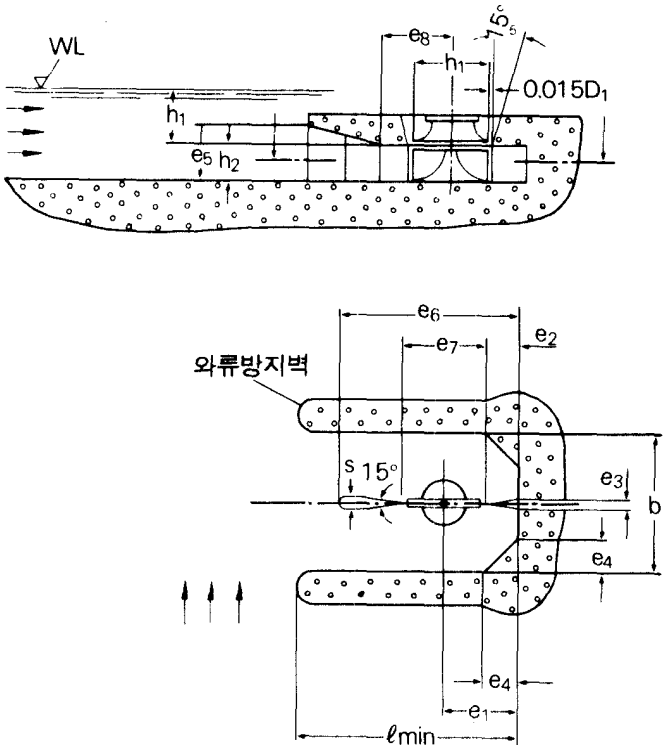
그림 4.21 (e)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D1 max	b	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	h1	h2	h3	h4	ℓmin	S
3.47	1300	2500	1050	300	800	600	1140	2800	1600	1500	560	1650	1140	3700	120
4.17	1400	2700	1150	320	900	660	1250	3200	1830	1600	620	1800	1250	3900	120
4.86	1600	2900	1250	350	950	720	1400	3400	1950	1800	680	1950	1400	4300	120
5.56	1700	3100	1300	380	1000	760	1500	3700	2070	1900	740	2100	1500	4600	120
6.25	1800	3300	1400	400	1050	810	1600	3900	2250	2000	800	2200	1600	4900	150
6.94	2000	3400	1500	430	1100	850	1700	4100	2320	2100	860	2400	1700	5100	150
8.33	2100	3800	1600	450	1250	950	1800	4500	2550	2300	920	2600	1800	5600	200
9.72	2200	4000	1750	500	1300	1000	1900	4900	2700	2500	980	2800	1900	6000	200
12.50	2500	4600	2000	550	1500	1150	2200	5600	3100	2800	1100	3200	2200	6900	200
15.28	2800	5000	2200	600	1600	1250	2400	6100	3400	3100	1220	3500	2400	7600	200
18.06	3100	5500	2400	700	1800	1400	2700	6600	3675	3300	1340	3800	2700	8300	200
22.22	3300	6000	2600	750	2000	1550	2900	7400	4050	3700	1460	4200	2900	9000	200

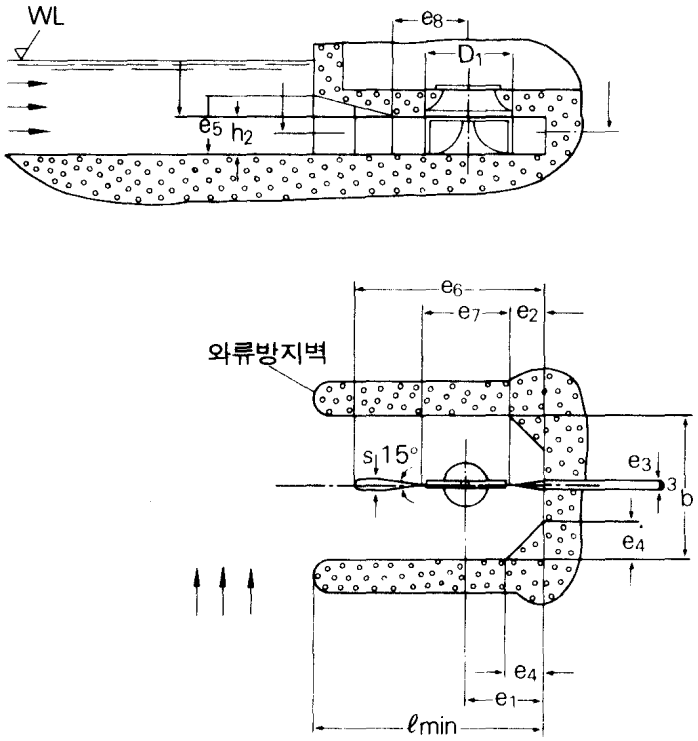
그림 4.21(f)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D_1 max	b	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	h_1	h_2	ℓ_{min}	S
3.47	1400	2500	1200	490	120	600	900	2800	1410	1200	1050	600	3700	120
4.17	1600	2700	1350	540	120	660	1000	3200	1610	1350	1150	660	3900	120
4.86	1700	2900	1450	580	120	720	1050	3400	1720	1450	1200	700	4300	120
5.56	1800	3100	1550	620	120	760	1150	3700	1830	1550	1300	760	4600	120
6.25	2000	3300	1650	660	150	810	1200	3900	1990	1650	1400	800	4900	150
6.94	2100	3400	1700	700	150	850	1250	4100	2050	1700	1500	850	5100	150
8.33	2200	3800	1850	760	200	950	1400	4500	2240	1850	1600	920	5600	200
9.72	2500	4000	2000	820	200	1000	1500	4900	2380	2000	1750	1000	6000	200
12.50	2900	4600	2300	940	200	1150	1700	5600	2710	2300	2000	1150	6900	200
15.28	3100	5000	2500	1000	200	1250	1900	6100	3000	2500	2200	1250	7600	200
18.06	3300	5500	2750	1100	200	1400	2000	6600	3275	2750	2400	1350	8300	200
22.22	3600	6000	3000	1200	200	1550	2300	7400	3600	3000	2600	1500	9000	200

그림 4.21 (g)



(단위 : ㎜)

펌 프 Qmax(㎥/s)	D1 max	b	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	h1	h2	ℓmin	S
3.47	1400	2500	1200	490	120	600	900	2800	1410	1200	1050	600	3700	120
4.17	1600	2700	1350	540	120	660	1000	3200	1610	1350	1150	660	3900	120
4.86	1700	2900	1450	580	120	720	1050	3400	1720	1450	1200	700	4300	120
5.56	1800	3100	1550	620	120	760	1150	3700	1830	1550	1300	760	4600	120
6.25	2000	3300	1650	660	150	810	1200	3900	1990	1650	1400	800	4900	150
6.94	2100	3400	1700	700	150	850	1250	4100	2050	1700	1500	850	5100	150
8.33	2200	3800	1850	760	200	950	1400	4500	2240	1850	1600	920	5600	200
9.72	2500	4000	2000	820	200	1000	1500	4900	2380	2000	1750	1000	6000	200
12.50	2800	4600	2200	940	200	1150	1700	5600	2710	2300	2000	1150	6900	200
15.28	3100	5000	2500	1000	200	1250	1900	6100	3000	2500	2200	1250	7600	200
18.06	3300	5500	2750	1100	200	1400	2000	6600	3275	2750	2400	1350	8300	200
22.22	3600	6000	3000	1200	200	1550	2300	7400	3600	3000	2600	1500	9000	200

그림 4.21 (h)

2.2 토출조

물이 토출관내유속 그대로 토출조에 토출되면 관내유속에 해당하는 속도 헤드가 그대로 에너지손실로 된다. 저양정펌프에서는 실양정에 대해 속도헤드의 비율이 크고 토출유속의 대소가 양수효율에 크게 영향을 미치므로 토출관 끝의 수몰치수는 사이펀 배관의 경우에는 특히 중요하며 공기를 빨아들이지 않도록 그림 4.22의 S치수를 최저 수위에 대해 적어도 20㎝이상으로 할 필요가 있다. 또 관끝의 방향은 수평이 좋고 또한 수류가 토출조의 밑변이나 옆면에 충격을 주지않도록 계획하여야 한다. 그림 4.22의 B 치수도 약 20㎝ 이상으로 하는 것이 바람직하나 너무 크면 불경제로 될 때가 많으므로 주의한다. 토출수로도 급격한 방향변화나 심한 유속변화을 피하지 않으면 토출된 물이 파도를 일으켜 손실을 증가시키게 된다.

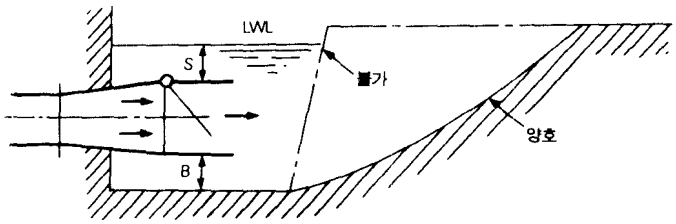


그림 4.22 토출관끝과 토출조

3. 배관계획

3.1 흡입관

흡입관의 계획에 있어서는 아래의 점에 주의하여야 한다.

1) 펌프의 흡입관에서 편류나 선회류가 생기지 않게 한다. (그림 4.23 참조)

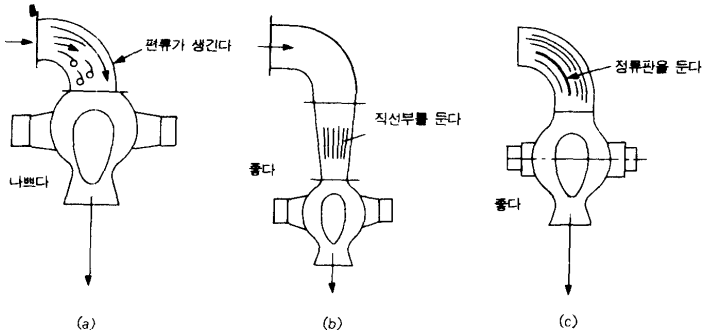


그림 4.23 곡관에 따른 편류와 방지법

2) 관길이는 될 수록 짧고 곡관의 수는 될 수록 줄이고 손실헤드를 적게 하도록 한다.

3) 배관은 공기가 모이지 않는 형태로 하고 펌프를 향해서 약 1/50정도의 올림 구배가 되도록 한다. 공기가 모이는 부분은 흡기할 수 있도록 한다. (그림 4.24 참조)

4) 관내의 압력은 보통 대기압 이하가 되므로 공기누설이 없는 관이음을 택한다.

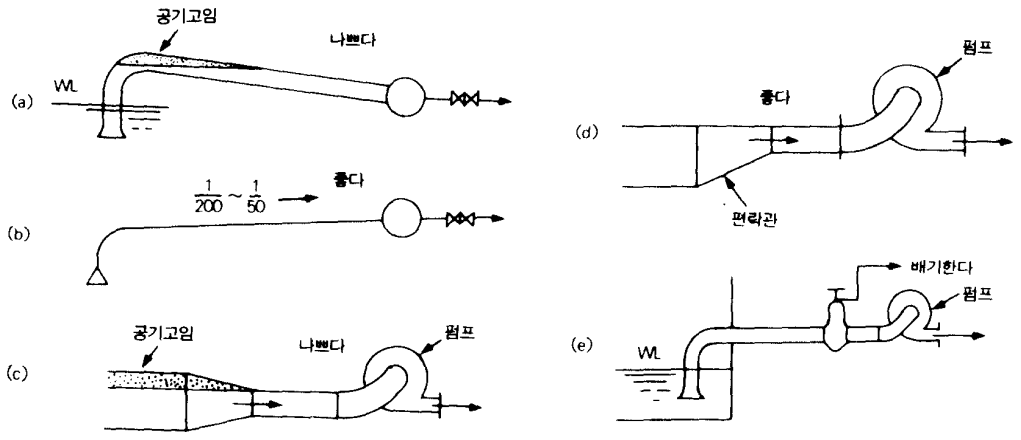


그림 4.24 펌프흡입관의 설치예

5) 흡입관 끝에 스트레이너 또는 푸트밸브를 장치할 경우 찌꺼기가 있을 때 청소할 수 있도록 고려해 두는 것이 바람직하다.

3.2 토출관

1) 관지름과 흐름속도

펌프의 토출구경은 펌프 자신의 효율과 경제성에서 정해지므로 관지름을 펌프 토출구경에 맞출 필요는 전혀 없다. 관이 길때의 경제적 관지름은 펌프, 전동기, 밸브, 관재료 등의 가격, 설치비, 토목비, 금리 등의 설비비와 동력비, 유지비에서 정해지는 것이다. 일반적으로 관내흐름속도는 소구경관으로 1 2m/sec, 대구경관으로 1.5 3.0m/sec 정도가 보통이다. 흐름속도가 빠르게 되면 부식이 되기 쉬우므로 흐름속도는 5m/sec를 넘지 않는 것이 좋다.

2) 토출관끝

저양정 펌프의 경우에는 토출관끝은 수면 이하의 위치에서 수평방향으로 개구하는 것이 좋다. 펌프 설치위치가 토출수면보다 높을 때에도 그림 4.25와 같이 관끝이

토출수면밑으로 되도록 토출관을 아래 방향으로 굽혀 사이펀배관으로 한다.

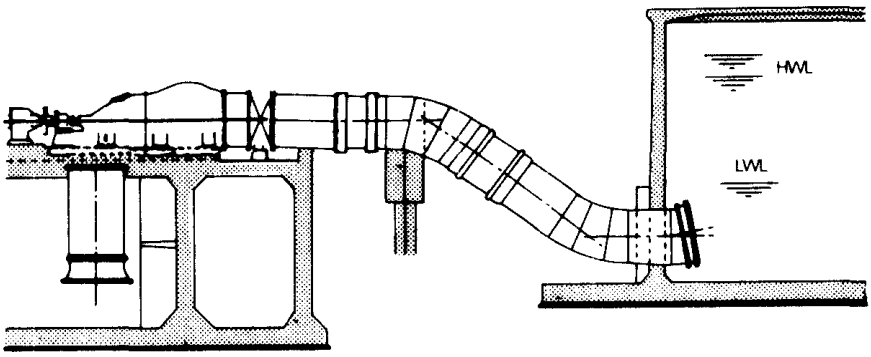


그림 4.25 사이펀 배관

단, 소형 원심펌프에서 토출측의 압력수를 이용해서 패킹 상자를 봉수로 한 것이며 토출 밸브가 없는 것으로는 방류관 개구부를 펌프 중심에서 500 ㎜ 이상 높게하여 운전 중에 펌프 내부에 압력을 갖게 하여 패킹 상자의 봉수를 완전하게 할 필요가 있다.

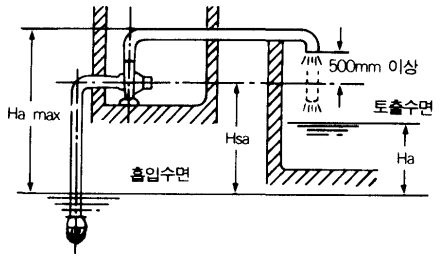


그림 4.26 소형펌프의 토출관끝

3) 공기관

그림 4.27과 같이 토출관 끝의 상부가 흡입수면에 대해서 10m이상일 때 관로 끝에 역류방지 밸브를 장치하면 정전시와 같이 슬루우스밸브를 닫지 않고 펌프가 정지하였을 경우 송수관 윗쪽에 진공부가 생기므로 그림과 같이 공기관을 장치해 두면 정전시에는 이부분의 압력이 내려 가려는 것을 공기가 빨려 들어가서 막게 된다. 또 이와 같이 함으로서 역류방지밸브 폐쇄시의 충격도 완화되므로 토축관이 길 때에도 장치하면 좋다.

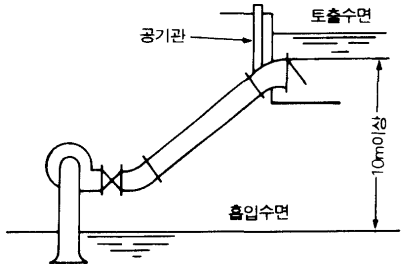


그림 4.27 공기관 설치 예

단, 공기관을 장치할때에는 슬루우스밸브를 닫지 않고 정지했을 때 토출관내의 물은 역류해서 흡수조에 되돌아 가게 되므로 펌프및 원동기는 역전되는 구조로 해 두어야

하며 또 흡수조도 넘치지 않는 용량을 고려해 두어야 한다.

4) 설치를 쉽게 하기 위한 사고방식

그림 4.18(d)-(g) 혹은 그림 4.20(b)-(d)와 같이 몇대의 펌프 토출관을 한 개의 송수관에 종합해서 설치하는 경우에는 개개의 관으로 설치하려고 할 때 이것을 잘 맞추어서 장치한다는 것은 대단히 어렵다. 이와같은 경우에는 일부의 배관에 현지 맞출부분을 준비해 두고 현지에서 플랜지를 용접해서 설치하거나 혹은 신축관을 사용해서 조절할 수 있도록 기장계획시에 고려해 두어야 한다. 이와 같은 주의는 장래 증설 예정의 펌프가 있어 흡입, 토출배관을 먼저 설치해 두는 경우에도 생각해 둘 필요가 있다.

3.3 관의지지

배관에는 관이 유체에서 받는 힘이나 자중(유체 포함)을 지탱하기 위한 적당한 위치에 지지대를 둘 필요가 있다. 수평관의 지지대는 물이 채워졌을 때 관의 휨이 크게 되지 않도록 그 간격을 정한다. 경사면에 따른 배관에서는 관 축방향의 분력이 생기므로 단순한 지지로서는 지축방향에 대한 미끄럼막이도 고려해 둔다. 어느 경우에도 관로가 길때에는 온도변화에 따른 배관의 신축을 고려해서 적당한 장소에 신축관을 써서 그 사이에 관 축방향에도 고정할 장소에는 앵커블록 혹은 링 거어더등을 써서 단순히 중량을 지탱하고 관의 신축시에는 미끄러지지 않게 지지대에는 이것에 적합한 것을 쓴다.

지지대의 예를 그림 4.28에 표시한다. 긴 수직관은 관이 진동이나 휨응력을 받지 않도록 중간의 적당한 위치에 진동막이가 필요하다. 또 곡관부, 밸브전후 및 관끝부는 관이 유체에서 아래의 힘을 받으므로 이힘의 지지를 고려한다.

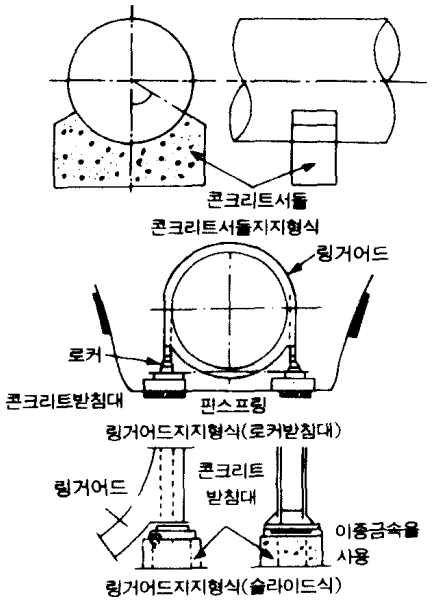


그림 4.28 수압철관의 지지형식

1) 곡관부의 지지

곡관의 지지대가 받는 힘은 관의 중량(유체포함) 외에 흐름이 방향변화(운동량 변화)를 하기 때문에 힘을 받는다. 그림 4.29와 같이 곡관전후의 속도벡터차를 △V로 하면 유체의 방향변화 때문에 생기는 힘 F는

$$F(Kg) = \frac{\gamma}{g} Q \Delta V$$

가 된다. 단,

γ : 유체의 비중량 (Kg/㎥)
g : 중력의 가속도 (m/sce²)
Q : 유량 (㎥/sec)
△V : 속도차 (m/sec)

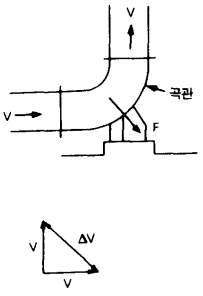


그림 4.29 곡관에 작용하는 힘

2) 밸브전후의 관지지

체크밸브 및 플랩밸브가 폐쇄할 때 생기는 힘 F는 대략 아래와 같이 표시된다.

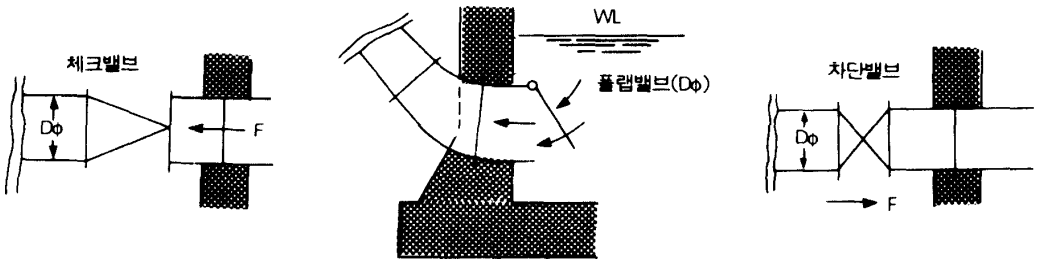


그림 4.30 밸브에 작용하는 힘

체크밸브 $F(kg) \fallingdotseq 2\frac{\pi}{4} D^2 \gamma H$

플랩밸브 $F(kg) \fallingdotseq 2\frac{\pi}{4} D^2 \gamma Ha$

여기서, D : 밸브구경 (m)
H : 펌프의 전양정 (m)
Ha : 펌프의 실양정 (m)
γ : 물의 비중량 (kg/㎥)

또 차단밸브가 폐쇄되어 있고 그 한쪽에 펌프의 체절압력이 걸려 있을때에 생기는 힘은 아래의 식으로 표시된다.

$$F(kg) \fallingdotseq \frac{\pi}{4} D^2 \gamma Hsh$$

여기서, Hsh : 펌프의 체절압력헤드 (m)

또한 차단밸브와 펌프사이의 관이 플랜지이음과 같이 관축방향의 힘을 받는 이음으로 접속 될 경우에는 그 힘은 관으로 지탱되므로 외부에 나타나지 않는다.

3.4 관의 이음

1) 고정이음

고정이음에는 나사이음, 플랜지이음, 용접이음의 세종류가 있다. 나사이음은 펌프 배관에서는 대개 호칭지름 160● 이하의 소경관과 보조배관에 주로 사용된다. 이음에는 KS규격에서 정해진 배관용 강관용의 가단 주철제 이음, 엘보우, 십자소킷, 베트, 유니온, 부쉬 및 지름이 다른 이음이 사용되며 이것들의 이음은 10 Kg/㎠의 사용압력에 견딘다. 중, 소경관에는 주로 플랜지이음. 고온고압용에는 용접이음이 사용된다. 가스켓은 상온용으로는 연질고무판, 천붙인 고무판, 테프론, 종이 등이 사용된다.

2) Flexible 이음, 신축이음, 조합이음

이것들의 이음은

a) 온도변화에 따른 관신축을 피하고

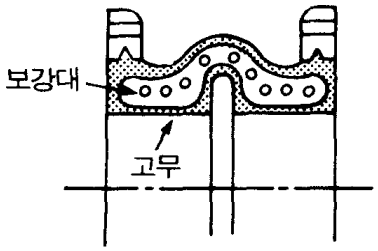
b) 지중매설관 등에서 지반의 부등침하에 대한 관보호

c) 설치상의 잘못이나 제작상의 오차에 대한 관보호

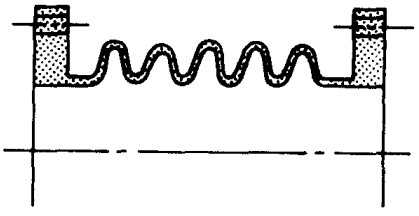
d) 펌프나 밸브 혹은 관의 설치후 분해를 쉽게하기 위해

e) 소형의 펌프로 설치바닥면에 펌프, 원동기에서 나오는 진동을 전달하지 않도록

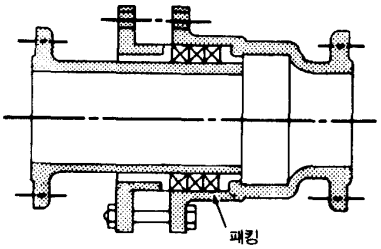
이것들을 방진지지구조로 할 때에 배관을 타고가는 진동을 흡수하기 위한 목적에 사용되며 그림 4.31과 같은 것이 사용된다.



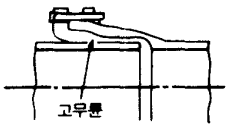
(a) 고무이음(신축, flexible)



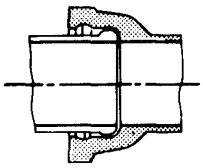
(b) 금속벨로우즈이음(신축, flexible)



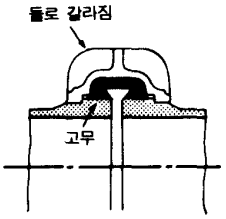
(c) 미끄럼형 이음(신축)



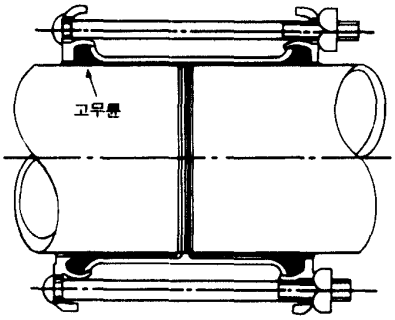
(d) 메케니컬이음(신축, flexible)



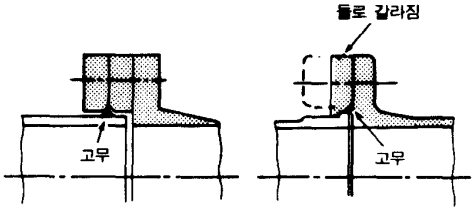
(e) 꽂기이음(flexible)



(f) 빅토리이음(flexible, 분해용)



(g) 드래시이음(flexible, 분해용)



(h) 로우즈조합이음(flexible, 분해용)　(i) 조합이음(분해용)

그림 4.31 flexible이음, 신축이음, 조합이음 예

4. 밸브의 형식과 특징

밸브의 선정에 있어서 표 4.15에 나타난 특징을 고려할 필요가 있다. 또 밸브몸체의 설계강도 및 구동장치의 용량 선정시 구경과 최대수압(펌프의 흡입헤드+ 펌프의 체절양정)뿐만 아니라, 밸브몸체내의 최대유속등 밸브관 전후에 발생하는 최대차압등도 고려하여야 한다.

표 4.15 밸브의 형식과 특징

종류	밸브형식		구 조	특 징	단 점	적 용 범 위
조절밸브	슬루우스형	공 통	·밸브 몸체가 밸브몸통 내를 이동하여 밸브의 개폐를 행하는 방식	·전폐시의 압력손실이 적다. ·액체의 차단성이 좋다	·반폐시 배면에 유수에 의한 와류를 발생시켜 침식 등 진동을 일으키기 쉽다. ·전폐-전개의 리프트가 커서 개폐에 시간이 걸린다. ·높이가 길다 ·교육효과는 스트로크의 약 80%이상 폐쇄함으로서 나타난다.	·중, 저양정 펌프의 토출밸브,흡입밸브, ·관로 연결,차단용 ·유량 조정용
		바깥나사	·밸브 몸체를 이동하기 위하여 스핀들 나사부를 밸브몸통의 바깥 부분에 만들어 스핀들과 몸체를 일체로 만들어 상하이동하는 형식	·나사부의 내마모, 내부식에 대하여 우수	·전높이가 안나사식에 비하여 길다.	·부식성유체 ·개폐빈도가 많은것
		안나사식	·밸브몸체를 이동하기 위하여 스핀들나사부가 밸브몸통의 안쪽에 있으며, 스핀들은 상하로는 이동하지 않고 회전만 하는 형식	·바깥나사식에 비하여 전높이가 낮다.	·나사부가 유체에 접촉하기 때문에 마모, 부식되기 쉽다.	·개폐빈도가 적은것 ·보통의 물
	로타형		·원추모양의 밸브 몸체중에 관로와 동일한 유로를 설치하고 이것을 밸브내에서 약간의 상하이동과 90。의 회전을 시켜서 개폐를 행하는 형식	·전개시에는 완전한 원통형유로를 형성하므로 압력손실 적음. ·전폐시에는 완전밀폐가 가능하다 ·유량조절이 우수하다 개폐시간을 짧게하는 것이 가능	·다른 밸브에 비하여 약간 고가이다.	·펌프토출 밸브 ·차단, 유량조절용 ·긴급 폐쇄 밸브로서 사용 ·고압에서 사용가능
	버터플라이형	공 통	·밸브몸체와 축이 일체가 되어 축의 회전에 의해 개폐를 행하는 방식의 밸브	·슬루우스, 로타형보다 소형, 경량이다.	·슬루우스, 로타형에 비하여 전개시 압력손실이 크다	·유량조정용 ·펌프토출밸브,흡입밸브
		수 밀 식	·밸브몸체 내면에 고무시트를 설치하여 밸브외주를 크롬도금 한 것. ·밸브몸체에 고무를 취부한 것.	·수밀성은 슬루우스 밸브와 동일함. ·구조간단	·고무취급이 복잡하다. ·경년변화에 의해 누설이 생기는 경우가 있다.	·일반적으로 10kgf/㎠ 이하에서 사용한다.
		비수밀식	·밸브몸체측 아래에 고무시트를 설치하지 않고 금속으로 접속시킨 것	·구조간단	·수밀에 대해서 기대는 할 수 없다.	·유량, 압력 조정용

표계속

종류	밸브형식		구 조	특 징	단 점	적 용 범 위
역류방지밸브	슬링거형	공 통	·흐름을 일정 방향으로만 흐르게 한 밸브로서 밸브의 동작은 슬링거식이다.	·차압에 의해 자동적으로 개폐한다.	·압력 손실이 비교적 크다. ·완전수밀은 곤란	·펌프정지시에 역류방지를 자동적으로 행한다.
		보통형	·소구경(50㎜이하)에서는 슬링거식 외에 리프트식도 있다.	·구조가 간단	·펌프비상정지의 경우 폐쇄시의 충격 있음.	·구경 500㎜ 정도이하는 1장의 밸브, 600㎜ 이상은 2장 이상으로 분할.
		급폐식	·밸브축에 코일스프링 또는 웨이트를 취부한 구조 또는 그에 준한 구조	·밸브에 자폐력을 갖게 하여 밸브의 폐식 지연에의한 압력상승을 방지.	·밸브가 닫힐 때 실양정의 약 2배의 압력이 걸린다.	·고압에 사용된다.
		바이패스 완폐식	·바이패스 밸브를 설치후 여기에 대쉬포트를 설치하고, 바이패스 밸브를 완폐하는 것.	·펌프가 급정지 하여 역류가 시작되면 주밸브는 즉시 폐쇄되지만 대쉬포트의 작용에 의해 완폐된다.	·완폐밸브의 작동확인은 역류시키지 않으면 확인할 수 없다.	·역류시 수충격방지 ·일반적으로 실양정약 10m- 75m에 사용
		주밸브 완폐식	·주밸브에 대쉬포트를 설치하여 완폐작동을 하는 것.	·역류가 시작되면 대쉬포트의 동작에 의해 주밸브가 완폐되어 충격을 방지	·상 동	·일반적으로 저양정에 사용
	리프트형	스모렌스키형	·밸브 몸체안에 내장되어진 완충깃과 스프링에 의해 역류도 바뀌는 순간에 폐쇄된다.	·역류에의한 밸브의 폐쇄시간이 짧고, 수격에 의한 압력상승이 작다	·밸브전후에 손실차압이 크다.	·밸브를 급폐함으로서 수충격을 방지하는 장치
	플랫트형		·한방향으로 흐름 가능케한 슬링거형의 역류방지 밸브로서 관끝부분에 구경의 대소에 따라 한매부터 여러매로 분할 가능.	·역류방지의 역할 ·슬링거형 보다도 압력 손실이 작다.	·역압에 대해서 수밀성이 좋지 않다.	·저양정, 대용량 펌프의 끝부분에 설치한다.
	푸트밸브		·펌프 흡입구에 설치되는 일종의 역지밸브.	·펌프기동시 별도의 프라이밍 장치가 필요없다.	·흡입수조내에 있기 때문에, 점검 및 취급이 불편하다.	·중소형펌프에 사용된다.

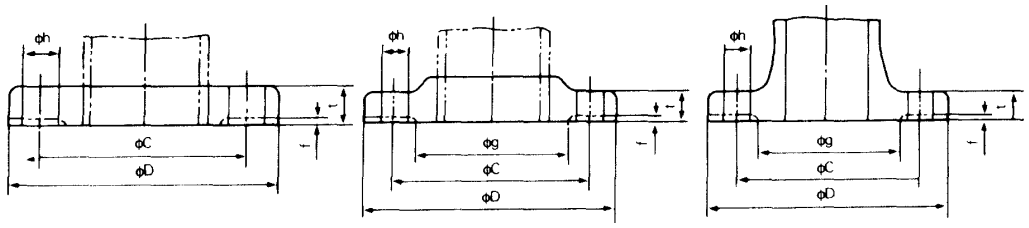
5. 플랜지 규격

5.1 플랜지 규격의 종류

관의 플랜지규격에 대해서는 KS를 비롯하여 ANSI, BS, DIN 규격 등에 의해 사용압력, 온도, 재질등의 관계가 정해져 있지만, 그중에 KS 규격(KS B 1511- 1987)을 표 4.16에 나타내었다.

5.2 플랜지규격의 대표 예

1) 호칭압 10Kgf/㎠ (KS B 1511- 1987)

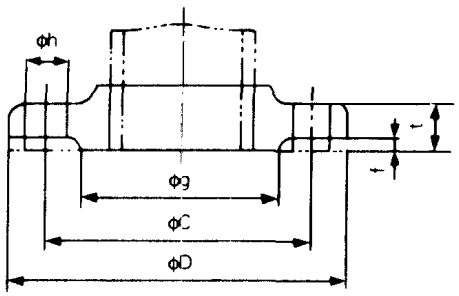


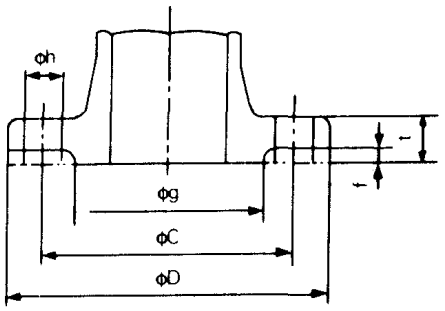
호칭 지름	적용하는 강관의 외경	플랜지 지름 (D)	플랜지의 각부 치수				볼트 구멍			
			t		f	지름 g	중심원			볼트의 호칭
			회주철 이외	회주철			지름 h	수	지름 H	
10	17.3	90	12	14	1	46	65	4	15	M12
15	21.7	95	12	16	1	51	70	4	15	M12
20	27.2	100	14	18	1	56	75	4	15	M12
25	34	125	14	18	1	67	90	4	19	M16
32	42.7	135	16	20	2	76	100	4	19	M16
40	48.6	140	16	20	2	81	105	4	19	M16
50	60.5	155	16	20	2	96	120	4	19	M16
65	76.3	175	18	22	2	116	140	4	19	M16
80	89.1	185	18	22	2	126	150	8	19	M16
(90)	101.6	195	18	22	2	136	160	8	19	M16
100	114.3	210	18	24	2	151	175	8	19	M16
125	139.8	250	20	24	2	182	210	8	23	M20
150	165.2	280	22	26	2	212	240	8	23	M20
(175)	190.7	305	22	26	2	237	265	12	23	M20
200	216.3	330	22	26	2	262	290	12	23	M20

표계속

호칭 지름	적용하는 강관의 외경	플랜지 지름 (D)	플랜지의 각부 치수				볼트 구멍			
			t		f	지름 g	중심원			볼트의 호칭
			회주철 이외	회주철			지름 h	수	지름 H	
(225)	241.8	350	22	28	2	282	310	12	23	M20
250	267.4	400	24	30	2	324	355	12	25	M22
300	318.5	445	24	32	3	368	400	16	25	M22
350	355.6	490	26	34	3	413	445	16	25	M22
400	406.5	560	28	36	3	475	510	16	27	M24
450	457.2	620	30	38	3	530	565	20	27	M24
(500)	508	675	30	40	3	585	620	20	27	M24
550	558.8	745	32	42	3	640	680	20	33	M30
600	609.6	795	32	44	3	690	730	24	33	M30
(650)	660.4	845	34	46	3	740	780	24	33	M30
700	711.2	905	34	48	3	800	840	24	33	M30
(750)	762	970	36	50	3	855	900	24	33	M30
800	812.8	1020	36	52	3	905	950	28	33	M30
(850)	863.6	1070	36	52	3	955	1000	28	33	M30
900	914.4	1120	38	54	3	1005	1050	28	33	M30
1000	1016	1235	40	58	3	1110	1160	28	39	M36
(1100)	1117.6	1345	42	62	3	1220	1270	28	39	M36
1200	1219.2	1465	44	66	3	1325	1380	32	39	M36
(1350)	1371.6	1630	48	70	3	1480	1540	36	45	M42
1500	1524	1795	50	74	3	1635	1700	40	45	M42

2) **호칭압** 20Kgf/㎠ (KS B 1511-1987)





호칭 지름	적용하는 강관의 외 경	플랜지 지름 (D)	플랜지의 각부치수					볼트구멍		
			t		f	지름 g	지름 C	수	지름 h	볼트 나사 호칭
			회주철 이 외	회주철						
10	17.3	90	14	16	1	46	65	4	15	M12
15	21.7	95	14	16	1	51	70	4	15	M12
20	27.2	100	16	18	1	56	75	4	15	M12
25	34	125	16	20	1	67	90	4	19	M16
32	42.7	135	18	20	2	76	100	4	19	M16
40	48.6	140	18	22	2	81	105	4	19	M16
50	60.5	155	18	24	2	96	120	8	19	M16
65	76.3	175	20	26	2	116	140	8	19	M16
80	89.1	200	22	28	2	132	160	8	23	M20
90	101.6	210	24	28	2	145	170	8	23	M20
100	114.3	225	24	30	2	160	185	8	23	M20
125	139.8	270	26	32	2	195	225	8	25	M22
150	165.2	305	28	34	2	230	260	12	25	M22
200	216.3	350	30	38	2	275	305	12	25	M22
250	267.4	430	34	40	2	345	380	12	27	M24
300	318.5	480	36	44	3	395	430	16	27	M24
350	355.6	540	40	50	3	440	480	16	33	M30x3
400	406.4	605	46	54	3	495	540	16	33	M30x3
450	457.2	675	48	58	3	560	605	20	33	M30x3
500	508.2	730	50	62	3	615	660	20	33	M30x3
550	558.8	795	52	66	3	670	720	20	39	M36x3
600	609.6	845	54	-	3	720	770	24	39	M36x3
650	660.4	945	60	-	5	790	850	24	48	M45x3
700	711.2	995	64	-	5	840	900	24	48	M45x3
750	762.0	1080	68	-	5	900	970	24	56	M52x3
800	812.8	1140	72	-	5	960	1030	24	56	M52x3
850	863.6	1200	74	-	5	1020	1090	24	56	M52x3
900	914.4	1250	76	-	5	1070	1140	28	56	M52x3