

## 2. 펌프의 기초지식

### 2.1 펌프 일반

#### 2.1.1 펌프의 종류

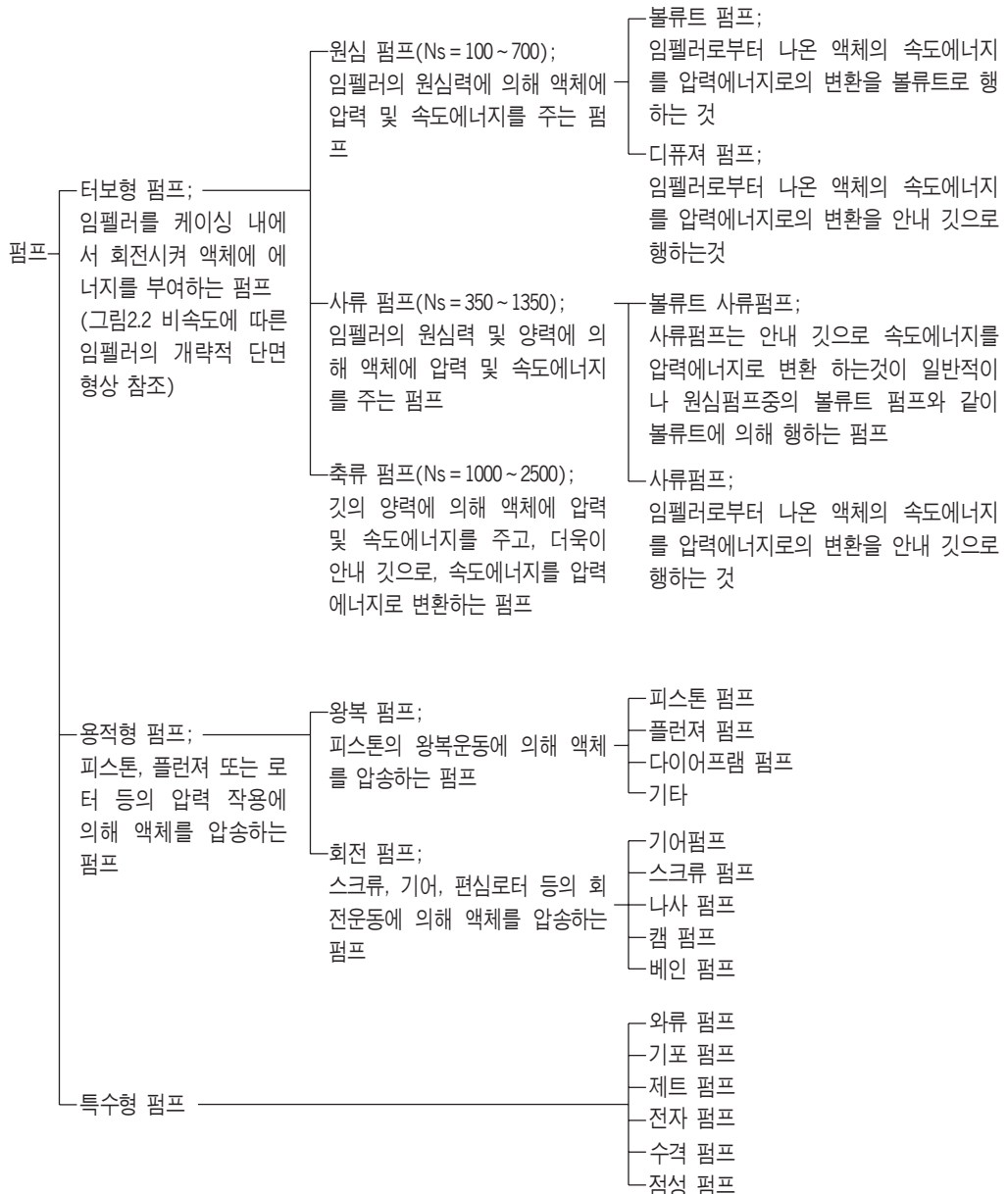


표 2·1 펌프의 분류

## 2.1.2 용어의 정의

터보형에 관한 기술용어는 한국공업규격(KS B 0061)에 정해져 있지만, 그 중의 성능에 관한 주요한 용어를 나 타낸다.

## ①토출량 (Capacity, Discharge)

펌프가 단위시간에 토출하는 액체의 체적 ( $\text{m}^3/\text{min}$ 혹은  $\text{m}^3/\text{s}$ )

## ②전양정 (Total Head, Total Pump Head)

펌프 운전에 의해 발생하는 전양정

그림 2-1은 펌프의 전양정을 나타낸 것이고, 펌프가 운전되면 흡입관로, 토출관로, 관로출구 등에 각종 손실이 생긴다. 토출액면과 흡입액면의 수두차인 실양정 ( $H_a$ ), 이를 관로계의 손실수두 ( $h_{fs}+h_{fd}$ ) 와 토출 속도수두  $V_d^2/2g$ 를 더한것이 전양정H이고, 다음식으로 나타낸다.

$$H = H_a + h_{fs} + h_{fd} + V_d^2/2g$$

전양정과 실양정등의 수두를 총칭해서 양정이라고하고, 통상 m을 이용한다.

## ③수동력 (Liquid Power)

펌프에 의해 단위시간에 액체에 주어지는 유효에너지로서, 다음식으로 표시된다.

$$L_w = 0.163 \gamma QH \text{ (kW)}$$

여기서

$L_w$ :수동력 (kW),  $\gamma$  : 액체의 비중량 (밀도)( $\text{kg}/\text{l}$ ),  $Q$ :토출량 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ),  $H$ :전양정 (m)

## ④펌프효율 (Pump Efficiency)

수동력  $L_w$ 와 원동기가 펌프축에 전달하는 축동력  $L$ 과의 비를 펌프효율  $\eta$ 라 하고, 다음식으로 표시된다.

$$\eta = L_w/L \times 100 = 0.163 \gamma QH/L \times 100\%$$

## ⑤비속도 (Specific Speed)

펌프의 수력학적 상사법칙으로 부터 유도된 수치로서 다음 식으로 표시된다.

$$Ns = NQ^{1/2} / H^{3/4}$$

여기서

$Ns$ :비속도,  $N$ :회전수 ( $\text{min}^{-1}$ )

$Q$ :토출량 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

(양흡입 임펠러일 때는 토출량의 반(1/2)을 취한다.)

$H$ :전양정 (m)

(단단펌프일때는, 일단당의 전양정을 취한다.)

비속도는 최고 효율점의 성능  $N$ ,  $H$ ,  $Q$ 에 대해서 구해 지고, 상사형의 펌프는 펌프의 크기와 회전수의 변화에 관계없이 동일한 값을 취한다.

## ⑥흡입비속도 (Suction Specific Speed)

펌프의 캐비테이션에 대한 흡입성능의 양부를 나타내는 것으로서, 다음식으로 나타낸다.

$$S = NQ^{1/2} / H_{sv}^{3/4}$$

$S$  : 흡입비속도,  $N$  : 회전수 ( $\text{min}^{-1}$ )

$Q$  : 토출량 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

(양흡입 임펠러일 때는, 토출량의 반(1/2)을 취한다.)

$H_{sv}$  : 필요유효흡입수두(m) $S$ 의 값은 보통의 펌프는 최고 효율점에서의 유량에서 1,200 ~ 1,500정도이다.

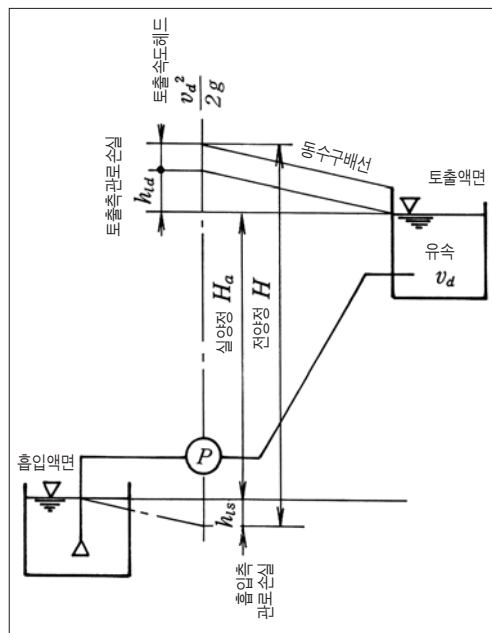


그림2·1 펌프의 전양정

흡입성능을 높이기 위해서 특별히 설계된 펌프는  $S$ 의 값이 1,900정도의 것도 있다. 부분 유량영역에서, 이 값은 저하하고, 진동, 소음과 캐비테이션 침식의 위험성이 증대하기 때문에 주의를 요한다.

## 2.1.3 임펠러의 형태와 Ns

Ns는 펌프의 임펠러 설계에 통상 사용되고 있다.

그림2·2는 Ns와 임펠러의 단면형상의 관계를 나타낸것이다. 단, 임펠러의 형상은 Ns만에 의해 간단하게 정해지는 것이 아니라, 펌프의 종류 및 용도에 의해 약간 다르다.

그림2·3은 Ns와 펌프의 종류의 관계를 정리한 것이다. 그림중에 나타난 범위는 대략적인 것이고, 엄밀하게는 정해져 있지 않다. 또한 동일한 Ns도 다른펌프의 예를들면, Ns = 500의 원심 펌프와 사류펌프의 양쪽으로 설계하는 것이 가능하다.

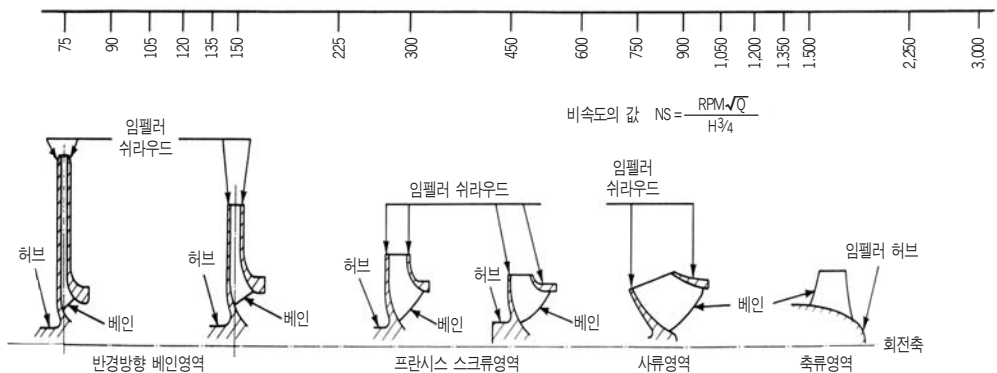


그림2·2 비속도에 따른 임펠러의 개략적인 단면 형상

Ns	100	500	1000	1500	2000
원심	원심	원심	원심	원심	원심
사류		사류	사류	사류	사류
축류			축류	축류	축류

그림2·3 Ns와 펌프의 종류

## 2.1.4 임펠러 수량에 의한 분류

임펠러의 갯수가 1개이면 단단, 2개 이상일 경우 다단 펌프라고 한다.

특히, 이때 다단 임펠러의 경우 적은 유량과 높은 양정이 필요시 채용하는 것이 일반적이다.

## 2.1.5 비속도와 상사법칙

유로부의 형상이 서로 상사인 2개의 펌프의 성능에는 다음과 같은 상사법칙이 성립한다. (실제로는 크기의 영향, 즉 치수효과에 의해, 큰 펌프일수록 성능이 월등히 향상된다.)

$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1 \cdot D_1^3}{N_2 \cdot D_2^3}$	Q : 펌프의 토출량 (m <sup>3</sup> /min)
$\frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2 \cdot D_1^2}{N_2^2 \cdot D_2^2}$	H : 펌프의 전양정 (m)
$\frac{L_1}{L_2} = \frac{N_1^3 \cdot D_1^5}{N_2^3 \cdot D_2^5}$	L : 펌프의 축동력 (kW)
	N : 펌프의 회전수 (min <sup>-1</sup> )
	D : 펌프의 대표치수 (예를들면, 임펠러의 외경등을 취하면 좋다)
	첨자1 및 2는 2개의 다른 크기의 펌프의 각각의 양을 나타낸다.

비속도의 식으로부터 알 수 있듯이, 토출량 Q와 전양정 H가 일정한 경우에, 회전수 N이 큰 펌프를 선정하면 그 Ns는 크게 된다. 또한 회전수가 일정하다면 유량 Q가 큰 펌프는 Ns가 크고, 전양정이 큰 펌프일수록 Ns가 작게 되는 경향이 있다. 비속도 Ns는 무차원수는 아니기 때문에 각량의 단위에 무엇인가를 이용하면 그 값이 다르다. 한국에서는 유량을 m<sup>3</sup>/min 전양정을 m, 회전수를 min<sup>-1</sup>으로 하는것이 일반적이고, 본 서에서도 특히 미리 알리지 않는 한 이것을 이용하고 있다.

## 2.2 펌프의 성능

### 2.2.1 펌프의 특성곡선

일반적으로 횡축에 토출량, 종축에 전압정, 효율 및 축동력을 취해서 그림(그래프)으로 나타낸 것을, 펌프의 특성곡선(또는 성능곡선)이라 부른다. 이것에 필요 NPSH<sub>r</sub>를 합쳐서 나타낸 것이다.

펌프의 특성비교에는 백분율 표시가 사용된다. 이것은 펌프의 최고 효율점에서의 유량·전압정·효율·축동력을 100%로 해서 특성곡선을 백분율로 표시한 것이다.

특성곡선의 형상은 N<sub>s</sub>에 따라 다르다. N<sub>s</sub>에 의한 특성곡선의 차이를 그림2·4~그림2·6에 나타낸다.

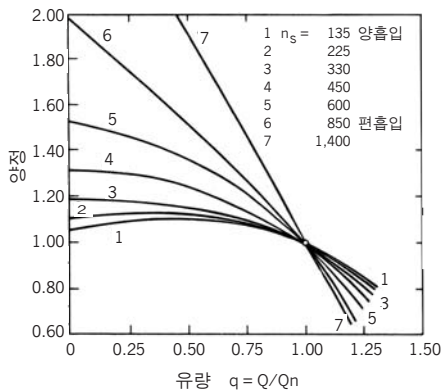


그림2·4 비속도에 따른 유량 양정곡선

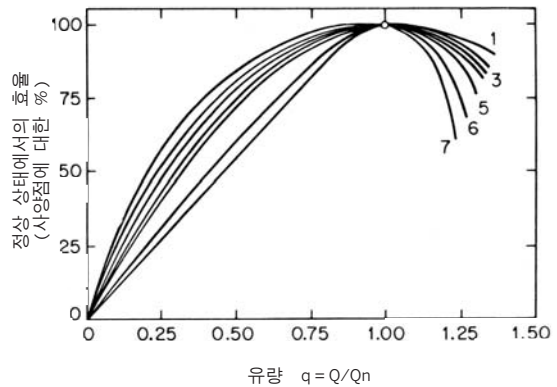


그림2·5 비속도에 따른 효율 유량 곡선그림

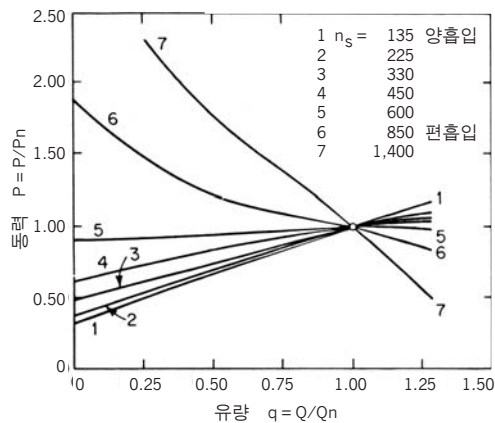


그림2·6 비속도에 따른 동력 유량 곡선

### 2.2.2 펌프의 성능변경

#### (1) 회전수의 변경

펌프의 회전수와 펌프의 성능의 관계는 다음식으로 나타낸다.

$$\begin{aligned} \frac{Q_1}{Q_2} &= \frac{N_1}{N_2} & Q : \text{토출량 (m}^3/\text{min)} \\ \frac{H_1}{H_2} &= \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 & H : \text{전양정 (m)} \\ \frac{L_1}{L_2} &= \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 & L : \text{축동력 (kW)} \end{aligned}$$

N : 회전수 (min<sup>-1</sup>)  
첨자1, 2는 각각 N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>의 회전수의 상태를 나타낸다.

단, 공장등에서 행해지는 펌프의 성능시험에 대해서는, 한국공업규격(KS B 6301)에서 실제로 사용되는 회전수와와의 차가 ±20% 이내인것을 규정하고 있다.

또한 회전수를 증가하는 경우는 캐비테이션의 발생과 축동력의 증가에 주의하지 않으면 안된다.

#### (2) 임펠러 외경의 변경

임펠러의 외경을 변화시키는 것에 의해서도 펌프의 성능을 변화시킬 수 있다.

임펠러의 외경치수의 변경에 의해 성능의 변화는 다음식에 의한다.

$$\begin{aligned} \frac{Q_1}{Q_2} &= \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{1*} \\ \frac{H_1}{H_2} &= \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{2*} \\ \frac{L_1}{L_2} &= \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{3*} \end{aligned}$$

**주의:** \*치수는 일반적으로 적용하는 치수이며  
임펠러에 따라 차이가 있으므로 주의가 요구된다.

#### (3) 깃의 취부각의 변경

가변익펌프는 그림2·8에 나타내었듯이 깃의 각도를 임의로 변화시키는 것에 의해서, 성능을 변화시키는것이 가능하다.

유량 Q는, 양정 H에 대한 깃각 θ에 거의 비례해서 변화한다.

그림중의 점선으로 나타난 양정곡선은 깃각을 변경했을때의 축동력이 일정한 점을 결합하여 얻은 것이다.

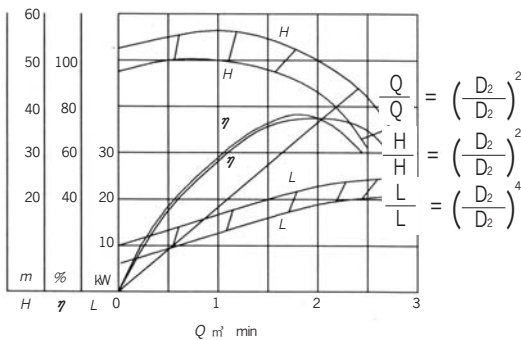


그림2·7 임펠러 외경 변경에 의한 성능 변화

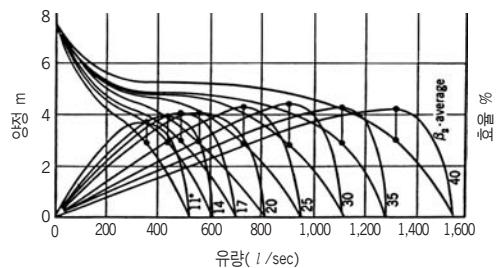


그림2·8 임펠러 베인 각도에 따른 성능변화

## 2.3 펌프의 구조

### 2.3.1 대표적인 펌프 구조

- (1) 횡축 양흡입, 볼류트, 원심펌프
- (2) 횡축 단단, 볼류트, 원심펌프
- (3) 횡축 단단, 볼류트, 원심 프로세스 펌프
- (4) 입축 사류펌프
- (5) 횡축 축류펌프
- (6) 탈착식 수중모터 펌프
- (7) 칼럼 탈착식 수중 모터 펌프

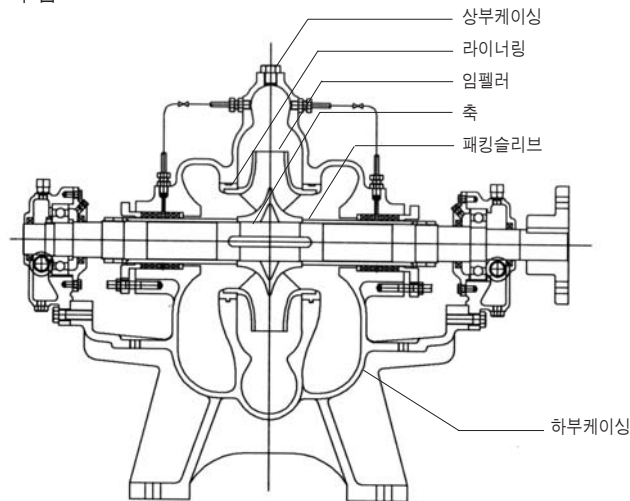


그림2·9 양흡입 볼류트 펌프 구조도

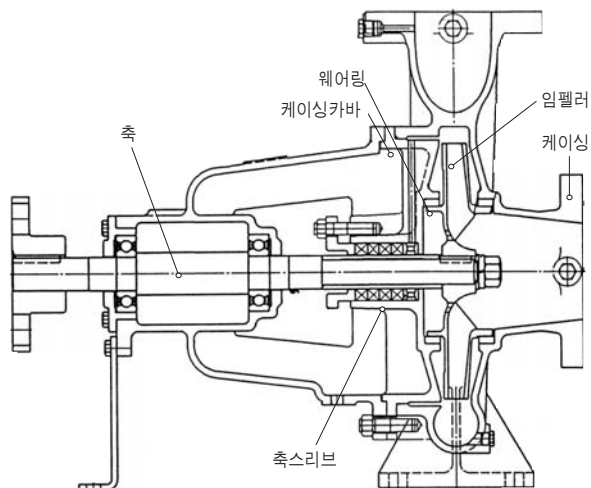


그림2·10 횡축단단 볼류 펌프 구조도 (일반용)

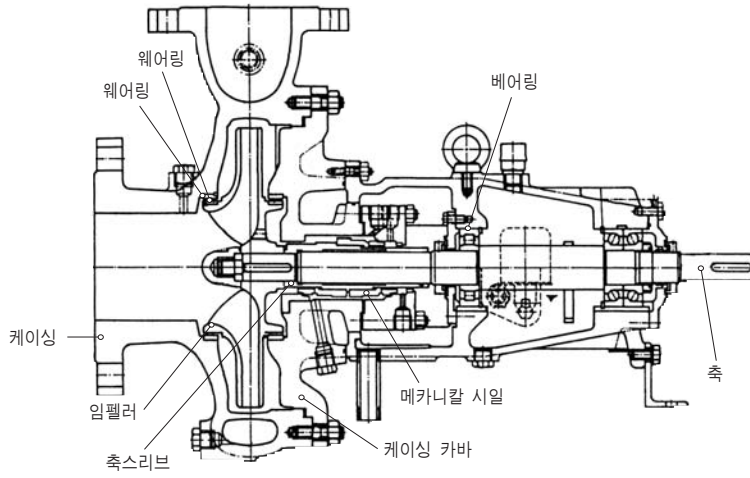


그림2·11 횡축 단단 볼류트 케이싱 원심 프로세스 펌프

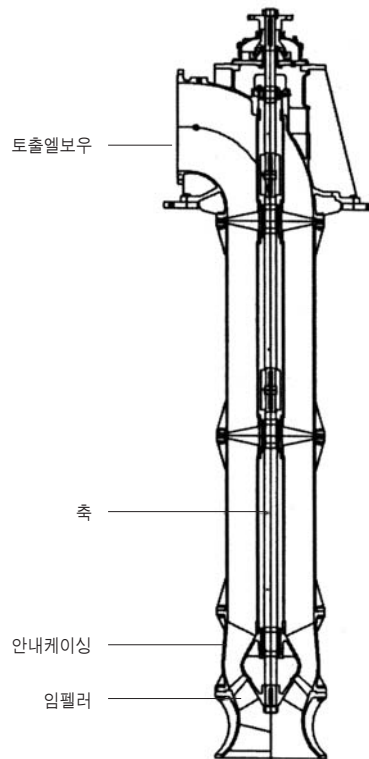


그림2·12 입축사류펌프 구조도



## 2.3 펌프의 구조

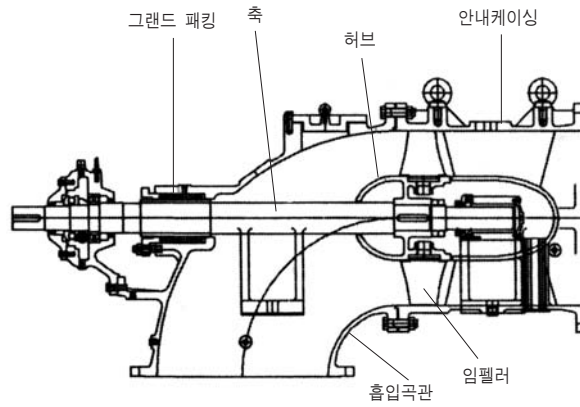
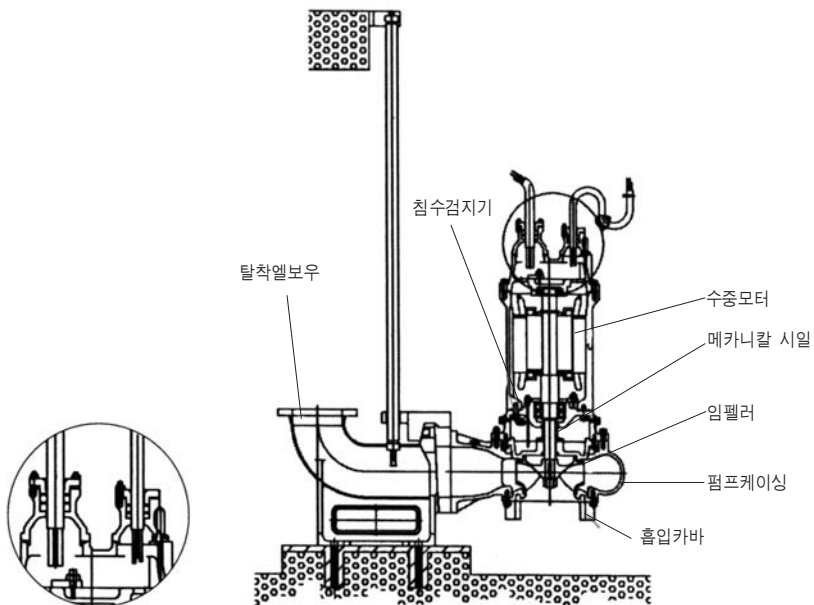


그림2·13 횡축축류 펌프 구조도



터미널 보드가 없는경우

그림2·14 탈착식 수중 모터 펌프구조도

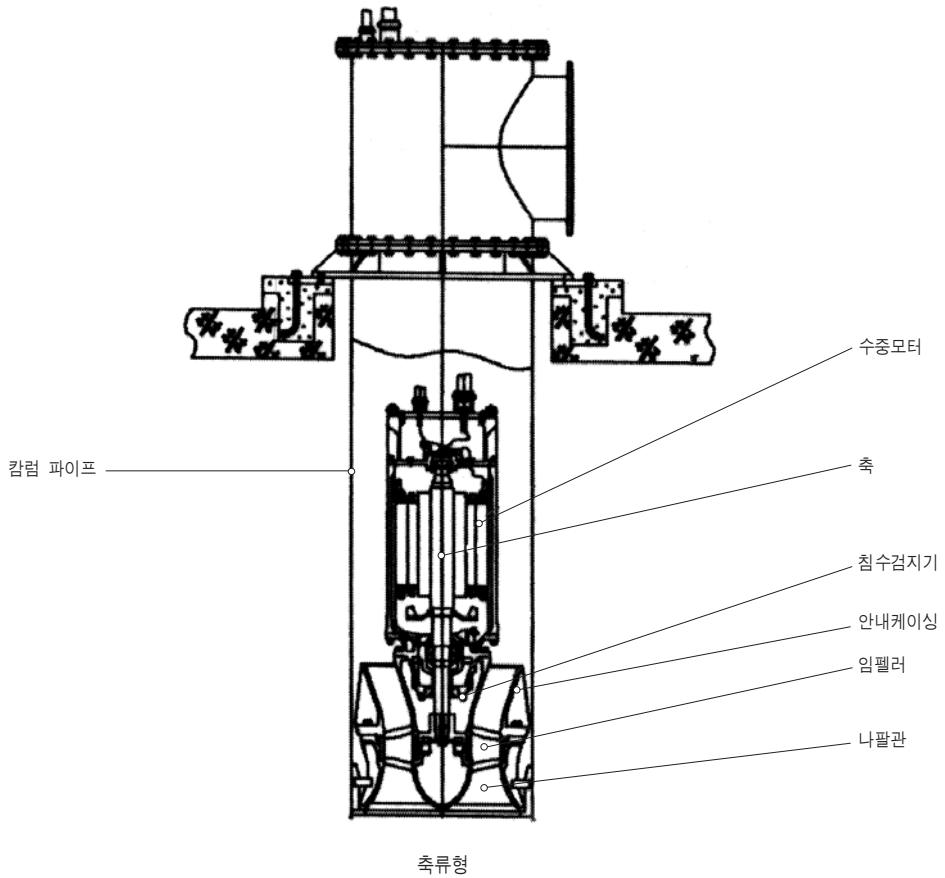


그림2·15 칼럼형 탈착식 수중모터펌프 구조도

### 2.3.2 임펠러

#### (1) 흡입 형식에 의한 분류 및 특징



그림2·16 편흡입 임펠러

- 임펠러부가 물에 잠겨있는 경우와 같은 낮은 흡입 비속도일때
- 유로 구조가 간단하기 때문에 특수펌프에 이용된다.

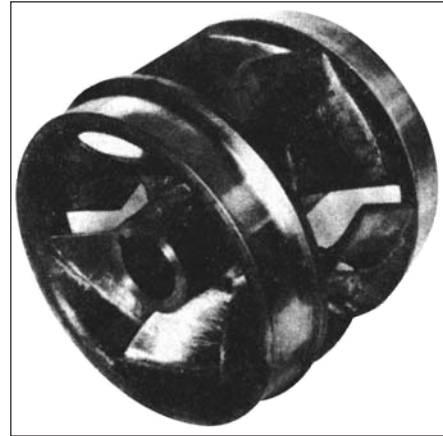


그림2·17 양흡입 임펠러

- 임펠러가 좌우 양방향으로 균등하게 유체를 흡입
- 편흡입 임펠러와 비교하여 동일 흡입 비속도 일 경우 회전 속도가 1.4배 정도 높고, 대구경 인 경우 경제적이다.
- 구경 200mm 이상의 횡축 볼류트 펌프에 일반적으로 사용된다.



그림2·18 클로즈드 임펠러

- 고양정 원심 펌프에 적당

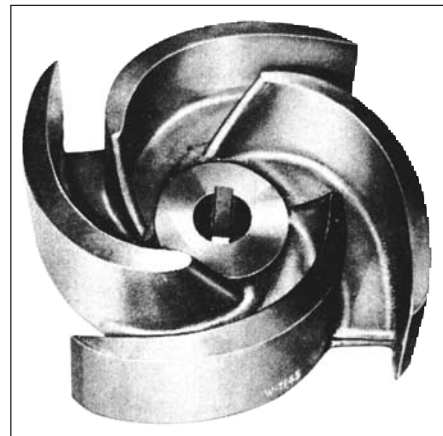


그림2·19 오픈 임펠러

- 우수 하수 등 이물질울 포함한 경우
- 섬유 등과 같은 불순물을 포함한 액에 적합

### 2.3.3 케이싱

#### 2.3.3.1 케이싱의 분류

##### (1) 토출 유로 형식에 의한 분류

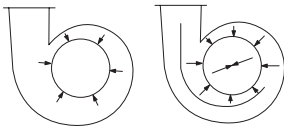
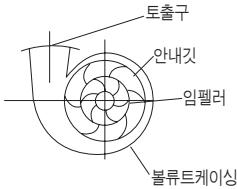
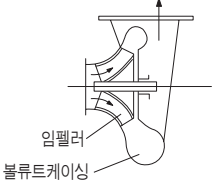
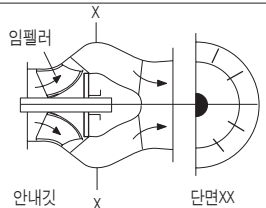
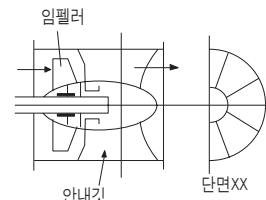
명 칭			형 상	특 징
터보 펌프 (다 이 나 믹 펌프)	원 심 펌 포	원심	볼류트	 <p>유량, 임펠러 외경의 변화에 대해서 넓은 범위에 걸쳐 효율이 높다.</p>
			디퓨저	 <p>○ 안내깃의 외측에 볼류트 케이싱이 필요하다. ○ 정규수량 이외에서의 효율이 볼류트 케이싱에 비해 약간 낮다.</p>
		사류	볼류트	 <p>○ 안내깃 주위에 볼류트 케이싱을 가진다.</p>
		사 류	사 류	 <p>○ 볼류트 펌프에 비해 형상이 작다. ○ 안내깃에서 유체의 흐름을 축방향으로 이끈다.</p>
		축 류	축 류	 <p>○ 볼류트펌프에 비해 형상이 작다.</p>

표2·2 토출 유로 형식

## (2) 케이싱의 분할형식

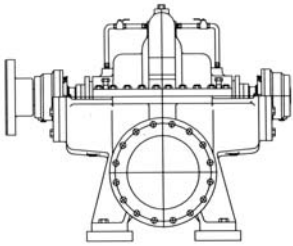
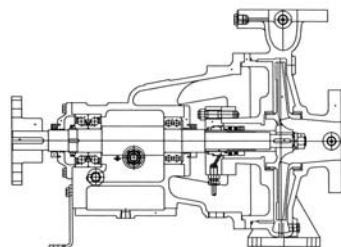
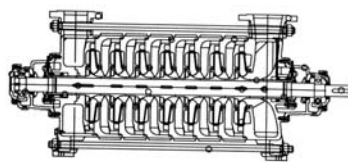
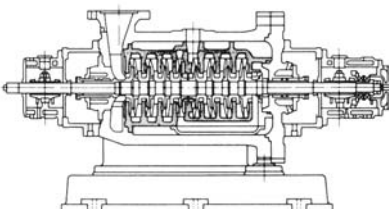
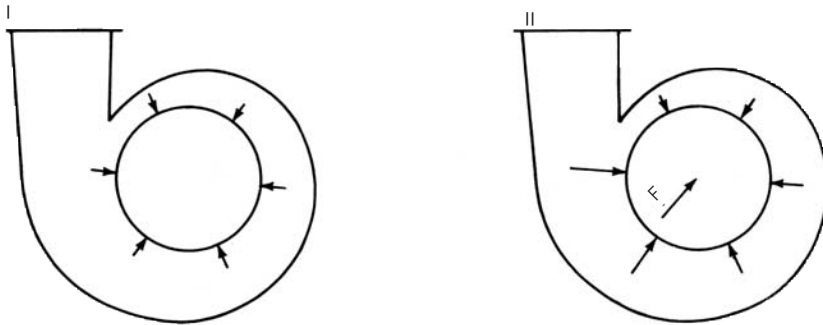
명 칭	형 상	특 징	적 용
상하분할형		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축을 포함하는 평면에 2개로 분할하는 형</li> <li>○ 분해·점검이 용이하다.</li> <li>○ 원동기를 움직이지 않고 회전부분을 빼낼 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 주로 중·대형의 횡축 펌프</li> </ul>
축수직분할형		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이싱은 고정하체 임펠러를 빼낼 수 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소·중형의 횡축펌프 및 대형의 입축 펌프</li> </ul>
단단한 양면		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 케이싱과 임펠러가 유니트로 되어 단수의 변경이 용이하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 표준 횡축다단펌프, 입축다단 사류 펌프</li> </ul>
배럴형		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이중케이싱중 외부케이싱이 내압 강도를 가진다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 초고압 펌프</li> <li>○ 드레자 펌프</li> </ul>

표2·3 케이싱 분할형식

2.3.3.2 케이싱과 radial thrust

(1) 싱글 볼류트 케이싱



I 설계 사양점에서의 균일한 압력 분포로 케이싱내 반경 방향의 힘이 거의 전무한 경우

II 설계 사양 유량보다 적은 유량 지점에서 운전시 균일한 압력 분포를 형성하지 못하여 반경 방향의 힘  $F$ 가 작용한다.

그림2·20 싱글 볼류트 케이싱의 설계 유량점 및 설계 사양점 이외 지점에서의 반경 방향의 힘의 비교

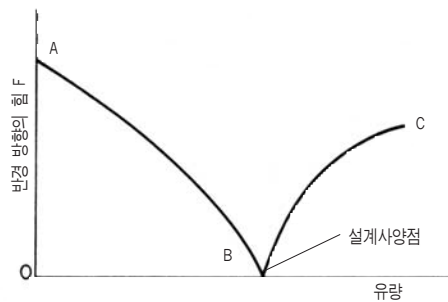


그림2·21 싱글 볼류트 케이싱의 유량변경에 따른 케이싱 내의 반경방향의 힘 변화

싱글 볼류트 케이싱은 설계사양점에서 운전될 경우 그림2·20 I에서처럼 균일한 압력이 임펠러 주위에 작용하나 설계 사양점 이외에서 운전되는 경우 그 압력이 균일하게 생성되지 못하며 그림2·20 II에서처럼 반경 방향력이 발생한다. 그림2·21은 펌프를 체절점(A)에서 설계사양점(B) 및 설계사양점 이상의 유량 지점까지 운전점을 변경하였을때의 반경방향의 힘의 변화를 나타낸 것이다.

(2) 더블 볼류트 케이싱

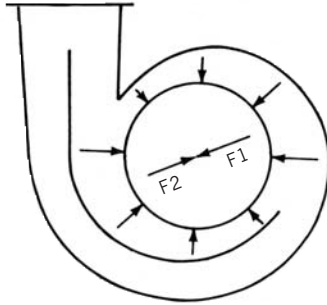


그림2·22 더블 볼류트 케이싱의 부분 유량영역에서 운전시 180° 볼류트 각각에 작용하는 힘 F1과 F2의 상쇄에 의한 바란스

더블 볼류트 케이싱의 적용원리는 2개의 180°의 볼류트를 설치함으로써 그림2·22에서처럼 부분 유량영역에서 운전시 존재하는 각각의 볼류트 영역의 힘 F1과 F2가 근사하게 같고 서로 반대 방향으로 작용하여 상쇄된다. 따라서 축과 베어링에 작용하는 힘이 있다하더라도, 그 힘의 크기는 작아지게 된다.

## 2.3.4 축스ラスト 바란스법

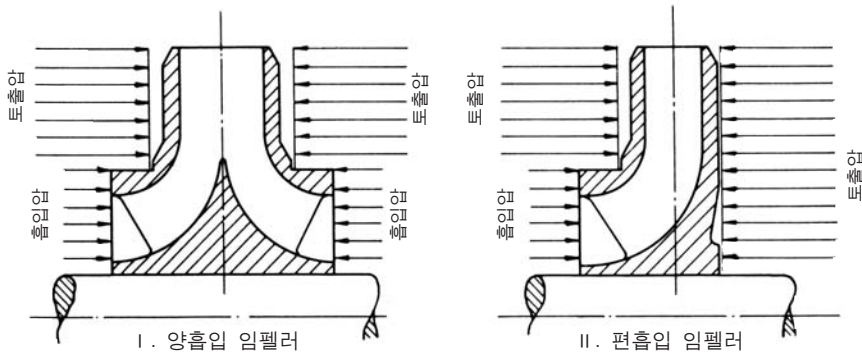


그림2·23 임펠러 쉬라우드에 작용하여 축추력을 생성하는 압력원

최근에는 대용량의 스ラスト 베어링이 이용가능하게되어, 대형 편흡입 펌프의 경우에 있어서만 특히 축추력이 문제시 되고 있다.

이론적으로 양흡입 임펠러의 경우 한쪽의 흡입측에 발생하는 압력의 크기가 상대편 흡입측과 동일하고 반대로 작용하고 있어 수력학적 평형을 이룬다.

## (1) 바란스홀과 웨어링 링에 의한 방법

일반적으로 편흡입 반경류 임펠러의 경우 전면이 흡입압에 노출되어 있고 후면이 토출압에 노출되어 있어 축추력의 원인이 되고있다. 편흡입 임펠러의 축추력을 제거하기 위해서는 전면과 후면에 내부면적이 동일한 웨어링 링을 설치하여 추력 면적을 그림 2.24에서와 같이 동일하게 되도록 한다.

또한 전면과 후면 웨어링 링 내의 압력이 양측이 비슷하거나 동일하게 하기 위해서 바란스홀로서 양측을 관통 시키기도 한다.

이외에도 임펠러 후면에 백베인을 설치하는 방법 등이 있다.

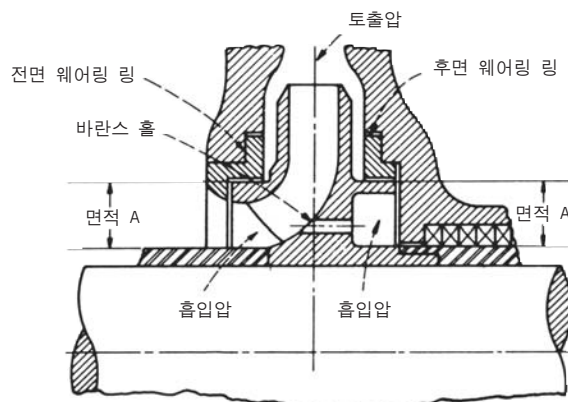


그림2·24 편흡입 임펠러의 웨어링 링 및 바란스 홀에 의한 추력 바란싱



(2) 백 베인에 의한 방법

편흡입 임펠러의 경우 Axial thrust를 줄이거나 제거하는 방법의 하나로서 후면 쉬라우드에 백 베인을 설치하는 방법이 있다.(그림2·25)

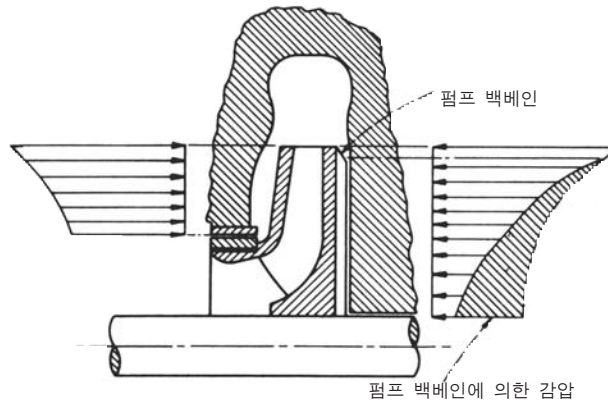


그림2·25 편흡입 임펠러의 백 베인에 의한 Axial thrust 경감효과

이 경우 임펠러의 백 쉬라우드와 케이싱 사이의 간격이 충분하여 펌프가 취급하는 액체에 함유된 모래와 같은 물질에 의해 영향을 받지 않을때에 적합하다.

(3) 다단 펌프의 경우

1) 대칭으로 설치된 임펠러에 의한 방법

짝수의 임펠러를 흡입구가 서로 반대가 되도록 설치하여 첫번째 임펠러에서 발생한 axial thrust를 반대 방향에 설치된 두번째 임펠러에 의해 발생된 axial thrust로써 상쇄시킨다.(그림2·26)

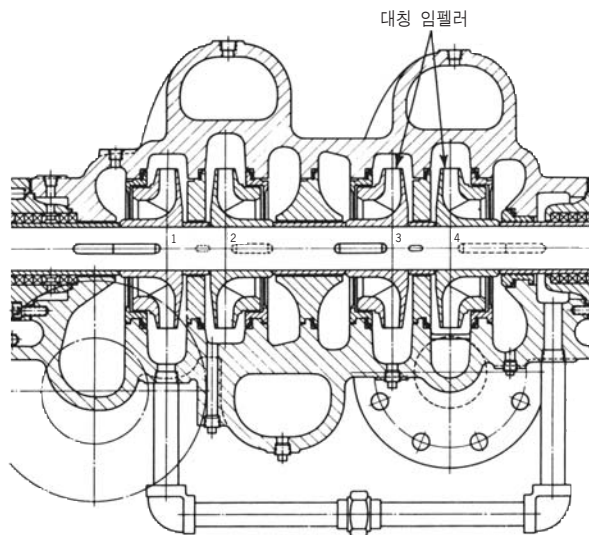


그림2·26 대칭 임펠러에 의한 4단 펌프

## 2) 밸런스 드럼에 의한 경우

임펠러 마지막 단에 위치하는 밸런스 챔버는 밸런스 드럼에 의해 분리되어 있다.

또한 밸런스 드럼은 밸런스 드럼 헤드라고 하는 부품과 반경방향의 미세한 틈새를 가지고서 설치되어 있다.

밸런스 챔버는 펌프의 흡입 혹은 흡입측 수조와 배관으로 연결한다. 따라서 밸런스 챔버의 내부압은 흡입측 압력보다 약간 높은 상태가 된다. 그 압력차는 밸런스 챔버와 흡입측에 연결된 배관상의 마찰 손실과 같다. 이때 누수량은 드럼과 드럼헤드 밸런스챔버와 케이싱내 압력차와 틈새에 의해 결정된다.

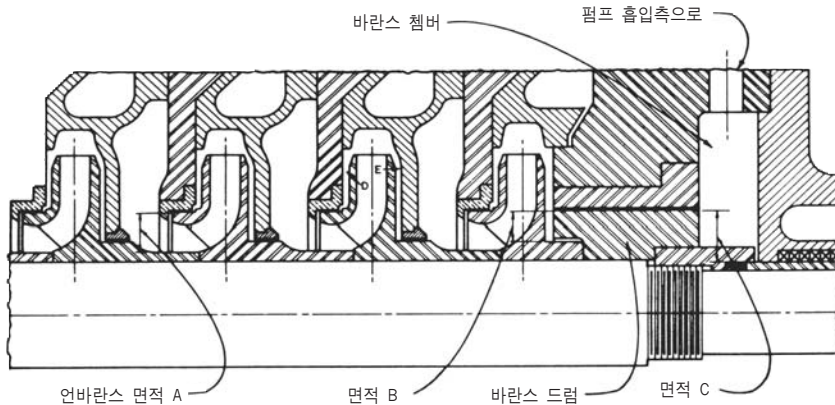


그림2·27 밸런스 드럼

밸런스 드럼에 작용하는 힘은

①토출측으로 작용하는 힘 : 토출압  $\times$  밸런스 드럼 전면의 면적 B

②흡입측으로 작용하는 힘 : 밸런스 챔버내의 압  $\times$  밸런스 드럼 후면의 면적 C

1의 힘이 2의 힘보다 크게 되고 이로 인하여 편흡입 임펠러에서 발생하는 axial thrust에 대하여 밸런싱 역할을 하게된다. 이때 드럼의 직경은 스러스트 베어링의 요구 부하에 90~95%가 되도록 선정한다.

## 3) 밸런스 디스크

밸런스 디스크는 케이싱에 고정되어 있는 밸런스 디스크 헤드와 작은 축방향, 틈새를 가지고서 분리되어 있으며 축에 고정되어 축과 함께 회전한다.

밸런스 디스크의 후면은 밸런스 챔버의 압을 받게된다. 반하여 밸런스 면은 디스크의 가장 작은 직경으로 부터 원주까지 압력의 변화를 가진다. 디스크 면과 그 후면 사이의 총 힘이 임펠러의 axial thrust와 밸런스를 이루도록 디스크의 내경과 외경을 결정한다.

운전중 임펠러의 axial thrust가 디스크에 작용하는 thrust를 초과하면 초과분의 axial thrust가 작용, 디스크 헤드 측으로 이동시키며, 디스크와 디스크 헤드의 틈새를 작게 한다. 이 틈새로의 누수량이 감소하게 되고, 밸런스 챔버로부터 흡입구까지의 배관 손실이 감소 밸런스 챔버의 압이 적어진다. 또한 이에 반대로 디스크에 작용하는 thrust가 임펠러의 axial thrust를 초과하면 밸런스 디스크가 밸런스 헤드측에서 멀어지며 밸런스 챔버에 압이 증가한다. 위의 과정을 반복하여 밸런스 디스크는 평형 위치에서 이르게 된다.

적절한 밸런스 디스크의 작용을 얻으려면 밸런스 챔버의 압을 조정하여 적당한 크기가 되게 하여야 한다. 이때 제어용 오리피스를 사용하여 누수량이 정상보다 많을 경우 후압을 증가시킬 수 있다. 밸런스 디스크의 단점은 스테핑 박스의 압력이 변화하고 이러한 조건이 패킹의 수명에 치명적일 수 있으며 따라서 가급적 이러한 구조는 피하는 것이 좋다.

### 2.3 펌프의 구조

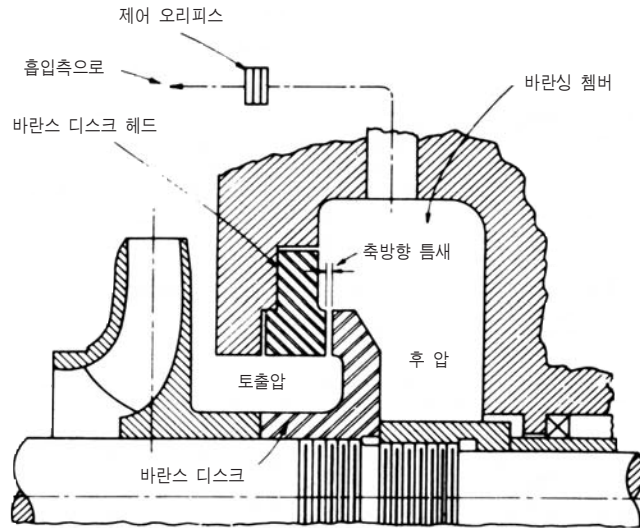


그림2·28 바란스 디스크

## 2.4 펌프의 재료

### 2.4.1 펌프에 사용하는 주된 금속재료

재 료		화학성분	용 도
주철	주철 구상흑연주철 2%Ni주철 저Cr주철 니레지스트 D2	3C 3C 2Ni3C 1Cr3C 20Ni3C	케이싱
주강	탄소강주강 SSC1 SSC5 SSC13 SSC14 SSC24 SSC26	0.2C 13Cr 13Cr4Ni 18Cr8Ni 18Cr10Ni2Mo 17Cr4Ni 25Cr20Ni4.5Mo1Cu	케이싱, 임펠러
동합금	연청동 청동(BC-2) 청동(BC-6) Ni-Al청동 C6800 큐프로니켈  동	84Cu10Sn5Pb 8Sn4Zn 5Sn5Zn5Pb 5Ni5Fe8Al 5Ni5Fe8Al 70Cu30Ni 90Cu10Ni 99Cu	라이너 링 임펠러  소배관
압연강	SM35C SM45C SCM440 STS630 STS403 STS304 STS316 2상 스테인레스 합금 20 Cb Super-스테인레스	0.35C 0.45C 1Cr0.2Mo 17Cr4Ni 13Cr 18Cr8Ni 10Cr10Ni2Mo 25Cr6Ni3Mo 25Cr20Ni4.5Mo1Cu 20Cr20Ni6Mo	축  스리브
니켈합금	NiCrMo 합금 NiMo 합금 모넬400 모넬K500 크레바로이 콜모노이	20Cr10Mo 30Mo 60Ni40Cu 60Ni35Cu5Al 30Cr-10Mo 13Cr3B	케이싱, 깃  축  육성재 표면경화육성재
코발트합금	토리바로이 스텔라이트	15Cr-25Mo 26Cr5W	표면경화육성재
그외	티탄	Ti 6Al4V	깃, 축, 케이싱

표2·4 펌프의 재료

## 2.4.2 액성에 따른 펌프 각부의 주요 재질

		담 수	해 수	특수용도
케이싱	나팔관 안내 케이싱	주철	2%Ni주철 니레지스트D <sub>2</sub> Ni-A1청동 주철 + 라이닝	SSC14 2상스테인레스
	케이싱라이너 (임펠러케이싱)	SSC13	SSC13, SSC14 Ni-A1 청동 2%Ni 주철	SSC14 2상스테인레스
	토출엘보 칼럼 파이프	주철	2%Ni주철 니레지스트 Ni-A1청동 주철 + 라이닝	STS316L 2상스테인레스
임펠러		STS13 청동 주강	STS13, STS14 Ni-A1청동	STS14 2상스테인레스 모넬
라이너링		청동 STS304	STS304, STS316 Ni-A1청동	STS316 2상스테인레스 모넬
축		SM35C STS403	STS304, STS316 Ni-A1청동	STS316 2상스테인레스 모넬400, K500 STS316 + 라이닝
스리브		STS304	STS304, STS316 Ni-A1청동	STS316 2상스테인레스 모넬400, K500 STS316 + Co합금
수중베어링		고무 테프론 세라믹	고무 테프론 세라믹	고무 테프론
볼트		탄소강 STS403	STS304, STS316 Ni-A1청동	STS316 2상스테인레스 모넬400, K500

표2·5 액성에 따른 펌프 각부의 재질

### 2.4.3 펌프의 재료와 관련 일반사항

1) 담수;

지하수, 호수, 하천수, 수도수, 공업용수 등을 총칭하며, 함유된 박테리아에 의해 내식성이 크게 변한다.

2) 해수;

해수의 부식성은 높고 금속재료의 부식을 완전히 방지하기 위해서는 많은 비용이 든다.

3) 유속;

일반적으로 동계통 재료의 사용가능 유속은 낮다. 스테인레스계의 재료는 고속까지 사용할 수 있다. 그러나 저유속시 공식이 발생하기 쉽다.

4) 방식 방법

- ① 유전양극 방식
- ② 접액부 라이닝
- ③ 충전재의 사용
- ④ 내염부식용 합금 육성

5) 내식성 재료의 평가 기준

- ① 0.05mm/년 이하 : 우수
- ② 0.05~0.500mm/년 이하 : 양호
- ③ 0.05~1.27mm/년 이하 : 가능
- ④ 1.27mm/년 이하 : 불가

6) 캐비테이션 에로전;

펌프 내에서 발생하는 캐비테이션에 의해 부품이 손상되는 현상

7) 섭동;

펌프내에서 금속재료 등의 섭동부에서 마모 현상을 회피하기 위하여서는 재료선택에 주의 할 필요가 있다.

## 2.4.4 미국 Hydraulic Institute의 재질선택표

표 2·6 Summary of Material Selections and ASTM Standards Designations

Material Selection	Corresponding National Society Standards Designation	Remarks
	ASTM	
1	A48, Classes 20, 25, 30, 40&50	Gray Iron-Six Grades
1(a)	A536 & A395	Ductile Cast Iron-Six Grades
2	B584	Tin Bronze & Lead Tin Bronze-seven Alloys
3	A216-WCB	Carbon Steel
4	A217-C5	5% Chromium Steel
5	A743-CA15	12% Chromium Steel
6	A743-CB30	20% Chromium Steel
7	A743-CC50	28% Chromium Steel
8	A743-CF-8	19-9 Austenitic Steel
9	A743-CF-8M	19-10 Molybdenum Austenitic Steel
10	A743-CN-7M	20-29 Chromium Nickel Austenitic Steel with copper & Molybdenum
11		A series of nickel-base alloys
12	A518	Corrosion Resistant Highsilicon cast iron
13	A436	Austenitic cast iron-2types
13(a)	A439	Ductile Austenitic Cast Iron
14		Nickel-Copper alloy
15		Nickel
<p>In Table 2·6·1, Materials of Construction for Pumping Various Liquids, the letters A, B, and C have the following significance:</p> <p>A - designates an all bronze Pump  B - designates a bronze fitted pump  C - designates an all iron pump.</p>		

## 2.4 펌프의 재료

표 2·6·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Acetaldehyde		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	C
Acetate Solvents			A, B, C, 8, 9, 10, 11
Acetone		C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	B, C
Acetic Anhydride		C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	8, 9, 10, 11, 12
Acid, Acetic	Conc. Cold	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	8, 9, 10, 11, 12
Acid, Acetic	Dil. Cold		A, 8, 9, 10, 11, 12
Acid, Acetic	Conc. Boiling		9, 10, 11, 12
Acid, Acetic	Dil. Boiling		9, 10, 11, 12
Acid, Arsenic, Ortho-		H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> . ½H <sub>2</sub> O	8, 9, 10, 11, 12
Acid, Benzoic		C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	8, 9, 10, 11
Acid, Boric	Aqueous Sol.	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	A, 8, 9, 10, 11, 12
Acid, Butyric	Conc.	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	8, 9, 10, 11
Acid, Carbolic	Conc.(M.P. 106 F)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	C, 8, 9, 10, 11
Acid, Carbolic	(See Phenol)		B, 8, 9, 10, 11
Acid, Carbonic	Aqueous Sol.	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	A
Acid, Chromic	Aqueous Sol.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O	A, 8, 9, 10, 11, 12
Acid, Citric	Aqueous Sol.	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O	A, 8, 9, 10, 11, 12
Acids, Fatty(Oleic, Palmitic, Stearic, etc.)			A, 8, 9, 10, 11
Acid, Formic		CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	9, 10, 11
Acid, Fruit			A, 8, 9, 10, 11, 14
Acid, Hydrochloric	Coml. Conc.	HCl	11, 12
Acid, Hydrochloric	Dil. Cold		10, 11, 12, 14, 15
Acid, Hydrochloric	Dil. Hot		11, 12
Acid, Hydrocyanic		HCN	C, 8, 9, 10, 11
Acid, Hydrofluoric	Anhydrous, with Hydro Carbon	HF + HxCx	3, 14
Acid, Hydrofluoric	Aqueous Sol.	HF	A, 14
Acid, Hydrofluosilicic		H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	A, 14



표 2·6 ·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Acid, Lactic		$C_3H_6O_3$	A, 8, 9, 10, 11, 12
Acid, Mine Water			A, 8, 9, 10, 11
Acid, Mixed	Sulfuric + Nitric		C, 3, 8, 9, 10, 11, 12
Acid, Muriatic	(See Acid, Hydrochloric		
Acid, Naphthenic			C, 5, 8, 9, 10, 11
Acid, Nitric	Conc. Boiling	$HNO_3$	6, 7, 10, 12
Acid, Nitric	Dilute		5, 6, 7, 8, 9, 10, 12
Acid, Oxalic	Cold	$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	8, 9, 10, 11, 12
Acid, Oxalic	Hot	$C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	10, 11, 12
Acid, Ortho-Phosphoric		$H_3PO_4$	9, 10, 11
Acid, Picric		$C_6H_3N_3O_7$	8, 9, 10, 11, 12
Acid, Pyrogalllic		$C_6H_6O_3$	8, 9, 10, 11
Acid, Pyroligneous			A, 8, 9, 10, 11
Acid, Sulfuric	>77% Cold	$H_2SO_4$	C, 10, 11, 12
Acid, Sulfuric	65/93% >175F		11, 12
Acid, Sulfuric	65/93% <175F		10, 11, 12
Acid, Sulfuric	10-65%		10, 11, 12
Acid, Sulfuric	<10%		A, 10, 11, 12, 14
Acid, Sulfuric(Oleum)	Fuming	$H_2SO_4 + SO_3$	3, 10, 11
Acid, Sulfurous		$H_2SO_3$	A, 8, 9, 10, 11
Acid, Tannic		$C_{14}H_{10}O_9$	A, 8, 9, 10, 11, 14
Acid, Tartaric	Aqueous Sol.	$C_4H_6O_6 \cdot H_2O$	A, 8, 9, 10, 11, 14
Alcohols			A, B
Alum	(See Aluminum Sulphate and Potash Alum)		
Aluminum Sulphate	Aqueous Sol.	$AL_2(SO_4)_3$	10, 11, 12, 14
Ammonia, Aqua		$NH_4OH$	C
Ammonium Bicarbonate	Aqueous Sol.	$NH_4HCO_3$	C

표 2·6 · 1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Ammonium Chloride	Aqueous Sol.	NH <sub>4</sub> Cl	9, 10, 11, 12, 14
Ammonium Nitrate	Aqueous Sol.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	C, 8, 9, 10, 11, 14
Ammonium Phosphate, Dibasic	Aqueous Sol.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	C, 8, 9, 10, 11, 14
Ammonium Sulfate	Aqueous Sol.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	C, 8, 9, 10, 11
Ammonium Sulfate	With Sulfuric acid		A, 9, 10, 11, 12
Aniline		C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	B, C
Aniline Hydrochloride	Aqueous Sol.	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> HCl	11, 12
Asphalt	Hot		C, 5
Barium Chloride	Aqueous Sol.	BaCl <sub>2</sub>	C, 8, 9, 10, 11
Barium Nitrate	Aqueous Sol.	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	C, 8, 9, 10, 11
Beer			A, 8
Beer Wort			A, 8
Beet Juice			A, 8
Beet Pulp			A, B, 8, 9, 10, 11
Benzene		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	
Benzine	(See Petroleum ether)		
Benzol	(See Benzene)		B, C
Bichloride of Mercury	(See Mercuric Chloride)		
Black Liquor	(See Liquor, Pulp Mill)		
Bleach Solutions	(See type)		
Blood			A, B
Boiler Feedwater	(See Water, Boiler Feed)		
Brine, Calcium Chloride	pH>8	CaCl <sub>2</sub>	C
Brine, Calcium Chloride	pH<8		A, 10, 11, 13, 14
Brine, Calcium & Magnesium Chlorides	Aqueous Sol.		A, 10, 11, 13, 14
Brine, Calcium & Sodium Chloride	Aqueous Sol.		A, 10, 11, 13, 14
Brine, Sodium Chloride	Under 3% Salt, Cold	NaCl	A, C, 13

표 2·6 ·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Brine, Sodium Chloride	Over 3% Salt, Cold		A, 8, 9, 10, 11, 13, 14
Brine, Sodium Chloride	Over 3% Salt, Hot		9, 10, 11, 12, 14
Brine, Sea Water			A, B, C
Butane		C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	B, C, 3
Calcium Bisulfite	Paper Mill	Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9, 10, 11
Calcium Chlorate	Aqueous Sol.	Ca(ClO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	10, 11, 12
Calcium Hypochlorite		Ca(OCl) <sub>2</sub>	C, 10, 11, 12
Calcium Magnesium Chloride	(See Brines)		
Cane Juice			A, B, 13
Carbon Bisulfide		CS <sub>2</sub>	C
Carbonate of Soda	(See Soda Ash)		
Carbon Tetrachloride	Anhydrous	CCl <sub>4</sub>	B, C
Carbon Tetrachloride	Plus Water		A, 8
Catsup			A, 8, 9, 10, 11
Caustic Potash	(See Potassium Hydroxide)		
Caustic Soda	(See Sodium Hydroxide)		
Cellulose Acetate			9, 10, 11
Chlorate of Lime	(See Calcium Chlorate)		
Chloride of Lime	(See Calcium Hypochlorite)		
Chlorine Water	(Depending on conc.)		9, 10, 11, 12
Chlorobenzene		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	A, B, 8
Chloroform		CHCl <sub>3</sub>	A, 8, 9, 10, 11, 14
Chrome Alum	Aqueous Sol.	CrK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·12H <sub>2</sub> O	10, 11, 12
Condensate	(See Water, Distilled)		
Copperas, Green	(See Ferrous Sulfate)		
Copper Ammonium Acetate	Aqueous Sol.		C, 8, 9, 10, 11
Copper Chloride (Cupric)	Aqueous Sol.	CuCl <sub>2</sub>	11, 12

## 2.4 펌프의 재료

표 2·6·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Copper Nitrate		$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	8, 9, 10, 11
Copper Sulfate, Blue Vitriol	Aqueous Sol.	$\text{CuSO}_4$	8, 9, 10, 11, 12
Creosote	(See Oil, Creosote)		
Cresol, Meta		$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$	C, 5
Cyanide	(See Sodium Cyanide and Potassium Cyanide)		
Cyanogen	In Water	$(\text{CN})_2$ Gas	C
Diphenyl		$\text{C}_6\text{H}_5$ . $\text{C}_6\text{H}_5$	C, 3
Enamel			C
Ethanol	(See Alcohols)		
Ethylene Chloride (di-chloride)	Cold	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	A, 8, 9, 10, 11, 14
Ferric Chloride	Aqueous Sol.	$\text{FeCl}_3$	11, 12
Ferric Sulphate	Aqueous Sol.	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	8, 9, 10, 11, 12
Ferrous Chloride	Cold, Aqueous	$\text{FeCl}_2$	11, 12
Ferrous Sulphate (Green Copperas)	Aqueous Sol.	$\text{FeSO}_4$	9, 10, 11, 12, 14
Formaldehyde		$\text{CH}_2\text{O}$	A, 8, 9, 10, 11
Fruit Juices			A, 8, 9, 10, 11, 14
Furfural		$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$	A, C, 8, 9, 10, 11
Gasoline			B, C
Glaubers Salt	(See Sodium Sulfate)		
Glucose			A, B
Glue	Hot		B, C
Glue Sizing			A
Glycerol (Glycerin)		$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	A, B, C
Green Liquor	(See Liquor, Pulp Mill)		
Heptane		$\text{C}_7\text{H}_{16}$	B, C
Hydrogen Peroxide	Aqueous Sol.	$\text{H}_2\text{O}_2$	8, 9, 10, 11
Hydrogen Sulfide	Aqueous Sol.	$\text{H}_2\text{S}$	8, 9, 10, 11

표 2·6 ·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Hydrosulfite of Soda	(See Sodium Hydrosulfite)		
Hyposulfite of Soda	(See Sodium Thiosulfate)		
Kaolin Slip	Suspension in Water		C, 3
Kaolin Slip	Suspension in Acid		10, 11, 12
Kerosene	(See Oil Kerosene)		
Lard	Hot		B, C
Lead Acetate (Sugar of Lead)	Aqueous Sol.	$Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$	9, 10, 11, 14
Lead	Molten		C, 3
Lime Water (Milk of Lime)		$Ca(OH)_2$	C
Liquor-Pulp Mill:Black			C, 3, 9, 10, 11, 12,
Liquor-Pulp Mill:Green			C, 3, 9, 10, 11, 12,
Liquor-Pulp Mill:White			C, 3, 9, 10, 11, 12,
Liquor-Pulp Mill:Pink			C, 3, 9, 10, 11, 12,
Liquor-Pulp Mill:Sulfite			9, 10, 11
Lithium Chloride	Aqueous Sol.	$LiCl$	C
Lye, Caustic	(See Potassium & Sodium Hydroxide)		
Magnesium Chloride	Aqueous Sol.	$MgCl_2$	10, 11, 12
Magnesium Sulfate (Epsom Salts)	Aqueous Sol.	$MgSO_4$	C, 8, 9, 10, 11
Manganese Chloride	Aqueous Sol.	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	A, 8, 9, 10, 11, 12
Manganous Sulfate	Aqueous Sol.	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	A, C, 8, 9, 10, 11
Mash			A, B, 8
Mercuric Chloride	Very Dilute Aqueous Sol.	$HgCl_2$	9, 10, 11, 12
Mercuric Chloride	Coml. Conc. Aqueous Sol.	$HgCl_2$	11, 12
Mercuric Sulfate	In Sulfuric Acid	$HgSO_4 + H_2SO_4$	10, 11, 12
Mercurous Sulfate	In Sulfuric Acid	$Hg_2SO_4 + H_2SO_4$	10, 11, 12
Methyl Chloride		$CH_3Cl$	C
Methylene Chloride		$CH_2Cl_2$	C, 8

표 2·6·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Milk			8
Milk of Lime	(See Lime Water)		
Mine Water	(See Acid, Mine Water)		
Miscella	(20% Soyabean Oil & Solvent)		C
Molasses			A, B
Mustard			A, 8, 9, 10, 11, 12
Naphtha			B, C
Naphtha, Crude			B, C
Nicotine Sulfate		$(C_{10}H_{14}N_2)_2H_2SO_4$	10, 11, 12, 14
Nitre	(See Potassium Nitrate)		
Nitre Cake	(See Sodium Bisulphate)		
Nitro Ethane		$C_2H_5NO_2$	B, C
Nitro Methane		$CH_3NO_2$	B, C
Oil, Coal Tar			B, C, 8, 9, 10, 11
Oil, Coconut			A, B, C, 8, 9, 10, 11, 14
Oil, Creosote			B, C
Oil, Crude	Cold		B, C
Oil, Crude	Hot		3
Oil, Essential			A, B, C
Oil, Fuel			B, C
Oil, Kerosene			B, C
Oil, Linseed			A, B, C, 8, 9, 10, 11, 14
Oil, Lubricating			B, C
Oil, Mineral			B, C
Oil, Olive			B, C
Oil, Palm			A, B, C, 8, 9, 10, 11, 14
Oil, Quenching			B, C

표 2·6 ·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Oil, Rapeseed			A, 8, 9, 10, 11, 14
Oil, Soya Bean			A, B, C, 8, 9, 10, 11, 14
Oil, Turpentine			B, C
Paraffin	Hot		B, C
Perhydrol	(See Hydrogen Peroxide)		
Peroxide of Hydrogen	(See Hydrogen Peroxide)		
Petroleum Ether			B, C
Phenol		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	
Pink Liquor	(See Liquor, Pulp Mill)		
Photographic Developers			8, 9, 10, 11
Plating Solutions	(Varied and complicate, consult pump mfgs.)		
Potash	Plant Liquor		A, 8, 9, 10, 11, 13, 14
Potash Alum	Aqueous Sol.	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·24H <sub>2</sub> O	A, 9, 10, 11, 12, 13,
Potassium Bichromate	Aqueous Sol.	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	C
Potassium Carbonate	Aqueous Sol.	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	C
Potassium Chlorate	Aqueous Sol.	KClO <sub>3</sub>	8, 9, 10, 11, 12
Potassium Chloride	Aqueous Sol.	KCl	A, 8, 9, 10, 11, 14
Potassium Cyanide	Aqueous Sol.	KCN	C
Potassium Hydroxide	Aqueous Sol.	KOH	C, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14,
Potassium Nitrate	Aqueous Sol.	KNO <sub>3</sub>	C, 5, 8, 9, 10, 11
Potassium Sulfate	Aqueous Sol.	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	A, 8, 9, 10, 11
Propane		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	B, C, 3
Pyridine		C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	C
Pyridine Sulfate			10, 12
Rhidolene			B
Rosin (Colophony)	Paper Mill		C
Sal Ammoniac	(See Ammonium Chloride)		

표 2·6·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Salt Lake	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{impurities}$	A, 8, 9, 10, 11, 12
Salt Water	(See Brines)		
Sea Water	(See Brines)		
Sewage			A, B, C
Shellac			A
Silver Nitrate	Aqueous Sol.	$\text{AgNO}_3$	8, 9, 10, 11, 12
Slop, Brewery			A, B, C
Slop, Distillers			A, 8, 9, 10, 11
Soap Liquor			C
Soda Ash	Cold	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	C
Soda Ash	Hot		8, 9, 10, 11, 13, 14
Sodium Bicarbonate	Aqueous Sol.	$\text{NaHCO}_3$	C, 8, 9, 10, 11, 13
Sodium Bisulfate	Aqueous Sol.	$\text{NaHSO}_4$	10, 11, 12
Sodium Carbonate	(See Soda Ash)		
Sodium Chlorate	Aqueous Sol.	$\text{NaClO}_3$	8, 9, 10, 11, 12
Sodium Chloride	(See Brines)		
Sodium Cyanide	Aqueous Sol.	$\text{NaCN}$	C
Sodium Hydroxide	Aqueous Sol.	$\text{NaOH}$	C, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14,
Sodium Hydrosulfite	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8, 9, 10, 11
Sodium Hypochlorite		$\text{NaOCl}$	10, 11, 12
Sodium Hyposulfite	(See Sodium Thiosulfate)		
Sodium Meta Silicate			C
Sodium Nitrate	Aqueous Sol.	$\text{NaNO}_3$	C, 5, 8, 9, 10, 11
Sodium Phosphate: Monobasic	Aqueous Sol.	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	A, 8, 9, 10, 11
Sodium Phosphate: Dibasic	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	A, C, 8, 9, 10, 11
Sodium Phosphate: Tribasic	Aqueous Sol.	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	C
Sodium Phosphate: Meta	Aqueous Sol.	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	A, 8, 9, 10, 11



표 2·6 ·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Sodium Phosphate: Hexameta	Aqueous Sol.	$(\text{NaPO}_3)_6$	8, 9, 10, 11
Sodium Plumbite	Aqueous Sol.		C
Sodium Sulfate	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	A, 8, 9, 10, 11
Sodium Sulfide	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{S}$	C, 8, 9, 10, 11
Sodium Sulfite	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	A, 8, 9, 10, 11
Sodium Thiosulfate	Aqueous Sol.	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	8, 9, 10, 11
Stannic Chloride	Aqueous Sol.	$\text{SnCl}_4$	11, 12
Stannous Chloride	Aqueous Sol.	$\text{SnCl}_2$	11, 12
Starch		$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$	A, B
Strontium Nitrate	Aqueous Sol.	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	C, 8
Sugar	Aqueous Sol.		A, 8, 9, 10, 11, 13
Sulfite Liquor	(See Liquor, Pulp Mill)		
Sulfur	In Water	S	A, C, 8, 9, 10, 11
Sulfur	Molten	S	C
Sulfur Chloride	Cold	$\text{S}_2\text{Cl}_2$	C
Syrup	(See Sugar)		
Tallow	Hot		C
Tanning Liquors			A, 8, 9, 10, 11, 12, 14
Tar	Hot		C, 3
Tar & Ammonia	In Water		C
Tetrachloride of Tin	(See Stannic Chloride)		
Tetraethyl Lead		$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	B, C
Toluene(Toluol)		$\text{C}_7\text{H}_8$	B, C
Trichloroethylene		$\text{C}_2\text{HCl}_3$	A, B, C, 8
Urine			A, 8, 9, 10, 11
Varnish			A, B, C, 8, 14
Vegetable Juices			A, 8, 9, 10, 11, 14

표 2·6·1 (Continued) Materials of Construction for Pumping Various Liquids

Liquid	Condition of Liquid	Chemical Symbol	Material Selection
Vinegar			A, 8, 9, 10, 11, 12
Vitriol, Blue	(See Copper Sulfate)		
Vitriol, Green	(See Ferrous Sulfate)		
Vitriol, Oil of	(See Acid, Sulfuric)		
Vitriol, White	(See Zinc Sulfate)		
Water, Boiler Feed	Not Evaporated pH>8.5		C
High Makeup	Not Evaporated pH<8.5		B
Low Makeup	Evaporated, any pH		4, 5, 8, 14
Water, Distilled	High Purity		A, 8
Water, Distilled	Condensate		A, B
Water, Fresh			B
Water, Mine	(See Acid, Mine Water)		
Water, Salt & Sea	(See Brines)		
Whiskey			A, 8
White Liquor	(See Liquor, Pulp Mill)		
White Water	Paper Mill		A, B, C
Wine			A, 8
Wood Pulp(Stock)			A, B, C
Wood Vinegar	(See Acid Pyroligneous)		
Word	(See Beer Wort)		
Xylol(Xylene)		C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	B, C, 8, 9, 10, 11
Yeast			A, B
Zinc Chloride	Aqueous Sol.	ZnCl <sub>2</sub>	9, 10, 11, 12
Zinc Sulfate	Aqueous Sol.	ZnSO <sub>4</sub>	A, 9, 10, 11

## 2.5 펌프의 운전

### 2.5.1 펌프의 기동

#### 2.5.1.1. 기동토크

펌프를 기동할때는 펌프의 부하토크보다도 원동기의 가속토크가 크게 되지 않으면 전속까지 가속시키는 것이 불가능하다. 따라서 전속까지 가속할 수 있는지를 체크하기 위해서는 원동기의 발생토크에 대한 펌프의 부하토크의 특성을 파악하지 않으면 안된다.

펌프의 부하토크는 그림 2·29와 같이 회전수의 2승에 비례해서 증가하지만 돌기 시작할때는 정지마찰에 이겨 내는 토크를 요한다. 이 정지마찰 토크는 베어링, 축 봉합부의 마찰저항에 의한 것이고, 정규모전토크의 10~30%에 상당하는 상당히 큰 값이다. 이 값은 고속고양정 펌프는 작고, 저속저양정 펌프는 크게된다.

펌프의 부하토크

$$T_p = T_w + T_f \quad T_w = 974 \frac{L}{N}$$

$T_p$ : 부하토크 (kgf · m)       $T_f$ : 마찰토크 (kgf · m)  
 $T_w$ : 수력토크 (kgf · m)       $L$ : 축동력(kW)  
     $N$ : 회전수(min<sup>-1</sup>)

회전중의 구름 마찰토크  $T_f$ 는 수력토크  $T_w$ 에 비하면 무시할수 있을 정도로 작기 때문에 통상 최초회전을 제외해서 부하토크  $T_p$ 를 다음식으로 나타낸다.

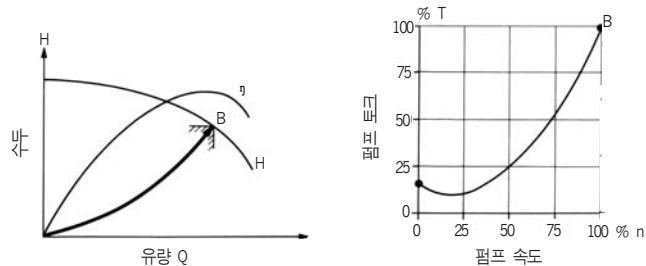


그림2·29 정압은 없으며 토출밸브를 개방하였을 때의 기능

#### 2.5.1.2 토출밸브개방 및 파이프라인이 드레인된 상태에서의 기동

비속도가 큰 경우의 펌프는 대부분 파이프라인이 드레인 된 상태에서 기동된다. 만일 유량의 급격한 증가로 인한 캐비테이션의 방지를 하여야 한다면, 토출 밸브를 교축시킴으로써 가능한 빨리 토출압을 형성시켜야 한다. 이 경우, 상당량의 토출량을 바이패스시켜 바이패스라인을 채우고 저항에 의해 압을 형성시켜 기동하는 방법 또한 가능하다.

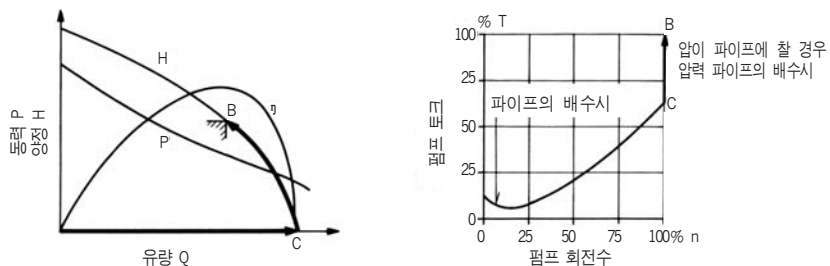


그림2·30 토출측 밸브의 개방 및 파이프라인 배수시

### 2.5.1.3 토출밸브 폐쇄기동

토출밸브를 폐쇄하여 원심펌프를 기동하였을 경우를 그림2·31에 나타내었다. 양정이 비교적 높은 비율로서 펌프가 기동되는 경우에, 펌프 내부에서 기포가 발생하지 않도록 밸브를 열어 미니멈 플로 상태에서 기동하여야 한다. 이 방법은 밸브를 폐쇄한 상태에서의 소요동력과 토크가 운전점에서 보다 작은 경우에 한하여 적용가능하다.

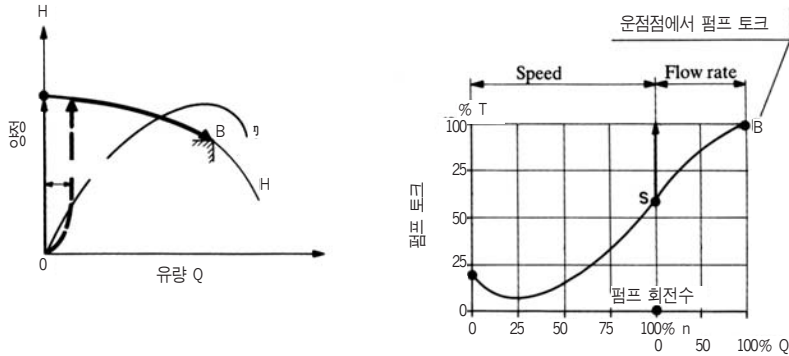


그림2·31 밸브폐쇄 기동

### 2.5.1.4 토출밸브 반개기동 (그림2·32)

사류펌프에서도 체절축동력이 규정의 운전점의 축동력보다 약간 높은 정도에서 원동기 출력에 여유가 있다면 토출밸브를 닫아 기동한다. 이 경우의 기동토크는 그림 2·32 와 같이 A→B→C→D로 상승하고, Valve를 열어 G→H로 도달한다. 전양정도 이것에 대응하여 좌하의 원점으로부터 H→I로 상승하여 밸브를 열어 J→K→H로 저하한다. 원동기의 출력에 여유가 없다면 토출밸브를 조금열어 기동한다. 토출밸브가 반개일때는 가속중의 양정이 관로의 실양정과 같은 양정(H점)에 도달할 때 까지는 체절 운전이지만, H점으로부터 송수가 시작된다. 전양정의 H점에 대응하는 가속중의 토크는 C점이다.

그림의 우측의 0-R은 토출밸브가 반개일때의 관로의 시스템커브를 나타낸다. 0-R은 동일한 밸브전개일때의 시스템 커브이다. 밸브가 반개일때의 펌프의 운전점은 K점, 토크는 G점이다. 따라서 송수를 개시하고부터 전속까지의 토크는 C점으로부터 G점에 대응하는 E점까지의 곡선을 찾는 것이다.

그림의 우측의 토크곡선은 C점에 대응하는 F점으로부터 G→H로 이동해간다. 양정도 동일하게 L→K→H로 이행해 간다.

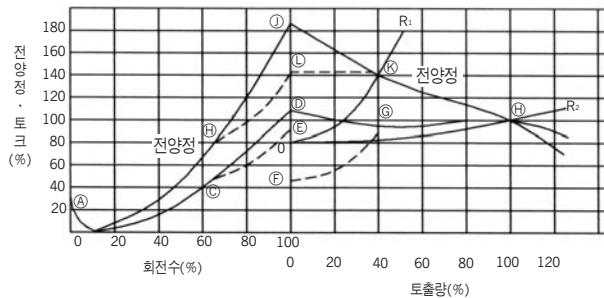


그림2·32 밸브반개기동의 기동 토크곡선 (사류펌프의 예)

### 2.5.1.5 축류펌프의 기동 (그림2·33)

축류펌프는 앞서도 서술했듯이 통상토출밸브를 설치하지 않기 때문에, 가속중의 양정이 관로의 실양정을 상회하는속도에 도달한 부분으로부터는 사류펌프의 밸브반개의 시동특성과 동일하다. 가속중의 토크는 C로부터 D로 양정은 H로부터 D에 도달한다. 관로의 시스템 커브가 밸브전개의 0-R<sub>2</sub> 만큼되기 때문에 그림의 좌측의 송수중의 토크는 C점에 대응하는 E로부터 G로 상승하고 양정은 H에 대응하는 F로부터 시스템커브에 더해서 G까지 상승한다.

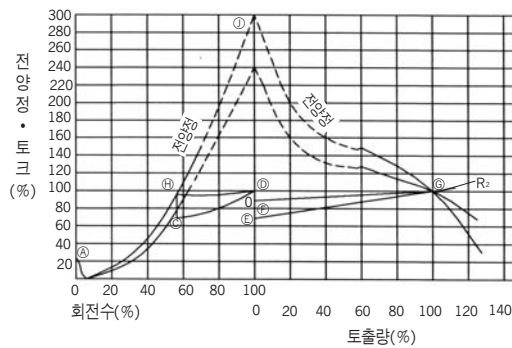


그림2·33 축류펌프의 기동토크 곡선

## 2.5.2 시스템 계통도에 의한 펌프의 운전점 결정

### 2.5.2.1 일반적인 펌핑 조건에서의 운전점 결정 (그림2·34)

펌프의 운전점은, 토출량을 횡축, 수두를 종축으로 한 좌표위에 펌프의 양정곡선과 관로의 저항곡선의 교점으로 구해진다. 관로의 저항곡선은 흡수조 수면으로 부터 토출조수면 까지의 고저차, 즉, 실양정과 송수관계의 손실수두의 합으로서 구해진다.

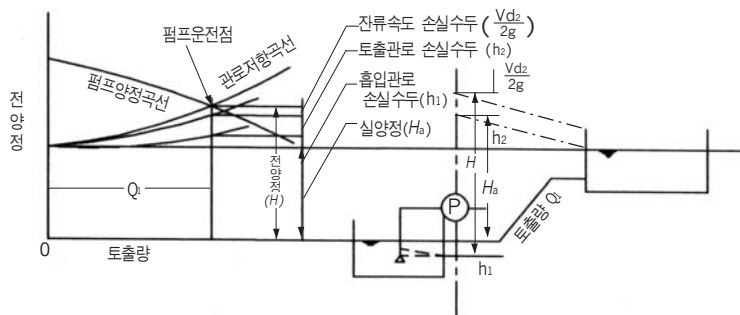


그림2·34 일반적인 펌핑 조건에서의 운전점 결정

### 2.5.2.2 실양정이 변화하는 경우 (그림2·35)

실양정(토출수위- 흡입수위)의 변화와 밀폐탱크 송수시의 탱크내 압력이 변화하는 경우 관로저항곡선  $R$ 은 상하로 평행이동하여  $R_1$  또는  $R_2$ 로 되고, 운전점은  $A_1$  또는  $A_2$ 로 된다

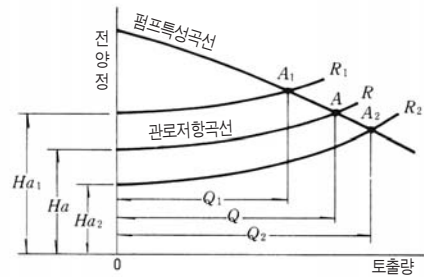


그림2·35 실양정이 변하는 경우

### 2.5.2.3 관로저항의 변화 (그림2·36)

경년변화등에 의해 관로저항이  $R$ 로부터  $R+r$ 로 증가한 경우, 운전점은  $A$ 로 부터  $A_r$ 로 변화하고, 토출량은 감소한다.

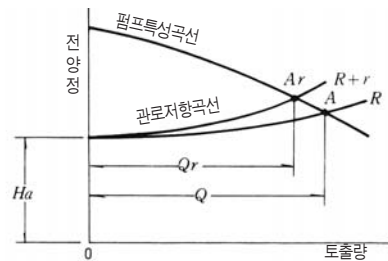


그림2·36 관로저항이 변하는 경우

### 2.5.2.4 저항이 다른 직렬관로 (그림2·37)

관로 $R_1$ 의 관로저항곡선과 관로 $R_2$ 의 관로저항곡선을 동일 토출량점으로 합성한 직렬 합성관로저항곡선  $R$ 과 펌프 양정곡선과의 교점  $A$ 가 운전점으로 되고, 그때의 관로손실은  $H_1 + H_2$ 로 된다.

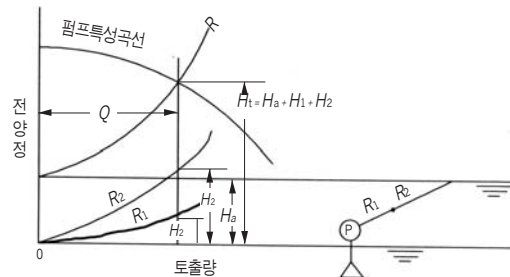


그림2·37 저항이 다른 직렬관로의 경우

### 2.5.2.5 저항이 다른 분기관로 (그림2·38)

관로 $R_1$ 의 관로저항곡선과 관로 $R_2$ 의 관로저항곡선을 동일 양정점으로 가산한 병렬합성관로저항곡선  $R$ 과 펌프 양정곡선과의 교점  $A$ 가 운전점으로 되고, 그때의 관로 $R_1$ 과 $R_2$ 의 유량은  $Q_1$ 과  $Q_2$ 로 된다.

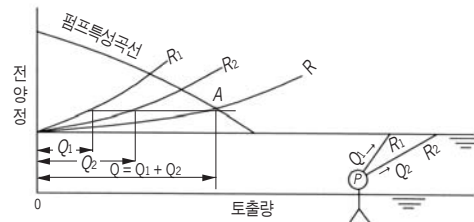


그림2·38 저항이 다른 분기관로의 경우

### 2.5.2.6 실양정, 저항이 다른 분기관로 (그림2·39)

관로  $R_1$ 과  $R_2$ 의 관로저항곡선은 각각의 실양정  $H_1$ 과  $H_2$ 의 점에 의해 묘사되고, 동일양정점으로 가산한 병렬합성관로 저항곡선  $R$ 과 펌프 양정곡선과의 교점  $A$ 가 운전점으로 된다.

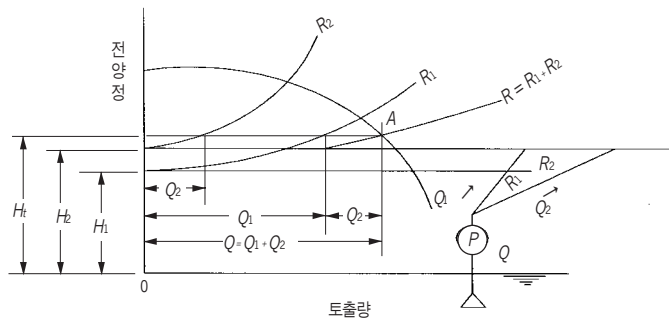


그림2·39 실양정, 저항이 다른 분기관로의 경우

### 2.5.2.7 실양정, 저항이 다른 관로도중으로 부터의 분기관로 (그림2·40)

관로  $R_1$ 과  $R_2$ 의 병렬합성관로 저항곡선  $R_1 + R_2$ 를 먼저 구한다. 다음에  $R_1 + R_2$ 와  $R_3$ 의 직렬합성관로저항  $R$ 을 구하고, 펌프 양정곡선과의 교점  $A$ 가 운전점으로 된다.

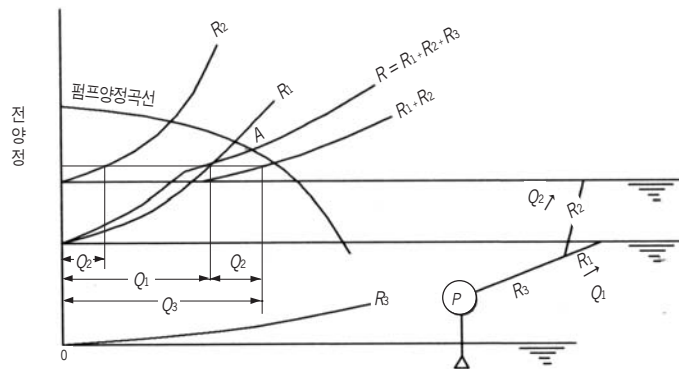


그림2·40 실양정, 저항이 다른 관로도중으로 부터의 분기관로

### 2.5.2.8 동일성능 펌프의 병렬운전 (그림2·41)

병렬운전에서의 펌프 특성곡선의 합성은 토출량의 방향에 특성을 가산하는 것으로 구해진다.

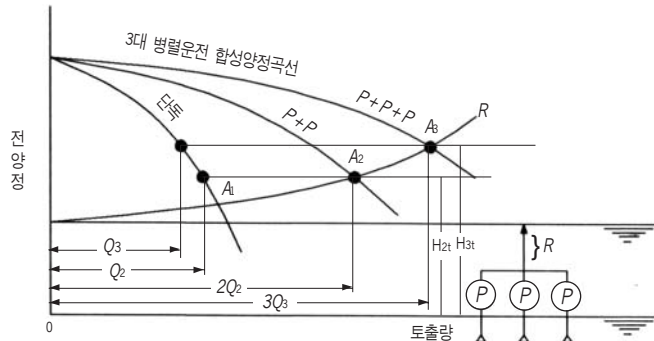


그림2·41 동일성능 펌프의 병렬운전

### 2.5.2.9 다른성능 펌프의 병렬운전 (그림2·42)

펌프 특성곡선의 합성은 동일성능의 병렬운전과 같은 영역이지만, 주의할점으로서 관로저항이 큰  $R_2$ 의 경우 작은 펌프  $P_2$ 은 역지변이 있을때는 체절운전으로 되지만, 역지변이 없을때는 역류상태로 된다.

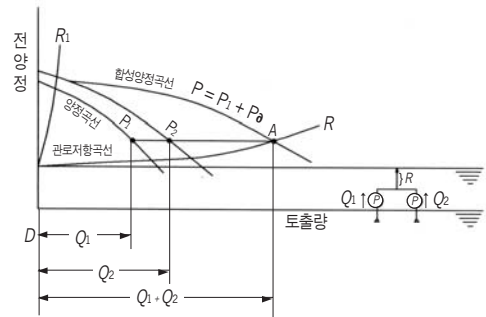


그림2·42 다른성능 펌프의 병렬운전

### 2.5.2.10 동일성능 펌프의 직렬운전 (그림2·43)

직렬운전에서의 펌프 특성곡선의 합성은, 양정의 방향에 특성을 가산하는 것으로 구해진다.

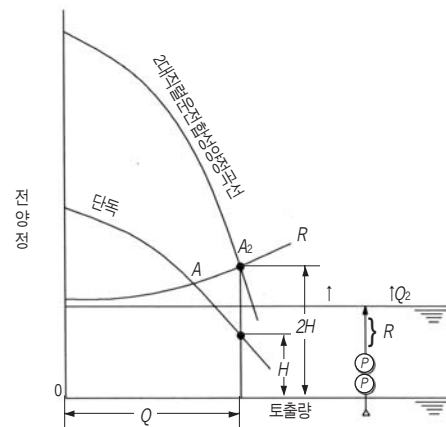


그림2·43 동일성능 펌프의 직렬운전



### 2.5.2.11 다른성능 펌프의 직렬운전 (그림2·44)

펌프 특성곡선의 합성은 동일성능의 직렬운전과 같은 요령이고, 운전점은 A점으로 된다.  $P_1$ 과  $P_2$ 의 운전점은  $a_1$ 과  $a_2$ 로 된다.

주의할 점으로서 운전점이 K점보다 아래에 있도록 하는 관로저항  $R_0$ 에는 사용하지 않는다.

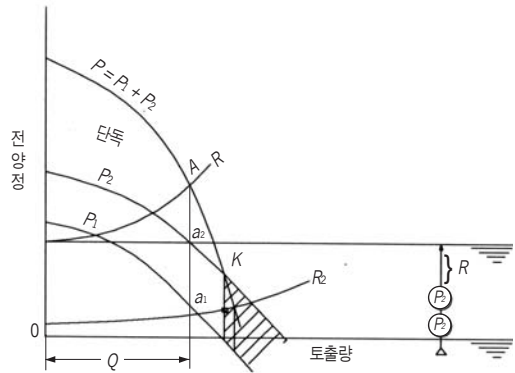


그림2·44 다른성능 펌프의 직렬운전

## 2.5.3 펌프의 제어방법

### 2.5.3.1 밸브제어

밸브제어의 경우, 밸브의 형식, 구경을 도출량의 제어범위에 대해서 적정하게 선정하는 것이 중요하다. 장점으로 는 조작이 간편하고 설비비가 싸다. 단점으로는 동력비가 비경제적이고, 밸브의 진동 소음, 특히 하류측 압력이 낮으면 캐비테이션의 염려가 있다. 전양정에 비해 관로 손실이 작은 경우에 적합하며, 소형, 중형 펌프의 일반적인 토출량 제어법이다.

### 2.5.3.2 회전수 제어

양정의 변동 범위가 큰 경우 적합하며, 장점으로는 동일 펌프를 사용하여 회전수를 변경함으로써 각각 다른 필요 사양점에 적합한 운전을 할 수 있으며, 동력비가 절감된다. 단점으로는 설비비가 다소 높게 되고, 관련기기의 스페이스가 다소 증가한다.

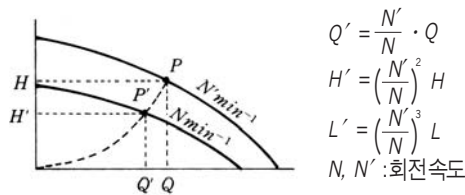


그림2·45 회전수 제어에 의한 제어

이때 주의하여야 할 점은 펌프의 양정곡선과 관로저항곡선이 수평에 가까운 경우 속도의 증감에 민감하게 유량이 변하므로 제어가 어렵다.

### 2.5.3.3 축류 펌프의 베인 각도 변경에 의한 제어

축류의 경우 임펠러의 베인 각도를 조정하여 유량 양정 곡선을 변화시킬 수 있다. 특히 넓은 범위 영역에 있어서 높은 효율로 사용할 수 있으며 축동력이 일정한 운전도 가능하다. 그러나 베인의 조작을 위한 조작기구가 필요하고, 설계시에 다소 제약이 생긴다.

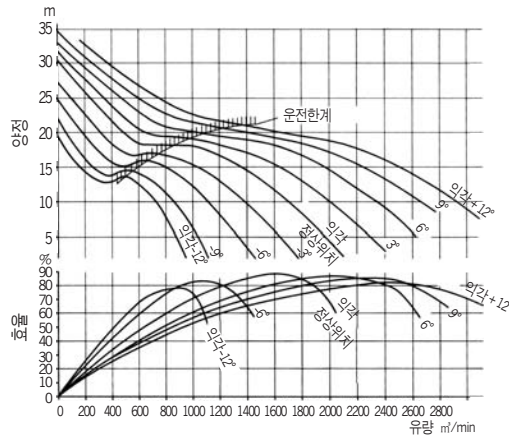


그림2·46 익각조정에 따른 특성

### 2.5.3.4 바이패스에 의한 제어

소요 유량이 급격히 변화하여 체절 운전 또는 그에 가까운 지점에서 운전이 예상되는 경우, 온도상승, 임펠러 입구부의 부분적 역류에 의한 가진력으로 진동 및 소음이 발생할 수 있으며 이를 방지하기 위해 유량의 일부를 바이패스 시키는 방법이 있다. 펌프를 정지하지 않고 미소 토출량으로 펌프를 보호할 수 있으나 바이패스 배관 등의 설비가 필요하고, 바이패스 유량만큼의 동력 손실을 초래한다.

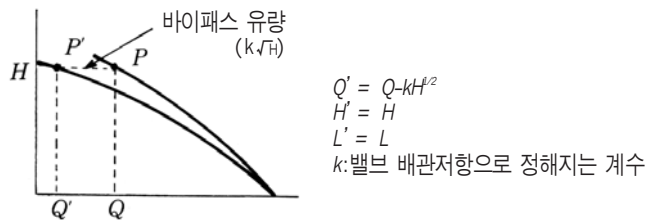


그림2·47 바이패스에 의한 운전제어

### 2.5.3.5 임펠러의 외경 변경에 의한 제어

배관의 노화 등에 의한 배관저항이 증가하는 임펠러의 외경을 증가시킴으로써 소요유량에 대응하여 운전이 가능한 경우가 있다. 또한 장기간 동안 소요유량을 변경하여 사용하여야 할 경우 소요 수량에 적합한 임펠러를 보유하여 적절시기에 교체 사용함으로써 대응할 수 있다. 단 이때 임펠러의 교체를 위한 분해 조립이 필요하다.

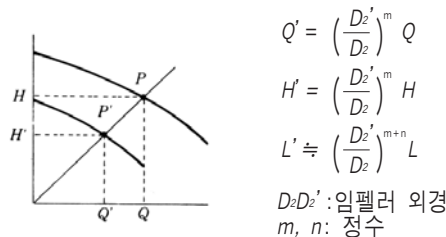


그림2·48 임펠러의 외경 변경에 의한 제어

## 2.5.4 펌프의 흡입성능

펌프를 수면보다 높게 설치하여 물을 흡상할수 있는 것은, 수면에 대기압이 작용해서 수면을 누르고 있기 때문이다. 이 압력은 수주로 약 10m에 상당한다. 따라서 어떤 우수한 흡입성능을 가진 펌프를 이용해도 대기압하에서는 흡상 높이를 10m이상 (물의 경우) 으로 할수 없다. 실제로는 흡입 배관중의 마찰손실과 속도헤드에 의해, 이 압력이 일부 사용되기 때문에 10m를 흡상할 수 없다. 이 높이 이상으로 물을 흡상하면, 펌프는 캐비테이션(Cavitation)이 발생하여 각종 장애를 생기게 한다.

### 2.5.4.1 캐비테이션

캐비테이션은 흐르는 액체중에서 기화에 의해 공동(cavity)이 발생하는 현상으로 펌프 임펠러의 입구부에서 국부적으로 정압이 양액의 포화증기압까지 내려가서, 증기의 미세한 기포가 다수 발생하는 비등현상이다.

발생초기 (초생)의 캐비테이션은 거의 해가 없다. 그러나 흡입압이 낮게되어 캐비테이션이 발달하면, 기포가 임펠러 유로를 쓸모없게 해서 효율과 전양정이 저하하고 마지막에는 전양정이 급저하 해서 양수불능으로 된다. 또한 기포가 발생해서는 압에 의해 파괴되기 때문에 펌프에 소음과 진동이 생긴다. 이 상태에서 장시간 운전하면 기포의 소멸시에 발생하는 충격압에 의해 임펠러와 케이싱의 표면이 손상을 받는다.

이러한 캐비테이션은 펌프에 대해 유해한 현상으로 발생하지 않도록 충분히 검토하지 않으면 안된다.

### 2.5.4.2 NPSH(Net Positive Suction Head, 유효흡입수두)

NPSH는 Net Positive Suction Head의 약자로 펌프의 흡입 압력이 캐비테이션에 대해서 안전한지를 검토하는데 일반적으로 이용된다.

Net는 「정미의」 즉 「포화증기압을 공제한」이라는 의미이며, Positive는 「정의」 즉 「절대압으로 나타내어진」이라고 하는 의미이다.

NPSH에는 펌프 설비상 이용가능하다고 하는 의미로서, Available NPSH( $h_{sv}$ )와, 펌프가 필요로 한다고 하는 의미로서 Required NPSH( $H_{rs}$ )가 있다.

#### (1) Available NPSH (유효흡입헤드)

Available NPSH는 임펠러의 깃지전의 기준면 위에서, 액체가 가진 전압 (절대압)이 그 액체의 그 온도에서 포화증기압 (절대압)보다 얼마 높은가를 헤드 (수두)의 형태로 나타낸 것이다.

일반적으로는 다음식으로 표시된다.

$$NPSH_{av} = h_{sv} = \frac{P_s}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_{s-\zeta} - \frac{V_s^2}{2g}$$

여기서

$h_{sv}$ : 유효흡입 수두(m)

$P_s$ : 흡입면에 작용하는 압력(kgf/m<sup>2</sup> · abs)

$P_v$ : 사용온도에서 액체의 절대 포화증기압 (kgf/m<sup>2</sup> · abs)

$\gamma$ : 사용온도에서 액체의 단위 체적당 중량(kgf/m<sup>3</sup>)

여기서 흡상일 경우 (－)

압입일 경우 (+)를 사용

$\zeta \frac{V_s^2}{2g}$ : 흡입배관에서 총손실 헤드(m)

주)여기서 말하는 기준면은 토출헤드, 흡입헤드등을 계산할때, 위치헤드의 기준으로 되는 수평면으로, 이것은 임펠러의 깃입구외주단을 통과하는 원의 중심점을 포함하는 수평면으로서 규정되어 있다. 더구나 다단펌프의 경우는 일단짜의 임펠러로하고, 입축양흡입형의 경우는 위쪽의 임펠러로 한다. (그림2·49)

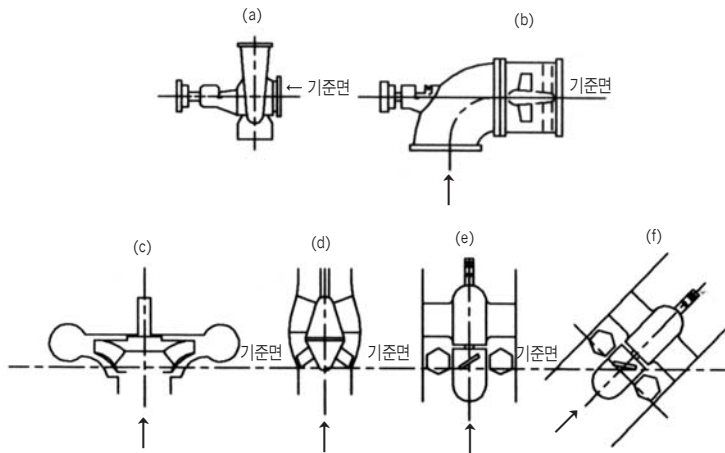


그림2·49 펌프의 기준면

1) 흡입수면에 대기압이 작용하고 있는 경우 통상의 펌프는 거의 이것에 해당한다.

$$h_{sv} = H_a - H_v + h_s - \xi \frac{V_s^2}{2g}$$

$H_a$ : 대기압 (m)(주1)

$H_v$ : 양액의 포화증기압력(m)(주2)

$h_s$ : 흡입실양정(m)

펌프기준면이 흡입수면보다 위에 있는 경우는 (-),

펌프기준면이 흡입수면보다 아래에 있는 경우는 (+)

$\xi \frac{V_s^2}{2g}$ : 흡입관의 손실수두 (m)

실제로 운전하고 있는 경우는, 펌프의 흡입구에 취부한 압력계의 읽음으로부터 다음식에 의해  $h_{sv}$ 를 구할수 있다.

$$h_{sv} = h_{sg} + h_g + V_s^2/2g + H_a - H_v$$

여기서

$h_{sg}$ : 압력계의 읽음 (m)

부압일때 (-), 정압일때 (+)

$h_g$ : 압력계의 경우, 압력계로부터 임펠러 입구의 기준면까지의 측정고차(m)

압력계의 방향이 입구 기준면보다도 높은 경우(+),

압력계의 방향이 입구 기준면보다도 낮은 경우(-),

진공계의 경우, 측정공으로부터 임펠러 입구의 기준면까지의 고차(m)

측정공의 방향이 높은 경우(+),

측정공의 방향이 낮은 경우(-),

$V_s$ : 흡입구의 계기 취부부유속 (m/s)

$H_a$ : 대기압 (m)

$H_v$ : 양액의 포화증기압력(mAq)

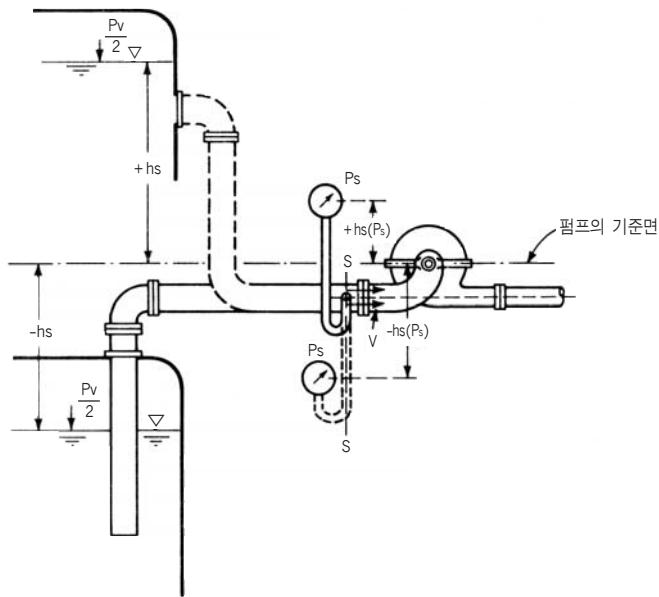


그림2·50 횡축펌프의 NPSHav

입축펌프의 경우, 임펠러가 수면하에 잠겨있고, 흡입관의 손실수두  $h_l \approx 0$  인 경우에는

$$h_{sv} = H_a - H_v + h_s$$

$h_s$ : 흡입수면에서 임펠러 입구의 기준면까지의 깊이(m)

2) 흡수조가 밀폐 흡입수면에 압력이 작용하고 있는 경우 (그림2·50)

화학플랜트와 발전소내에서 종종 볼 수 있는 펌프흡입측에 압력탱크를 설치한 경우에 상당한다.

$$h_{sv} = (P_a - P_v) / \gamma + h_s - h_l$$

$P_a$ : 흡입수면에 걸리는 압력 ( $\text{kgf}/\text{m}^2 \cdot \text{abs}$ )

$P_v$ : 양액의 포화증기압력 ( $\text{kgf}/\text{m}^2 \cdot \text{abs}$ )

$\gamma$ : 양액의 비중량 (밀도) ( $\text{kgf}/\text{m}^3$ )

$h_s$ : 흡입실양정 (m)

펌프기준면이 흡입수면보다 위에 있는 경우는 (-),

펌프 기준면이 흡입수면보다 아래에 있는 경우는 (+)

$h_l$ : 흡입관의 손실 수두 (m)

더구나, 흡수조안이 그액의 포화증기압과 같은 경우는  $P_a = P_v$  등으로

Available NPSH =  $h_s - h_l$  으로 된다.

(주1) 고도와 대기압 (표2·7)

펌프가 높은 위치에 거치되어 있을 때에는 공기가 희박하게 되기 때문에 대기압값이 감소한다.

$$\text{대기압: } H_a(\text{mAq}) = 10.33(1 - 2.257 \times 10^{-5}h)^{5.526}$$

$h$ : 고도 (m)

(주2) 물의 포화증기압력 (표2·8)

## 2.5 펌프의 운전

표2·7 고도와 대기압

고도 (m)	0	100	200	300	400	500	600	800	1000
대기압 (mAq)	10.33	10.21	10.09	9.97	9.85	9.73	9.62	9.39	9.16

표2·8 물의 포화증기압력

수온 (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
포화증기압 (mAq)	0.238	0.433	0.752	1.26	2.03	3.18	4.83	7.15	10.33

### (2) Required NPSH(필요유효흡입 헤드)

Required NPSH 으로는 펌프의 어느 운전상태에서 캐비테이션이 생기지 않도록 하기위해 펌프로서 필요한 유효흡입 헤드이다. 더욱이 동일 pump에서도 회전수, 토출량 등의 운전상태에 의해서도 변화한다.

앞서 서술하였듯이 캐비테이션의 정도가 발달하면 전양정이 급저하하여 양수불능으로 된다. 펌프의 시험규격 KS B 6301에서는 「전양정이 정상운전시의 그것에 대해 3%저하했을때의 NPSH의 값을 가지고, 그 토출량에 있어 필요 NPSH(Req. NPSH)로 본다」라고 정의하고 있다.

펌프의 설비계획을 행할때 Required NPSH ( $H_{sv}$ )의 계산에 많이 이용되는 식은 아래의 2가지이다.

#### 1) 토마의 캐비테이션 계수에 의한 방법

유효흡입헤드를 임펠러의 최고효율점에서의 헤드로 나누어 무차원수로 나타낸 것이 토마의 캐비테이션 계수  $\sigma$  이다. 토마는 이를 실험적으로 유도하였으며

$$\sigma = \frac{H_{sv}}{H} \text{ 이다.}$$

여기서  $\sigma$  : 토마의 캐비테이션 계수

H: 펌프의 총양정 (m) 단, 다단펌프의 경우 1단에 대하여서만 고려한다.

$H_{sv}$  : 임펠러 중심을 기준으로 한 유효흡입 수두

※ 양흡입 펌프의 경우  $N_s$ 와 S를 계산할 때 총 유량의 절반을 사용한다.

토마의 캐비테이션 계수는 비속도를  $N_s$ 로하면  $N_s^{3/4}$ 에 비례하고, 일반적으로 그림2·51과 같은 관계로 된다. 이 그림에서  $N_s$ 로부터  $\sigma$  값을 구하고 위식에서  $H_{sv}$ 를 알수 있다.

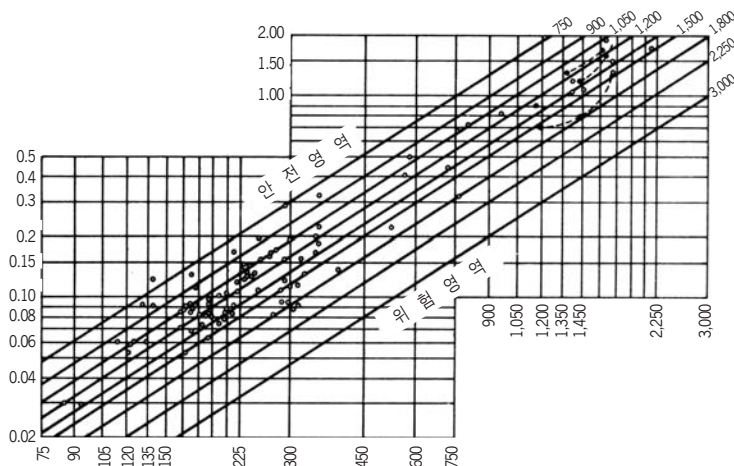


그림2·51  $N_s$ 에 따른 캐비테이션 한계

## 2) 흡입속도 S

「임펠러 입구 부근의 형상이 상사이고, 물의 유입상태도 상사로 되게 되면 임펠러의 외경치수와 펌프양정이 다르게 되어도 캐비테이션의 발생점은 동일하다」라고 하는 생각으로부터 유도되어진 것으로 다음식으로 표현된다.

$$S = N \cdot Q^{1/2} / H_{sv}^{3/4}$$

여기서 Q: 펌프트출량 (m<sup>3</sup>/min)

양흡입의 경우는 Q/2로 한다.

N: 펌프회전수 (min<sup>-1</sup>)

H<sub>sv</sub>: Required NPSH (m)

더욱이 토마의 캐비테이션 계수 **6** 와 S 간에는 다음의 관계가 성립한다.

$$6 = (N_s/S)^{4/3}$$

펌프의 최고효율점의 유량에서 캐비테이션을 일으키는 한계의 S 값 (3% 양정저하점)은 일반적으로 펌프의 형식에 관계없이 거의 일정이고

N<sub>s</sub>가 작은 범위 (N<sub>s</sub> ≤ 약 1,000) S = 1,500

N<sub>s</sub>가 큰 범위 (N<sub>s</sub> > 약 1,000) S = 1,200 이다.

토마의 캐비테이션 계수 **6** 와 흡입속도 S는, 펌프의 최고 효율점에서 Req. NPSH H<sub>sv</sub>를 추정하기 위해 편리하다. 실제의 펌프가 설치현장에서 캐비테이션을 일으킬까? 어떨까를 판정하기에는 상기 2개의 방법으로 충분하다. 그러나 이렇게 계산한 H<sub>sv</sub>는 계산적인 것이고, 실제의 펌프 설비를 계획할 때에는, Av. NPSH h<sub>sv</sub>를 H<sub>sv</sub>에 대

## 2.5.4.3 펌프의 운전범위와 캐비테이션

펌프는 일반적으로 그 계획점에서만 운전되는 것은 아니다. 특별한 용도의 경우를 제외한 범위의 토출량 또는 양정의 폭으로 운전된다.

임펠러 입구부는 일반적으로 설계유량시에 흐름과 날개의 각도를 같게해서 무충돌로 유입하도록 설계되어 있다. 이를 위해 과대유량 및 부분유량시에는 날개 입구각도에 대해, 흐름의 각도가 일치하지 않는 상태로 유입한다. 따라서 동일한 흡상높이로 운전하고 있는 펌프에서도 계획점보다 어긋난 유량으로 운전하면 캐비테이션이 발생하는 것도 있을수 있다. (그림2·52) 이 때문에 펌프설비 계획에 있어서는 계획점만 아니라 예상되는 운전범위에 대해 캐비테이션 발생의 유무를 검토할 필요가 있다.

최고효율점 이외의 유량에서의 캐비테이션 특성은 펌프의 설계에 의해서도 다르지만, 비속도에 의해 가장 크게 좌우된다. 그림2·52은 대표적인 원심류, 축류의 Required NPSH를 최고효율점을 100으로 해서 백분율로 표시된 것이다.

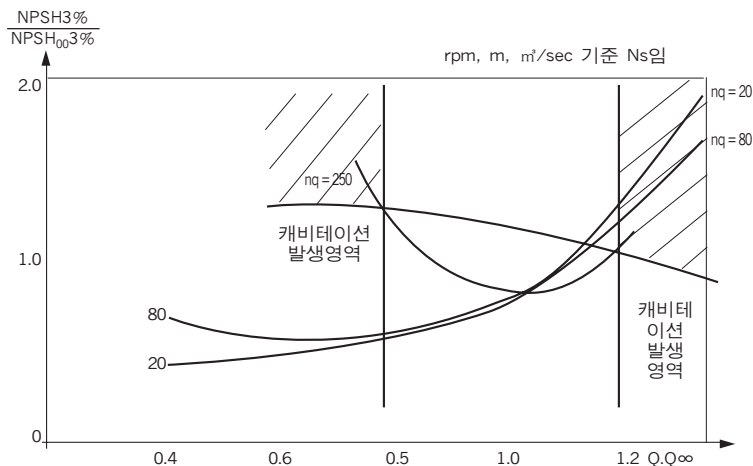


그림2·52 펌프의 NS와 NPSHre

#### 2.5.4.4 캐비테이션 침식

임펠러의 입구부에 생긴 기포가 하류측의 고압부에서 눌러져 부서져서 소멸하고, 이때 발생한 충격파가 대단히 빠른 속도로 금속표면에 충돌한다. 이것에 의해 물체내부에 응력이 발생하고, 그 재료의 반복탄성한도를 넘는것에 의해, 임펠러와 케이싱의 표면에 손상을 줄수 있다. 캐비테이션에 의한 침식의 발생기구는 (메카니즘은) 이러한 물리적인 것이라고 말하여지고 있다.

한편 캐비테이션에 의해 물체표면을 감싸서 부식을 방지하고 있는 부식 생성물이 파괴되어, 새로운 금속면이 노출하는 것에 의해 부식이 진행된다. 게다가 캐비테이션 발생하에서, 양액으로부터 유리하는 산소에 의해 부식이 일어난다고 하는 화학적인 설도 있고, 아직 캐비테이션은 충분히 해명되어 있지 않다. 실제의 경우에는 응력부식등도 동시에 발생하고 있는 것도 있고 부식의 메카니즘은 복잡하다. 단 부식의 정도가 심한 경우에는 전술한 물리적인 파괴가 주된 원인이라고 생각되어 진다.

#### 2.5.4.5 캐비테이션의 회피방법

펌프에 캐비테이션이 발생하면 각종장해를 생기게 한다. 이것을 피하기 위해 펌프기장의 흡입상태와 운전범위를 충분히 파악하여 펌프의 선정, 설계를 행하지 않으면 안된다. 아래에 캐비테이션에 대해서 설비계획, 운전상의 대책 비교에 그 주의사항을 들어본다.

##### (1) 흡입양정은 가능한한 작게 한다.

일반적으로 양배수펌프 등은 홍수에 비해 펌프의 설치면을 대체적으로 높게 하지만, 캐비테이션 발생방지를 위해서는 설치면을 낮게해서 가능한한 Available NPSH를 높게하는 것이 요망된다.

##### (2) 흡입배관은 반드시 크게한다.

흡입배관이 긴 경우에는 마찰손실수두가 크게 되기 때문에 배관경을 반드시 크게 하고 또한 굽은관 그외의 부속물(valve류)을 작게해서 흡입측의 손실을 가능한 한 작게한다.

##### (3) 흡입측 밸브에 의한 유량제어는 행하지 않는다.

흡입측의 밸브를 교축해서 유량조절하는 것은, 흡입측에 큰 수력손실을 불러 일으키게 되므로 절대적으로 피해야 한다.

##### (4) 계획양정에 필요 이상의 여유를 주지 않는다.

여유를 무시하면 실제의 운전양정이 낮게 되기 때문에 계획점 이상의 유량에서 운전하는 것이 되고, 캐비테이션 발생의 위험이 증대된다.

##### (5) 운전유량범위의 검토

계획점을 벗어나면 캐비테이션이 쉽게 생기기 때문에, 이 검토는 소홀히 할수 없다. 가능한한 계획유량 부근에서 운전하는 것이 요망된다.

##### (6) 캐비테이션의 침식에 강한 재료의 사용

여러 조건이 엄밀하게 어떠한 방법에 의해서도 캐비테이션 발생이 피해지지 않을때에는 피로강도가 높은 내 캐비테이션 성질 재료를 선정하지 않으면 안된다.

또한 부식성 액체인 경우는 더욱이 내식성이 있는 재료를 선택하지 않으면 안된다.



## 2.5.5 펌프의 운전에서 검토할 사항

## 2.5.5.1 제어상의 제약사항

펌프는 항상 정상적인 운전범위 안에서 운전되어야 한다. 펌프의 제어범위 제어방법을 검토할 때 고려해야 할 제약사항은 표2·9와 같다.

제약의 원인	주대상	제약을 받는 범위	발생하는 문제
캐비테이션	NPSH에 여유가 없는 펌프	과대토출량 과소토출량	진동, 소음, 임펠러의 침식
축동력과대	저비속도의 펌프	과대토출량	원동기의 과부하
	고비속도의 펌프	과소토출량	
내부흐름의 이상, 불안정	중형이상의 펌프일반	과소토출량	진동, 소음
수온상승	펌프일반	체질운전(고양정의 펌프 일수록 허용시간은 짧다)	케이싱내에 수증기를 발생하여 고장으로 이어지는 진동, 소음
효율저하	축동력이 큰 펌프	사양과 동떨어진 토출량	동력비의 비경제, 펌프각부의 수명의 저하, 각부유속 제한
정회전역류	역지반이 없는 펌프 송수계 역류	역류	진동, 소음

표2·9 펌프 운전점의 제약

대수제어에 회전수제어와 밸브제어를 병용하는 경우 제어 범위의 결정 방법에 의해 운전한 수 없는 범위가 생기 기 때문에, 관로저항 곡선과 펌프 양정곡선의 변화 범위를 그림위에서 잘 검토하는 것이 필요하다.

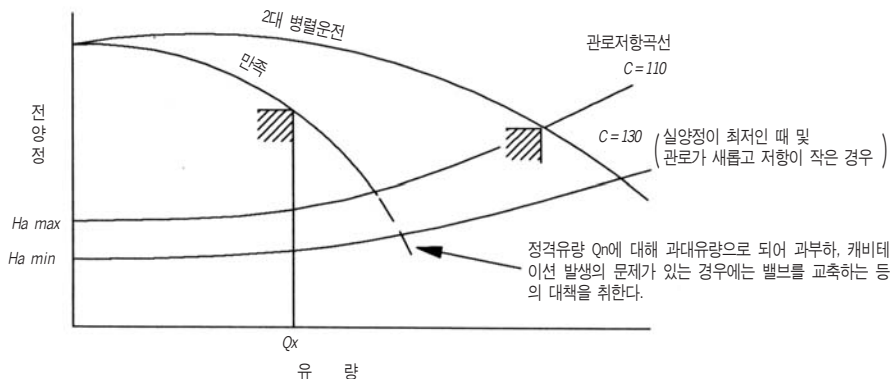


그림2·53 병렬운전 시스템 커브

### 2.5.5.2 계획시의 주의사항

운전불가능 범위의 크기에 영향을 미치는 요소로서, 전항의 펌프자체에 대한 제약조건외에 다음에 표시된 항목도 계획시에 고려할 필요가 있다.

#### 1) 실양정의 범위

통상, 펌프정이나 배수지의 수위변동에 따라, 실양정이 변화한다. 따라서 성능곡선상의 유량 양정 지점이 변경되며 캐비테이션 및 시스템의 조건에 따라 운전불가능의 범위가 발생할 수 있다.

#### 2) 관로손실의 경년변화

관로는 해가 지남에 따라 저항이 증대하기 때문에 여유를 가지고 설계하면, 처음사용때의 관로저항이 작은 경우 운전불가능 범위가 넓게 된다.

펌프 사양을결정할 때에는 통상 최대실양정과 더구나 장래 관로저항이 증대한 경우에도 필요유량을 확보할수 있도록 관로저항곡선을 고려한다. 일반적으로 제어범위를 넓게하는 것은 가변속도장치의 용량증대, 설비의 가격상승을 가져오기 때문에 중요한 검토사항이다.

#### 3)제어성

관로저항곡선이 수평에 가깝고, 펌프의 Q-H 곡선의 구배도 작은 경우에는 약간의 회전수 변화에도 수량이 크게 변하고, 제어가 어려운 것에 주의하지 않으면 안된다.

### 2.5.5.3 미소유량에서의 온도상승을 고려한 운전

체절운전을 장시간 계속하면 펌프의 축동력은 전부열로 변하고, 이 열은 케이싱 내의 액온을 높이게 된다. 고압 펌프는 단시간에 온도가 급상승하기 때문에 이대로 방치하면 케이싱은 열변형하여 임펠러의 섭동부에서 접촉회전하여, 소착을 일으킬 염려가 있다. 또한, 밸브를 열더라도 극소유량은 임펠러 및 케이싱내의 흐름의 분리에 의한 유체가진력이 크게 되기 때문에 진동 소음도 현저하게 크게되고, 양호한 운전상태가 어렵다. 부득이 체절 혹은 극소유량운전을 하는 경우 축동력의 크기에 따라 5~10분 이내로 하는 것이 요망된다.

극소유량 운전시 온도상승값은

$$\Delta t = \frac{H}{427C} \left( \frac{100}{\eta_p} - 1 \right)$$

여기서  $\Delta t$ : 온도상승치 (°C)  
H: 운전상태의 전양정 (m)  
 $\eta_p$ : 운전상태의 펌프효율 (%)  
C: 액의 비열 (kcal/kg°C)

## 2.6 펌프형식의 선정

### 2.6.1 펌프형식의 구분과 적용범위

각형식 펌프의 적용범위와 주된 용도를 표2·10에 나타낸다.

표2·10 각형식 펌프의 적용범위와 주 용도(수치는 당사의 대표적인 범위를 나타낸다)

펌프형식	케이싱형식	깃 구조	양 정 범 위	구 경 범 위	주 용 도
원심 펌프	볼 류 트	고 정	10~800m	40~1,000mm (횡축의 경우)	상수도용 취수·송배수펌프 관개용 양수펌프 파이프라인용 송유펌프 일반산업용 펌프 소형범용펌프
	디 퓨 저		50~400m	32~150mm (횡축의 경우)	일반산업용고압펌프 심정호흡펌프 발전용보일러 피드 펌프
사류 펌프	디 퓨 저	고 정	2.5~100m	200~2,500mm	상수도용 취수 펌프 하수도용우수·오수펌프 하천배수펌프 순환수펌프, 화력발전용펌프 농업용배수펌프 일반산업용펌프
축류 펌프	디 퓨 저	고 정	1~6m	300~2,500mm 소형은 횡축 대형은 입축	농업용 양수 펌프 농업용 배수 펌프 하천·항만배수펌프 공업용순액펌프
		가 동	1~8m	800~2,500mm 소형은 횡축 대형은 입축	농업·하천·항만용대형배수펌프 하수도용우수펌프
스크류펌프	반 원 통	고 정	1~8m	65~500mm	하수도용우수펌프

## 2.6.2 펌프형식의 선정

펌프형식은 사용목적, 수량, 양정, 펌프 설치레벨, 경제성, 제어방식, 양액의 성상등의 조건으로부터 종합적으로 검토할 필요가 있다. 따라서, 표준품으로서 양산시판되고 있는 유량, 양정의 범위외의 대형펌프를 선정함에 있어서는 종합적인 엔지니어링을 필요로 하게 된다.

펌프형식의 분류와 조합을 표2·11, 표2·12에 나타낸다.

각형식의 중간적인 사양에 대해서는, 어느형식을 선정하는것이 유리한가 비교검토를 요한다. 아래에 대표적인 예에 대해서 선정의 목표를 나타낸다.

## 1) 펌프형식의 선정

주어진 조건의 양정만일 경우는, 펌프의 형식선정은 표2·13에 나타난 목표에 따라서 개략결정할 수 있다.

펌프장을 계획하는 경우에는, 그 외의 조건도 고려해서, 표2·14에 나타난 목표로 검토한다.

또한, 구경 300mm이하의 소형펌프의 경우는, 수량·양정·회전수등의 조건에 따라, 표준기종 가운데 사용목적에 적합한 것을 선정하는 것이 경제적이다.

## 2) 축방향형식의 선정

펌프기장을 계획함에 있어, 입축펌프, 횡축펌프, 사축펌프 어느것을 선정할까는, 토목구조도 전부포함해서 설계의 출발점에 있어 중대한 문제이다. 500mm이하의 원심펌프는 횡축형이 양산되어 있기때문에, 이 범위는 다른 제약이 없는한 횡축펌프를 사용하는 것이 경제적이다. 그러나 대구경펌프와, 사류펌프, 축류펌프의 경우에는 흡입성능의 관계와, 거치면적의 문제부터 입축형이 사용되는 것이 많고, 특히 입축사류펌프는 용도가 넓기 때문에, 300~2,000mm의 범위로 횡축볼류트 펌프 다음으로 생산되고 있다.

## 3) 1상식과 2상식

입축펌프의 경우, 원동기의 지지상면과 펌프의 지지 면이 다른 형식을 2상식이라 부르고, 동일한 경우를 1상식이라 부르고 있다. 일반적으로 구경1,200mm~1,500mm이하의 펌프는 토목구조가 간단한 1상식을 채용하는 것이 많다. 펌프의 구경과 용도에 의해, 1상식과 2상식의 중간적형식으로서, 1상식상하 토출형이 있다.(표2·16)

## 4) 임펠러 단수의 선정

임펠러단수는 유량·전양정에 의해, 저절로 결정되기 때문에 선정의 자유도는 작다. 그러나 일반적으로는 임펠러 단수가 2단이상으로 되면, 구조는 복잡하게 되고 가격도 높게 된다. 농업양수등의 전지 관계 펌프와 상하수도 펌프의 경우, 흡입양정이 높기때문에, 적용회전속도가 작게되며 다단펌프를 채용하지 않고서는 되지않는 경우가 있지만, 이러한 경우, 횡축형보다입축형 또는 압입형으로서 단단펌프를 적용가능한가, 검토해 볼 필요가 있다.

스케일·모래등의 고형물에 의한 마모가 걱정될때, 및 해수등 부식액으로, 동체내의 통로속도를 높게하고싶지 않을때는, 1단당의 양정을 낮게하고, 임펠러주속을 내리는 의미로, 다단 펌프를 채용하는 것은 유효하다.

## 5) 대기운전의 선정

배수기장은, 운전조작의 확실성을 향상시키기 위해 대기운전방식을 채용하는 경우가 있다.

대기운전방식으로는, 전속대기운전, 제어대기운전, 수면압하대기운전이 있고, 기장의 규모와 흡입측·토출측의 조건에 따라 방식을 결정한다.

표2·11 펌프형식의 분류

분 류 항 목	형 식
임 펠 러	원심, 사류, 축류
축 방 향	횡축, 사축, 입축(수중모타형 포함)
펌프와 원동기의 지지상면	일상식, 이상식
임 펠 러 단 수	단단, 다단
임 펠 러 흡 입 구	편흡입, 양흡입
케이싱 분할	윤절형, 축 수직 분할형, 상하 2개 분할형
토출케이싱	볼류트, 디퓨저
축스러스트의 평형	밸런스 홀, 밸런스 디스크, 크,

## 2.6 펌프형식의 선정

표2·12 펌프형식과 명칭

\*는 수중모터펌프를 나타낸다

기종	케이싱 형식	축형식	흡입형식	단수	기명	익구조		
원심펌프	디퓨저	입축	편흡입	단단		고정		
				다단	MB-V MT-V			
			양흡입	단단				
				다단				
		횡축	편흡입	단단				
				다단	MB,MT			
			양흡입	단단				
				다단				
	볼류트	입축	편흡입	단단	EWV,EVP-W			
				다단				
			양흡입	단단	VID			
				다단				
		횡축	편흡입	단단	EHC,EVP,NPP(R)			
				다단	SVM,EHM,EH,STM			
			양흡입	단단	NDV			
				다단				
사류펌프	디퓨저	입축	편흡입	단단	SDF-V	고정		
						가동		
		횡축		다단	SDF-V	고정		
				단단	SDF-H	고정		
						가동		
	볼류트	입축		편흡입	단단		고정	
							가동	
		횡축			단단		고정	
						고정		
축류펌프	디퓨저	입축	편흡입		단단	SAF-V	고정	
						SAF-V	가동	
		횡축			단단	SAF-H	고정	
							가동	
스크류펌프	볼류트	횡축	-	단단	NSC	고정		

## 2.6 펌프형식의 선정

표2·13 양정에 의한 펌프의 선정

	형 측		입 측	
원 심 펌 프 ( 터 빈 펌 프 )	단 단	10~150m	단 단	10~150m
	다 단	50m이상	다 단	50m이상
사 류 펌 프	2.5~15m		단 단	4~60m
			다 단	20m이상
축 류 펌 프	6m이하		8m이하	

표2·14 펌프형식과 특징

펌프형식	볼류트펌프	사류펌프	축류펌프
펌프증량	대	중	소
설치면적	대	일반적으로 와권보다 작다	사류펌프와 거의 같다
펌프효율	넓은 수량범위에 걸쳐 효율이 높다	와권에 비해 약간 낮다	사류에 비해 약간 낮다
축동력	소수량역의 축동력이 작다	축동력이 전수량 범위에서 거의 일정	체질 축동력은 정격의 2배 이상
흡입성능	좋다	약간열악	열악
운전가능범위	소수량으로부터 대수량까지 넓다.	와권펌프보다 좁고 축류펌프보다 넓다.	설계점양정의 약140%이하 운전가능 범위가 좁다.
가격	대	중	소
일반적으로 사용되는 구경 범위	통상구경 1,000mm이하가 많다	구경 200~2,000까지 (이상 구경도 가능함)	구경 500~2,000까지 (이상 구경도 가능함)
사용예	상수도·공업용수의 송배수 펌프, 전지관개용펌프, 하수·오수용펌프	배수·취수등 일반용 및 입축 대구경 펌프류, 화력발전용 순환 펌프등	농업용수, 대형배수용펌프

## 2.6 펌프형식의 선정

표2·15 각축형식의 특징

	횡축형	입축형	수중모터형
장 점	1.주요부분이 수면위에 있기때문에 보수가 용이. 2.하중분포가 균등하고, 단위면적 당의 기계하중이 작다. 3.크레인 조상고가 작다. 4.분해시에 원동기를 움직일 필요가 없다. 5.수중의 베어링이 적다. 또는 수중베어링이 없다. 6.가격은 원동기, 펌프모두 일반적으로 싸다.	1.깃이 수면하에 있고, 캐비테이션 염려가 적다. 2.고속회전을 채용할 수 있다. 3.설치면적이 작다. 4.호수동작이 불필요하기 때문에 자동화가 용이. 5.원동기의 설치위치를 흡입 홍수위보다도 높게할 수 있다. 6.횡축형이 사용불가능할 경우, 흡상양정이 높은 경우에는 유리. 7.방수구조가 용이하고 실외 설치에도 적합하다.	1.거치면적이 작고 건축 구조가 간단. 2.호수작업, 캐비테이션의 염려가 없고 자동화가 용이 3.전동기가 수중에 있고, 외부에 소음의 누출이 적다. 4.지상건축이 불필요하기 때문에 공원도로등의 지하에 설치 가능
단 점	1.설치면적이 크다. 2.호수동작이 필요하기 때문에 자동화가 복잡 3.흡상양정에 제한이 있고, 수위가 내려가면 캐비테이션의 위험이 있다. 4.흡입홍수위가 높을 때는 원동기의 보호가 필요.	1.주요부분이 수면하에 있어 보수, 점검이 불편 2.크레인 조상고가 높다. 3.기계하중이 집중하여 단위면적 당의 하중이크다. 4.수중에 베어링이 있어 보수에 주의를 요한다. 5.일반적으로 원동기·펌프가 횡축보다도 가격이 높다.	1.전동기의 내용연수가 육용전동기에 비해 일반적으로 짧다. 2.누전등의 점검을 위한 정기적인 보수가 필요 3.분해·점검할때는 전동기·펌프와함께 수중으로부터 조상할 필요가 있다. 4.채용가능한 전동기 용량에 상한이 있다.

표2·16 1상식과 2상식의 비교

	1 상 식	2 상 식
장 점	●토목구조가 간단 ●상면에 걸리는 하중은 펌프 및 물의 중량만으로 결정되기 때문에 단순. ●설치공사가 용이	●원동기상을 홍수위보다 위에 설치하는 것이 용이 ●원동기를 움직이지 않고 펌프의 분해·점검이 가능(단, 기중·구조에 의함) ●토출관을 원동기 상면아래에 수납가능하기 때문에 상면적을 넓게 이용하는 것이 가능 ●상위 기기의 높이가 낮게 되기 때문에 보수에 편리. 또한 진동에 대한 안정성이 높다. ●상에 걸리는 하중을 분산한다.
단 점	●대규모 펌프는 상위의 높이가 높고, 보수가 불편 ●진동에 대한 안정성이 나쁘다. ●크레인 조상고가 크다.	●토목구조가 복잡 ●각상면에 걸리는 하중이 복잡하다 ●설치공사가 약간 수고를 요한다. ●상면의 부등침하등에 대한 고려가 필요.

각방식의 개략비교를 표2·17에 나타낸다.

①대기운전이 유효한 기장의 조건

대기운전방식을 유효하게 적용하기에는, 아래와 같은 조건을 목표로 해서 채용검토를 한다.

- 펌프토출량에 대해 흡입저유능력이 작다.
- 단시간에 유입량이 크게 변동한다.
- 흡입수위의 변동폭을 크게 취한다.

②전속대기운전펌프의 적용상의 유의사항

전속대기운전펌프는 운전원의 조작없이 흡입 수위의 상황에 따라 운전되기때문에, 계획시의 사양결정이 기장의 배수능력과 운전범위를 결정하는 것이 된다. 따라서, 계획식에서 아래와 같은 항목을 충분히검토하여 적용할 필요가 있다.

- 배수정지시와 배수시의 흡입수위변동이 상류시설에 미치는 영향
- 배수정지시와 배수시의 토출량 변동이 배수선에 미치는 영향
- 전동기구동의 경우, 공운전시와 실배수시의 부하 변동과 전력공급/자가발전용량과의 관계
- 배수운전 LWL과 기수혼합운전 LWL의 설정
- 기수혼합운전시의 진동증대의 검토(펌프용량, 양정에 의한다)

표2·17 대기운전 방식의 개략비교

	전속대기운전	제어대기운전	수면압하대기운전
개 요	전수위 전속대기운전펌프를 이용하는 방식	익각제어 또는회전수제어에 의해 토출량을 0~정격까지 조정하고, 대기하는방식	공운전가능형의 펌프로써 압축공기로 펌프내를 공운전 상태로 대기하는 방식
운전조작	특히 조작을 필요로 하지 않는다.	흡입수위에 의한 익각제어 또는 회전수제어가 필요	압축공기에 의한 펌프내의 수면 콘트롤러와 토출밸브의 조작이 필요
특 징	· 조작제어가 불요 · 자동운전을 행하기 쉽다.	· 흡입측/토출측 공히 수위변동/유량변동을 스무스하게 할 수 있다.	시동토크의 저감이 필요한 초대형펌프등에서 사용된다.
유의점	· 흡입측/토출측모두 수위변동/유량변동이 크다. · 전동기 구동의 경우, 전력공급/자가발전량이 증대가능성을 가진다. · 임펠러, 공기흡입관, 흡입벨마우스 하단 각각의 설치레벨의 검토 · 기수혼합운전시의 진동증대의 검토	· 흡입수위에 의한 조작제어가 필요 ↓ 흡입수위에 의한 자동제어로 대응 · 제어가능 범위의 검토가 필요	조작제어가 어렵다 (흡입수위의 변동이 심한 조건에서의 제어는 곤란)



### 2.6.3 펌프의 설치대수

펌프의 설치대수는 각각의 용도와 건설계획등에 의해 다르지만, 일반적으로는 상수도, 하수도, 홍수시의 배수 펌프에서는 아래의 사항을 고려해서 결정된다.

- 초기의 계획수량과 장래의 예상
- 최소수량과 수요수량의 시간적·계절적인 변화
- 설비비, 유지관리비
- 수요수량에 대한 예비능력
- 설비의 위험분산
- 제조한계와 운송한계
- 설치면적
- 하중과 기초지의 내력
- 토목건축공사비, 그외

### 2.6.4 펌프의 사양 결정

#### 2.6.4.1 펌프의 전양정

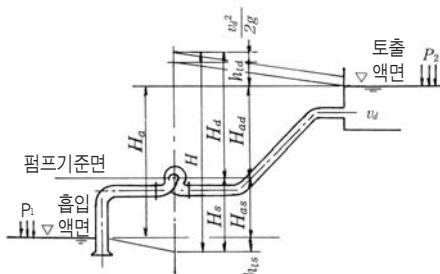


그림2·54 횡축 펌프의 전양정

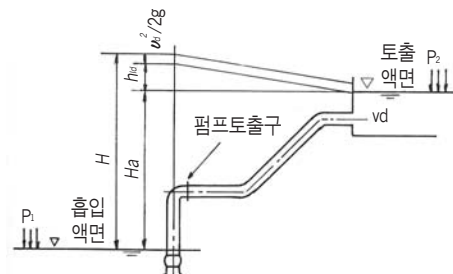


그림2·55 입축(수중) 펌프의 전양정

펌프가 양수하기 위해 발생해야 할 압력(전양정)은 다음식에 의해 구해진다.

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \times 10 + H_s + h_l + \frac{V_d^2}{2g} = H_s + h_d$$

H: 펌프 전양정(m)

H<sub>s</sub>: 흡입 전양정(m)

h<sub>d</sub>: 토출 전양정(m)

P<sub>2</sub>: 토출액면에 가하는 압력 (kgf/cm<sup>2</sup>)

P<sub>1</sub>: 흡입액면에 가하는 압력 (kgf/cm<sup>2</sup>)

γ: 액체의 비중량(밀도) (kg/l) 흡입,

토출공대기압의 경우 P<sub>2</sub>-P<sub>1</sub> = 0

H<sub>s</sub>: 실양정(m)

H<sub>s</sub> = H<sub>ss</sub> + h<sub>ss</sub>

h<sub>ss</sub>: 흡입측 실양정(m)

h<sub>ss</sub>: 토출측 실양정(m)

h<sub>l</sub>: 관로계의 손실수두(m)

H<sub>l</sub> = h<sub>ls</sub> + h<sub>ld</sub>

h<sub>ls</sub>: 흡입관로 손실수두(m)

h<sub>ld</sub>: 토출관로 손실수두(m)

입축(수중)펌프의 경우는 토출관로 손실만으로 된다.

H<sub>l</sub> = h<sub>ld</sub>

$V_d^2 / 2g$ : 잔류 속도 손실수두(m)

V<sub>d</sub>: 토출관단 유출속도(m/s)

### 2.6.4.2 실양정의 설정

실양정은 펌프의 설치높이의 여하에 관계없이 흡입·토출 양수면 사이의 수위차에 의해 표현된다. 단, 토출관단이 방류상태의 경우, 토출높이는 수면이 아니고 토출관의 최고위치가 된다.

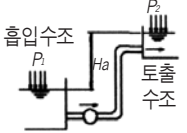
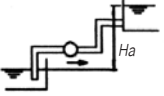
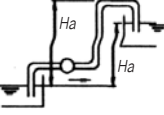
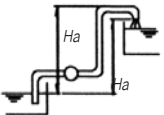
(1)	(2)	(3)	(4)
			
흡입, 토출 양수면에 대해, 펌프의 설치높이의 여하에 관계없이, 양수면사이의 고저차를 실양정으로 한다.		토출관이 사이폰을 형성하면 실양정은 $H_s$ 로 된다. 사이폰이 형성되지 않는 경우는 실양정은 $H_s'$ 로 된다.	토출관단이 방류하는 경우는 도중의 관로가 사이폰을 형성하기 어렵기 때문에 $H_s'$ 로 된다. ( $H_s$ 는 아님)

그림2·56 각설치형식과 실양정

### 2.6.5 펌프회전수의 계산

펌프회전수의 계산

펌프규정의 요항(토출량, 전양정)을 얻기위해 필요한 회전수는 다음의 항목을 고려해서 결정된다.

- 흡입양정의 허용한도, 캐비테이션이 발생하지 않는 범위에서 빠른 회전수를 취한다.
- 펌프형식과 그  $N_i$ 의 범위도 설정한다.
- 원동기의 표준회전수에 맞춘다.

#### 2.6.5.1 흡입성능에 의한 회전수의 결정( $N_i$ )

펌프설치조건과 운전범위에서의 캐비테이션을 발생하지 않는 양회전수를 정한다. 흡입성능에 의한 회전수는 다음식에 의해 구해진다.

$$N_i = S' \cdot \frac{H_{sp}^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

$N_i$ : 펌프회전수( $\text{min}^{-1}$ )

$S'$ : 운전점에서의 흡입비속도

$H_{sp}$ : 유효흡입양정(m)

$Q$ : 운전점에서의 펌프토출량( $\text{m}^3/\text{min}$ )

양흡입은  $Q/2$ 로한다.

① 운전범위와 흡입비속도  $S'$

흡입성능은 설계점(요항점)을 넘으면 급격하게 저하한다. 유량의 변화에 대한  $S'$  값의 저하율은 펌프 형식(펌프 비속도 $N_s$ )에 의해 다르게 되기 때문에 형식의 선정에도 주의를 요한다.

그림2·57에 대표적인 펌프형식의 S-Q곡선을 나타낸다.

최고효율점에서의 S값은 대략

볼류트펌프( $N_s = 150 \sim 600$ )

$$S = 1.500$$

사류펌프( $N_s = 900$ )

$$S = 1.300$$

축류펌프( $N_s = 1,600$ )

$$S = 1.200$$

②유효흡입양정( $H_{isp}$ )

유효흡입양정을 구할 때는 흡입관의 손실을 운전점의 수량에서 산출하는 것에 유의.

$$h_{is'} = h_{is} \cdot (Q' / Q)^2$$

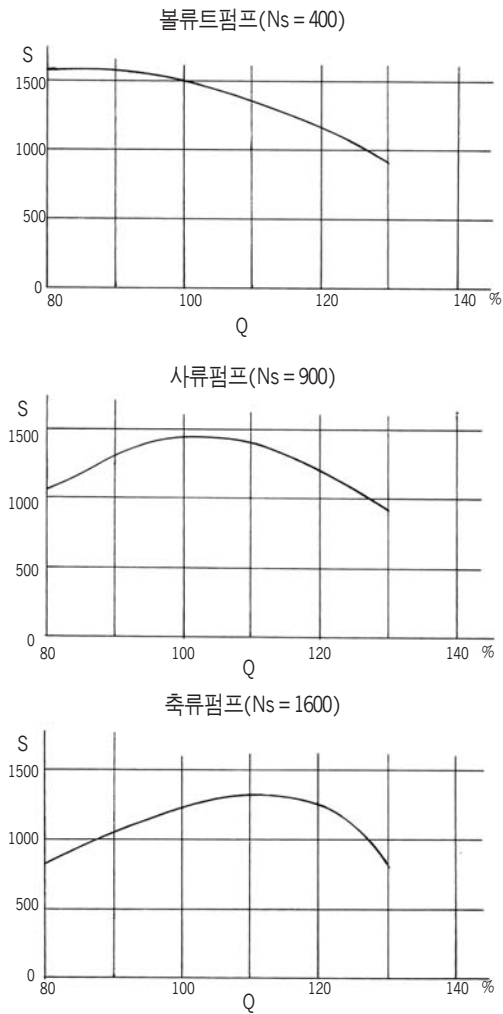


그림2·57 유량-흡입 비속도곡선

2.6.5.2 펌프Ns와 회전수  $N_2$ 

펌프 $N_2$ 와 회전수와 관계는 다음식에 의해 표현된다.

$$N_2 = N_s \cdot \frac{H^{3/4}}{Q^{1/2}}$$

$N_2$  : 펌프 회전수( $\text{min}^{-1}$ )

$H$  : 펌프 전양정(m)

$Q$  : 펌프 토출량( $\text{m}^3/\text{min}$ )

양흡입은  $Q/2$ 로 한다.

2.6.5.3 원동기 회전수( $N_3$ )

## ①전동기의 정격회전수

유도전동기의 정격회전수는 다음식에 의해 구해진다.

$$N_3 = N_0(1-S)$$

$N_3$  : 정격회전수( $\text{min}^{-1}$ )

$N_0$  : 동기회전수( $\text{min}^{-1}$ )

$$N_0 = \frac{120f}{P}$$

$f$  : 주파수(50Hz, 60Hz)

$P$  : 전동기의 극수

$S$  : 슬립 = 1~2%

표2·18에 각 극수에서의 유도전동기의 동기회전수를 나타낸다.

표2·18 유도전동기의 동기회전수

극 수	50Hz	60Hz
2	3,000	3,600
4	1,500	1,800
6	1,000	1,200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
14	429	514
16	375	450
18	333	400

주) 모터출력에 의해 회전수는 약간 다르다.

## ②내연기관의 회전수

## ①디젤기관의 회전수

일반적으로 600~1,800 $\text{min}^{-1}$ 의 범위가 사용된다. 이 범위에서 상기「전동기회전수」에 상응하는 표준적인 회전수의 기관이 있고, 소출력역은 비교적 고회전영역에서 대출력은 비교적 저회전영역에서 선정 사용된다.

## 2.6.5.4 펌프 회전수

펌프회전수는 다음의 조건이 성립하도록 설정해야 한다.

$$N_1 \geq N_2 \geq N_3 \geq N_4$$

$N_1$ : 흡입성능에 의한 회전수  
 $N_2$ : 펌프 $N_1$ 에 의한 회전수  
 $N_3$ : 원동기 회전수  
 $N_4$ : 펌프 회전수

원동기회전수와 큰 간격이 있는 경우는 감속기를 사용할 필요가 있다.

## 2.6.5.5 원동기 출력의 계산

원동기출력은, 우선 펌프의 축동력을 구하고, 이것에 전달효율, 여유율을 고려해서 결정한다.

$$P_s = K \cdot \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_p \cdot \eta_s}$$

$P_s$ : 펌프축동력  
 $K$ : 계수 0.163(kW)  
 0.222(PS)  
 $\gamma$ : 물의 비중량(밀도) = 1(kg/l)  
 $Q$ : 펌프토출량( $m^3/min$ )  
 $H$ : 펌프전양정(m)  
 $\eta_p$ : 펌프효율(그림2·58)  
 $\eta_s$ : 전달효율

펌프의 최고 효율은, 비속도, 펌프형식 및 펌프의 용량에 의해 다르다. 오수, 오니등의 특수용도를 빼고 일반적인 펌프의 최고효율은 용도별로 다음과 같이 정해져 있다.

KS규격에서는 다음의 펌프 형식에 대해서 효율을 정하고 있다.

- (a) 양흡입볼류트펌프 KS B6318
- (b) 소형볼류트펌프 KS B7501
- (c) 소형다단원심펌프 KS B7505

$$P_1 = P_{S1} \cdot (1 + \alpha_1)$$

$P_1$ : 설계점에 대한 원동기 출력

$P_{S1}$ : 설계점에서의 펌프 축동력

$\alpha_1$ : 설계점에서의 여유율

	엔진	모터
볼류트 펌프	0.2 ~ 0.15	0.15 ~ 0.10
사류 펌프	0.2 ~ 0.15	0.15 ~ 0.10
축류 펌프	0.25 ~ 0.2	0.2 ~ 0.15

$$P_2 = P_{S2} \cdot (1 + \alpha_2)$$

$P_2$ : 최대축동력에 대한 원동기 출력

$P_{S2}$ : 운전범위에서의 최대 펌프축동력

$\alpha_2$ : 최대축동력에서의 여유율

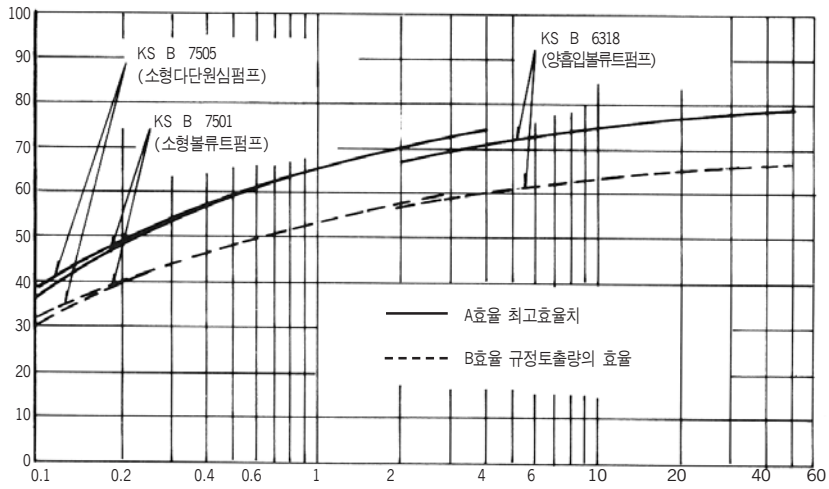
	엔진	모터
볼류트 펌프	0.10	0.05
사류 펌프	0.10	0.05
축류 펌프	0.10	0.05

원동기 정격 출력은  $P_1, P_2$  어느것이든지 큰 값을 기본으로해서 결정한다. 원동기가 저압 삼상 농형 전동기의 경우는 아래의 kW값 가운데에서 선택하는것이 일반적이다.(KS C 4202)

0.75	1.5	2.2	3.7
5.5	7.5	11	15
18.5	22	30	37

축류펌프에서는, 최고 전양정이 계획의 120%를 넘는 경우는, 최대축동력을 기본으로 원동기 정격출력을 결정하는 것이 좋다.

## 2.6 펌프형식의 선정



주, 효율의 허용치는 KS B 6301에 의함  
(허용치  $(6 - 0.05 \times \eta)\%$  :  $\eta$ 는 보정효율)

그림2·58 KS에 의한 펌프효율

## 3. 전동기의 기초지식

### 3.1 원동기의 선정

펌프 구동용으로서 채용되는 원동기로서는 일반적으로 전동기, 내연기관(가스터빈을 포함) 및 증기터빈이 있다. 이들의 선정에 있어서는 각 원동기의 특징을 이해하는 것 외에 펌프의 용도에 맞게 설비의 신뢰성의 확보를 제 일로 경제성, 조작제어성과 유지관리의 용이성 및 설치장소의 물리적 제약조건을 고려할 필요가 있다.

전동기는 사용하는 전원의 종류, 회전자의 구조 및 외피의 형식 등에 의해 분류되고, 펌프 구동용으로서 가장 많이 사용되고 있는 원동기이다. 내연기관으로는 디젤기관, 가솔린기관 및 가스기관과 같은 왕복동의 왕적식기관과 터보형의 가스터빈이 있다. 소출력의 펌프용으로서 가솔린 기관이 사용되고 있는것외, 일반적으로는 디젤기관이 비상시용 펌프의 원동기로서 많이 사용되고있다.

가스터빈에 대해서는 적용기종에 제한이 있지만, 냉각수가 불필요한 것과 경량인 것 등의 장점을 가진 형이 적용의 대상이 된다. 또한 대용량, 고압정의 초대형 펌프 설비에서는 육상디젤기관에 의한 대응에 한계가 있고, 가스 터빈이 채용되는 경우가 많다.

증기터빈은 외연기관으로 다른 증기발생설비를 필요로하기 때문에 화력발전소와 화학공장등의 공장설비에서 증기발생원을 가져 용이하게 증기의 공급이 가능한 경우, 및 특히 방폭이 필요한 시설에 한해 사용되고 있다.

표3·1 원동기의 종류와 비교

		전동기	디젤기관
신뢰성 (재해대책)		재해시와 송전경로의 사고에 의해 정전되면 운전이 불가능 중요설비의 경우는 비상용자가발전설비를 설치하든가 2계통 수전을 요한다.	동력용전원이 단절되도 연료와 냉각부를 확보할 수 있으면 운전을 계속 할 수 있다. 보조기기, 조명등의 소용량의 비상용 자가발전설비가 필요하다.
경제성	설비비 (원동기)	특수사양의 것을 제외하면 저가격이다.	단위출력당의 가격은 전동기에 비해 높다.
	운전경비	매전의 경우 기본요금으로 인하여 운전시간이 짧은 것은 다소 높은편에 해당	연료 및 윤활유의 비용이 주이고, 사용빈도가 작은경우는 전동기에 비해 유리하다
부 대 설 비		수배전설비를 필요로하고, 대용량은 특고변전설비가 필요하고 높은 가격이다. 비상용 자가발전설비를 설치하는 경우는 다시 높은가격으로 된다.	연료유의 저장, 냉각수와 시동용공기등의 보호, 공급을 위해서 각종 보조기기를 필요로한다.
운 전 제 어		조작은 단순하고 신뢰도가 높은 자동화가 가능하다. 광범위한 속도제어가 가능하지만 손실전력을 회수할 경우 고가의 장치가 필요하다.	관련보조기기가 많고 조작은 약간 복잡하다. 속도제어는 비틀림진동에 제한되어 조정범위는 좁지만, 동력손실은 거의 없다.
유 지 관 리		보기, 소배관등도 조금 간단하다. 동력측정도 계기에 의해 쉽게 행할 수 있다.	정지중에도 정기적으로 보수운전을 중심으로한 관리가 필요하다. 무부하운전은 단시간으로 제한된다. 한 냉시에는 동결방지대책이 필요하다. 점검정비는 거의 현지에서 한다.
진동 · 소음 · 발열		모두 적다. 방음형식을 채용하면 더욱 정숙한 운전이 가능하다.	기관의 왕복운동에 기인한 진동과 폭발연소음이 있다. 배기계는 소음기에 의해 대응되지만, 본체로부터의 발생음은 저주파이기 때문에 저감이 어렵다. 환기에 대해서 충분한 배려가 필요하다.
건 설 · 기 초		입형펌프에는 종축형을 채용하는 것으로, 스페이스를 작게할 수 있고, 옥외형으로하면 상부구조의 생략도 가능하다.	진동 · 동하중을 고려한 견고한 기초를 필요로 한다. 기관은 건몸체때문에 설치면적이 크다.
용 도 예		일반적으로 사용된다, 상수도용 펌프, 도시배수용 펌프, 농지용 양배수 펌프, 산업용 펌프 등	비상시용의 하천배수 펌프, 우수배수 펌프, 농지용배수 펌프, 상수도용 펌프, 산업용 펌프, 소화펌프 등

일상적으로 운전되는 펌프용 원동기로서 일반적으로는 전동기쪽이 유리하지만 디젤기관에는 원동기의 단점을 보완하는 이점이 있다. 이때문에 예를들면 하나의 펌프를 평상시는 전동기로 구동하고, 정전시에는 디젤기관등의 내연기관으로 전환하는 방식이 취해지고 있다. 일반적인 선정에있어서는 주로 정전사고시를 가정한 후에 결정된다.

## 3.2 전동기

### 3.2.1 전동기의 분류

#### (1)전동기의 종류

전동기는, 전원종류에 의해 직류전동기와 교류전동기로 대별되고, 교류전동기는 다시 유도전동기, 동기전동기, 정류자전동기로 구분된다 (표3·2)

일반적으로 펌프구동용으로서 사용되는 전동기는 3상유도전동기와 동기전동기이다. 유도전동기와 동기전동기의 특성비교를 표3·3에 나타낸다. 또한, 펌프구동용으로서 특히 대용량을 제외하면 동기전동기 보다 가격이 싸기 때문에 유도전동기의 실적이 많다. 유도전동기로는 농형과 권선형이 있고 양자의 비교를 표 3·4에 나타낸다.

표3·2 전동기의 종류

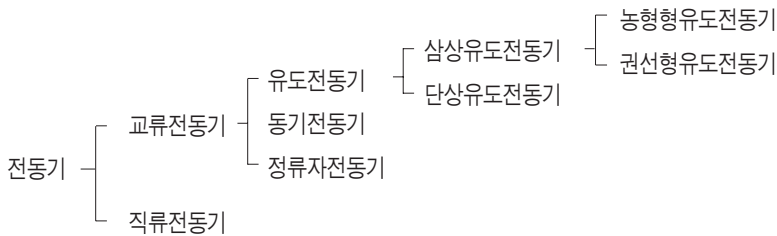


표3·3 전동기의 종류

	동기전동기	유도전동기
기 동 전 류	농형 유도전동기와 거의 같다.	농형 500~660% 권선형 100~150 %
기 동 토 크	시동권선을 설치하는 것은 유도전동기와 큰 차이가 없다.	크 다
효 율	유도전동기보다도 좋다.	동기전동기보다 약간 나쁘다
역 율	100 % (선행도가능)	자연 역율로 된다.
미 꼬 립	없 다	있다(1~4 %)
여 자 창 지	필 요	불 필 요
기 기 비	유도전동기보다 고가	동기전동기보다 저가
운 전 비	유도전동기보다 저가	동기전동기보다 고가
보 수	약간 복잡	용 이

표3·4 농형과 권선형의 특성비교

	농형	권선형
구 조	간 단	약간복잡
기동전류	대(500~660)	소(100~150 %)
기동토크	100~150 %	100~150 %
토크효율	소	대
효 율	권선형과 큰차이 없다	농형과 큰차이 없다
역 율	"	"
미 꼬 립	"	"
기 기 비	권선형보다 저가	농형보다 고가
보 수	간 단	약간복잡
기동방식	직입 또는 감전압시동	2차저항시동

(주)토크효율은 기동토크와 기동전류와의 비를 백분율로 표시한 것이다.



## (2)전동기의 보호 냉각 방식에 의한 분류

## 1)외피에 의한 보호형식

전동기의 외피에 의한 보호형식은 KSC4002에서 보호형식기호의 조합에 의해 분류하여 표3.5에 나타내었다.

## 2)냉각방식에의한 분류

전동기의 냉각방식은, KSC4002에서 냉각매체의 종류통로, 열확산, 보내는 방법을 나타내는 냉각방식기호의 조합에 의해 분류하여 표3·6에 나타내었다.

## 3)펌프구동용 전동기의 보호 냉각방식

전동기의 보호및 냉각방식에 의한 구조분류는 IP와IC의 각 기초를 조합하여 표기되지만, 펌프구동용으로서 통상 사용되는 호칭과 그것에 대응한 보호냉각방식은 방적보호형 개방옥외형, 전폐외선형, 전폐 공기냉각기 부착형 등이 있다.

## 4)전동기보호냉각방식의 적용

전동기가 사용되는 장소의 주위조건과 그것에 적용되는 전동기의 보호냉각방식과의 관계는 표3·10대로이다.

표3·5 보호형식기호

IP(X)XX(X)

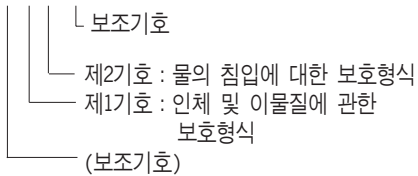
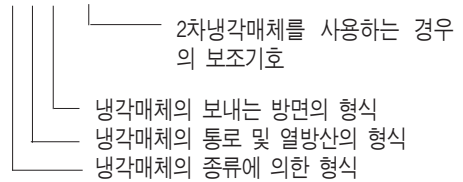


표3·6 냉각방식기호

ICXXX(XXX)



## (3)보호방식의 종류

전동기 보호형식의 기호는 IP뒤에 두자리의 숫자로 표시하며, 그 숫자의 의미는 다음과 같다. (IEC 34-5)

## 1)첫째자리 숫자 (인체 및 고형 이물질에 관한 보호형식)

인체를 회전기 내의 회전부분 또는 도전부분에 닿지 않도록 보호하고, 또한 회전기의 고형 이물질의 침입에 대한 보호등급으로 5종류이다.

표3·7 IP 뒤에 두자리 숫자 중 첫번째 숫자의 의미

숫자	Degree of protection
0	인체의 접촉, 고형이물질의 침입에 대하여 특별히 보호하지 않는 구조
1	ø 50mm 이상의 고형체가 침입하지 않도록 한 구조
2	ø 12mm 이상의 고형체가 침입하지 않도록 한 구조
4	ø 1mm 이상의 고형체가 침입할 수 없는 구조 (외부팬에 의한 공기주입구나 Drain hole은 제외)
5	먼지가 들어갈 수 없는 구조(먼지의 완전차폐는 아니고 정상 운전을 유지할 정도)

## 2)둘째자리 숫자 (물의 침입에 대한 보호형식)

표3·8 IP 뒤에 두자리 숫자 중 두번째 숫자의 의미

숫자	Degree of protection
0	무보호 형식
1	수직으로 떨어지는 물방울 침투 방지 구조
2	수직에서 15° 이내로 떨어지는 물방울 침투 방지 구조
3	수직선에서 60° 이내로 분무되는 물보라 (Spray)침투 방지 구조
4	방향에 관계없이 끼얹는 물의 침투 방지 구조
5	방향에 관계없이 분사되는 물의 침투 방지 구조(Zet spary)
6	항해중 파도시 물의 침투 방지구조(항해중 물을 뒤집어써도 안전할 것)
7	지정한 수심 및 시간에 침수하고, 가령 물이 침입하여도 영향을 받지 않는 구조
8	수중에서 정상 운전할 수 있는 구조

## 3)일반적 전동기 보호 형식

표3·9 일반적 전동기의 보호형식

둘째자리 첫째자리	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1		IP11S							
2		IP21S	IP22S	IP23S					
4					IP44	IP45			
5					IP54	IP55			

• 전동기의 침수 시험 상태에 따라 숫자뒤에 S(정지시 시험), M(운전시 시험)의 문자를 붙이며, 아무 문자도 없는 경우는 양 상황에서 각각 시험한다.

• 옥외형의 경우에는 IP와 숫자 사이에 W자를 삽입한다.

예) 전 폐 형 → IP44, 전 폐 옥 외 형 → IP44

보 호 형 → IP23 or IP W23 선 박 용 → IP55, IP56

표3·10 주위조건과 보호냉각방식의 적용

주위조건 구 조	옥 외	먼 지	습 기	부식성 가 스
방 적 형 (보호형포함)	×	×	○	○
개방옥외형	◎	○	○	○
전폐외선형	◎	◎	○	○
전 폐 공기냉각기부착형	◎	◎	◎	◎

(주) ◎ 가장바람직 ○바람직 ×바람직하지 않음  
(실내보통조건은 생략)

### 3.2.2. 전동기의 특성

(1)정격의 종류 (KSC 4002)

정격으로는 전동기에 보정된 사용한도를 지시하고, 정격의 종류는 다음의 3가지로 구분된다.

- 1)연속정격
- 2)단시간정격
- 3)반복정격

일반적으로 펌프 구동용 전동기로서는, 단시간 사용의 것을 제외하고, 연속정격의 전동기를 사용한다.  
정격의 종류, 정의, 표준치를 표3·11에 나타내었다.

표3·11 시간 정격의 종류, 정의, 표준치

종류	시간정격의 정의	표준치
연속정격	지정조건하에서 연속 사용할 때, 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승한도를 초과하지 않고, 기타의 제한에는 벗어나지 않는 정격을 말한다.	연속
단시간정격	냉상태에서 시작하여 지정한 일정 단시간 지정조건하에서 회전기를 단시간 사용할 때 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승 한도를 초과하지 않고, 기타의 제한에 벗어나지 않는 정격을 말한다.	10분 30분 60분 90분
반복정격	지정조건하에서 회전기가 S3, S4, S5, S6, S7 또는 S8의 사용에 쓰여질 경우 그 회전기에 관한 표준 규격에 정해져 있는 온도상승 한도를 초과하지 않고 기타의 제한에는 벗어나지 않는 정격을 말한다. 특별한 지정이 없을 경우에 1주기의 표준치는 10분간으로 한다.	15%ED 15%ED 15%ED 15%ED
등가정격	지정조건하에서 회전기가 S3, S4, S5, S6, S7 또는 S8의 사용에 쓰여질 경우, 주문자와 제조자의 협의에 따라서 이 사용과 다른 열적으로 등가한 연속 사용 또는 단시간 사용으로 치환할 수가 있다. 이 치환한 사용에 대한 시험을 했을 때 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승한도를 초과하지 않고 기타의 제한에 벗어나지 않는 정격을 말하고, 등가연속정격, 또는 등가단시간정격이라고 한다.	

## (2) 절연의 종류와 허용최고온도

전동기내부에는 절연물이 사용되고, 이 절연물이 열에 의해 변화하여, 온도가 높을수록 절연성능이 악화되어 수명이 짧게 된다.

절연의 종류, 구성재료, 허용최고온도 및 온도상승한도는 표3·12에 있고, 저압전동기에서는 E종, B종, F종 고압전동기로는 F종이 일반적이다.

## (3) 토크(Torque)

전동기의 토크로서는 시동토크, 전부하토크, 최대토크의 세 종류의 토크가 정의되어 있다. 전동기의 토크는 부하의 필요토크에 대해서 충분여유를 가지도록 고려할 필요가 있다.

그림3·1는 보통 농형 유도 전동기의 토크와 전류를 정지상태로부터 동기속도까지의 곡선으로 표시한 것이다.

출력토크의 관계는 다음식으로 표현된다.

$$\text{출력(kW)} = \text{토크(kgf} \cdot \text{m)} \times \text{회전수(min}^{-1}\text{)} / 974$$

표3·12 절연의 종류와 구성재료

(KCS 4304)

절연의 종류	구 성 재 료	허용최고온도 (°C)	일 반 호 칭 (°C)
Y 종	예를들면 목면, 면, 종이등의 재료로 구성되고, 바니스류를 함침시키지않고 또는 유중에 담그지 않는것을 말한다. (Y종은 전 규격의 C종)	90	—
A 종	예를들면 목면, 면, 종이등의 재료로 구성되고, 바니스류를 함침 또는 유중에 담근것을 말한다.	105	60
E 종	—	120	75
B 종	예를들면 마이카, 석면, 유리섬유등의 재료를 접착재료와 함께 이용해서 구성된 것을 말한다.	130	80
F 종	예를들면 마이카, 석면, 유리섬유등의 재료를 실리콘 알키드수지등의 접착재료와함께 이용해서 구성된 것을 말한다.	155	100
H 종	예를들면 마이카, 석면, 글래스섬유등의 재료를 실릴콘수지 또는 동등한 성질을 가진 재료를 접착재료와 함께 이용한 것을 말한다. 고무상 및 고체상의 실릴콘수지 또는 동등의 성질을 가진 재료를 단독으로 이용한 경우를 포함.	180	125
C 종	예를들면 생마이카, 석면, 섬유등을 단독으로 이용하여 구성된 것, 또는 접착재료와 함께 이용한 것.	180초과	—

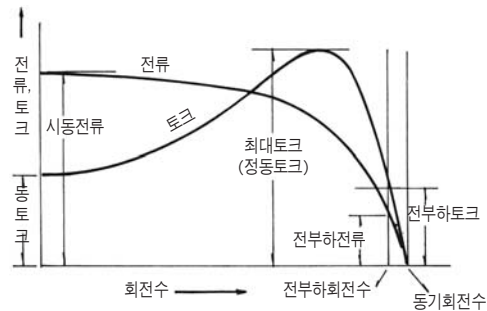


그림3·1 토크, 전류곡선

## (4) 효율과 역률

## 1) 효율

효율은 출력의 입력에 대한 비율이고, 다음식으로 표현된다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{P_o}{\sqrt{3} V I \cos \theta} \times 100$$

V: 정격전압(V)

I: 전동기전압(A)

$\cos \theta$ : 전동기역률

$P_o$ : 전동기출력(W)

$P_i$ : 전동기입력(W)

## 2) 역률

유도전동기는 커패시턴스가 거의없고 리액턴스가 크기때문에 전류의 위상은 전압의 위상에 대해서 지연되고 있다. 이 위상차각도  $\theta$ 가 크게되면 역률이 악화하고 무효전력이 크게되어 비 경제적이다. 통상 역률개선용 콘덴서를 이용해서 계통의 역률을 개선하고 있다.

## (5) 전류와 기동계급

## 1) 무부하전류

전동기를 규정전압및 규정주파수로 부하를 접속시키지않고 운전했을 때의 전류이다.

더구나, 전동기의 역률개선용 콘덴서의 용량은, 전동기 정지시의 자기여자현상에 의한 이상전압의 발생및 이것에 수반하는 전동기의 소손을 회피하기 위해 전동기의 여자용량(KVA) 이하로 억제 할 필요가 있다. 무부하전류를 I<sub>0</sub>로 했을때 일반적인 역률개선용 콘덴서의 용량한계는 다음과 같다.

$$\text{용량한계} = 3 \times \text{전압} \times I_0 \times 0.9 (\text{kVA})$$

## 2) 전부하전류

전동기에 부하를 접속하여 정격출력으로 운전했을때, 전동기의 고정자를 흐르는 1차 전류이고, 3상유도 전동기의 전부하전류는 다음식으로 표현된다.

$$\text{전부하전류}(A) = \frac{\text{출력}(W)}{\sqrt{3} \times \text{전압}(V) \times \text{효율} \times \text{역률}}$$

## 3) 기동전류와 기동계급

시동전류치는 소용량기로는 정격출력 kW에 대한 기동입력 kVA의 비로서 KSC4202에 의해 표3·13의 값 이하로 되어있다. 그 이상의 중용량기에는 일반적으로 정격전류에 대해서 기동전류는 500~650%정도로 된다.

표3·13 정격출력 kW에 대한 기동입력 kVA의 비 (K S C 4202)

정격출력 kW	정격출력 kW에 대한 기동입력 kVA의 비 kVA / kW
0.2~5.5	13
7.5~22	12
30~90	11
110~200	10

비고) 정격출력0.2kW및0.4kW는, 전폐형만으로 한다.

## (6) 동기회전수와 미끄럼

## 1) 동기회전수

$$\text{동기회전수}(\text{min}^{-1}) = \frac{120 \times \text{주파수}(\text{Hz})}{\text{극수}}$$

## 2) 미끄럼

$$\text{미끄럼}(\%) = \frac{\text{동기속도}(\text{min}^{-1}) - \text{회전수}(\text{min}^{-1})}{\text{동기속도}(\text{min}^{-1})} \times 100$$

## (7) 전압 및 주파수변동의 전동기 특성에 미치는 영향

전압 및 주파수가 변화하면 전동기의 특성은 변화한다. 전압변화 및 주파수 변화의 유도전동기에 대한 일반적인 영향은 표 3·14와 같다. 더구나, JEC37에서는, 아래의 전압 및 주파수의 변화에 대해서, 전동기가 지장없이 운전가능한 것이라고 규정되어있다.

## 1) 전압변화

정격주파수의 원인으로 전원전압이 규격치의  $\pm 10\%$ 까지 변화해도, 정격출력에서 사용해서 실용상지장이 있어서는 안된다.

## 2) 주파수변화

정격전압의 원인으로 전원주파수가 정격치의  $\pm 5\%$ 까지 변화해도 정격출력에 사용해서 실용상 지장이 있어서는 안된다.

## 3) 전압 및 주파수 변화

전원의 전압 및 주파수가 동시에 변화하는 경우는 전압의 변화가 정격치의  $\pm 10\%$ 이내, 주파수의 변화가 정격치의  $\pm 5\%$ 이내이고, 그 양변화 백분율의 절대치의 합이  $10\%$ 이내 일때는 정격출력으로 사용해서 실용상지장이 있어서는 안된다.

## (8) 유도

유도전동기 특성의 보정치에는 표3·15에 나타난 유도를 채용한다.

단, 규격 또는 사양서에서 최저 또는 최고치를 규정 또는 지정할 경우는 이 유도는 적용하지 않는다.

## 3.2.3 전동기의 제어

## (1) 전동기의 기동방식

## 1) 권선형 유도전동기

권선형유도전동기는 각상의 2차 권선에 슬립 링을 넣어 직렬로 외부저항을 삽입하는 것이 가능하기 때문에 저항에 의해 전류를 제한해 큰 토크로 시동할 수 있다.

그림3·2는 2차저항기의 저항치를 파라미터로 한 경우의 미끄럼-토크-전류특성을 나타낸 것이다. 전동기 토크의 수하특성에 의해 미끄럼의 감소와 함께 토크가 감소하기 때문에 속도의 증가에 맞춰서 저항을 감소시켜, 거의 일정한 토크로 시동할 수 있다.

예를들면, 부하토크를  $T_L$ 으로하면 전동기는 그림중의 a,b,c,~m점에 따라서 순차 가속하는 것이 되고, 이곡선의 b,d,f,~점은 2차 저항기의 절환점이 된다.

이차저항기(급속저항기)의 절환방식에는 한류방식과 한시방식이 있고, 펌프의 경우에는  $GD^2$ 가 작기때문에 큰 플라이휠을 사용하는 경우를 제외하고 한시방식이 일반적으로 채용되고 있다. 저항기로서는 중용량전동기(수백 kW)Rk까지는 급속저항기가 채용되고, 그것이상의 대용량에는 액체저항기가 채용되고 있다.

### 3.2 전동기

표3·14 전압 및 주파수변동이 특성에 미치는 영향

	기동 및 최대 토크	동 기 속 도	% 미끄럼	전부하 속 도	효 율 (전부하시)	역 율 (전부하시)	전부하 전 류	기 동 전 류	전부하 시의 온도상승	최대 과부하 출력
전압변화										
110% 전 압	(+) 21%	변화하지 않음	(-) 17%	(+) 1%	(+) 0.05~0.1	(-) 0.3	(-) 7%	(+) 10~12%	(-) 3~4℃	(+) 21%
전압의 함 수	(전압) <sup>2</sup>	일정	$\frac{1}{(\text{전압})^2}$	—	—	—	—	(전압)	—	(전압) <sup>2</sup>
90% 전 압	(-) 19%	변화하지 않음	(+) 23%	(-) 1.5%	(-) 0.2	(+) 0.1	(+) 11%	(-) 10~12%	(+) 6~7℃	(-) 19%
주파수변화										
105% 주파수	(-) 10%	(+) 5%	실용상 변화없음	(+) 5 %	(+) 근소	(+) 근소	(-) 근소	(-) 5 ~6 %	(-) 근소	(-) 근소
주파수의 함수	$\frac{1}{(\text{주파수})^2}$	(주파수)	—	—	—	—	—	$\frac{1}{(\text{주파수})}$	—	—
95% 주파수	(+) 11%	(-) 5%	실용상 변화없음	(-) 5 %	(-) 근소	(-) 근소	(+) 근소	(+) 5 ~6 %	(+) 근소	(+) 근소

(주) (+)증가, (-)극

(예) 37kW 개방방적형 4극, 60Hz기의 특성은 110%전압에서는 다음과 같이 변화한다.

시동토크 140.1%→140.1×1.21=170%

정동토크 194.1%→194.1×1.21=235%

전부하회전수 1,758rpm→1,758×1.01=1,776rpm

효율 100% 부하 87.2%→87.2+(0.05~0.1)=87.25~87.3%

역율 100% 부하 87.7%→87.7-0.3=87.4%

전부하전류 8.5A→8.5×0.93=7.9A

기동전류 34.6A→34.6×(1.1~1.2)=38.1~41.5A

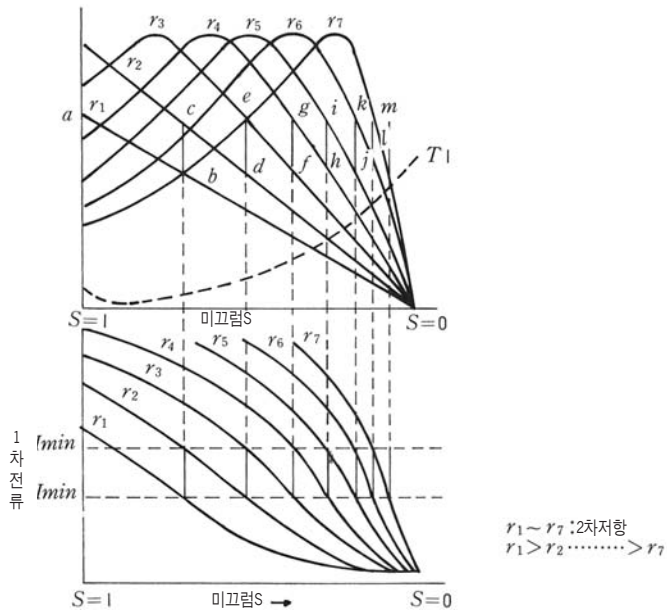


그림 3·2 권선형유도전동기의 비례추이

표 3·15 유도 전동기의 유도

항	종 류	유 도
1	(1) 규약효율(n)% (a)출력 50kW(또는 50kVA)이하의 유도전동기 (b)출력 50kW(또는 50kVA)를 넘는 유도전동기 (2)실측효율(n)%	- 0.15 × (100 - n)% - 0.10 × (100 - n)% - 0.15 × (100 - n)% 단, 최소 0.7%
2	손실(동기조상기의 전손실)	+ 0.1 × (보정치)
3	부하시의 역율(pf%)	- $\frac{1}{6}$ (100 - pf)% 단, 최소2%, 최대7%
4	무부하전류	+ 0.3 × (보정치)
5	미끄럼	+ 0.2 × (보정치)
6	최대기동전류	+ 0.2 × (보정치)
7	최소기동토크	- 0.1 × (보정치)
8	최대토크	- 0.1 × (보정치)

(비고) 1. n 및 pf는 보정치

2. 1 및 3~8 항의 유도는, 실측치, 계산치(원선도법그외)의 어느것에도 적용한다.



## 2)농형 유도전동기의 기동방식

## a)전전압기동(직입기동)

전전압기동은 기동토크가 크기때문에 펌프에 기동시 충격을 주지만, 기동시간은 짧다. 회로구성을 그림3·3에 나타낸다. 또한, 기동전류가 크고, 기동전류를 억제할 경우는 다음항 아래에 서술하는 각종 감전압기동을 채용한다.

## b)스타-델타기동

기동할때, 고정자권선을 스타-회로로 되도록 전원을 접속하고, 충분히 가속해서부터 델타회로에 전환하여 기동을 종료하는 방식이다. 회로구성을 그림3·4에 나타낸다.

기동토크가 전전압기동의 1/3로 되기때문에 비교적 경부하의 펌프에 적용하고 있다. 단, 델타회로로 전환할 때 회전자측으로부터 유기하는 전압의 위상의 관계로부터, 단시간이지만 큰 전류가 발생하는 경우가 있다. 이 방식의 경우, 전동기단자는 6본으로 되고, 펌프구동용으로는 작고, 중용량의 저압전동기의 기동방법으로서 사용된다. 또한 스타로부터 델타로의 변환시의 러쉬 전류의 발생을 억제하기 위해 저항을 삽입한 크로즈드(closed)방식을 채용하는 경우도 있다.

## c)리액터기동

전동기의 1차측에 기동용리액터를 삽입하여 기동하고, 충분히 가속해서부터 기동용 리액터를 단락하는 방식이다. 회로구성을 그림3·5에 나타낸다.

기동전류는 리액터 전압 탭에 비례하여, 기동토크는 전압 탭의 제곱에 비례하여 감소한다.

## d)콘돌퍼기동

단권의 기동변압기를 이용하여 기동하여, 다음에 기동변압기의 중성점을 개방하여 리액터로 하고, 최후에 이것을 단락해서 기동을 완료하는 방식이다. 회로 구성을 그림3·6에 나타낸다.

기동전류는 기동변압기의 전압탭의 제곱에 비례하고, 기동토크도 전압탭의 제곱에 비례하여 감소한다. 따라서 양호한 기동특성이 얻어지지만, 다른 방식에 비해 약간 설비비가 높게되고 받침 스페이스도 크게 된다.

이상의 각 기동방식의 기동전류와 기동토크의 관계를 표3·16에 나타낸다. 다시 각 표준탭의 기동전류 및 기동토크의 관계를 표3·17에 나타낸다.



그림 3·3 전전압기동

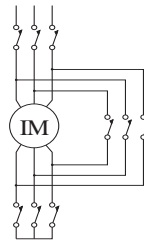


그림 3·4 스타-델타기동

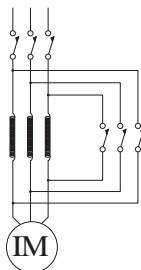


그림 3·5 리액터기동

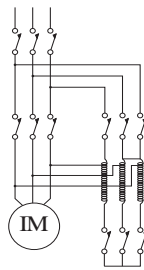


그림 3·6 콘돌퍼기동

표 3·16 기동방식과 기동토크 및 기동전류의 관계

	기동토크	기동전류
델타기동 (클로즈도방식)	$T \times \frac{1}{3}$	$I \times \frac{1}{3}(\ast)$
리액터기동	$T \times (\frac{V}{V'})^2$	$I \times (\frac{V}{V'})$
콘돌러기동	$T \times (\frac{V}{V'})^2$	$I \times (\frac{V}{V'})^2$

V : 정격전압

V' : 전동기 인가전압

주(※) 스타로부터 델타로의 변환시에 순간적으로 러쉬(RUSH)전류가 발생한다.

표 3·17 전압탭과 기동전류 및 기동토크

		단자전압	시동토크	시동전류
전 전 압 기 동		1.0	1.0	1.0
델 - 타 기 동		1.0	0.33	0.33 <sup>(1)</sup>
리액터 기 동	80%탭	0.80	0.64	0.80
	65%탭	0.65	0.42	0.65
	50%탭	0.50	0.25	0.50
보상기 기동 <sup>(2)</sup>	80%탭	0.80	0.64	0.64
	65%탭	0.65	0.42	0.42
	50%탭	0.50	0.25	0.25
콘돌파 기동 <sup>(2)</sup>	80%탭	0.80	0.64	0.64
	65%탭	0.64	0.42	0.42
	50%탭	0.50	0.25	0.25

주(※1) 스타로부터 델타로의 변환시에 순간적으로 러쉬(RUSH)전류가 발생한다.

(※2) 기동전류분에는 상기값에 기동변압기의 여자 전류분이 수%(2~5%)가산된다.

## 3) 동기전동기의 기동방식

## a) 자기기동

회전자가 과상자극 또는 기동권선을 가지는 동기전동기는 자기기동이 가능하다.

동기속도부근까지 가속한 후, 계자권선에 직류여자를 가해 동기화한다.

펌프가 필요로하는 토크보다도 전동기의 인입토크가 작은 경우에는 동기화하는 것이 불가능으로 되기때문에 주의가 필요하다.

## b) 기동전동기에 의한 기동

동기전동기에 직결한 기동전동기에 의해 기동하는 것으로, 전자클러치를 넣어 동기전동기에 결합된다.

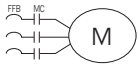
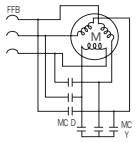
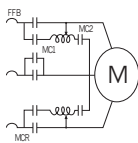
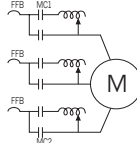
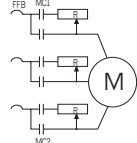
## c) 저주파 동기기동

대용량 동기전동기의 기동에 채용되는 방식으로, 전동기용량에 상응한 자가발전설비로 설치하여, 발전기의 저주파 운전의 상태로 동기전동기의 시동과 동기화를 행하고, 그 후 발전기의 주파수를 서서히 상승시켜 정격속도까지 가속하는 방법이다.

최근에는, 동일한 원리로 정지형 기기를 사용하여 시동하는 방법도 있다.

### 3.2 전동기

표3 • 18 기동방법

기동법		전전압(全電壓) 직입기동	감전압기동			
			Y-△기동	콘돌파기동	리액터기동	1차저항기동
회로구성						
개 요		전동기에 최초부터 전전압을 인가하여 기동	△결선으로 운전하는 전동기를 기동시만 Y로 결선하여 기동전류를 직입기동시의 1/3로 줄인다.	V결선의 단권변압기를 사용해서 전동기에 인가전압을 낮추어서 기동	전동기의 1차측에 리액터를 넣어 기동시의 전동기의 전압을 리액터의 전압 강하분만큼 낮추어서 기동	리액터기동의 리액터 대신 저항기를 넣은 것
특 징		전동기 본래의 큰 가속 토크가 얻어지므로 기동시간이 짧다. 부하를 연결한 채로 기동이 가능. 값이 싸다.	기동전류에 의한 전압 강하를 경감 시킬 수 있다. 감압기동 가운데서는 가장 싸고 손쉽게 채용할 수 있다.	탭의 선택에 따라 최대 기동전류, 최소 기동토크의 조정이 가능하며, 전동기의 회전수가 커짐에 따라 가속 토크의 증가가 크다.	탭 절원에 따라 최대 기동 전류, 최소 기동 토크가 조정가능 전동기의 회전수가 높아짐에 따라 가속토크의 증가가 심하다.	리액터 기동과 거의 같음. 리액터 기동보다 가속 토크의 증대가 크다.
결 점		기동 전류가 크고 이상 전압강하의 원인이 된다.	가속토크가 작으므로 부하를 연결한채로 기동할 수 없다. 기동한 후 운전으로 전환될 때 전전압이 인가되어 전기적, 기계적 쇼크가 있다.	가격이 가장 비쌈. 가속토크가 Y-△기동과 같이 작다. 최대기동전류, 최소 기동토크의 조정이 안된다.	콘돌파 기동보다 조금 싸고 느린 기동이 가능하다.	최소 기동 토크의 감소가 크다. 적용 전동기의 용량은 7.5KW 이하
제 특 성	기동전류 Ist	500 ~ 1000%	33.3%	25-42-64% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)
	기동토크 Tst	100% 이상	33.3%	25-42-64% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)
	가속성	가속토크 최대 기동시 부하에 가해지는 쇼크가 크다.	토크의 증가 적다. 정동토크 적다.	토크의 증가가 약간 작음. 정동토크 약간 작음. 원활한 가속	토크의 증가가 매우 큼. 원활한 가속	토크의 증가가 매우 큼. 정동토크 대 원활한 가속
적 용		전원용량이 허용되는 범위내에서는 가장 일반적인 기동방법으로 사용 가능한 한 이방식의 사용이 가장 유리	5.5KW이상의 전동기로 무부하 또는 경부하로 기동이 가능한 것. 감압기동에서는 가장 일반적인 공작기, 크래셔	최대 기동전류를 특별히 억제할 수 있는 것. 대용량 전동기, 펌프, 팬, 송풍기, 원심분리	팬, 송풍기, 펌프, 방직기계. CUSHION STARTER응 등의 부하에 적합	소용량전동기(7.5KW이하)에 한해서 리액터 기동용 부하와 동일적용

## (2) 전동기의 기동시간

전동기의 기동시간을 구하는 개략식은 아래와 같다.

$$t = \frac{\Sigma GD^2 \times N}{375 \times Ta} \text{ (s)}$$

Ta: 평균가속토크(kgf · m)

$\Sigma GD^2$ : 전동기  $GD^2$  + 펌프  $GD^2$  : (kg.m<sup>2</sup>)

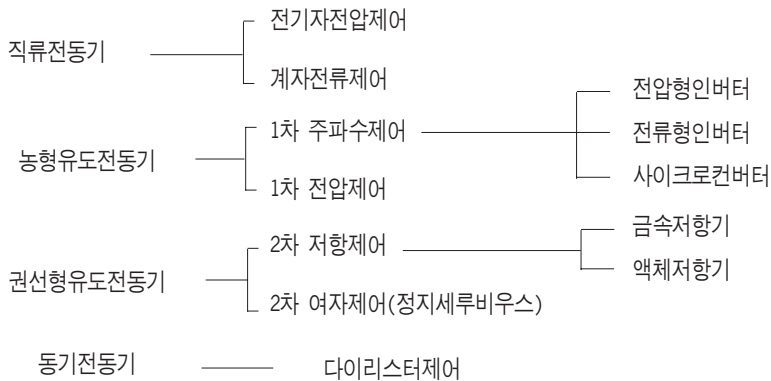
N: 회전수(min<sup>-1</sup>)

평균가속토크로는 전동기토크와 부하토크의 차의 평균치이다.

## (3) 속도제어방식

각종전동기의 속도제어방식의 종류를 표3·19에 나타낸다. 이 중에서 펌프 속도제어용으로서 일반적으로 사용되는 속도제어방식은 아래와 같다.

표 3·19 속도제어방식의 종류



## 1) 2차 저항제어

종래부터 사용되고 있는 속도제어방식에서, 권선형유도 전동기의 2차 회로에 저항을 삽입하여, 그 저항치를 증감하는 것에 의해 속도를 변화는 것이다.

장치가 간단하고 저가이지만, 2차 미끄럼전력이 열로서 저항중에 소비되기때문에 저속시에 효율이 나쁘고, 저속에서는 속도변동이 크게 불안정으로 된다. 그 때문에 속도제어 범위가 작은 경우 또는 중소용량 펌프에 사용된다.

저항기로서는 금속 저항기와 액체저항기가 있다. 금속저항기는 보수점검이 용이하지만, 열이 주위에 확산되어 실온 상승의 원인으로 된다. 제어가 단계적으로 되는 점이 있고, 대용량에는 적합하지 않다. 액체저항기는 연속 제어가 가능하고, 대용량에 적용할 수 있다. 단, 구조적으로 잔류저항이 발생하는 것을 피할 수 없기 때문에, 최고회전수는 동기회전수의 95%정도이다.

## 2) 셀비우스제어

유도전동기의 2차 권선에 외부로부터 역기전압을 인가하여 속도제어를 행하는것이 2차 여자방식의 원리이다.

이 방식은 권선형유도전동기의 2차 출력을 전력으로하여 전원으로 반환하기 때문에 효율이 좋은 운전이 가능하게 된다. 그림 3·7에 셀비우스 장치의 일반적인 구성을 나타낸다.

또한, 기동시는 기동저항기를 2차측에 삽입해 적정한 속도까지 가속한 후 셀비우스 운전으로 전환한다.

더구나, 셀비우스 장치를 사용하는 경우는 순간정전에 의한 전류실패시 문제가 있고, 그 대책에 특히 주의가 필요하다.

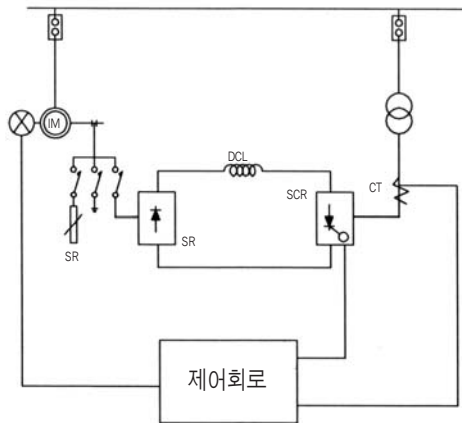


그림 3·7 세루비우스장치의 구성

## 3) 1차 주파수 제어

유도전동기의 동기회전수  $N$ 는 다음식과 같이 1차 주파수  $f$ 에 비례한다.

$$N = \frac{120 f}{P}$$

$P$ : 극수

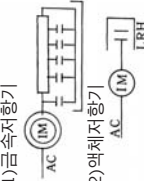

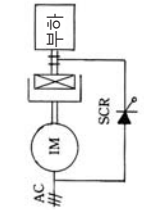
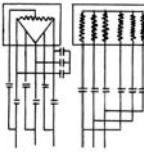
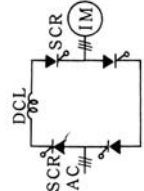
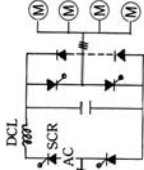
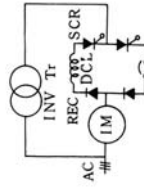
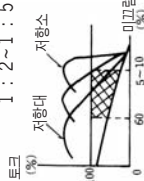
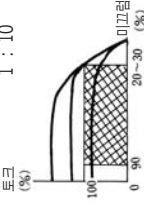

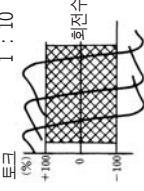
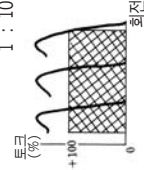
유도전동기의 1차 주파수를 가변제어하는 것에 의해 전동기회전수를 제어하는것이 1차 주파수제어의 원리이다. 이 제어 방식에는 각종 인버터가 사용되고, 전류방식 및 사용소자에 의해 표 3·20과 같이 분류된다.

표3·20 각종 인버터의 비교

분 류	사용되는 주 소자	시동토크	적용 전동기 용량	주특징
전류형 인버터	다이리스터	AC-DC-AC	200~300kW 클래스이상	○다중화에 의해 대용량화가 가능 ○제어 성능이 좋다
전압형 인버터	트랜지스터	AC-DC-AC (DC-AC)	200~300kW 클래스이하	○소용량기에 최적 ○범용 전동기와의 조합에 최적 ○출력 전류는 거의 정현파
	다이리스터	AC-DC-AC	수백kW클래스	○회로가 약간 복잡 ○출력 전류가 정현파에 가깝다

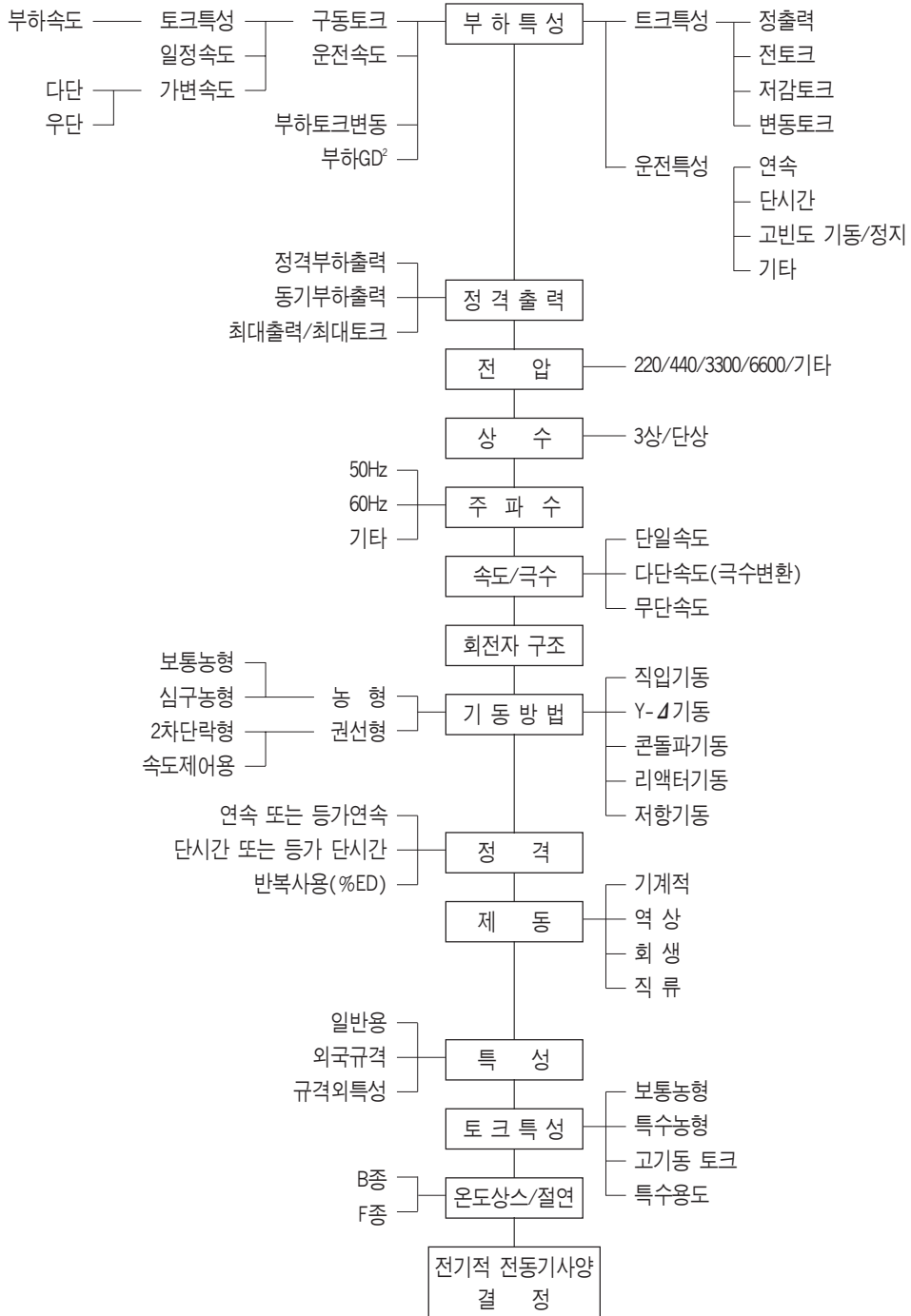
200~300kW정도까지의 중소용량기로 또는, 전류형, 전압형 전부 인버터로 적용가능하지만, 대용량기에는 전류형 인버터가 적당하다. 더구나, 대표적인 각종속도제어 방식의 특징비교를 표3·21에 나타낸다.

표 3·21 각종제어방식의 비교

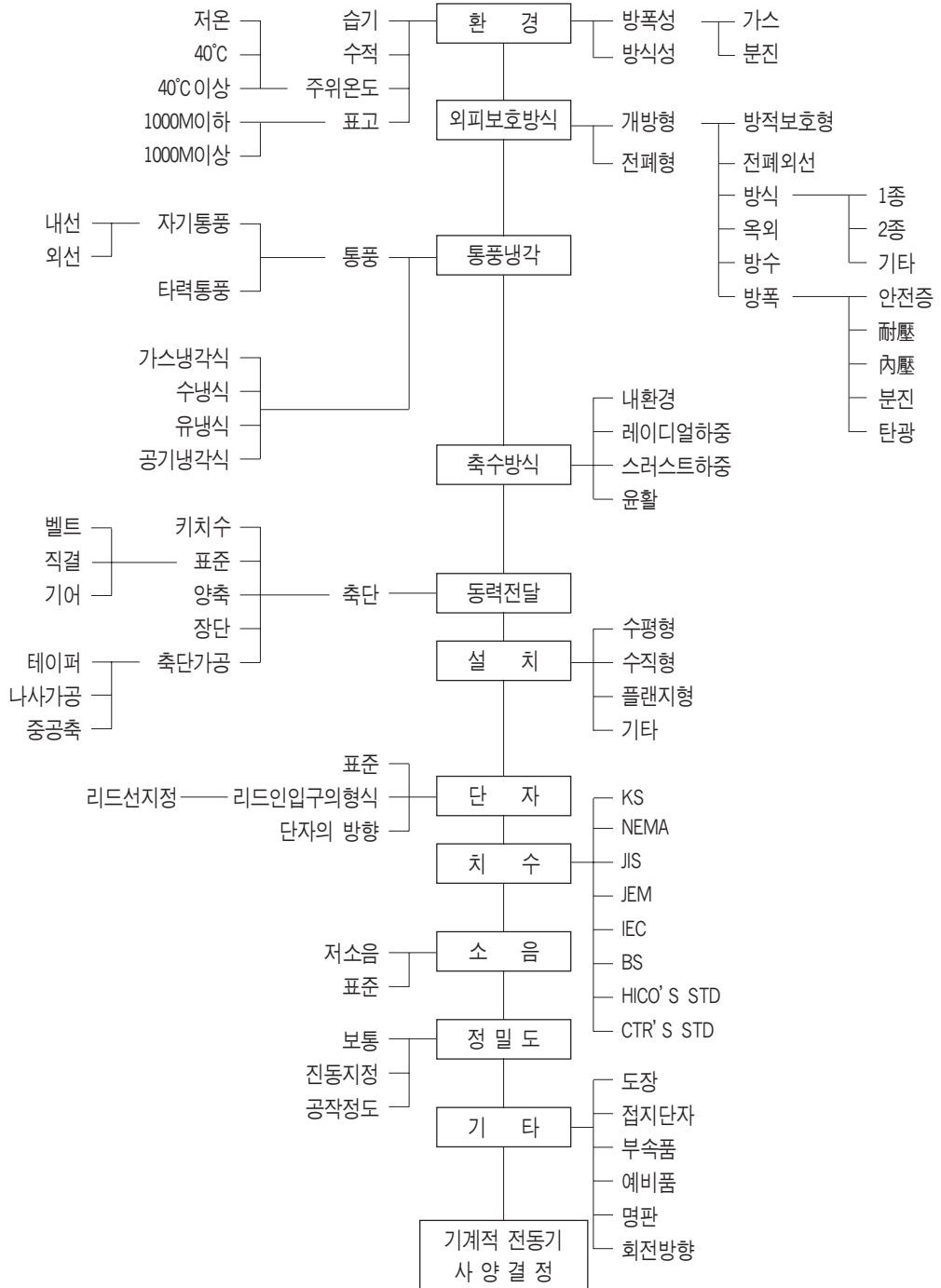
제 어 방 식	2차저항제어	VS 커플링	극 수 변 환	1 차 주 파 수 제 어		정지 셀비우스
주전동기	권선형유도전동기	농형 유도전동기	농형 유도전동기	전류형 인버터	전압형 인버터	권선형 유도전동기
	(1)크속저항기  (2)액체저항기 					
구 성						
가 격 비	저가	저가	저가	약간 고가	약간 고가	약간 고가
제 어 방 법	권선형유도전동기의 2차 저항치를 조정하여 속도제어한다. 제여기의 조작에는 수동행들식, 전동식의 2가지 종류가 있다. 가동 속도제어장치는 액체 저항기일때만 취부한다.	다이리스터에 의해, 여자코일에 주여지는 여자전류 권선을 절환하여, 극수변환을 조정하여 속도제어한다.	전동기권선의 결선법, 시용인버터에 의해 출력주파수, 및 전압을 제어해서 속도 제어한다.	외동일	다이리스타 인버터의 점호각을 조정하여 (직류역전압)을 인가하여 속도제어한다. 2차 출력을 다이리스타 인버터에 의해 전원주파의 교류로 변환한다.	
제 어 범 위	실선: 자동제어가 없는 속도토크특성  토크 (%) 회전수 (%) 1 : 2 ~ 1 : 5 저항대 저항소 0 100 60 5-10 미끄럼 (%)	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 10 0 100 20-30 미끄럼 (%)	 토크 (%) 회전수 (%) 2-4속 감토크특성 0 100 미끄럼 (%)	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 10 +100 0 -100 미끄럼 (%)	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 2 ~ 1 : 3 0 100 70% 이하 3-5 미끄럼 (%)	
특 징	1. 장치가 간단하여 손쉽게 사용할 수 있다. 2. 2차 전력을 전부 2차 저항으로 열로서 방출하기 때문에 효율이 나쁘다. 3. 제어범위가 좁다	1. 광범위한 무단계 속도 제어가 가능 2. 양호한 속도제어가 가능하다. 단, 나선전류 브레이크가 있다. 4. 나선전류손실때문에 총 효율율이 나쁘다. 5. 축방향 길이가 약간 길게 된다.	1. 장치가 간단하고 견고하다. 2. 각 속도에서의 운전효율이 좋다. 3. 제어가 단계적으로 되어, 속도변의 선정이 한정된다.	1. 상용전원주파수에 관계없이 광범위한 무단계제어가 가능하다. 2. 모든 속도영역에서 고출력의 운전이 가능하다. 3. 4상한 운전이 가능하다.	1. 상용전원주파수에 관계없이 광범위한 무단계제어가 가능하다. 2. 모든 속도영역에서 고효율이다. 3. 다수전동기의 전속운전에 적합 4. 재생제동과 기역운전을 요하는 부하에는 적합하지 않다.	1. 무단계 속도제어가 가능 2. 고정도의 속도제어가 가능하다. 3. 모든 속도영역에서 고효율이다. 4. 복수대의 일괄제어가 가능 5. 모터를 제외하면 정지기로 보수공이 필요 6. 제동토크를 발생하지 않는다. 7. 기동저항이 필요 8. 역률이 나쁘다. 9. 속도변위가 좁게됨에 따라, 정지는 소형으로 된다.

(4) 전동기의 검토

1) 전기적 검토



2) 기계적 검토





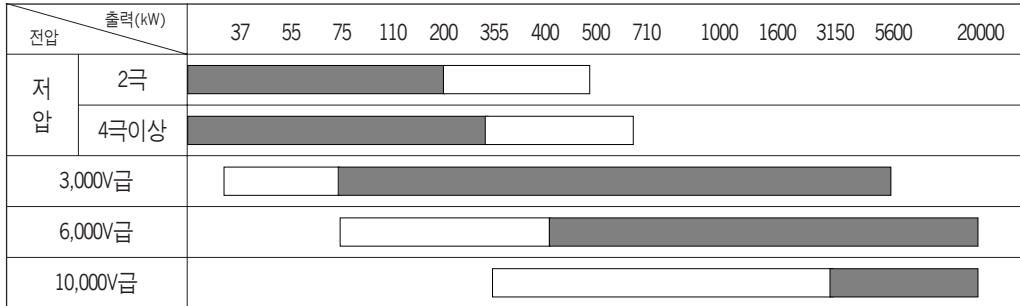
## 3) 배전계획과 전동기 정격전압의 선정

전동기의 전압선정은 아래 점을 검토하는 것 외에, 배전설비를 포함한 전체의 경제비교를 행해 결정할 필요가 있다.

①시동시의 전압강화와 시동방식

②전체의 설치 스페이스

③보수성, 유지관리의 용이성



주) 비교적 경제적인 출력범위이다.

어느 정도 경제성을 무시하면 기술적으로 가능한 범위이다.

그림3·8 전압계급에 대한 제작 범위

## 4. 동력전달장치

### 4.1 동력전달장치의 선정

펌프와 원동기는 가능한한 직결하는 것이 요망되지만, 양자의 회전수와 회전축의 방향이 다를 경우에는, V벨트와 기어를 이용한 변속장치에 의해 동력을 전달한다.

중·소형 펌프의, 회전수는, 중속으로부터 고속의 범위이기때문에, 보수관리가 용이하고 거치면적이 작고 경제적인 원동기 직결구동으로 한다.

중·대형인 저양정의 펌프의 회전수는 일반적으로 저속이지만, 저속의 원동기를 직결합에 의해서보다 고속원동기와 기어감속기를 조합시킨편이 경제적이다.

입축펌프를 디젤기관 또는 가스터빈으로 구동하는 경우는, 펌프회전수에 맞는 변속과 회전축방향의 변환을 베벨기어감속기에 의해 행한다.

또한 각 기기간의 동력전달로는, 펌프 및 원동기의 설치형식, 종류등에 의해, 사용조건, 목적에 적합한 유체축이음, 클러치장치, 중간축장치등의 각종 축이음을 사용한다.

### 4.2 커플링의 배치에

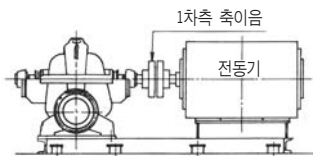


그림 4-1 원동기 직결구동

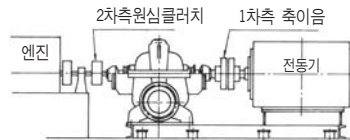


그림 4-2 원동기 및 엔진구동

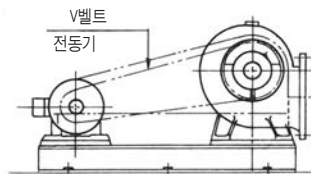


그림 4-3 전동기 구동, 벨트 연

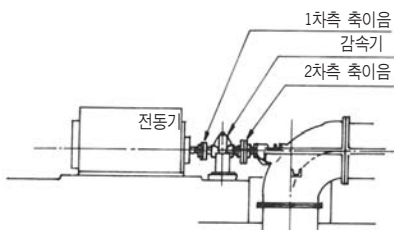


그림 4-4 전동기 구동, 기어 감속기 설치

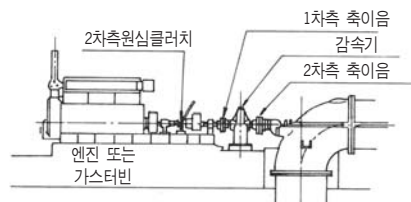


그림 4-5 엔진구동, 기어감속기 및 클러치 설치

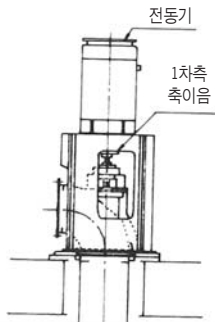


그림 4-6 입축펌프 전동기 직결구동(1상식)

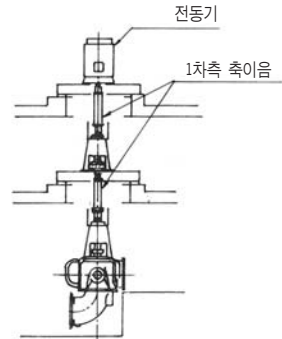


그림 4-7 입축펌프 전동기 직결구동(2상식)

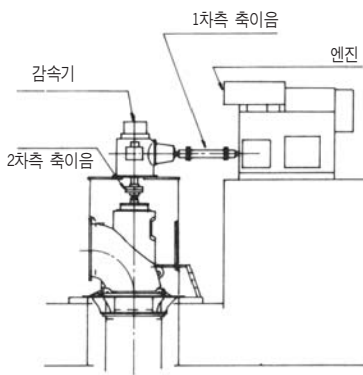


그림 4-8 입축펌프의 엔진구동 기어감속기 설치

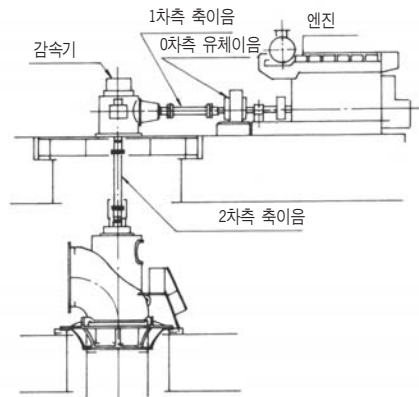
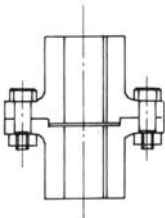
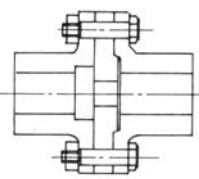
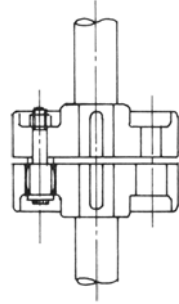
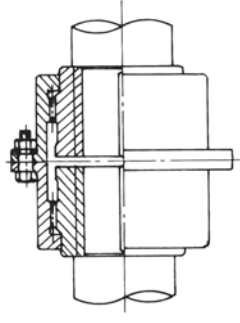


그림 4-9 입축펌프의 엔진구동 유체 축이음 설치

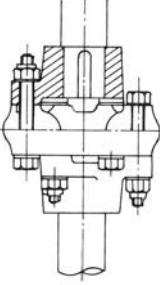
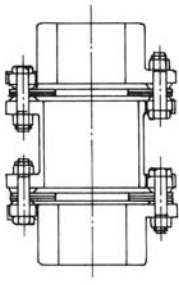
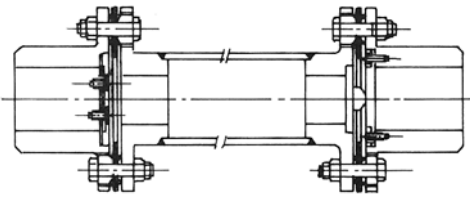
### 4.3 애펍 전단앵 축이름의 구조 및 기능

표 4.1 축이름의 구조 및 기능(1/2)

분류	명칭	구조	목적 기능	전달기능동력(주)			비고
				kW / 500 (PS) / min <sup>-1</sup>	kW / 1,000 (PS) / min <sup>-1</sup>	kW / 1,500 (PS) / min <sup>-1</sup>	
고전축이름	플랜지형 고정축이름		• 횡축포응 고정축이름	제한없음			• 대경축, 대토크응에 사용된다.
	스패이서 부착 플랜지형 고정축이름		• 입축포응 고정축이름	제한없음			• 중간스페이서로 펌프축의 세운방향 위치를 조정한다.
벨레시펠축이름	플랜지형 플레시를 축이름		• 설치오차의 출수  • 진동의 흡수	500kW (450PS)	1,000kW (9,000PS)	400kW (400PS)	• 구조간단하고 가장일반적 • 축의 중심내기를 충분히 행하지 않으면 고무부시의 마모가 빨라진다.
	기어형 축이름		• 설치오차의 출수	160,000kW (150,000PS)	50,000kW (45,000PS)	23,000kW (21,000PS)	• 소형이기 때문에 대용량에 적합하고 고속고하중의 전달이 가능하다 • 기어의 윤활이 필요

주) 전달기능 동력 상단은 전동기 또는 가스터빈 구동의 경우, 하단( )내는 디젤기관 구동의 경우를 나타낸다.

표 4.1 축이음의 구조 및 기능(2/2)

분류	명칭	구조	목적 기능	전달가능동력(주)			비고
				kW / 500 min <sup>-1</sup> (PS)	kW / 1,000 min <sup>-1</sup> (PS)	kW / 1,500 min <sup>-1</sup> (PS)	
아비컴	성형고무축이음		<ul style="list-style-type: none"> <li>설치오차의 흡수</li> <li>진동의 흡수</li> </ul>	400kW (350PS)	800kW (700PS)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>다각형으로 형성된 탄성력의 고무부를 좌우의 플랜에 교대로 볼트로 체결 구조</li> </ul>
	스페이싱아비컴		<ul style="list-style-type: none"> <li>설치오차의 흡수</li> <li>편각, 축방향 변위의 흡수</li> </ul>	11,000kW (9,000PS)	22,000kW (18,000PS)	33,000kW (27,000PS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>박판을 적층한 플렉시블 엘리먼트를 양단에 붙인 구조</li> <li>휨축, 인축용으로 기기간이 가까운 경우에 사용한다.</li> </ul>
	폴로팅 샤프트 형 자재 축이음		<ul style="list-style-type: none"> <li>설치오차의 흡수</li> <li>편각, 편심축방향 변위의 흡수</li> </ul>	11,000kW (9,000PS)	22,000kW (18,000PS)	33,000kW (27,000PS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>박판을 적층한 플렉시블 엘리먼트를 양단에 붙인 구조</li> <li>인축, 휨축용이 있고 기기간이 떨어져 있고, 큰 편심을 허용하는 경우에 사용한다.</li> </ul>

주) 전달가능 동력 상단인 전동기 또는 가스터빈 구동의 경우, 하단( )내는 디젤기관 구동의 경우를 나타낸다.

## 5. 밸브 및 배관

### 5.1 밸브의 선정

#### 5.1.1 밸브의 종류

밸브의 용도에는 차단, 유량제어 및 역류방지등이 있지만 일반적으로 펌프용으로서 사용되고 있는 밸브류를 표 5·1에 밸브의 선정기준을 표 5·2에 나타낸다.

표5·1 밸브의 용도, 작동방식

밸브 형식		용 도			작동방식			
		차단	유량제어	역류방지	자중	수동	전동	유압
펌 프 용 밸 브	게이트 밸브 (슬루스 밸브)	○	○※1			○	○	
	접형 밸브 (버터플라이 밸브)	○	○			○	○	○
	역지 밸브 (체크 밸브)			○	○			
	플랩 밸브 (역류방지 밸브)			○	○			
	로토 밸브 (콘 밸브)	○	○	○		○	○	○
	푸트 밸브			○※2	○			

비고 ※1 유량제어용의 밸브는 아니나 소구경(150mm 정도이하) 의 것이면 사용가

※2 펌프 만수용으로서 사용

## 5.1.2 밸브의 선정기준(표5.2)

표 5.2 밸브의 선정기준(1/3)

밸브 형식		구조	특징	결점	적용범위
슬루스 밸브	공동상향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밸브몸체를 밸브 동내에 상하로 이동해서 개폐를 행하는 방식의 밸브</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전개시의 압력손실이 작다</li> <li>• 유체의 차단성이 좋다.</li> <li>• 원칙적으로 전개 사용이 좋다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반개시 배면에 외류가 생겨 청정성과 진동을 일으키기 쉽다</li> <li>• 개폐시간이 길다</li> <li>• 개도를 약20%까지 폐쇄하지 않으면 교차효과가 생기지 않는다</li> <li>• 높이가 크다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중저양정의 펌프 토출밸브</li> <li>• 관로의 연락·차단용</li> <li>• 유량 조절에는 부적당</li> </ul>
	외나사식 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밸브몸체 이동용의 밸브봉 나사부가 밸브상자의 바깥에 있어 밸브봉자체가 밸브몸체와 함께 이동하는 형식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나사부의 마모·부식에 대해 우수하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높이가 내나사식에 비해 크다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부식성 유체</li> <li>• 개폐빈도가 많은것</li> <li>• 전동식의 경우</li> </ul>
	내나사식 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밸브몸체 이동용의 밸브봉 나사부가 밸브상자의 내부에 있어 밸브봉 자체는 상하로 움직이지 않는 형식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외나사식에 비해 높이가 낮다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나사부가 유체와 접촉하고 있기때문에 마모·부식되기 쉽다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐빈도가 적은것</li> <li>• 청수</li> </ul>
버터 플라이 밸브	밸브공동상향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밸브몸체를 축으로 고정하고, 축의 회전에 의해 개폐를 행하는 방식의 밸브</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬루스 밸브, 로터리밸브보다도 소형경량이다.</li> <li>• 개폐시간이 짧다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬루스밸브, 로터리밸브에 비해 전개시의 압력손실이 크다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유량조정용</li> <li>• 펌프토출밸브</li> <li>• 배수, 오수용으로는 횡형을 사용한다.</li> </ul>
	수밀형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고무코팅동체 동체내면에 고무시트를 설치하고 밸브 디스크 외주를 경질크롬도금한것</li> <li>• 고무코팅밸브 디스크에 고무를 취부하는것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수밀성은 슬루스 밸브와 거의 동일</li> <li>• 구조간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고무의 취부가 복잡하다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 980kPa(10kgf/cm<sup>2</sup>) 이하에 사용한다.</li> <li>• 동체고무에 비해 고압까지 사용가능</li> </ul>
	비수밀형(메탈 밸브 시트)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동체밸브몸체측에 스텐레스제 시트를 설치한 구조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수밀에 대해서는 기대할 수 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유량·압력조정용</li> </ul>

## 5. 밸브 및 배관

표5·2 밸브의 선정기준(2/3)


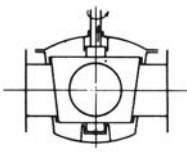
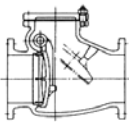
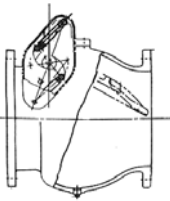
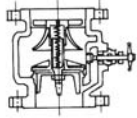
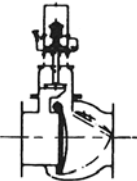
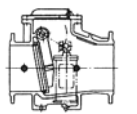
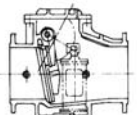

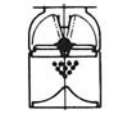
밸브 형식		구조	특징	결점	적용 범위
버터플라이 밸브	빗치형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조는 고무를 입힌 동체(자형밸브몸체)에 빗치형상의 돌기를 설치한 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반적으로 버터플라이밸브에 비해 캐비테이션 특성이 좋다</li> <li>유량조정이 우수하다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>찌꺼기가 많은 유체에는 부적당</li> <li>압력손실이 비교적 크다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유량·압력조정용</li> </ul>
	로토밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>원추대상의 밸브 몸체의 가운데에 관로와 동일형상의 유로를 설치한 것을 밸브동체의 가운데에 상하회전시켜 개폐를 행하는 방식의 밸브</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전개시에 완전한 원통형유로로 되어 압력손실이 작다</li> <li>전폐시에는 완전 밀폐가 가능</li> <li>개폐시간을 짧게 하는 것이 가능</li> <li>버터플라이밸브보다 조작력은 작다</li> <li>수격방지작용으로서 유효</li> <li>다른밸브보다 소구경을 선정하는 것이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다른밸브에 비해 고가이다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>펌프토출밸브</li> <li>차단, 유량조정용</li> <li>긴급폐쇄 밸브로서도 사용</li> <li>고압의 것에 사용가능</li> </ul>
역지 밸브	역지밸브 공동사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>흐름을 한 방향만 가능하도록 한 밸브로 밸브동작은 스윙식이 많다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>차압에 의해 자동적으로 개폐한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>압력손실이 비교적 크다. 완전수밀은 곤란</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>펌프정지시의 양수의 역류방지</li> </ul>
	스윙식 역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>소구경(50mm이하)은 스윙식과 다른 리프트식을 사용한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조가 간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>펌프 비상정지 직후의 폐쇄시의 충격이 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스윙식은 구경 500mm이하는 1매밸브 디스크, 600mm이상은 2매밸브 디스크로 분할</li> </ul>
	스윙식 급폐역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>밸브축에 코일 스프링을 취부한 구조의 것</li> <li>밸브시트를 급경사시킨 구조의 것</li> <li>밸브축으로부터 암을 내어 카운터웨이트를 취부한 구조의 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>밸브를 급폐시켜 밸브의 폐쇄지연에 의한 압력상승을 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>밸브폐쇄시 실양정의 약 2배의 압력상승은 피할 수 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고압에 사용가능</li> <li>밸브의 자중을 크게 하는 것만으로 급폐효과를 보는 경우도 있다.</li> </ul>



표5·2 밸브의 선정기준(3/3)

밸브형식		구조	특징	결점	적용범위
역 지 밸 브	리프트식 급폐역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 리프트식 밸브디스크가 항상 스프링에 의해 눌러져 있는것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스윙식과 동일</li> <li>• 수직배관에 사용된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스윙식과 같다.</li> <li>• 스윙식보다 압력손실이 크다.</li> <li>• 수평배관은 구경에 의한 제한을 받는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실양정이 높은 구경300mm이하에 사용된다.</li> <li>• 청수용</li> </ul>
	바이패스 완폐식 역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스윙식 역지밸브에 바이패스 밸브를 설치한 것으로 대쉬포트를 붙여 바이패스밸브를 완폐한것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역류 개시시는 주밸브만 앞서 폐쇄하지만, 대쉬포트에 의해 바이패스 밸브가 폐쇄속도를 조정하면서 주밸브보다 늦게 폐쇄한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완폐밸브의 작동 확인은 역류를 일으키지 않으면 행하지 않는다.</li> <li>• 바이패스밸브가 폐쇄되기 때문에 비교적 찌꺼기가 많은 유체는 부적당</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역류시의 수격방지용</li> <li>• 일반적으로 실양정이 약10m ~ 75m에 사용</li> </ul>
	주밸브 완폐식 역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스윙식 역지밸브의 주밸브에 대쉬포트를 붙여 완폐동작으로한 것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역류가 시작하면 대쉬포트의 움직임에 의해 주밸브가 완폐쇄하여 충격을 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완폐밸브의 작동 확인은 역류를 일으키지 않으면 행하지 않는다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 실양정이 약 1 ~ 20m에 사용한다</li> </ul>
	자밸브 완폐식 역지밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스윙식 역지밸브의 자밸브에 대쉬포트를 취부하여 완폐동작으로 한것</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역류 개시시는 주밸브만 앞서 폐쇄하고, 자밸브는 대쉬포트에 의해 폐쇄속도를 조절하면서 주밸브보다 늦게 폐쇄한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반적으로 실양정이 약 1 ~ 40m에 사용</li> </ul>
	플랩 밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측수직단면에 대해 약 15°의 경사각을 가진 밸브동체에 밸브축으로 취부되어 구경에 의해 따라매판으로부터 수매로 분할되어 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역지방지의 역할을 한다.</li> <li>• 역지밸브보다도 압력의 손실이 작다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역압에 대해 수밀성은 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저양정·대용량의 펌프의 토출관단에 취부된다.</li> <li>• 플랩밸브통과류는 1.5m/s정도로 한다.</li> </ul>
	푸트 밸브 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 펌프 흡입구에 설치하는 일종의 역지밸브로 하부에 스트레이너를 부속하고 있다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 펌프기동시의 호수용으로 사용한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흡입수조내에 있기 때문에 점검거가 어렵다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중소형펌프의 호수용</li> </ul>

## 5.2 역류 방지 방법

펌프의 토출 측은 흡입측에 비해 일반적으로 압력이 높고, 펌프의 정지시의 역류를 방지하는 방법을 필요에 따라 구하지 않으면 안된다.(표5·3)

표5·3 역류방지방법의 분류

역류 방지 방법		역류 방지 방법	응도
역지밸브를 설치하는 방법	역지밸브를 펌프 토출측에 설치하여 역류를 방지한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역지밸브의 구경은 통상펌프 토출밸브와 같은 구경으로 한다.</li> <li>• 실양정이 높은 펌프의 경우는 완폐식 혹은 자폐식(소구경의 경우)으로 해서 수격작용에 의한 압력상승을 피한다.</li> <li>• 소구경(300mm이하)의 펌프로 후트밸브를 가지는 경우에도 역지밸브를 병용하는 것이 많다.이 경우에는 흡입측에 공기뽑기를 설치해 둔다.</li> </ul>	일반적으로 중소형 펌프에 널리 이용된다.
토출밸브를 자동폐쇄하는 방법	펌프의 동력차단과 동시에 유압, 직류전원 중추 등으로 자동폐쇄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일정시간 후에 역류를 저지하는 방법</li> <li>• 관로가 긴 고양정 펌프는 수격작용을 방지하기 때문에 폐쇄시간에는 주의를 요한다.</li> <li>• 밸브로서는 슬루스밸브, 로토밸브, 버터플라이 밸브가 사용된다.</li> </ul>	저양점의 배수펌프(플랩밸브가 설치되지 않을시) 수격작용을 고려한 경우의 고양정펌프
플랩밸브에 의한 방법	토출관단에 설치하여 역류방지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역지밸브보다도 압력손실이 작다</li> <li>• 역압에 대해 수밀성은 별로 없다.</li> </ul>	저양정,고용량 배수펌프 일반
사이폰 파괴에 의한 방법	토출관의 일부를 토출측 최고 수위보다도 높은 위치에 배관하고, 펌프정지시에 배관정부에 설치한 진공파괴밸브로부터 공기를 도입하여 사이폰을 파괴하여 역류를 방지한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공기도입관의 크기는 일반적으로 펌프구경의 1/5 ~ 1/6으로 취한다.</li> <li>• 배관정부와 흡입수위와의 수위차가 큰 경우는 유입풍속(통상50m/s이하로 한다.)이 과대하게 되지 않도록 주의한다.</li> <li>• 배관의 역류수량에 의해 펌프가 허용의 역전속도를 넘지 않도록 고려한다.</li> </ul>	사이폰 배관을 형성하는 펌프일반
송수관내의 물만의 역류를 허용하는 방법	토출관단을 공중방류하든지, 토출수조에 관문을 설치해 일정량의 역류를 허용하는 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관로에 역류방지 장치를 필요로하지 않기 때문에 신뢰성이 높다.</li> <li>• 양수효율, 펌프역회전, 송수재개시의 송수관의 공기빼기 등에 난점이 있다.</li> </ul>	

## 5.3 밸브의 조작 방법

밸브의 조작방법의 비교를 표 5·4에 나타낸다.

표5·4 밸브의 구동방법

구동방법	특징	필요기기	가격	적용
수동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핸들을 인력에 의해 움직여 개폐시킨다.</li> <li>• 구경이 크면 기어에 의해 작동시킨다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가장 저가</li> </ul>	자동조작과 원격조작이 필요없는 것 조작빈도가 적은밸브 (예: 압입운전펌프용 흡입차단밸브) 중소구경 또는 저압밸브로 조작력이 작은것
전동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일정속도에 의한 개폐 조작의 동작이 원활</li> <li>• 수동조작과 겸용이 가능</li> <li>• 가장 경제적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토크리미트장치</li> <li>• 모터 제어판</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비교적 저가</li> </ul>	자동조작과 원격조작이 필요한 곳. 대구경 또는 고압밸브로 조작력이큰것
유압	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개폐속도가 임의로 얻어진다.</li> <li>• 급폐, 급개가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유압공급장치, 콘트롤러, 제어 밸브가 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비교적 저가</li> </ul>	정전시의 긴급폐쇄와 워터 햄 머 압력상승제어를 필요로 하는것
전동·유압	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전동식,유압식의 각각 장점을 활용하는 것이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전동,유압 양측의 기기가 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고가</li> </ul>	역지밸브와 토출밸브의 기능 을 겸용하는 경우에 사용한 다.
공기압	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 급폐,급개가 가능</li> <li>• 유압보다 조작력이 작다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압축공기 콘트롤러, 제어판.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비교적 고가</li> </ul>	주로 조절밸브, 대구경으로는 부적당. 자동제어계에 넣어서 사용되는 것이 많다

## 5.4 펌프흡입 · 토출배관의 배치

### 5.4.1 흡입배관

흡입관에서의 편류나 압력손실은, 펌프 성능이나 진동 · 이상음의 원인이 되기때문에, 설계 · 시공시 다음의 사항에 충분히 유의할 필요가 있다.

- ① 배관의 손실수두를 작게한다.
- ② 공기 고임이 생기지 않는 배관 레이아웃으로 한다.

흡입배관에 공기 고임이 생기면 흐름을 방해하고, 양정저하, 진동의 원인이 된다.

검토항목:

- ㉓ 흡입관로가 긴 경우에는, 펌프를 향해서 1/50 ~ 1/200의 상구배로 한다. (그림 5 · 1)

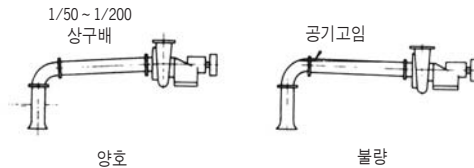


그림 5 · 1 펌프의 흡입관

- ㉔ 관경이 변화하는 부분은, 편락관을 사용한다. (그림 5 · 2)

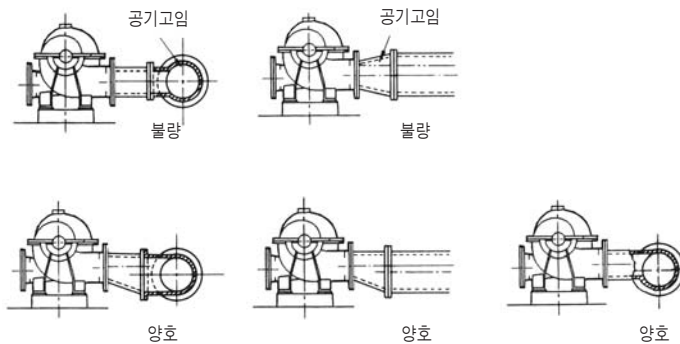


그림 5 · 2 펌프 흡입관

- ㉕ 대형 슬루스 밸브를 설치하는 경우에는, 횡형설치가 바람직하다 (그림 5 · 3)
- ㉖ 공기완전 차단 이음매로 한다.
- ㉗ 흡상식의 경우에는, 흡입 헤드관에서 여러대의 펌프로 흡입하는 것은 피하는 것이 좋다. 흡입관에 공기고임이 발생하는 경우에는, 공기 고임 부분에서 시동시, 운전시에 진공 펌프로써 흡기한다. (그림 5 · 4)

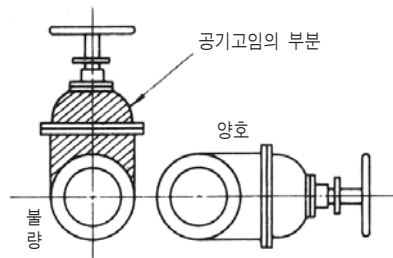


그림 5·3 흡입측 슬루스밸브의 취부

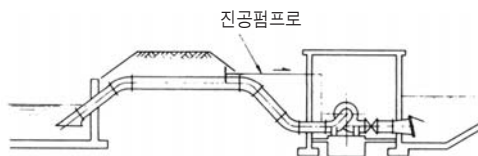


그림 5·4 공기고임을 만드는 흡입관

① 압입식으로, 흡입 헤드관에서 여러대의 펌프로 흡입하는 경우에는, 흡입 헤드관상단에 공빼기밸브를 준비하거나, 헤드관 상단에서의 편심 흡입 분기관으로한다.

③ 편류, 선회류가 생기는 배관을 피한다.

편류, 선회류의 원인은 주로 곡부에 있고, 펌프성능의 불안정, 진동, 이상음의 원인이 된다.

검토항목:

⑤ 가능한한 곡부의 수가 적은 레이아웃으로 한다.

⑥ 펌프 흡입구에 곡관을 직접 접속하는것은 피하고, 단관 혹은 편락관을 삽입한다. 곡관을 직접접속하는 경우엔, 관내유속을 느리게하고, 곡률반경이 큰 것을 선택한다. (그림 5·5)스페이스에 제약이 있을 경우엔, 정류판부착 특수곡관을 채용한다.

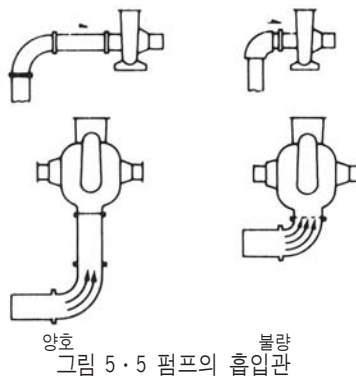


그림 5·5 펌프의 흡입관

④ 푸트밸브를 사용하는 경우, 취부후, 이물등이 끼어서, 본래의 기능을 발휘하지 못하는 경우가 있으므로, 점검이 쉬운 취부방법으로 한다.

#### 5.4.2 토출배관

- ① 토출관로의 손실수두가 적정하게 되도록 유속 및 관경을 정하고, 펌프와의 사이에는 확대이경관을 준비한다.
- ② 공기 고임 장소에는 배기밸브를 준비한다.  
공기 고임은 토출측에 대해서도 유수 통로를 저해하고, 관로 저항을 증가시키며, 펌프 토출량의 감소의 원인이 되고, 토출 출구에서 물을 간헐적으로 분출시키기도 하며, 유해한 작용을 한다.
- ③ 토출 관로가 사이폰상태로 되는 경우에는, 사이폰 최정부의 흡입수위에서의 높이는 펌프의 최대양정 이하로 할 필요가 있다. 사이폰은 펌프시동시, 물이 배관 최정부를 넘어서 흐르는 것에 의해 형성된다. 상기 조건을 만족할 수 없는 경우에는, 사이폰을 형성하기 위해 흡기장치를 필요로 한다.
- ④ 배관 도중에 유량계를 설치하는 경우에는, 유량계의 종류, 형식에 의해 정해진 제 조건을 만족하도록 설치한다.  
자동제어를 사용하는 경우에는, 특히 적정 배치에 유의하고, 소기의 성능이 발휘될 수 있도록 한다.

#### 5.4.3 그 외 주의사항

- 1) 펌프 또 유량계, 제어밸브의 분해·점검이 용이하도록, 펌프 전후에 분해용 이음매(루즈플랜지등)를 설치한다. 이음매의 종류는, 용도, 사용압력등에 적절한 것을 선정하여야 한다.  
이음매를 채용하는 경우에는, 내압에 의한 관축 방향의 추력을 충분히 받을 수 있는 배관지지(공 볼트를 붙이는 등)를 고려할 필요가 있다.
- 2) 파이프의 분할 방법이 반입·취부상 지장이 없을 것.
- 3) 파이프의 레이아웃 및 펌프의 위치관계에 의해서 진동, 소음의 원인이 되는 맥동이 발생하는 경우도 있으므로 주의를 요한다.

## 5.5 관이음

#### 5.5.1 주요 관이음

주요한 관이음을 분류하면, 플랜지 이음, 용접이음, 나사삽입 이음, 유니언 이음, 신축 이음 등이 있다.

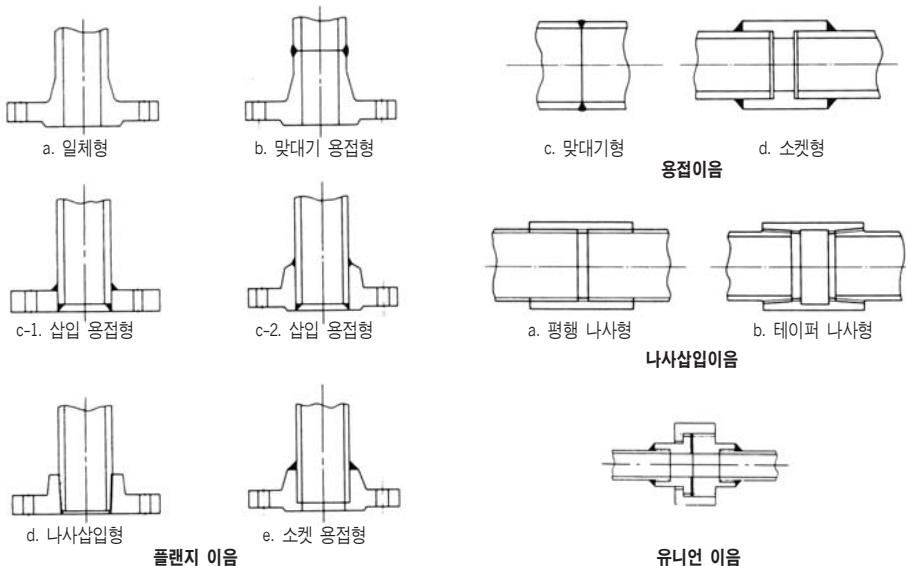


그림5·6 각종의 파이프 이음

분해 점검용 등으로 루즈 플랜지 등의 관이음을 설치하는 경우에는, 관내압력에 의한 축방향의 반력을 발생하기 때문에, 필히 스테이볼트를 준비해서 반력을 지지한다. 스테이볼트는 최대한 짧게 한다. 부득이하게 긴 볼트를 사용하는 경우에는, 반력에 대한 응력 뿐만아니라, 신장도 검토할 필요가 있다.

### 5.5.2 플렉시블 조인트 (가요성관)

펌프장의 토목·건축 구조물과 매설배관의 부등침하 대책용으로 굽힘 이음을 설치하나, 스테이볼트를 장치할 수 없는 경우엔, 내압의 반력을 이음의 양측에 지지할 필요가 있다. 토목 구조물 측은, 벽 등에 지지하는 것이 비교적 용이하나, 매설배관측은 지지물이 없는 경우가 많다.

배관 레이아웃 여하로 큰 스러스트 불력이 필요로 하고, 항타작업까지 발생한다. 따라서 가요성 이음의 바로 하류측에는, 밴드를 설치해서, 직부와 흠의 마찰력으로 상기 반력을 지지하는 방법이 좋다.

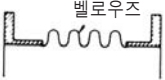

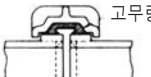
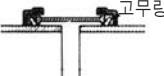
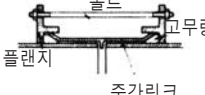

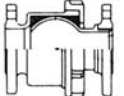
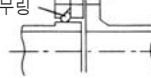
특히, 복수의 토출관을 실외에 집합시킨 경우에는 주의한다. (그림 5·7)

표5·5 관이음의 종류와 특징

이음의 종류		사용관재	사용범위	장 점	단 점
(1) 플랜지 이음	㉓일체형 플랜지	①강관 ②주철관 ③합성수지관 ④라이닝관	①재질이 주조품 혹은 단조품 ②고압 중·대구경관	①플랜지면의 정밀도가 높은것을 기대할 수 있다.	①현장에서의 치수조정이 불가능하다.
	㉔맞대기 용접형 플랜지		①통상 50A를 넘는 고온·고압관 ②중·대구경 고압관	①용접에 의한 열변형이 가스켓좌에 영향이 적다.	①플랜지 제작공정이 많고 판 플랜지보다도 비싸다.
	㉕삽입 용접형 플랜지		①통상 50A 이하의 고온고압배관 ②중·대구경 저압관	①용접에 의한 열변형이 가스켓좌에 영향을 미치기 어렵다.	①용접에 의한 열변형으로 가스켓좌에 영향을 미치기 쉽고 고압에서는 다소 누출이 쉽다.
	㉖나사 삽입형 플랜지		①통상 50A이하의 배관	①용접이 불가능한 재료에는(도금관, 라이닝관 등) 적당하다. ②소구경배관 시공은 간단하다.	①시공상 대구경의 것에서는 부적절하다.
(2) 용접 이음	㉓맞대기 용접형 이음	①강관 ②동관 및 동합금강 ③그외 용접가능한 금속관	①통상 50A를 넘는 배관	①이음부의 강도가 모재와 같은 정도이다. ②유량에 의한 손실수두가 작다.	①이음부분의 방식처치(도장등이 곤란)
	㉔소켓 용접 이음		①통상 50A이하의 배관	①중심 내기가 용이하다. ②고압에서 사용 가능하다.	①맞댐 용접과 비교해서 비싸다.
(3)유니온이음		①강관 ②동관 및 동합금관	①통상 50A이하의 배관의 분해용	①분해 및 취부가 용이하다.	①고온·고압 배관에서는 부적절하다.

## 5. 밸브 및 배관

표5·6 신축이음·굽힘이음의 종류와 특징

종 류		적용구경	특 징	
(1) 벨로우즈 형	㉓ 금속 벨로우즈형 	50 ~ 2,000mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	최고 150mm 약 5° 이하 50mm이하(특수 약 300mm이하) 최고 200 ~ 350°C 20kgf/cm <sup>2</sup> 이하 없음
	㉔ 고무 벨로우즈 형 (러버 익스팬션) 	50 ~ 2,400mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	1산당 20 ~ 50mm 10° 이하 1산당 10 ~ 30mm정도 (산수를 증가시키면 크게 가능하다) 최고 70 ~ 100°C (내열성 고무) 17.5kgf/cm <sup>2</sup> 없음
(2) 접 합 형	㉕ 빅틀릭형 	25 ~ 2,400mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	±1.5 ~ 10mm (구경에 의해 달라진다.) 0° 14' ~ 2° (편심측의 파이프의 휨각도를 나타낸다.) 거의없음 -20 ~ +180°C 소구경은 최고 250kgf/cm <sup>2</sup> , 대구경은 15kgf/cm <sup>2</sup> 있음 (단, 스테이볼트를 붙이면 없음)
	㉖ 클로저형 	80 ~ 2,400mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	±100 ~ 260mm 5° 이음 1개소에서는 없고, 2개소에 사용되면 됨. 상온 10 ~ 17.5kgf/cm <sup>2</sup> 있음
	㉗ 슬리브형 	40 ~ 2,000mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	±30 ~ 110mm 1° ~ 2.5° (편심측 파이프의 휨각도를 나타낸다. 구경이 작을수록 휨각도는 커진다.) 거의없음 -20 ~ +110°C 10 ~ 70kgf/cm <sup>2</sup> 있음
	㉘ 메카니컬형 	75 ~ 2,400mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	약 20mm 5° 25' (내압 3.5kgf/cm <sup>2</sup> 에서 새지않음) 없음 상온 17.5 ~ 60kgf/cm <sup>2</sup> 있음
(3) 회 전 성	㉙ 볼 조인트 	20 ~ 750mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	없음 최고 15° 혹은 30° 없음 100°C 30 ~ 60kgf/cm <sup>2</sup> 있음
(4) 그 외	㉚ 루즈플랜지 (분해용으로 사용한다.) 	100 ~ 3,000mm	①신축량 ②휨각도 ③편심량 ④허용온도 ⑤내압 ⑥회전성	±5 ~ 10mm 1 ~ 2° 거의없음 60°C (NBR을 고려한다) 최고 10kgf/cm <sup>2</sup> 있음 (단, 스테이볼트를 붙이면 없음)



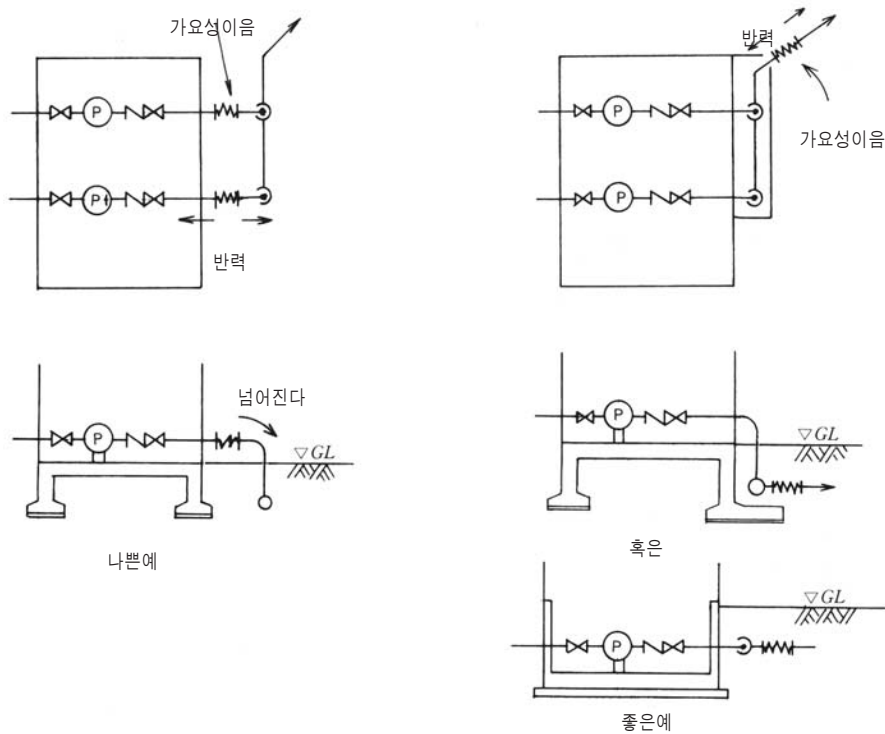


그림5·7 가요성이음의 사용방법

### 5.5.3 메카니컬 이음

덕타일 주철관의 표준 메카니컬 이음은, 매설관 등에 널리 사용되고 있는 경제적인 이음이지만, 내압에 의한 이음부분이 빠질 위험성이 있다. 특수압륜을 사용하면 어느 정도의 반력은 지지 가능하다. 펌프장의 실내배관 등, 비교적 좁은 범위에서 밴드나 합류부가 많고, 진동을 동반하며, 또한 가공배관이 많은 경우에는 경비는 비싸지만 플랜지 이음을 사용하는 것이 안전하다.

## 5.6 배관의 설치

### 5.6.1 배관 설치시 고려사항

#### 1)압력맥동

수도용의 배수 펌프 등에는, 토출관이 강관의 경우가 많다. 그 경우, 배관의 레이아웃에 따라서 펌프의 토출압력의 맥동과 토출관이 공진하는 경우가 있으므로, 주의할 필요가 있다. 주철관의 경우에는 관의 벽두께가 두껍기 때문에 거의 문제가 되지 않는다.

#### 2)대구경관의 강성

구경 2,000mm를 넘는 배관에서는 강관으로 사용하는 것이 많으나, 소구경과 비교해서 상대적으로 벽두께가 얇고 관의 강성이 작아져 관내 액체의 중량을 견디거나, 지지하지 못하는 경우가 있을 수 있다. 그 경우에는 다소 배관벽을 두껍게 하여도 지지할 수 없는 경우가 있으므로 적당한 보강재를 준비한다.

#### 3)매설 강관의 부식

지하수위가 높은 장소에 매설강관이 토목 구조물의 벽을 관통하는 부분에서는, 벽의 철근이 관통하는 강관과 접촉하지 않게 시공한다. 또, 적당한 도장, 피복을 실시한다.

#### 4)매설시의 부력

관을 콘크리트나 지하에 매설하는 경우에는, 부설시에 부력을 받으므로, 부상하지 않게 관을 고정할 필요가 있다.

#### 5)관구경의 급변

급축소나 압력손실이 큰 급확대는, 흐름의 혼란에 의해 소음을 발생시키는 경우가 있으므로, 주의를 요한다.

### 5.6.2 플랜지용 가스켓

표 5·7에 나타난 것과 같은 종류를 주로 사용한다.

종래 사용되어 온 석면제 가스켓은 사용압력, 온도, 경제성 면에서 선택되었으나, 발암성이 문제가 되어, 현재에는 거의 사용되지 않는다.

석면가스켓의 대체품으로 각종의 재료의 것이 개발되고 있으나, 응력 완화 특성이 석면 가스켓보다도 약한 것이 많고, 고압하(10kgf/cm<sup>2</sup>이상)에서의 사용에 주의할 필요가 있다.

표5·7 일반적으로 사용되고 있는 가스켓 재료의 종류 및 특징

종 류	형상 치수	재 질	특징
고무시트	두께 3 ~ 5mm	천연고무	최고사용압력 10kgf/cm <sup>2</sup> 사용압력에 면포입과 면포무가 있다. 최고 사용 온도 (70℃) 상수도, 공업용수, 일반우수배수
		합성고무	최고사용압력 10kgf/cm <sup>2</sup> (사용압력에 따라 면포삽입형과 면포무삽입형이 있다.) 최고사용온도 120℃ 냉수·해수에도 사용가
석면시트	두께 1.5 ~ 3mm	석면	최고사용압력 35kgf/cm <sup>2</sup> 최고사용온도 500℃
대체 석면 시트	두께 1 ~ 3mm	합성섬유 고무제 바인더	최고사용압력 30kgf/cm <sup>2</sup> 사용온도 -50 ~ +250℃
PTFE 시트	두께 1 ~ 3mm	PTFE (충재)	최고사용압력 20kgf/cm <sup>2</sup> 사용온도 -100 ~ +100℃
PTFE 시트	두께 0.1 ~ 3mm 끈 형태의 것도 있음	PTFE 미세섬유	최고사용압력 20kgf/cm <sup>2</sup> 사용온도 -200 ~ +200℃
O-링	단면직경은 원주길이에 의해 변한다.	천연고무	최고사용온도 120℃ 고압, 기름 등
		합성고무	

## 6. 펌프장의 구조

펌프설비의 배치는, 입지조건이나 흡입수로(관로), 흡입조, 토출수로(관로)등의 장외의 제조건, 토목구조, 건축구조등, 총합적인 관점에서의 검토가 필요하다.

### 6.1 일반사항

#### 6.1.1 펌프장설비의 계획·설계에 관한 유의사항

- ①사용목적에 맞게 펌프성능이 충분히 발휘될 수 있도록 수력학·수리학 적제조건이 만족되도록 하는 것.
- ②일상의 운전관리, 보수점검, 분해조립수리등이 용이할것.
- ③미관, 주위환경에 대한 영향을 고려한다.
- ④증설계획이 있는 경우에는 미래의 공사를 고려한 것이어야 함.

#### 6.1.2 펌프장내 기구 배치 구성의 검토 항목

- ①주기의 배치와 동력 전달 방식
  - 흡입성능(캐비테이션의 회피)의 확보
  - 흡수조형상·수위와 소용돌이(수중소용돌이)의 회피
  - 일상의 운전관리 스페이스의 확보
  - 기기분해, 재조립의 고려
- ②기기·자재 반출 입구
- ③주기 분해 조립 및 반출입을 목적으로 하는 공간·평면 스페이스
- ④일상 보수관리 통로, 점검용 맨홀(흡수조, 토출수조, 지하수조등), 계단
- ⑤배전반실, 감시조작, 이의 타지역판넬외 주기기,보조기기의 케이블 부설경로, 방법
- ⑥흡입, 토출 주배관(밸브의 배치를 포함한다)과 지지대
  - 스러스트의 발생유무와 스러스트 대책
  - 침하대책·열팽창흡수용 신축관의 요부
  - 취부 오차 흡수용신축관(플랜지 포함) 취부개소의 적절
- ⑦보조기기설비와 소배관
- ⑧장내배수설비와 배수구
- ⑨공조·환기설비
  - 특히 엔진구동 혹은 자가발전설비의 경우에는 검토 필요
- ⑩조명·소화설비, 청수공급설비, 냉각탑
- ⑪저유급유설비(기관연료, 윤활유, 유압원장치)
  - 배관부설경로·방법(핏트·마루부설)
- ⑫분해, 점검용 크레인 설비
  - 천정크레인 설비용의 후크필요여부
  - 크레인의 용량
  - 기구 취부상의 크레인의 접근, 권상공간의 확보
  - 크레인 주행부 윗부분의 장애물(조명, 배기관)의 유무
- ⑬ 제진설비, 게이트, 각락
- ⑭ 관리원실, 창고
- ⑮ 계기류(유량계, 수위계)
  - 유량계 종류와 직관정류부분의 확보

## 6.2 펌프장의 조건

### 6.2.1 펌프장의 바닥

- 1) 펌프의 취부높이는, 흡입성능의 면에서 문제가 없다면, 지상의 높이보다도 100~300mm, 그렇지 않으면 흡입측 고수위보다 높게하고, 장내 바닥면은 자연배수가 가능하도록 한다.
- 2) 원동기 바닥면 및 전기실 바닥면은, 원칙으로 지상면보다도 100~300mm, 특히 홍수시 주위의 수위가 높아지는 경우에, 원동기·배전반을 보호가능한 위치까지 높게 하는 것이 요망된다.
- 3) 운전수위 및 흡입성능으로 인해 펌프의 흡입양정에 제한이 있는 경우에는, 펌프 바닥면을 낮추거나, 입축 혹은 수중모터펌프를 채용한다.  
펌프 바닥면이 지반면보다 낮고, 홍수·우수등에 의한 침수가 염려되는 경우에는, 기장 반입구 및 환기구, 창문의 위치를 침수에 대해서 안전한 높이에 설계하거나, 방수구조로 한다.
- 4) 펌프 바닥면이 지반면 혹은 흡입수위보다 낮고, 자연배수가 불가능한 경우에는, 장내배수조를 설치하여 배수 펌프에 의해 실외로 배출한다.  
또, 입축펌프의 경우에는, 수밀구조의 베이스 채용이 필요하다.
- 5) 이층 이상의 구조가 되는 펌프 설비에서는, 회전차계전체의 위험속도의 검토에 따라 중간축의 축수지지스팬을 결정하고, 건설구조에 반영되는 것이 요망된다.

### 6.2.2 기기의 반입구, 분해, 조립용 바닥 및 보수관리통로

- 1) 기기 반입구는, 반입도로, 주변에의 소음, 타시설에의 영향, 장내의 주펌프와의 관련에 의해 결정한다.
- 2) 건설 반입구부는, 반입마루와 분해, 조립마루를 겸용가능한 스페이스로 하는 것이 경제적이다
- 3) 반입구의 크기는, 펌프 및 원동기등이 용이하게 나갔다 들어올 수 있는 높이와 폭으로 한다. 특히 대형펌프는 차량에서 반입이 가능한 크기로 하는 것이 요망된다.
- 4) 반입바닥면의 강도는, 펌프 적제 상태의 차량의 총중량에 대해 건디어 낼 수 있도록 한다.
- 5) 전기실로의 배전반의 반입, 지하층으로의 밸브, 펌프류의 반입 개구부 및 토출수조로의 플랩 밸브의 반입로 확보와 반입방법에 대해서 검토해 두도록 한다.
- 6) 보수관리통로는, 일상의 운전관리, 점검, 보수가 안전하고 용이하게 할 수 있는 것을 고려하고, 일반적으로는 1.5m이상으로 한다. 최소한으로도 1m를 확보해야만 한다.

### 6.2.3 토목구조, 건축구조와의 관계

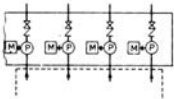
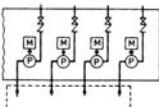
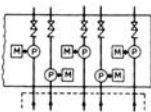
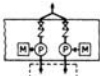
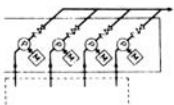
- 1) 흡입수조는 공기가 고이는 부분이 생기지 않는 형태로 할 것. 공기가 고이는 부분이 생기는 경우는, 상당한 공기빼기 대책을 세운다.
- 2) 흡입·토출관벽관통공, 취부공, 반입구는 건설의 들보·기둥을 피하도록 한다.
- 3) 바닥하중의 종류(정하중, 동하중, 단시간하중등)  
· 방향을 토목구조·건설구조의 설계시에 명확히 한다.  
특히 기기 설치 바닥부에도, 분해·조립·반입후에 가해지는 하중과, 설치를 위해 특히 후크에 가해지는 하중도 고려해서 넣는다.
- 4) 천정폐쇄형의 토출수조, 지하수조에는, 상당한 공기빼기기구를 준비한다.

## 6.3 펌프의 배치

펌프실의 배치는, 대지면적, 지형, 펌프설비, 부대기기의 반입, 설치 및 운전조작, 보수관리등의 기능면 등을 종합적으로 검토해서 결정한다.

6.3.1 횡축볼류트펌프의 배치 (표 6·1에 일반적인 예를 표시하였다.)

표 6·1 횡축 볼류트펌프의 배치

구 조 도	적 요
직 선 형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 횡폭은 좁지만 장방향은 제일 긴 배치.</li> <li>· 배관은 마루위 혹은 마루아래 배관으로 한다. 마루위 배관의 경우에는, 운전관리용 통로가 필요하다.</li> </ul>
평 행 형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 배관 duct 혹은 마루 아래에 주관을 수납해서 통로면적을 넓게 할 수 있다.</li> <li>· 펌프 흡입배관의 펌프 직전에 90° 곡관이 접속되기 때문에 편류의 영향을 받기 쉽다. 이 경우, 롱 엘보우 혹은 직관부에, 필요에 따라서 정류판을 준비하여, 편류를 가능한한 완화하도록 한다.</li> </ul>
지 그 재 그 형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 대수가 많은 경우, 설치면적을 작게 하기에 유리.</li> <li>· 기동제어기기, 현상반등의 설치면적이 과소한 경우가 있는데, 케이블 포설 경로를 포함한 검토가 필요.</li> <li>· 펌프의 회전방향은, 역방향이 되기 때문에, 예비품에 배려가 필요.</li> </ul>
대 칭 형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 펌프 설치 대수가 2대 뿐인 경우, 흡입조를 작게할 수 있다.</li> </ul>
사 형 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 직선형과 평행형의 중간적인 배치이다.</li> <li>· 토출 헤더 관으로의 흐름을 원활히 한다.</li> <li>· 대용량·대구경펌프설비로, 건설 길이를 짧게 할 수 있는 경우에 채용되는 경우가 있음.</li> </ul>

## 6. 펌프장의 구조

### 6.3.2 횡축축류·사류펌프의 배치

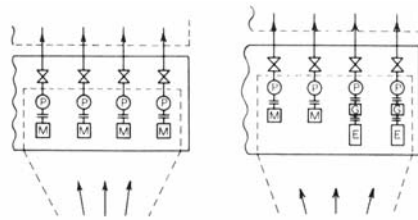


그림 6·1 횡축 축류, 사류 펌프의 배치

- ① 평행형으로 늘어 놓는 것이 일반적이며, 널리 채용되고 있다.
- ② 흡입구는, 하부흡입이 표준적이다.
- ③ 흡입 수로 조건에 의해서는 특별형으로 경사흡입도 있다.

### 6.3.3 입축 축류·사류 펌프의 배치

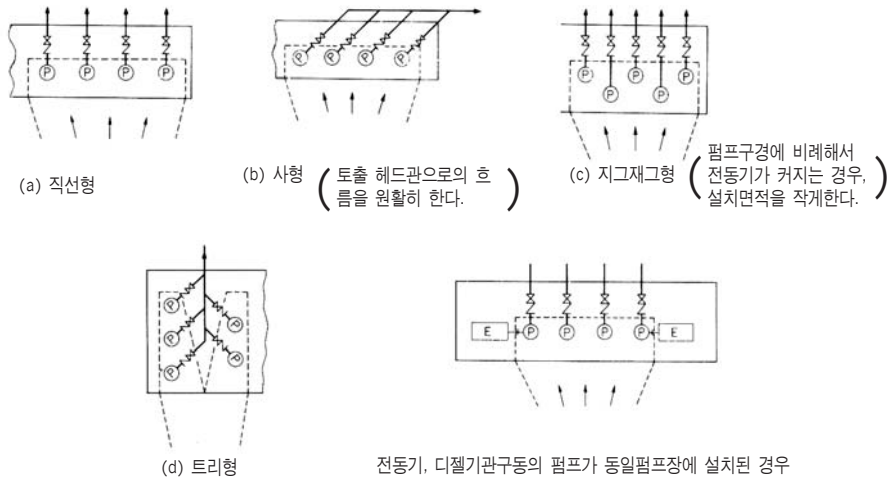


그림 6·2 입축 축류·사류 펌프의 배치

- 1) 직선형으로 늘어놓는 것이 일반적이며, 널리채용 되고 있다.
- 2) 사형은, 토출 헤드관으로의 흐름이 원활히 된다..
- 3) 지그재그형은, 펌프구경에 비례해서 전동기가 커지는 경우, 설치면적을 작게할 수 있는 이점이 있다. 다만, 펌프 설치 위치보다 흡입수조에서의 배벽간격이 커지는 경우에는, 와류 방지 대책의 검토가 필요.
- 4) 트리형은, 상류설치의 펌프의 경우 물의 흐름이 어지럽기때문에, 와류 방지 대책의 검토가 필요.

### 6.3.4 수중 모타 펌프의 설치방식 (그림 6·3)

수중모타펌프설비는, 취부면적을 작게하고, 건실구조를 간단히 할 수 있으며, 한편으로 취부, 분리등이 용이하다는 이점을 가지고 있다.

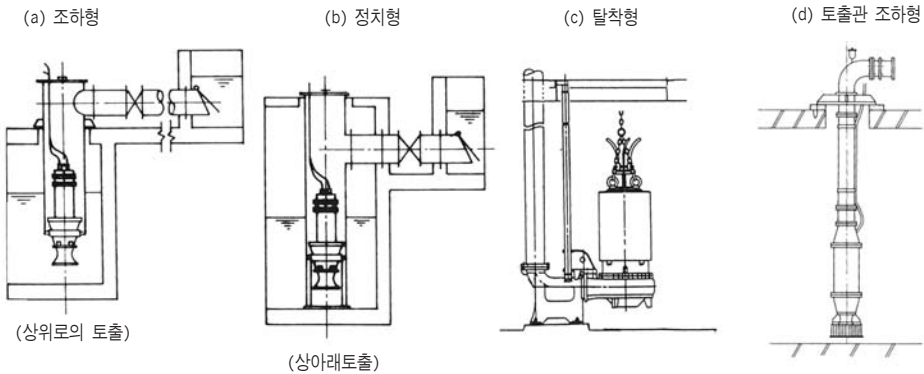


그림 6·3 수중모타펌프의 설치방식

### 6.3.5 밸브의 배치와 형식

1) 2상식에 밸브류가 원동기 마루 밑에 설치된 경우에는, 천정크레인으로 직접분해가 가능하도록 반입구, 밸브 취부 위치를 고려한다.

2) 펌프의 보수·점검을 위해서 지수의 목적으로 흡입측에 밸브를 설치하는 경우에는, 손실수두가 적은 슬루스 밸브가 일반적으로 채용된다.

지수용으로서 버터플라이 밸브를 채용하는 경우에는 전개에서도 물의 소용돌이가 발생하므로, 펌프에서 떨어진 위치에 취부할 필요가 있다.

3) 슬루스 밸브를 흡입측에 설치하는 경우에는, 밸브의 그랜드부로부터 공기흡입의 염려가 없음을 확인한다. 또, 밸브 동체 상부의 공동부의 공기 고임을 피하기 위해서 횡치형의 채용이 필요한지 검토한다. (단, 큰 공간을 필요로 한다.)

4) 버터플라이 밸브에 대해서는 밸브 전개시, 밸브몸체가 플랜지면보다 돌출하게 되는데, 밸브전후의 기기·밸브 몸체와 간섭하지 않도록 한다.

특히 단면간의 버터플라이 밸브를 채용한 경우에는, 전후의 역지밸브, 편락관과의 위치관계에 유의하고, 필요에 따라서는 단관을 설치한다.

5) 밸브는 그 종류, 구조, 구경, 하중등에 의해 취부 자세에 제한이 있다.

슬루스 밸브의 횡치설치의 경우, 일반적으로 구경 600mm 이상에 대해서는 사이드 롤러 부착형 밸브체를 채용한다. 구경 600mm 이상의 역지밸브를 수직배치(상향흐름)로 취부하는 것은, 일반적으로 피하지 않으면 안된다.

6) 중요한 밸브(유량 혹은 압력조절밸브등)은, 전후의 배관을 분해하지 않고 분리 가능한 분해용 조인트를 준비하는 것이 요망된다.

7) 밸브의 구동부, 역지밸브의 바이패스 밸브등과 인접기기와의 관련수치를 확인한 후에, 검작(핸들의 위치, 높이 등), 보수에 필요한 스페이스를 고려한다.

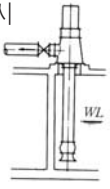
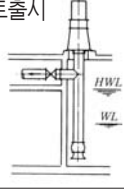
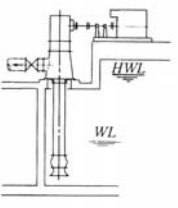
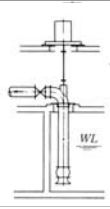
8) 역지밸브와 다른 밸브, 예를들어 슬루스 밸브를 동일관로상에, 상전후로 설치하는 경우에는, 상류측에 역지밸브를 가져오는 것이 좋다. 하류측에 역지밸브를 둔경우, 상류측의 밸브에의 흐름의 요동에 의해, 역지밸브몸체가 요동하고, 진동·소음의 원인이 되는 수가 있다.

9) 역지밸브는, 배관계·펌프의 시동정지방식을 고려하여, 워터 해머, 슬래밍 방지 상에 적절한 형식을 선정한다.

10) 기장계획시에, 보수·점검, 증설공사의 유무, 기장의 중요도(예를들어 송수를 정지할 수 없는 등)를 고려하고, 필요에 따라서, 기기분해용 밸브를 추가한다.

## 6. 펌프장의 구조

표 6·2 입축 축류·사류 펌프의 설치방식

	구 조 도	적 요
1 상 식	(a)상위로 토출시 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 보통 실내, 실외에서도 넓게 사용된다.</li> <li>· 원동기의 취부높이가 높기때문에, 펌프계의 진동에 대한 안전성 검토가 필요하다.</li> </ul>
	(b)상아래로 토출시 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실내 설치의 취수·송수용으로 채용되는 경우가 많다.</li> <li>· 매설관 깊이에 맞추기 위해서 토출관이 노출되지 않는다.</li> <li>· 원동기의 취부 높이가 높아지기 때문에, 펌프계의 진동에 대한 검토가 필요</li> </ul>
반 2 상 식	(c) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특히 내연기관 구동의 것에 많이 채용된다.</li> <li>· 원동기를 침수로부터 보호가능하다.</li> <li>· 2상식과 비교해 토목구조가 간단.</li> <li>· 펌프의 마루 아래 L치수를 짧게 할 수 있다.</li> <li>· HWL이 펌프 마루보다 높은 경우에는, 수밀구조의 펌프 베이스의 채용이 필요</li> <li>· 내연기관 구동의 경우, 비틀림 진동의 검토를 행해 적절한 커플링 형식을 선정하는 것이 필요.</li> </ul>
2 상 식	(d) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특히 대구경·대용량의 경우, 토목 구조상 편리하다.</li> <li>· 토목 구조상에는 복잡하지만, 원동기및 감속기와 펌프를 2개의 층(마루)에 분담가능하고, 하중, 진동에 대해서 우수하다.</li> <li>· 흡수위가 낮아서 펌프 설치 마루를 낮추고 싶을 경우에 채용.</li> <li>· 흡수위가 높아서 원동기를 침수로부터 보호하는 경우에 채용.</li> </ul>



## 6.4 흡입수조

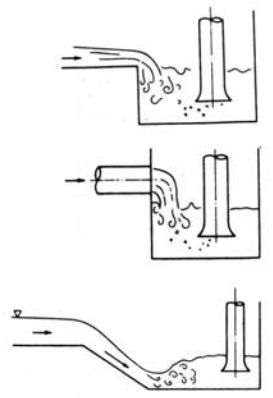
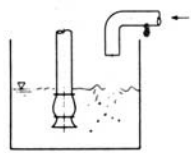
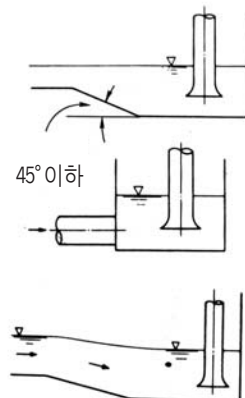
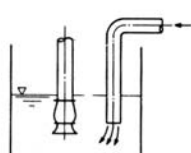
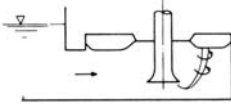

### 6.4.1 흡입수조의 형상비교

표6·3 흡입수조가 나쁜예, 좋은예 (1/2)

나쁜 예	좋은 예
<p>(선회류가 생긴다.)</p>	
<p>(후벽이 너무 넓다)</p>	
<p>(표류가 생긴다.)</p>	
<p>(선회류가 생긴다.)</p>	
<p>(다른펌프에 의한 장애)</p>	<p>(약간 좋다) 분할벽이 있다면 더욱 좋다</p>
<p>(선회류가 생긴다.)</p>	<p>(분할벽을 붙인다.)</p>

## 6. 펌프장의 구조

표6·3 흡입수조의 나쁜예, 좋은예 (2/2)

나쁜 예	좋은 예
 <p>(급류에 의한 수면의 혼란)</p>  <p>(공기의 유입)</p>	 <p>45° 이하</p> 
 <p>(공기고임)</p>	 <p>(또는 공기빼기관을 설치하고 공기 고임을 제거한다)</p>

## 6.4.2 흡입수조에 발생 할 수 있는 소용돌이의 종류

수조내에 흐름의 치우침이 있으면 소용돌이와 선회류가 발생한다.

(a)단속소용돌이 (b)연속소용돌이

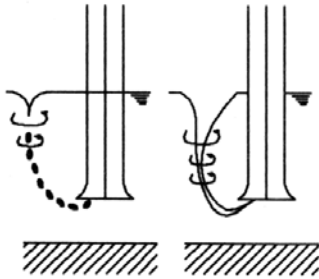


그림6·4 공기흡입 소용돌이

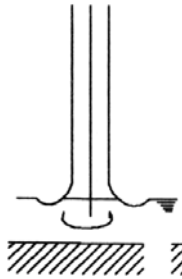


그림6·5 동심소용돌이

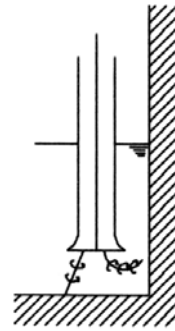


그림6·6 수중소용돌이

## ①공기흡입 소용돌이

요철 소용돌이가 성장해 선단이 펌프흡입구까지 도달한 소용돌이 단속적으로 공기흡입량이 적은 것은 성능에 영향이 없지만, 연속적으로 흡입하게 되면 성능저하와 진동·소음의 원인으로 된다.

## ②동심소용돌이

수위가 펌프흡입구까지 내려가면 흡입관 중심과 소용돌이가 중심으로 되어 다량의 공기를 흡입한다.

펌프의 성능은 현저하게 저하하여 양수 불능 상태가 된다.

## ③선회류

흡입수조의 편류, 소용돌이, 임펠러의 회전에 의해 발생하여, 임펠러로의 균등한 유입을 혼란시키고 펌프의 토출량, 양정, 축동력에 직접 영향이 있다.(펌프와 동일회전방향은 양정, 축동력 모두 감소하고 역방향은 증가한다.)

더우기 입축펌프는 임펠러와 불평형력이 생겨 진동의 원인으로 되는 것도 있다.

결 과	원 인
양수량 저하	공기흡입 소용돌이
양정 저하	정방향 선회류
양정 증가	역방향 선회류
소음, 진동을 수반하는 임펠러 회전의 언밸런스	공기흡입 소용돌이, 수중소용돌이, 선회류

표 6.4 소용돌이, 선회류에 의한 펌프의 영향

## 6.4.3 흡입수조의 대표치수 예

본절에서는 흡입수조 설계의 참고자료로서 각종 대표치수예를 열거해 둔다. 이들 자료는 흡입수조만으로 시점을 정해 수치를 결정하고 있기 때문에 실제로는 다른 구조조건에 의해 이 기준치수를 만족할 수 없는 경우가 있다. 그때는 조건에 대한 대책(와류방지벽등)을 고려하면 좋다.

## ① 입축 펌프 및 입축 흡입관(그림 6·7, 표 6·5)

## • 저면 간격 C

C치수를 크게 하면 저면으로의 수중소용돌이는 없게 되지만 공기흡입소용돌이가 돌아와서 수조 용적도 증가한다. 또한 너무 작더라도 흐름이 빠르게 되어 펌프성능에 영향을 준다.

펌프구경d의 1.0d, 벨 마우스지름  $D_0$ 의 0.75 $D_0$ 정도가 적당하다.

더구나 피트의 아래에 슬러지가 모일 염려가 있는 경우는 C치수에 그에 상당하는 여유를 가한다.

## • 물 수심 S

S치수는 공기흡입소용돌이를 기준으로 결정되는 값이지만 과대유량에서 운전이 있을 경우 캐비테이션의 한계를 검토한 후에 결정할 필요가 있다.

• 배벽간격  $B_1$ 

$B_1$ 치수는 작게하면 공기흡입소용돌이는 회피할 수 있다. 너무 가까우면 후벽으로 부터 수중소용돌이가 발생한다. 또한 흡입손실도 증가한다.

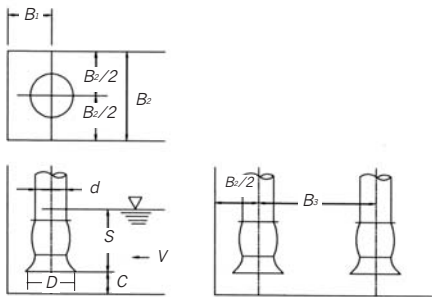


그림 6·7 펌프의 흡입조

표 6·5 호칭경과 각 기준치수값(입축펌프)

펌프 구경 mm	벨마우스 구경(mm)	저면간격 C mm (표준)	수심 S mm (표준)	배벽간격 B mm (표준)
200	300 ~ 400	200	500	300
250	400 ~ 450	220	550	350
300	400 ~ 500	250	600	400
350	≈ 650	300	650	400
400	≈ 700	350	700	450
450	≈ 800	370	850	500
500	≈ 900	400	900	600
600	≈ 1,000	500	1,000	700
700	≈ 1,100	550	1,200	800
800	≈ 1,300	600	1,300	900
900	≈ 1,450	700	1,500	1,000
1,000	≈ 1,650	750	1,600	1,100
1,200	≈ 1,800	900	2,000	1,300
1,350	≈ 2,000	1,000	2,300	1,500
1,500	≈ 2,200	1,100	2,400	1,650
1,650	≈ 2,400	1,200	2,600	1,800
1,800	≈ 2,600	1,300	2,800	1,950
2,000	≈ 2,800	1,400	3,000	2,100

주) 피트의 아래에 진흙이 쌓일 염려가 있는 경우에는

저면 간격치수에 상당하는 여유를 가할것.

위의 치수는 개략치이며 유속등을 고려하여 상세 결정한다.

일반적으로 1.0~1.1d 정도가 적당하지만 간격이 넓은 경우는 선회류방지의 격리벽을 설치한다.

수중소용돌이의 발생은 벨 마우스 주위의 흐름이 관계된다. 즉 벨마우스와 배벽반격  $B_1$ 과 측벽간격  $B_2$

와의 비  $B_1/B_2$ 의 영향이 크다. 수중소용돌이에 대한 벨 마우스의 적정위치는 C치수에 의해 다르지만, 표준적인 C 치수에 대해서는  $B_1/B_2 = 0.5$ 정도가 적당하다.

흡입관상호의 간격  $B_3$ 는 3.0d 이상이 표준이다.

② 경사흡입관, 수평흡입관

경사 또는 수평흡입관의 경우는 그 물수깊이를, 크게 취할 필요가 있다.(그림 6·8, 그림 6·9)

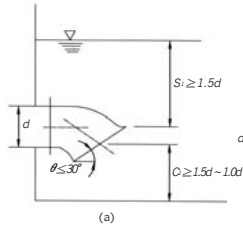


그림 6·8 경사흡입 벨마우스

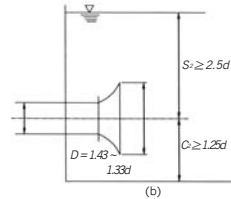


그림 6·9 수평 벨마우스

#### 6.4.4 와류 방지벽

흡입수조의 형상이 어떤 구속조건(예를 들어 토지 수용조건, 건축조건, 기기배치조건 등)으로부터 이상적 형상, 여러 치수가 얻어진 경우에 공기흡입 소용돌이, 수중 소용돌이, 선회류를 막기위해 와류 방지벽을 설치한다.와류 방지벽에는 각각 특징이 있고, 그 용도로 형에 따라 다르기때문에 목적을 명확하게 해서 적정히 사용하는것이 대단히 중요하다.

## 6.5 토출수조

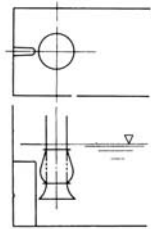
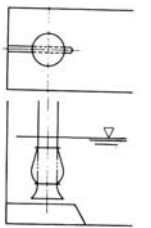
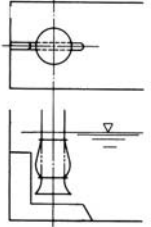
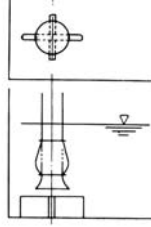
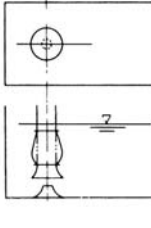
토출수조는 펌프 토출수의 맥동과, 기장본체의 진동이 토출통관에 전달되는 것을 막고, 제방의 안전성을 확보하기 위해 설치되어 있다. 또한 토출관로 말단의 속도수두는 그대로 에너지 손실이 되기때문에 관로말단에 확대관을 설치하여 유속을 느리게 한다.

토출수조의 상단의 높이는, 펌프 동시 시동시의 최고 상승수위에 대해서 안전한 높이로 하고, 또한 펌프 급시동시의 물의 과도현상, 이상홍수등과 관련 배수통문, 통관이 횡단하는 제방(계획제방)의 높이 이상으로 한다.

## 6. 펌프장의 구조

### 1. 주로 수중 소용돌이 방지

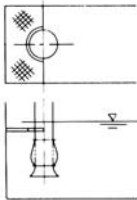
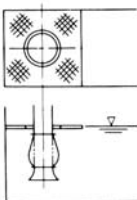
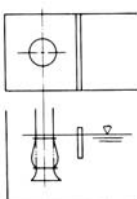
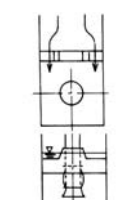
표 6·6 와류방지벽의 형태, 특징 및 용도(1/3)

No.	형	특 징	용 도
(1)		(1) 흡입관과 배벽의 사이의 공간이 클때의, 흡입관 하류의 선회류를 방지하고, 선회류에 따르는 소용돌이의 발생을 방지한다. 단, 이 와류방지벽을 설치해도 배벽거리가 너무크면 공기흡입소용돌이를 발생하는 경우가 있다.	흡입관 하류의 선회류와 소용돌이의 방지
(2)		배벽과의 간격이 작고 수중소용돌이가 발생할때의 선회류를 방지한다.	흡입관 직하의 선회류와 수중 소용돌이의 방지
(3)		(1), (2)의 복합형 선회방지에 우수한 성능을 가진다.	(1) + (2).
(4)		저면간격이 크고 수중소용돌이가 발생할 때의 선회류를 방지한다.	흡입관 직하의 선회류와 수중 소용돌이의 방지.
(5)		저면부근으로부터 흡입구로 향하는 흐름의 정류와 흡입관직하의 와류의 국소적 집중을 방지한다. 펌프주위의 선회류의 방지효과는 작다.	흡입관직하의 수중 소용돌이 방지.

## 6. 펌프장의 구조

### 2. 주로 공기흡입 소용돌이 방지

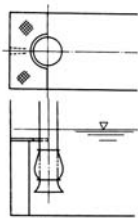
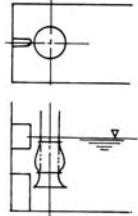
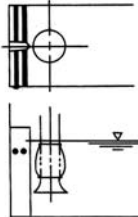
표 6·6 와류방지벽의 형태, 특징 및 용도(2/3)

No.	형	특 징	용 도
(6)		선회류, 물수깊이 부족에 의해 발생하는 흡입관 하류의 공기흡입 소용돌이를 방지한다. 단, 선회류의 방지는 불가능.	흡입관하류의 공기흡입 소용돌이의 방지.
(7)		각종 조건에 의해 수면에 소용돌이의 발생이 예상되는 경우, 판, 또는 다공질의 소용돌이 방지판으로 소용돌이를 방지한다.	수면의 공기흡입 소용돌이의 방지.
(8)		표면유속을 억제하고, 공기흡입 소용돌이의 원인이 되는 후류소용돌이를 억제한다. 펌프주위의 선회류방지의 효과도 있지만 취부위치가 적정하지 않으면 판의 후류의 난류가 펌프흡입 흐름에 영향을 주어, 펌프의 성능이 떨어지는 것도 있다.	흡입관하류의 공기흡입소용돌이의 방지 펌프주위의 수면파 방지.
(9)		측벽측의 수면부근에도 흐름을 만드는 것으로 공기흡입 소용돌이를 단절한다.	공기흡입소용돌이의 방지.
(10)	<div style="position: absolute; left: 295px; top: 785px;">플로트식</div> <div style="position: absolute; left: 295px; top: 835px;">플로트 슬라이더구</div>	(8)의 개량형. 수위에 의해 전벽(플로트식)을 상하시켜 적당한 위치에 조정시킨다.	(8)과동일.

## 6. 펌프장의 구조

### 3. 복합형 소용돌이 방지 (수중 소용돌이와 공기흡입 소용돌이 방지)

표 6·6 와류방지벽의 형태, 특징 및 용도(3/3)

No.	형	특 징	용 도
(11)		(1), (6)의 복합형. 선회류와 공기흡입 소용돌이의 방지를 행한다.	흡입관 하류의 공기흡입 소용돌이 방지 및 수중 소용돌이 방지.
(12)		후벽이 넓은 경우에 발생하는 공 기흡입 소용돌이를, 흡입관 후부 의 흐름을 어지럽히는 것으로 단 절한다. 수위변화가 크고 펌프 주위에 선회 류가 있을 때에 사용한다.	공기흡입 소용돌이 방지. 수중 소용돌이 방지.
(13)		펌프의 주위의 선회류방지와 수 면과 흡입구를 연결하는 긴 소용 돌이의 도중을 파이프에 의해 분 단한다.	공기흡입 소용돌이방지. 수중 소용돌이방지.



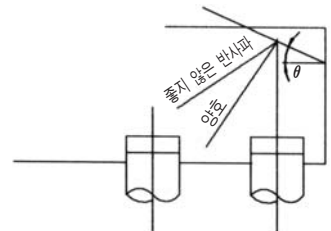
## 6. 펌프장의 구조

표 6·7 모형시험상사칙

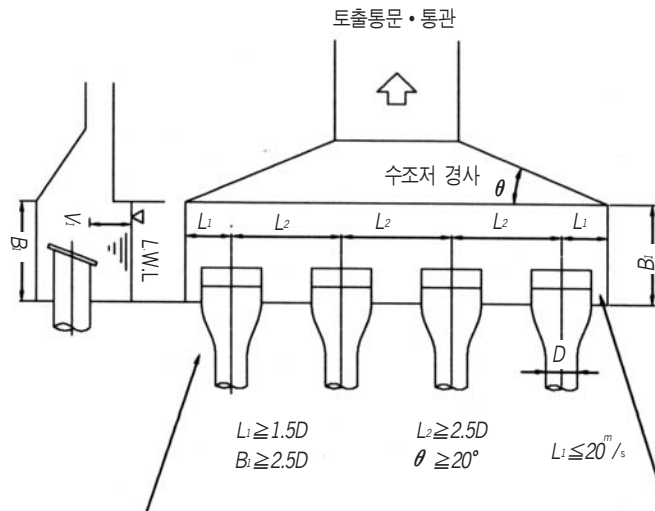
시 험 목 적	상 사 식	비 고
수중 소용돌이의 발생	유속일치 $V_m = V_p$ $\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^2$	흡입 벨 마우스 부근의 선회류에 기인해서, 유속일치가 경험적으로 채용되고 있다.
공기흡입 소용돌이의 발생	중간유속일치 $V_m = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{0.2} \cdot V_p$ $\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{2.2}$	수면부근의 중력과 관성력의 영향(프라우드수 일치)과 수중부의 흐름의 영향(유속일치)을 같이 받기 때문에 중간의 값을 채용하고 있다.
<ul style="list-style-type: none"> <li>●스크린 상류까지 포함한 광역의 유동 상태</li> <li>●표면파, 조파저항</li> </ul>	프라우드수일치 $V_m = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{0.5} \cdot V_p$ $\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{2.5}$	자유표면을 가지는 유동상태에는, 중력과 관성력의 영향이 크기 때문에 프라우드수와 일치시킨다.

여기서  $V_m$ : 모형의 유속  $V_p$ :실펌프의 유속  $Q_m$ :모형의유량  $Q_p$ :실펌프의유량  $L_m/L_p$ :모형비

경사각  $\theta$  는 반사파가 인접한 펌프 토출관단에 직접 향하지 않는 각도로 하여 2대의 펌프토출관단간의 중앙부 부근으로 향하도록 한다. 더욱이 토출수조내의 수심과의 관련으로 유속이 빠르게 되는 경우에는 경사각( $\theta$ )을 크게한다.



사이폰 배관과 진공펌프에 의한 만수를 필요로하는 경우, 토출관단(또는 플랩밸브)을 LWL보다 200mm이상 수몰시킨다.



잔류 유속에 의한 에너지 손실과 수류에 의한 토출벽으로의 충격을 작게하기 위해, 토출관단에 끝이 넓어지는 관을 설치한다.

토출수조내에 설치되는 플랩밸브의 반입설치에 대한 작업성과 보수관리면에서 필요한 경우, 각락과 점검용사닥다리를 설치한다.

그림 6·10 토출 통문의 예(토출통문·통관이 토출조의 중앙부에 있는 경우)

## 6. 펌프장의 구조

경사각  $\theta$  는  $12^\circ \sim 15^\circ$  로하여 수조 바닥은 수평으로 하지만, 토출수조내의 수심과 관련하여 유속이 빠르게 되는 경우에는 경사각( $\theta$ ) 를 크게한다.

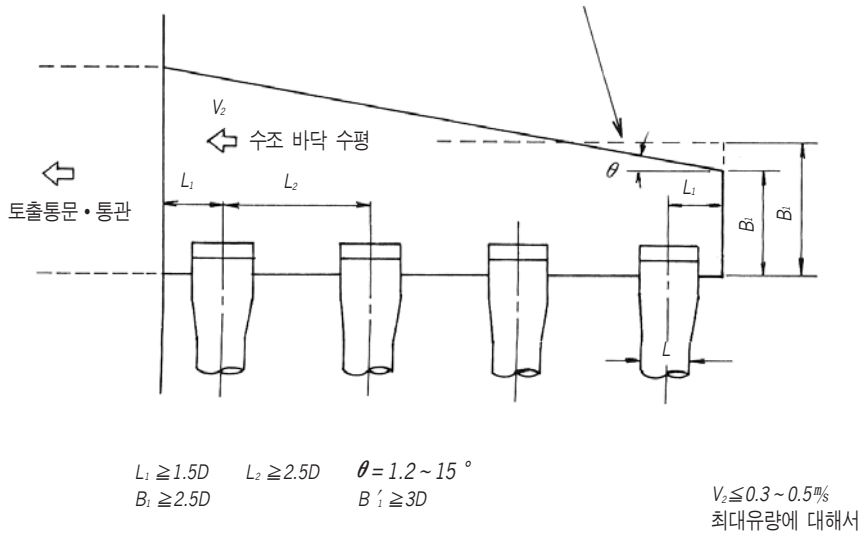


그림 6·11 토출수조의 예 (토출통문·통관이 토출조의 측방에 있는 경우)

## 7. 수격

### 7.1 수격이란

#### 7.1.1 수격현상

관로에서, 유속이 급격하게 변화하고, 이것에 의해 관내의 압력이 과도적으로 변동하는 현상을 수격현상(워터해머)라하고, 주로 다음과 같은 경우에 생긴다.

- ①펌프 기동시
- ②펌프 정지시(동력 소실시)
- ③밸브 개폐시

또한, 유속변화는 펌프의 기동·정지와 속도제어와 밸브제어에 의해서도 생기기 때문에, 운전제어와 관련지워 생각하면, 표7·1와 같이 된다.

수격현상에 의한 압력상승과 압력저하의 크기는 주로 유속의 변화(펌프의 기동·정지의 방법, 회전수변화의 정도, 밸브 개폐시간)와 관로길이에 의해 결정되고, 관로의 상태, 펌프특성, 구동기의 종류등에 의해 다르지만, 일반적으로는 정전에 의해 펌프가 급정지하는 경우 수격현상이, 가장 문제시 되는 경우가 많다.

#### 7.1.2 수격작용에 의한 허용압력

수격현상에 의한 압력변동의 허용범위는, 통상 다음과 같다.

- ①압력상승 : 기기·관로의 최고허용압력
- ②압력저하 : 수분리현상을 허용하지 않는 경우는 계산상 부압을 -6m정도로 한다. (수주분리현상이 발생하는 -10m에 대해서 계산오차를 고려해서 -6m로 하고 있다.)

단, 부압에 대해서는, 대규모 강관의 경우에는 찌그러짐에 대한 문제를 고려할 필요가 있다.

표7·1 운전제어와 수격현상의 관련

수격현상의 내용(원인, 대책등을 포함)		운 전				제 어	
		시동	운전중	보통정지	트립	속도제어	밸브제어
속도제어관련의 수격현상	셀비우스 장치등의 순간정전대책	○ (재시동)			○	○	
	가변속 펌프의 속도 변화율		○			○	
밸브개폐에 따른 수격현상	밸브개폐에 대한 통상시동·정지	○		○			○
	가변속펌프를저속으로 유지하고, 밸브개	○		○		○	○
	펌프의 트립시 밸브의 폐쇄				○		○
역지밸브관련 수격현상	역지밸브 없는경우(전동 유압 로타리밸브)			○	○		○
	역지밸브의 슬래밍(급폐역지밸브)				○		
	바이패스완폐역지밸브				○		○
관로중의 공기가 영향을 주는 수격현상	관로중의 미소공기 정체	○		○	○	○	
	입축펌프의 공기빼기불량	○					○
	공기밸브	○		○	○		
수주분리현상이 따르는 수격현상		○		○	○		
그외	플라이 휠				○		
	서지 탱크	○		○	○		
	에어챔버	○		○	○		

## 7.1.3 수격작용에 의한 피해

- ①압력상승에 의해 관로 혹은 펌프, 밸브등의 기기가 파손한다.
- ②압력저하에 의해, 관로가 파손된다.
- ③펌프토출측에 역류방지밸브등 역류대책이 없는 경우, 역류·역전에 의해 펌프·구동기에 기계적사고가 발생한다.
- ④수주분리현상 혹은 공기밸브가 동작해서 생긴 압력변동은, 압력의 상승·하강의 움직임이 심하고, 압력이 허용되어도 배관·기기가 진동하는 소음이 되어 나타나는 경우가 있다.

## 7.1.4 펌프송수계에 생기는 수격현상

## 1)역지밸브가 없는 경우(그림7·1참조)

## ①제 1단계(정전·정류-펌프 작용 범위)

펌프동력이 급히 소실하면, 펌프는, 그 중의 물을 포함한 펌프 자신 및 구동기의 회전부의 관성에 의해 회전을 계속하지만, 그 에너지는, 양수에 소비되기 때문에, 펌프의 회전수는 급속하게 저하한다. 이것에 의해 펌프의 토출량이 급변하고, 관로내의 유속을 유지하려 하는 수류의 관성작용과 함께 펌프 직후의 압력이 저하한다. 이때의 압력저하의 크기는, 회전부의 관성효과( $GD^2$ )와, 관로내의 수류의 관성작용에 의해 결정된다. 펌프가 더욱 감속하고, 펌프 직후의 압력이 다시 계속내려가면, 펌프는 정회전하고 있으면서 양수불능으로 되고, 수류는 정지한다. 펌프 직후의 급격한 유량변화의 결과로서 토출관로내에는, 정상압이하의 수격파(압력파)가 생긴다.

## ②제 2단계(정전·역류-펌프제동범위)

수류의 정지후, 역류가 시작되고, 정회전하는 펌프가 수류의 저항이 되어, 펌프 직후의 압력은 상승하기 시작한다.

제1단계에서 발생한 압력 저하파가, 토출조에서 반사하고, 압력상승파가 되어 펌프직후의 압력에 가해져, 상승을 계속한다. 펌프의 회전수는, 역류에 의한 제동작용에 의해 한층 급속하게 저하하고, 결국 펌프는 정지한다.

## ③제 3단계(역전·역류-수차작용범위)

정지한 펌프는, 역류에 의해, 수차상태로 되어 역전을 시작한다. 역류량의 증가와 함께 펌프의 역전도 가속되어, 결국은 무부하의 수차로서 일정한 무구속 속도의 안정상태에 도달한다. 이 안정상태에서의 역전속도와 역류량은, 펌프의  $N_s$ , 관로의 손실수두( $H_f$ )에 따라 변하지만, 일반 볼류트펌프는, 역전속도가 규정속도의 110~130%, 역

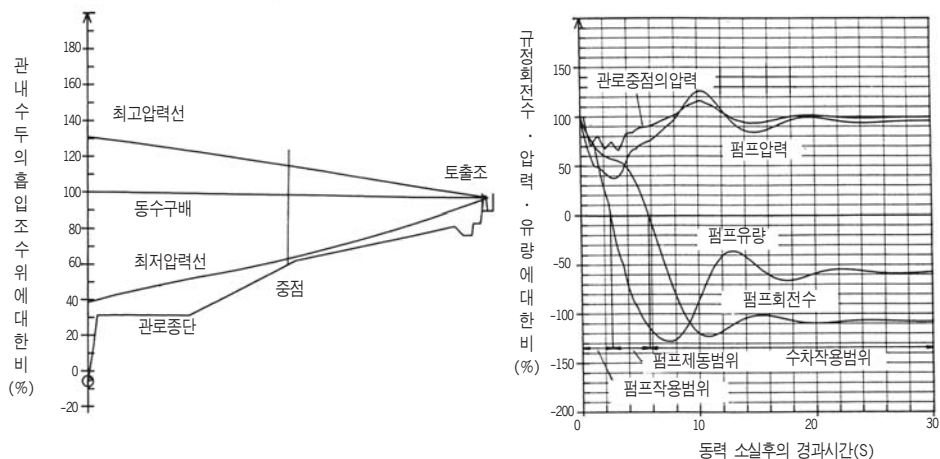


그림7·1 동력 차단후의 과도현상(토출측에 역지밸브가 없는 경우)

## 2)역지밸브가 있는경우(그림7·2참조)

역지밸브가 있으면, 제 2단계의 역류개시와 거의 동시에 역지밸브가 닫히기 때문에, 역류는 거의 생기지 않는다. 펌프는 토출관로와 차단된 물의 가운데에서 회전을 계속하지만, 관성력을 잃어 얼마안있어 정지한다.

제1단계에서의 압력저하에 의해 생긴 압력저하파가 토출조에서 반사해 압력상승파로서 역지밸브의 2차측에 도달할 때에는, 통상역지밸브가 폐쇄해있기 때문에, 역지밸브의 2차 측에서 급격한 압력상승이 생긴다. 이때의 압력상승치는, 관로계의 손실수두( $H_f$ )에도 의하지만, 정상상태로부터 저하한 정도만큼 압력이 상승한다.

실제로는, 역지밸브의 밸브몸체가 폐쇄하기에 시간이 걸리기 때문에 역류개시후에 폐쇄하는 것이 많고, 역류를 급격하게 차단하기 위해서 생긴 압력상승분이 더하여진다. 역지밸브의 폐쇄가 늦어지면, 상당히 큰 역류량으로 되며 역지밸브가 닫히면, 압력상승은 현저하게 증대한다.

역지밸브의 폐쇄후는, 압력은 관로의 길이, 지름, 관재질에 의해 결정되는 일정주기로 상승과 저하를 반복하면서 감쇄하고, 결국, 정상상태로 된다. 역류방지밸브를 설치한 경우의 수격에 의한 압력상승을 허용치내에 잡아 두기 위해 역지밸브를 완폐식 역지밸브로 하고, 다른 유압구동의 제어밸브를 설치, 인위적으로 역류량을 제어해서 압력상승을 완화시키는 경우가 있다. 제 1단계에서의 압력저하는, 관로와 펌프의 특성에 의해 결정되기 때문에, 제어밸브의 목적은, 주로 제2단계이후의 역류의 현저한 증대를 방지하고, 또한 압력 상승을 억제하면서 완만하게 역류를 그치게하는 것이다.

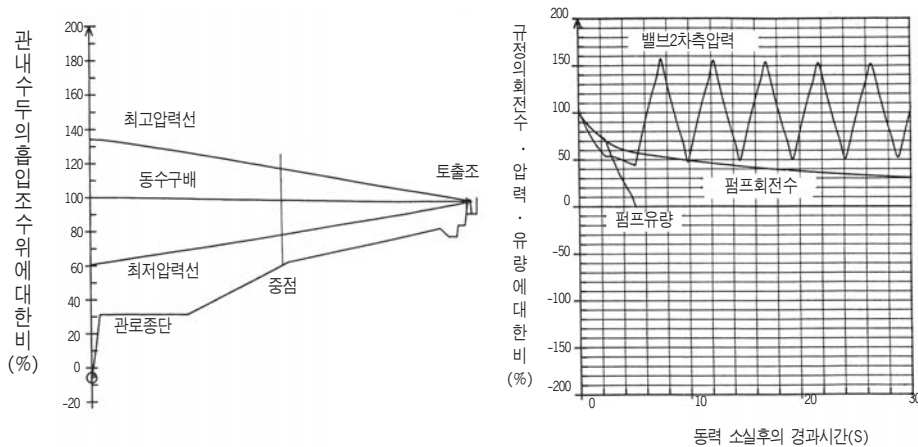


그림7·2 동력 차단후의 과도현상(토출측에 역지밸브가 있는 경우)

## 3)토출밸브 폐쇄후에 펌프를 정지하는 경우(보통정지)(그림7·3참조)

토출측에 제어밸브를 설치하고, 펌프정지전에 이 토출밸브를 폐쇄하면, 수류가 차단되어 유량이 변화하고, 수류의 관성작용으로 압력이 저하해 압력파를 생기게 한다. 이 압력 저하파는 토출조에서 반사하고, 압력상승파로 되어 돌아온다. 펌프의 송수관이 짧은 경우는, 압력상승파가 토출 밸브까지 돌아오기까지의 시간이 짧기 때문에, 이 사이의 토출밸브의 개도변화량이 작고, 압력상승치도 작다.

송수관이 대단히 긴 경우와, 토출밸브의 폐쇄속도가 대단히 빠른 경우에는, 토출밸브 폐쇄후에 압력상승파가 돌아오기 때문에 큰 압력상승이 발생하고 때로는 배관계에 문제가 될 정도의 압력상승을 초래하는 것도 있다.

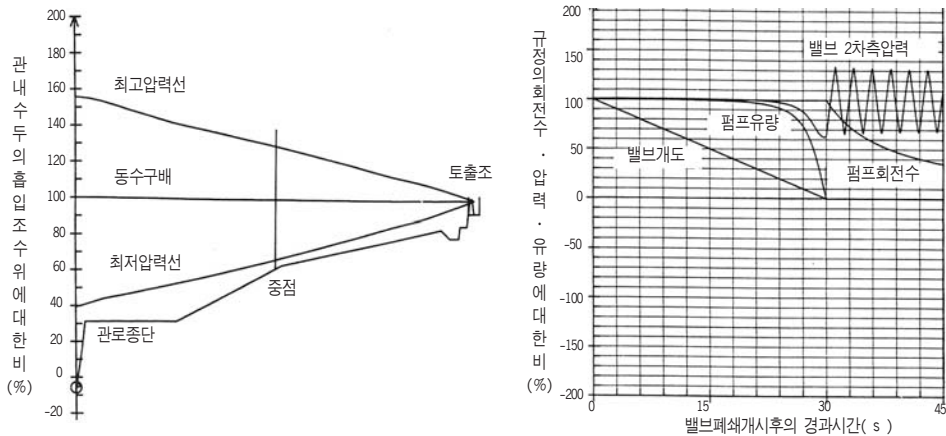


그림7·3 동력 차단후의 과도현상(토출측에 밸브가 폐쇄된 경우)

## 7.1.5 수격현상의 해석

이전에는 도식해법에 의존한 수격해석은, 현재 아래와 같은 장점을 가진 특성곡선법에 의한 컴퓨터 해석이 주류를 이루고 있다.

- ①파동에 대해서 성립하는 편미분 방정식의 일반적인 수치해석에 의해, 기초방정식의 미소항을 생략하지 않은, 컴퓨터 해석에 적합한 차분 방정식이 유도되어 있다.
- ②파동의 전반의 불연속성을 충실하게 취급하고 있기때문에 계산결과와 정도가 높다.
- ③수두손실, 관로의 구배의 영향등을 용이하게 프로그램에 넣어 둘 수 있다.
- ④복잡한 관로계, 혹은 수주분리와 같은 특수한 문제의 적용이 용이하다.

## 1)기초식과 특성곡선법

관로내의 비정상상의 운동방정식 및 연속방정식이, 수격현상의 기초식으로서 유도되어 있다.

$$g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{fV|V|}{2D} = 0$$

$$\frac{\alpha^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial H}{\partial x} + V \sin \alpha + \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

H: 기준선으로부터의 정수압

V: 유속(m/s)

x: 거리 (m)

t: 시간 (s)

a: 압력파의 전달속도 (m/s)

g: 중력 가속도 (m/s<sup>2</sup>)

D: 관내경(m)

f: 마찰계수

α: 관로의 기준선에 대한 경사각도

이런 기초방정식으로부터, 이하와 같은 C<sup>+</sup>(하류로 향하는 파)와 C<sup>-</sup>(상류로 향하는 파)의 2조의 상미분 방정식이 유도된다.

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned} \frac{g}{\alpha} \cdot \frac{dH}{dt} + \frac{dV}{dt} + \frac{g}{\alpha} V \sin \alpha + \frac{fV|V|}{2D} &= 0 \quad (1) \\ \frac{dx}{dt} &= V + a \quad (2) \end{aligned} \right\} C^+ \\
 & \left. \begin{aligned} -\frac{g}{\alpha} \cdot \frac{dH}{dt} + \frac{dV}{dt} - \frac{g}{\alpha} V \sin \alpha + \frac{fV|V|}{2D} &= 0 \quad (3) \\ \frac{dx}{dt} &= V - a \quad (4) \end{aligned} \right\} C^-
 \end{aligned}$$

여기서의  $C^+$ 와  $C^-$ 의 최초 식 (1)과(3)은, 각조의 2번째의 식(2)와(4)가 만족되어 있는 경우만 성립한다. 이 방정식을 차분방정식에 변환해서 컴퓨터를 이용해서 푼다. 그림5·56의  $x$ - $t$ 격자에서, A점과 B점의 압력, 유량 예의해 시간  $\Delta t$  후의 P점의 압력, 유량은,  $C^+$ 특성선과  $C^-$ 특성선을 연립시키는 것에 의해 구해진다.

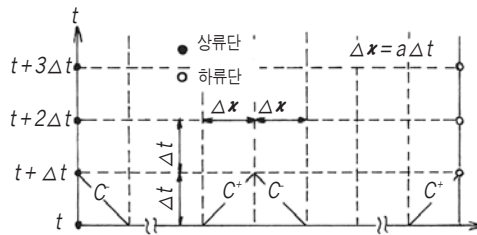


그림7·4  $x$ - $t$ 격자와 특성선

관로를 분할한 각계산점 전체에 대해서 이 계산을 반복해가는 것에 의해, 관로전체의 상태가 계산된다.

## 2)경계조건

수격현상을 해석하는 것에는, 관로내의 조건식외에 펌프, 밸브등의 기기의 동작상태를 나타내는 조건식(경계조건)이 필요하다.

펌프 및 전동기의 회전부분의 관성의 방정식은 다음과 같다.

$$M = I \frac{d\omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dN}{dt}$$

여기서,

M: 펌프의 토크(kgf·m)

I: 펌프·전동기의 회전부의 관성2차 모멘트

$\omega$ : 회전부의 각속도

$GD^2$ : 관성효과계수(kg·m<sup>2</sup>)

N: 회전수(min<sup>-1</sup>)

회전수가 시시각각 변화해 갈때 각 회전수에 대한 펌프특성(압력, 유량, 토크의 함수)이 필요하다. 이것은 정회전정류, 정회전역류, 역회전역류의 영역에 걸친 전반특성을 나타내는 것이고, 다음의 관계가 있다.

H :  $f_1(Q, N)$

M :  $f_2(Q, N)$

이런 펌프특성은 근사식 또는 테이블로 처리된다.

## 3)간이계산도표

실제의 복잡한 관로계를 정확하게 또는 신속하게 해석하는 경우는 컴퓨터를 이용한 특성곡선법에 의한 해석이 최적이지만, 비교적 단순한 관로에 대해서 최저압력·최고압력이 어떤가를 검토하는 경우에는 간이계산 도표를 이용하면 편리하다.

동력소실에 의한 펌프 급정지시의 수격현상의 계산도표를 그림7·5~7·17에 나타낸다. 이 계산도표는 송수관로 계의 펌프 급정지시에서의 수격현상을 해석하는 경우에 사용가능하고

- ① 펌프 직후의 압력저하
- ② 송수관로의 중간점의 압력저하 ( $\frac{1}{2}L$ 지점)
- ③ 송수관로의  $\frac{3}{4}L$ 지점의 압력저하
- ④ 역류 개시 시각에 대해서 나타내고 있다. 또한 송수관로의 저항( $h_{rL} = H_l / H_0$ ), 0%, 30%, 60%에 대해서 나타내고 있다.

## 4)간이계산 도표에 의한 수격계산

## ① 펌프의 요항

$Q_0$  : 펌프의 수량 ( $m^3 / min$ )

$H_0$  : 펌프의 양정 (m)

$H_a$  : 실 양정 (m)

$H_l$  : 관로손실 (m)

$N_0$  : 펌프의 회전수 ( $min^{-1}$ )

$\eta_p$  : 펌프의 효율

$P_0$  : 펌프의 축동력 (kW)

$\gamma$  : 유체의 비중량[밀도] ( $kg / l$ )

## ② 펌프의 축동력과 축토크의 계산

펌프의 축동력

$$P_0 = \frac{0.163 \cdot \gamma \cdot Q_0 \cdot H_0}{\eta_p} \quad (kW)$$

펌프의 축 토크

$$M_0 = 974 \cdot \frac{P_0}{N_0} (kgf \cdot m)$$

## ③ 펌프계의 관성계수의 계산

$$K = \frac{375 \cdot M_0}{GD^2 \cdot N_0}$$

$GD^2$  : 관성 효과 계수

주 : 도식 계산의 편의상, K값의 계수를 187.5로 하고, 상기 값의 1/2의 값으로서 취급하고 있는 서적이 있기 때문에 주의 할 필요가 있다.



## 7. 수격

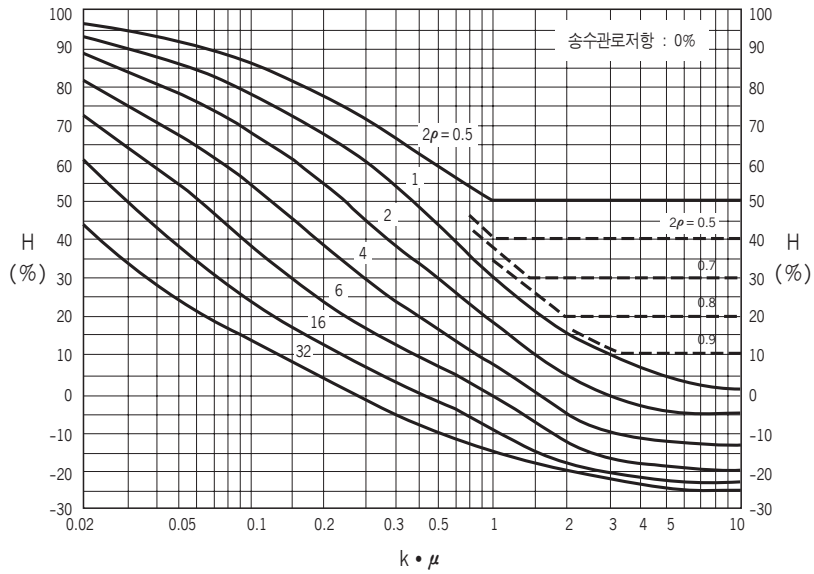


그림7·5 펌프 직후의 최저압력

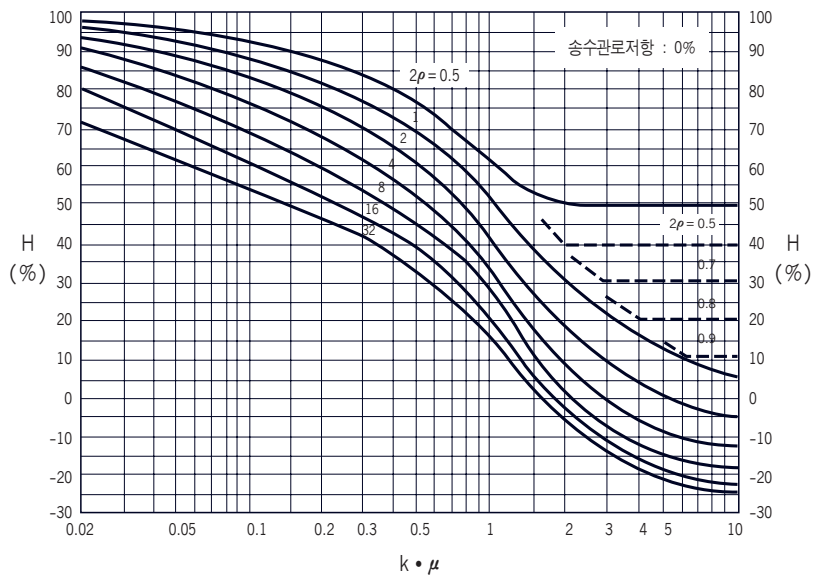


그림7·6 1/2 L 지점의 최저압력

## 7. 수격

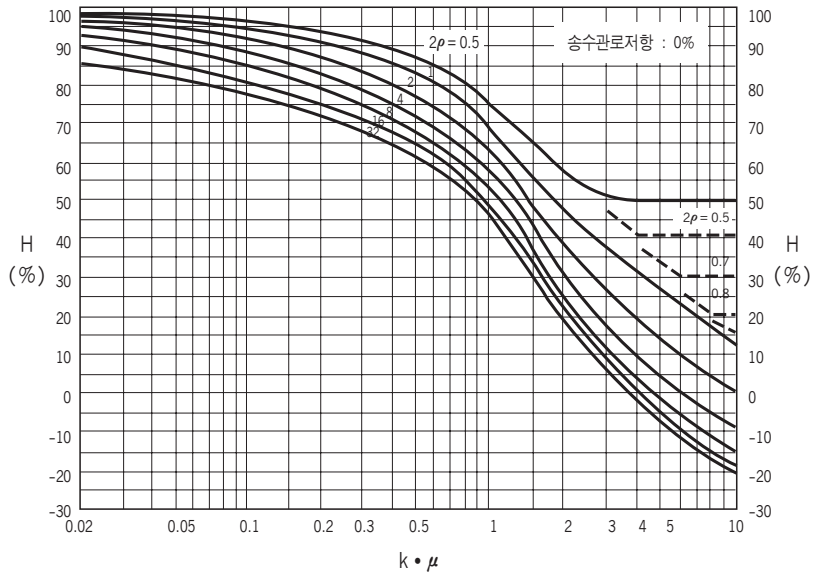


그림7·7 3/4 L 지점의 최저압력

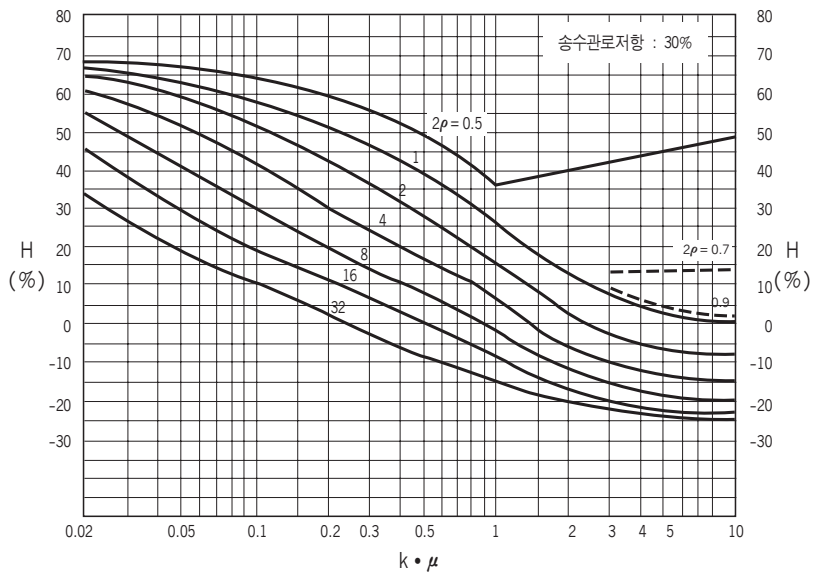


그림7·8 펌프 직후의 최저압력

## 7. 수력

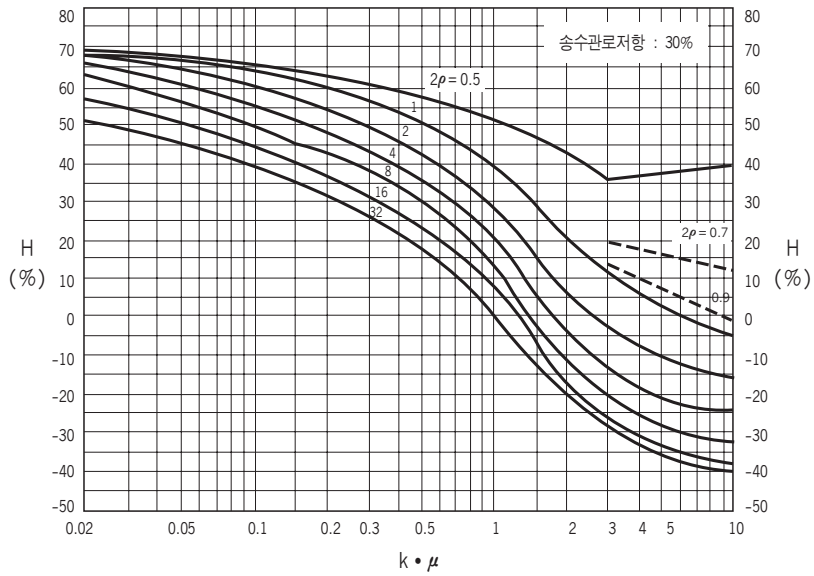


그림7·9 1/2 지점의 최저압력

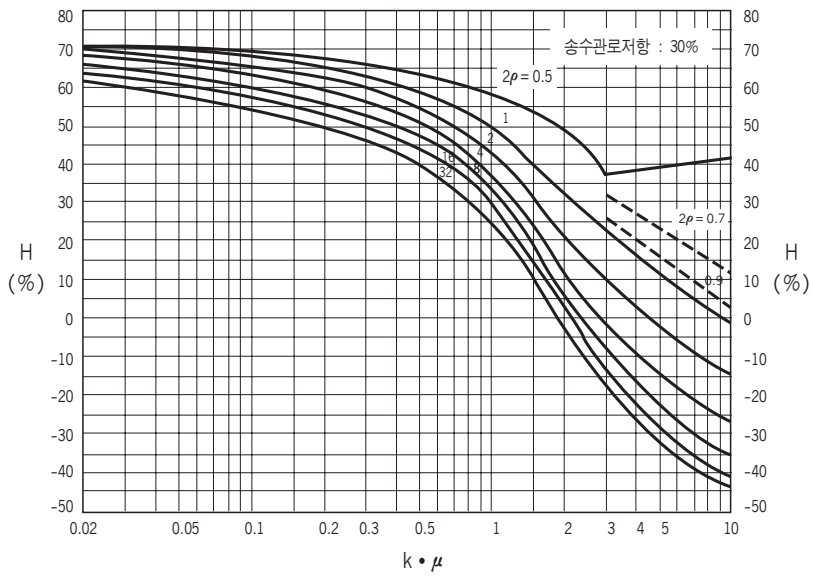
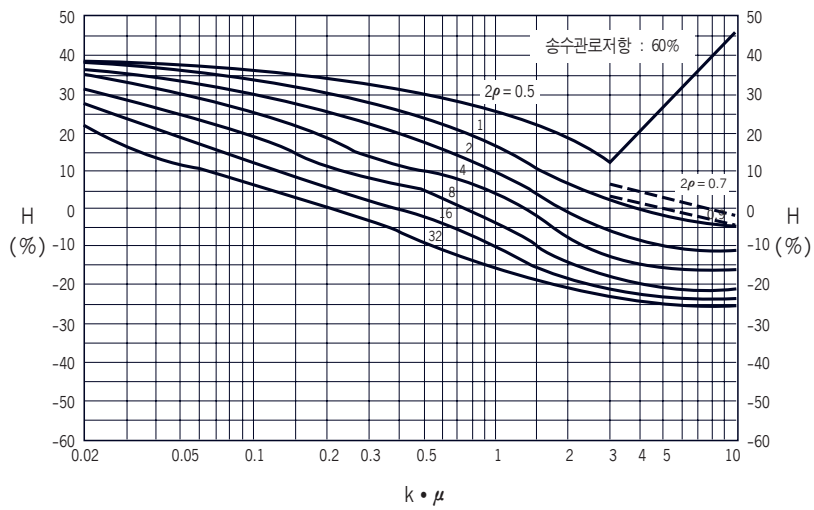


그림7·10 3/4 지점의 최저압력



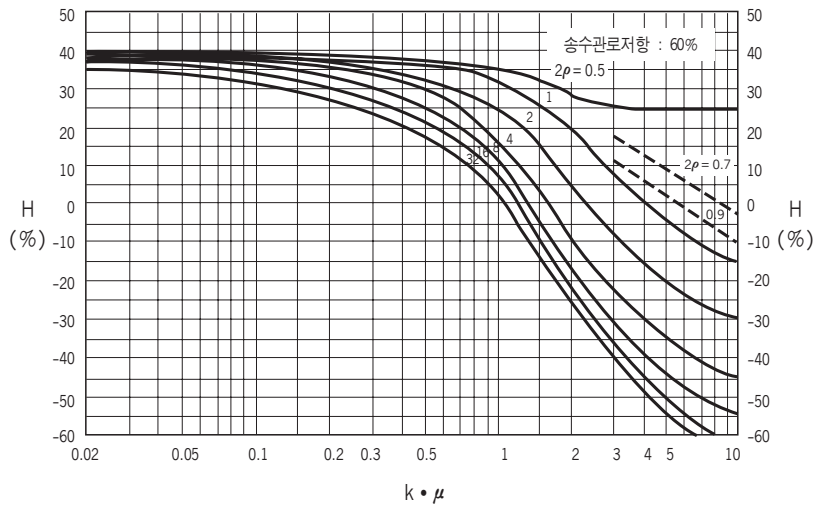


그림7·13 3/4 지점의 최저압력

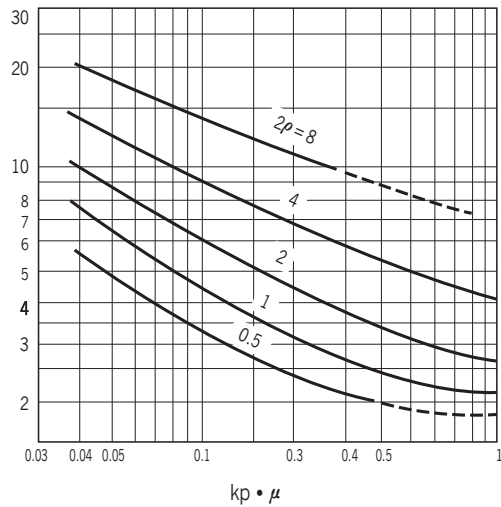


그림7·14 펌프의 역류개시시기

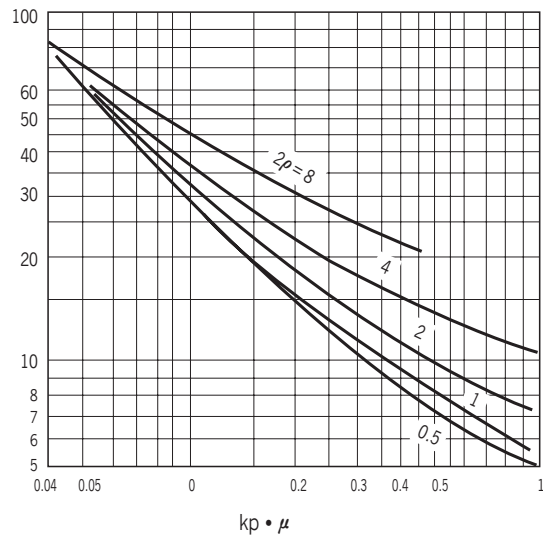


그림7·15 펌프의 최대 역전시기

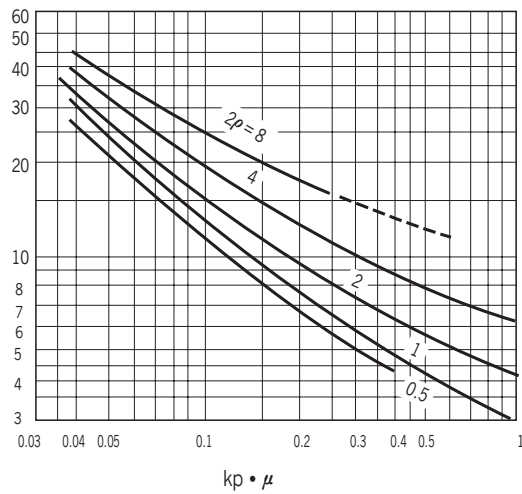


그림7·16 펌프의 최대 역전시기

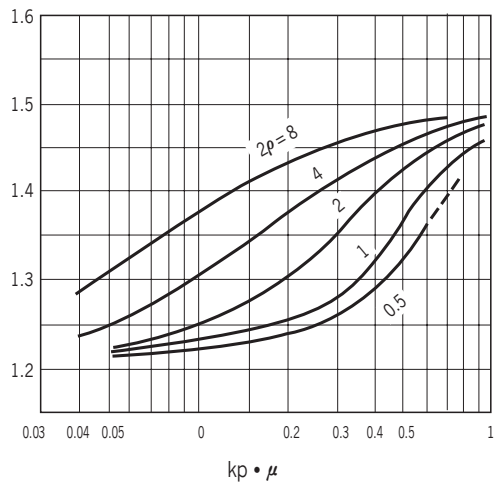


그림7·17 펌프 최대 역전시기

개략검토의 경우의  $GD^2$ 은 그림7·18, 그림7·19(펌프)및 그림7·20~그림7·21(전동기)에 의해 구해진다  
 ④송수관로내의 정상시의 유속계산

$$v_n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} \text{ (m/s)}$$

D : 송수관로의 구경 (m)

Q : 송수관로의 유량 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

송수관로의 구경이 배관 내에서 다른 경우에는 등기구경에 의해 구한다.

$$D^2 = \frac{L}{L_1/D_1^2 + L_2/D_2^2 + L_3/D_3^2 + \dots}$$

$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$ 관로전장

$L_1, L_2, L_3 \dots$ 각관로의 관장

$D_1, D_2, D_3 \dots$ 각관로의 구경

⑤압력파의 전파 속도의 계산

$$\alpha = \frac{1,425}{\left(1 + \frac{D}{t} \cdot \frac{k_y}{E_s}\right)^{1/2}}$$

$k_y$ : 액체의 체적 탄성계수( $\text{kgf}/\text{m}^2$ )

$E_s$ : 송수관로의 종 탄성계수 ( $\text{kgf}/\text{m}^2$ )

$t$ : 송수관로의 두께 (m)

대표적인 관종의  $K_v/E_s$ 는 다음과 같다.

강관  $\frac{K_v}{E_s} \approx 0.01$

덕타일주철관  $\frac{K_v}{E_s} \approx 0.0138$

주철관  $\frac{K_v}{E_s} \approx 0.0207$

흙관  $\frac{K_v}{E_s} \approx 0.103$

더구나 송수관로의 재질등이 도중에 변경되는 경우에는 등가 전파속도를 구하지 않으면 안된다.

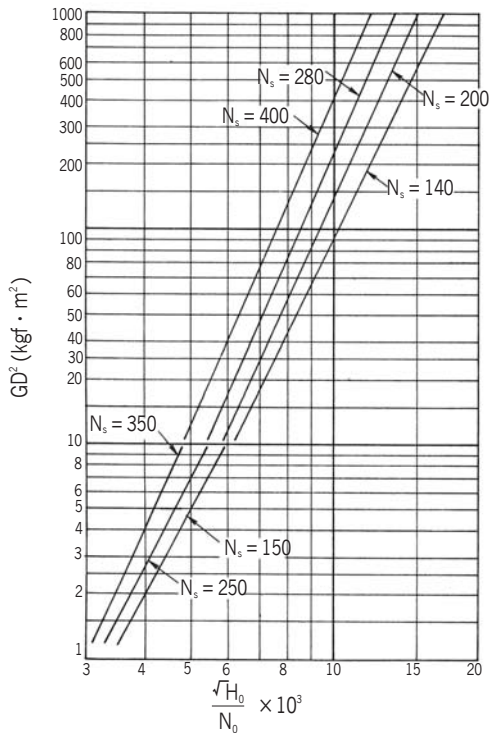


그림7·18 양 흡입 볼류트 펌프의  $GD^2$

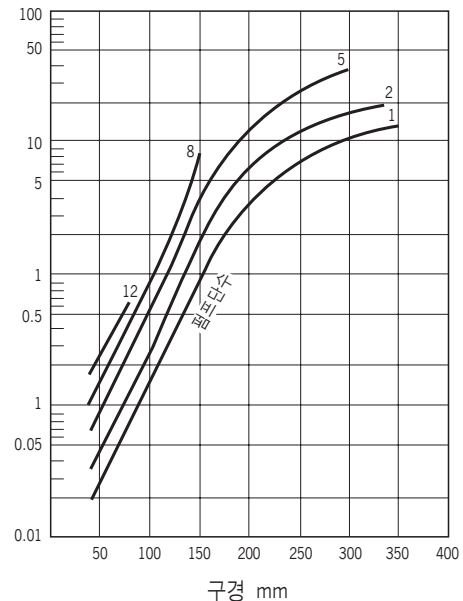


그림7·19 다단펌프의  $GD^2$ (개략)



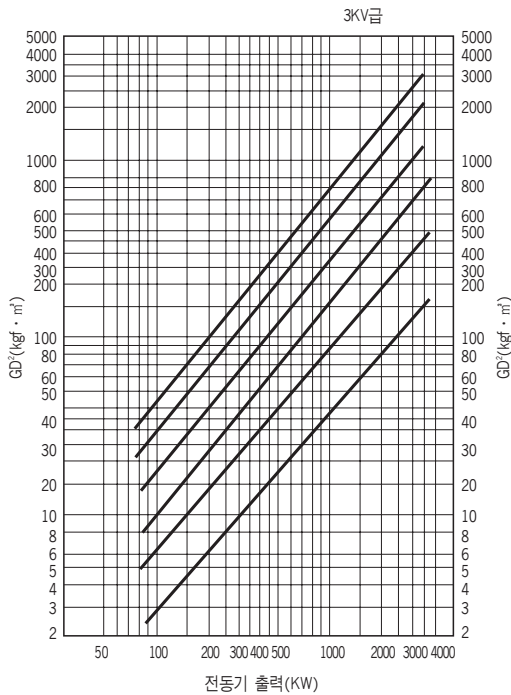


그림7 · 20 농형 전동기출력 GD² 선도

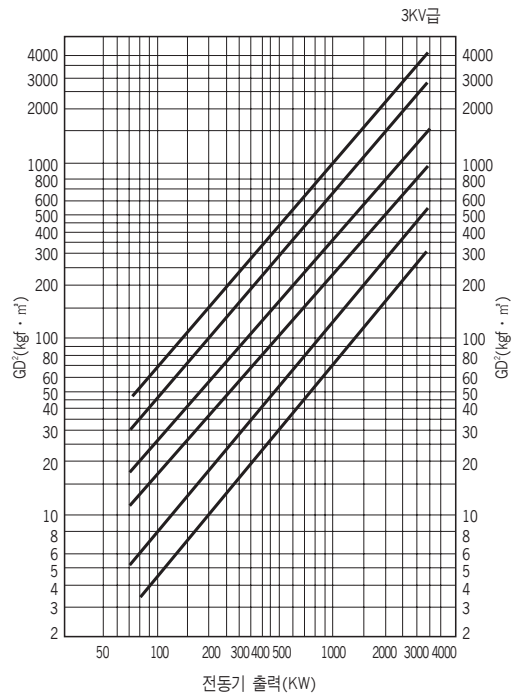


그림7 · 21 권선형 전동기 출력-GD²선도

## 등가전파속도

$$\alpha = \frac{L}{L_1/\alpha_1 + L_2/\alpha_2 + L_3/\alpha_3 + \dots}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$  각관로의 전파속도

⑥ 송수로관로 정수의 계산

$$2\rho = \frac{av_0}{gH_0}$$

⑦ 압력파의 일회왕복시간의 계산

$$\mu = \frac{2L}{\alpha}$$

송수관로가 도중 재질이 다른 경우 등가시간은 다음식으로부터 구한다.

$$\mu = 2 \sum \frac{L_i}{\alpha_i} \text{ (s)}$$

⑧  $K \cdot \mu$  값의 계산

③ 과 ⑦ 로부터 구한  $K \cdot \mu$ 를 구한다.

⑨ 송수관로의 저항비의 계산

$$hp_L = \frac{H_i}{H_0} \times 100\%$$

이 저항비로부터 적용선도를 선택 이 때에 가장 가까운 저항비의 그래프를 선정한다.

만일 송수관로의 저항이 2개의 저항비의 그래프의 중간에 상당하는 경우에는 전후의 그래프로부터 수치를 읽어 보간법에 의해, 중간의 저항비의 압력저하를 구한다.

⑩ 상기까지의 계산을 기초로하여 다음 3개의 파라미터로부터 압력저하를 구한다.

㉑ 송수관로의 저항비  $h_p$

㉒  $K \cdot \mu \frac{L}{D^5}$   $K \cdot \mu$

㉓ 송수관로의 정수  $2\rho$

⑪ 압력변화는 펌프직후와 중간점  $1/2L$  및  $3/4L$  지점에 각각 나누어져 선도에 주어져 있기때문에 각 그림으로부터 저하압력비  $h$  를 구한다.

⑫ 저하압력의 절대치

전항에서 구한 저하압력비  $h$  로부터 실제로 발생한 압력  $H$  는 다음과 같이 구해진다.

$$H = h \cdot H^0$$

동일한 수순으로 송수관로의 각점, 즉 펌프직후, 중간점, 및  $3/4 L$  지점의 압력을 구한다.

⑬ 송수관로에 압력변화의 기입

㉔ 송수관로의 종단면의 작성

다음에 전항에서 구한 압력변화를 송수관로의 종단도에 기입해서 송수관로전장에 걸친 압력변화와 송수관로의 관계를 조사한다.

㉕ 최저압력선의 작성

송수관로의 종단도에 저하압력을 펌프직후, 중간점  $1/2L$ ,  $3/4L$  지점마다에 기입하여, 이런저하압력을 스무스한 곡선으로 결합하면 최저압력선이 구해진다.

㉖ 최고압력선의 작업

압력상승은 수격의 방지방법에 따라 다르지만, 근사적으로는 ㉔ 에서 구한 최저압력선을 토출수조의 수위의 기준에 동일지점에서 저하하고 있는 압력분(-H)만큼 플러스측으로 상방에 가산하는 것에 의해 구해진다. 그림7·22은 송수관로의 종단도에 최저압력선과 최고압력선을 기입한 것이다.

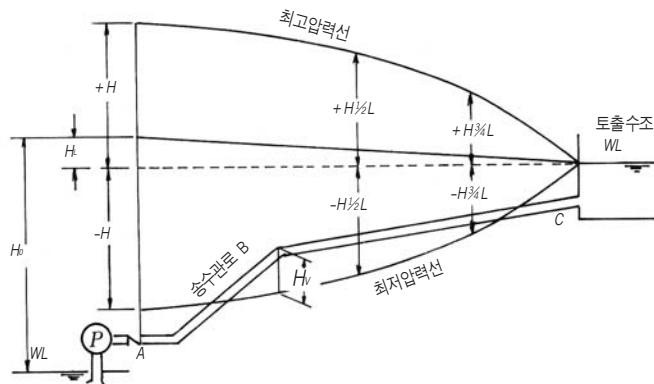


그림7·22 송수 관로도에의 압력변화 기입

#### 7.1.6 수격작용의 방지책

수격현상의 발생에 의해, 압력변동이 허용치를 넘을 것이 예상되는 경우에, 대책을 취할 필요가 있다. 대책으로서는 표7·2에 나타내었으며, 각 송수설비 및 수격현상에 대해서 적합한 방법을 선택한다.

표 7·2 수격작용의 방지책(1/3)

방 지 책	효 과 와 특 징	주 의 점
플라이 휠(펌프회전부의 관성 효과를 증가한다). 별치식 플라이휠일 장치와 커플링 겸용형이 있다.	(1) 펌프 회전수의 저하율을 작게해서 유속의 감소정도를 내리는 것에 의해 압력저하를 완화한다. (2) 압력상승의 방지에도 효과가 있다. (3)설비가 간단하고, 보수관리도 용이하다. (4) 신뢰성이 높다.	(1) 입축펌프, 수중펌프에 큰 플라이휠은 장작이 어렵다. 수중펌프의 경우는, 형식에 따라 취부불가. (2) 별치식 플라이휠 장치의 경우에는, 펌프설치면적이 크게된다. (3) 관로가 대단히 긴 경우에는 효과가 없다. (4) 큰 플라이휠을 붙인 송수계에서는, 통상의 펌프정지시에서도 토출 밸브를 전개하여 펌프를 정지하는 편이 좋은 경우가 있다.
유니버설 서지탱크	(1) 송수관내 압력이 저하하면, 연락관을 통해서 물을 보급하고, 송수관내 압력의 저하를 경감한다. (2) 압력상승에 대해서도 유효하다. (3) 구조가 간단하고, 밸브의 동작등이 따르지 않기때문에, 신뢰성이 높다. (4) 일반적으로 토목구조물인 것이 많다.	(1) 설치지점(지반고에 관계)에 제약이 있다. (2) 높이는, 동수구배이상을 필요로하고, 압력상승시 및 펌프 시동시의 업서지가 생겨도 위험하지 않은 것이 필요하다. (3) 하수의 경우, 취기발생의 문제 있다. (4) 한냉지에서는 동결대책의 검토가 필요하다.
원웨이 서지탱크	(1) 송수관내 압력이 서지 탱크 수위보다 저하하면, 연락관의 역지밸브를 열어 물이 보급되며, 송수관내의 압력저하를 경감한다. (2) 압력상승의 경감에도 효과가 있다. (3) 수위를 동수구배보다 낮게하기 때문에, 유니버설 서지탱크보다 탱크 높이를 낮게 할 수 있다. (4) 일반적으로 토목구조물인 것이 많다.	(1) 설치지점(지반고에 관계)에 제약이 있다. (2) 관로형상에 따라서, 관로도중의 복수개소에 설치할 필요가 있다.(그림5.90참조) (3) 부대설비로서, 역지밸브, 급수장치, 오버플로우관이 필요하게 된다. (4) 역지밸브가 있기때문에, 하수에는 적합하지 않다. (5) 한냉지에서는, 동결대책의 검토가 필요하다.

표 7·2 수격작용의 방지책 (2/3)

방 지 책	효 과 와 특 징	주 의 점
에어챔버(압력공기조, 서지베셀) 액면제어장치를 가진것(대용량에 적용)과, 고무대를 내장하고 있는 것(소용량에 적용)이 있다.	(1) 송수관내 압력이 저하하면, 연락관을 통해서 압력수를 보급하는 것에 의해, 펌프가 서서히 정지하는것과 동일한 효과로 되기때문에, 송수관내의 압력저하를 경감한다. (2) 압력저하가 시작하면 동시에 동작하기 때문에, 관로전체에 걸친 압력저하의 경감에 효과가 있다. 통상 펌프장의 직후에 1기설치하는 것만으로 충분하다. (3) 연락관의 돌아오는측의 손실을 적당하게 줄이는 것에 의해, 압력상승을 억제한다. (4) 서지탱크에 비해, 부지면적도 작고, 탱크높이도 낮게하는것이 가능하다. (5) 강판제탱크이고, 제작이 용이하다.	(1) 고무대를 내장하고 있지 않은 자유 표면형의 에어챔버는, 동수구배변동에 의한 에어챔버내의 수위변화 및 장기간에서의 압축공기의 물로의 용해에 의한 수위상승에 대해, 공기를 보급하거나 빼기를 하기 위한 액면제어장치가 필요하게 된다. 이 때문에, 전원이 필요하다. (2) 소용량의 에어챔버는, 고무부를 내장하고, 압축공기와 물을 분리하여 용해를 방지하는 것도 있다. (3) 필요에 따라 사수대책을 취한다.
공기밸브	(1) 관내압력이 저하하여 부압으로되면 공기밸브에 의해 공기가 관내에 들어와 큰 부압발생을 방지한다. (2) 수도용의 규격품이 있고, 저가이고 간편하다.	(1) 관내에 들어온 공기가, 토출수조로부터의 실양정에 의해 송수관내에 역류가 생겨, 공기가 관외로 배출된다. 따라서 공기밸브가 폐쇄할 때에 역류가 급격하게 닫혀지는 것에 의해 큰 압력상승이 생긴다. 압력상승치는, 수주분리의 재결합시보다 크게되는 것도 있다. (2) 상수에서는, 찌꺼기의 혼입방지등 관리방법을 검토 할 필요가 있다. (3) 하수등, 막힘이 염려되는 경우에는 적용할 수 없다.
송수관의 구경증대	정상송수시의 유속을 내리는 것에 의해, 수격발생시의 유량변화율이 작게되고, 압력저하가 경감된다.	
송수관의 부설 레벨의 변경	관로의 불록부등에서 부압이 큰 부분에 대해서, 관로부설레벨을 내리는 것에 의해, 관로에 대한 압력저하가 경감할 수 있다.	매설깊이가 깊게되는등, 현실적으로는 곤란한 경우가 많다.
자폐식 역지밸브(급폐식 역지밸브) 역지밸브의 밸브몸체를 급폐시키는 방법으로서, 스프링식, 밸브좌경사식이 있다.	(1) 펌프 토출측의 역지밸브가 폐쇄지연되면 충격음을 수반하고, 큰 압력상승을 생기게 하기 때문에, 스프링 등의 힘으로 폐쇄지연을 작게한다. (2) 압력상승은, 실양정의 약2배로된다.	(1) 효과는 단지 폐쇄지연에 의해 생기는 이상압력을 방지하는 것에 국한되며, 수주분리에 대한 효과는 없다. (2) 대구경의 밸브에서는 밸브판을 복수매로 해서 1매당의 밸브관성력을 작게하여 폐쇄지연을 적게 할 필요가 있다.

## 7. 수격

표 7·2 수격작용의 방지책 (3/3)

방 지 책	효 과 와 특 징	주 의 점
바이패스 완폐식 역지밸브 자밸브 완폐식 역지밸브	(1) 주밸브는 급폐하지만, 바이패스밸브를 천천히 폐쇄하는 것에 의해, 물을 흡입측으로 역류시켜 토출 관로측의 압력상승을 경감시킨다. (2) 바이패스 밸브의 폐쇄시간의 목표는, 압력파의 왕복시간의 5~6배로 한다.	(1) 역류시에, 펌프, 전동기가 역전하는 것이 있다. (2) 완폐식역지밸브에는 주밸브 완폐식도 있지만, 수격대책으로는 적당하지 않다.
유압구동밸브	(1) 동력소실후, 유압등의 구동장치에 의해 로타리밸브, 버터플라이 밸브를 폐쇄해서, 역지밸브의 역할을 겸한다. (2) 역류를 생기지 않도록 급폐시킨 경우와, 역류를 생기게 하여 천천히 폐쇄해서 압력상승을 경감시키는 경우가 있다. (3) 대용량·고양정펌프의 토출밸브에 적합하다.	구 동력으로서 유압원등의 장치가 필요하다.
토출밸브의 폐쇄방식을 두가지 다른 스피드로 한다.	(1) 밸브를 중간개도까지는 빨리 폐쇄하고, 유량이 크게 변화하는 소개도 부분을 천천히 폐쇄하는 것에 의해, 유량변화율을 작게하고, 압력저하를 경감시킨다. (2) 전동밸브의 경우는 통상 소개도 부분을 폐쇄와 정지를 반복하는 것에 의해, 천천히 폐쇄시킨다.	(1) 밸브 구동부 내부에 중간개도 리미트스위치를 요한다. (2) 중간개도의 설정치 및 폐쇄·정지의 타이밍은 계산에 의해 구한다.
안전밸브	(1) 설정압력 이상으로되면 밸브를 열고, 물을 빼서 압력상승을 방지한다.	동작지연에 의해, 충분한 효과가 얻어지지 않는 경우가 있다.
릴리프(surge suppressors)	(1) 동력소실 검지시 직류구동에 의해 밸브를 열고, 물을 빼서 압력상승을 방지한다.	동작지연에 의해, 충분한 효과가 얻어지지 않는 경우가 있다.
바이패스 역지밸브 (흡입측 집합관과 토출측 집합관 사이에 역지밸브를 붙인 바이패스관을 설치한다.)	(1) 증압펌프장의 흡입측 관로의 압력상승을 바이패스 역지밸브에 의해 토출측에 물을 빼는 것에 의해, 경감한다.	흡입측 관로의 압력상승과 토출측 관로의 압력저하의 타이밍에 의해 충분한 효과가 나타나지 않기 때문에 충분한 검토를 요한다.

## 7.1.7 수주분리현상

수격현상발생시에 최저압력이 포화증기압까지 저하하면 공동이 생긴다. 이 현상을, 수주분리현상이라부르고, 토출조속으로부터의 실양정에 의한 역류에서 공동이 소멸할 때 (수주의 재결합)에 대단히 높은 압력이 발생하는 것이 있다. 통상은 수주분리현상을 피하도록, 필요에 따라서 대책을 취하고 있지만, 예를들면 화력발전소의 순환수 펌프 계통등과 같이, 수주분리를 피할 수 없는 경우도 있다.

수주분리를 허용할 때에는, 사전의 해석을 행해 다음에 유의하는 것이 필요하다.

- ① 압력상승치가, 기기·관로의 허용압력을 상회하지 않을것.
- ② 포화증기압에 의해 관로가 파손될 염려가 없을 것.
- ③ 기기·배관의 서포트(지지)가 견고할 것. 압력이 허용되더라도, 수주분리가 따르는 수격현상에서는 압력변동이 상하로 심하기 때문에 기기·배관의 진동에 의해 소음이 발생하는 경우가 있다.

## 7.1.8 그외 수격현상

## 1)펌프체절 시동시의 공기정체에 의한 수격현상

펌프체절시동의 경우에 토출밸브 전의 배관중의 공기정체에 의한 이상압력 상승이 발생할 위험성이 있다. 공기 정체의 용량에 의해 압력 상승치가 변하며 최악의 경우 펌프 체절 압력의 약8배 이상의 압력이 발생한다. 이러한 압력상승을 피하기 위해서는 설계시공에 대한 충분한 검토가 필요하다.

## 2)역지밸브의 슬래밍시

압력상승 스위치 역지밸브가, 펌프 정지시에 크게 충격을 내며 닫히는 현상을 역지밸브의 슬래밍이라 한다. 역지밸브 폐쇄시에 대소의 슬래밍을 일으킨다.

특히, 병렬운전시의 펌프 1대가 트립하는 경우와 토출측에 에어 챔버를 설치한 펌프가 트립한 경우에 격한 슬래밍이 생겨 큰 압력상승이 발생하고 따라서 그 크기를 예측하는 것이 안전대책상 중요하다.

슬래밍 발생시의 압력상승의 크기는, 밸브의 형태 동력 손실후 역지밸브에서의 유속변화율( $dv/dt$ )에 의해 결정된다.

## 7.1.9 수격현상의 검토에 필요한 자료

수격해석을 정확히 행하기 위해서는, 정확한 기본조건, 경계조건, 운전조건 등의 데이터가 필요하다.

## ①송수 시스템의 사양

송수계통도, 관로종단도, 액질, 온도, 계획(최대)송수량, 표고

## ②송수관로 사양

관의 재질, 내경, 살두께, 길이, 저항계수, 허용압력

## ③펌프의 사양

형식, 토출량, 전양정, 회전수, 축동력,  $GD^2$  (펌프 및 원동기), 병렬운전대수, 운전조작조건

## ④밸브의 사양

종류, 구경, 폐쇄속도, 조작조건, 저항특성

## ⑤수조의 사양, 설치위치

흡입수조 (수위 ~ HWL, LWL)

토출수조 (수위 ~ HWL, LWL, 수중방류 or 대기방류)

서지탱크 (수위, 치수, 연결관의 형태)

에어챔버 (수위, 용량, 치수, 연결관의 형태)

공기밸브 (규격, 사이즈)

## 8. 기초

### 8.1 기기의 기초

직접지반의 위에 만드는 직접 기초와 기초 지반에 충분한 지지력이 없는 경우에 채움하는 항기초가 있다. 어느 쪽이든 기기만을 지반에서 직접 지지하는 것이다. 기초의 중량에 대한 개략적표준으로서, 펌프·전동기의 경우, 기계 총중량의 3~5배, 디젤기관의 경우 4~6배가 일반적으로 추장된다.

디젤기관의 기초의 크기는 경험상 대강 하기로 결정한다.

기초의 폭 > 3 × 기관대 마루의 폭

기초의 길이 > 2 × 기관의 전장

기초의 두께 > 5× 실린다경

#### 2) 스라브상의 기초

지반상에 건조된 토목 건축 구조물의 스라브상에 건조하는 기초로 펌프 설비의 기초는 대부분 이 방식이다.

기기를 스라브 위에 설치하는 경우에는, 기기중량이나 수력 스러스트를 토목·건축 구조물로 지지할 필요가 있는 경우는 말할 것도 없지만, 디젤기관등, 가진력이 큰 기기의 진동대책, 스라브와 기기의 체결방법등에 유의하는 것이 중요하다.

### 8.2 하중의 종류와 크기

#### (1)자중

기기의 제품 중량에 윤활유의 중량등을 가산한 운전시의 중량이 연직하방에 작용하나, 펌프에 관해서는 흡입수 위 위의 부분 펌프 케이싱 내의 물의 중량을 가할 필요가 있다.

스라브상의 기초의 경우에는 기기의 기초 콘크리트의 중량(비중량은 2.4ton/m<sup>3</sup>로 추정됨)을 가산할 필요가 있다.

기초에 작용하는 운전 하중으로는, 하기에 나타난 것과 같은 계수를 곱한다.

기 기	계수
펌프·전동기·감속기등	1.2
디젤 기관(6기통 이상)	1.3
디젤 기관(5기통 이하)	1.5
배관 서포트	1.2

#### (2)전달토크

전동기나 디젤기관이 동력을 전달하는 경우에는 하기의 토크가 기초에 작용한다.

$$T = 975 \times \frac{P(kW)}{N(\min^{-1})} = 7162 \times \frac{P(PS)}{N(\min^{-1})} \quad (kgf \cdot m)$$

큰 마력의 디젤 기관등은 저 회전수의 경우가 많고, 이 값이 커지므로 주의를 요한다.

#### (3) 펌프의 축추력

펌프를 운전하면, 임펠러의 흡입측과 토출측의 사이에 압력차가 발생한다. 거의 대부분 펌프 형식에서는 펌프 자체로 반력을 지지하고 있으나 2상식 이상의 입축 펌프에서는 스러스트 축수의 위치 여하로 축추력을 기초 하중으로 고려할 필요가 있다.

#### (4) 압력

압력에 의해 생기는 힘을 기초로 지지할 필요가 있는 것은, 하기의 경우이다.

- 펌프의 토출 압력의 반력
- 스테이 볼트가 없는 신축 이음이나 가요성관의 양측
- 입력수조 혹은 압입력이 있는 수조에 접촉하는 배관이 관통하는 벽
- 입축사류 펌프의 설치 바닥보다도 흡입 수위 측이 높은 경우의 펌프의 기초 볼트 부분

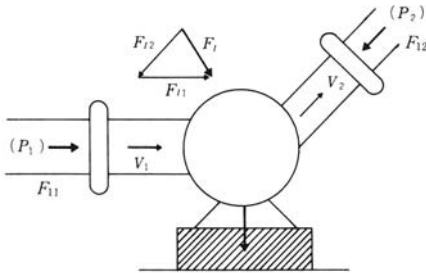


그림 8.1 기초에 걸리는 하중

$$\text{유입관 } F_{11} = \frac{\gamma}{g} Q v_1 \text{ (kgf)}$$

$$\text{유출관 } F_{12} = - \frac{\gamma}{g} Q v_2 \text{ (kgf)}$$

$\gamma$  : 비중량 (밀도) (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  : 유 량 (m<sup>3</sup>/s)

$v$  : 유 속 (m/s)

#### (5) 물의 관성력

흐름 방향이 변화하는 경우에는 위에 표시하는 힘이 작용한다.

#### (6) 플랩 밸브나 역지 밸브 폐쇄시의 충격력

이 힘은 극히 단시간 작용하는 것으로, 다음에 나타내는 것이다. 수격 작용에 의한 단시간 작용하는 힘은, 수격 대책의 방법에 의해 큰 폭으로 변하는 것으로 하기의 값이 구조상 문제가 되는 경우에는 다른 대책을 세울 필요가 있다.

#### 플랩 밸브의 수평 동하중

$$W = [\text{실양정 압력(kgf/cm}^2\text{)}] \times [\text{밸브 구경 면적(cm}^2\text{)}] \times 2 \text{ (kgf)}$$

#### 스윙 역지 밸브의 수평 동하중

$$W = [\text{밸브 폐쇄후의 밸브 전후의 차압(kgf/cm}^2\text{)}] \times [\text{밸브 구경 면적(cm}^2\text{)}] \times 2 \text{ (kgf)}$$

$$\text{또는 } W = [\text{수격 발생시의 밸브 전후의 최대차압(kgf/cm}^2\text{)}] \times [\text{밸브 구경 면적(cm}^2\text{)}] \times 2 \text{ (kgf)}$$

#### (7) 풍하중 · 지진하중의

건축 기초법에 이것들의 값이 결정되어 있으므로, 필요한 경우에는 참조할 것.

## 8.3 기초 콘크리트와 배근

#### (1) 콘크리트

기기의 기초로 이용하는 것은, 보통 콘크리트를 기본사양으로 해서 설계 기준 강도 ( $F_c$ )는 150kgf/cm<sup>2</sup> 이상 240kgf/cm<sup>2</sup>까지 규정되어 있으나, 통상 210kgf/cm<sup>2</sup> 정도의 것을 사용한다.

시멘트는 포틀랜드 시멘트 (보통, 조강, 초조강) 고로시멘트 (A종, B종)등을 이용하나, 알칼리 반응대책 으로 저 알칼리 포틀랜드 시멘트도 사용된다.

골재의 최대 치수는 20~25mm로 한다.

기기의 기초 콘크리트로는, 레미콘을 사용하는 경우가 많아서, 하기와 같은 사양으로 연습 개시부터 1.5시간 이내 가능한 KS마크 표시지정 공장에 발주한다. (표준품)

또, 콘크리트는 타종한 후부터 상당한 강도를 발휘하기 까지의 양생이 매우 중요함에 따라, 충격이나 하중을 가 하면 건조가 어려우니 고려한다.

호칭 강도 : 210kgf/cm<sup>2</sup>

슬럼프 : 8~12cm

시멘트의 종류 : 포틀랜드 시멘트

(보통, 조강, 초조강)

고로 시멘트

(A종, B종)등

조골재의 최대치수 : 20~25mm

단면이 큰 워커빌리티가 얻어지는 경우에는 40mm

염화물 함유량의 한도 : 0.3kg/m<sup>3</sup>이하



## (2)배근의 개념

사용하는 철근은 「철근 콘크리트용 봉강(KS D 3504)」 「철근 콘크리트용 재생 봉강」 및 「용접금망(KS D 3527)」에서 선정하여 사용. (SD 295, SDR 295, SD 345등)

슬라브 상의 기기의 기초에 압축 하중만을 받는 것은, 콘크리트의 벌어짐을 막기 위해서 200~300mm 간극의 격자상으로 D13 정도의 배근을 넣으면 충분하다.

펌프, 감속기나 디젤기관의 기초는, 상기 벌어짐 방지의 외에 기초 볼트 부분이 슬라브에 충분히 고정될 수 있도록 배려할 필요가 있다.

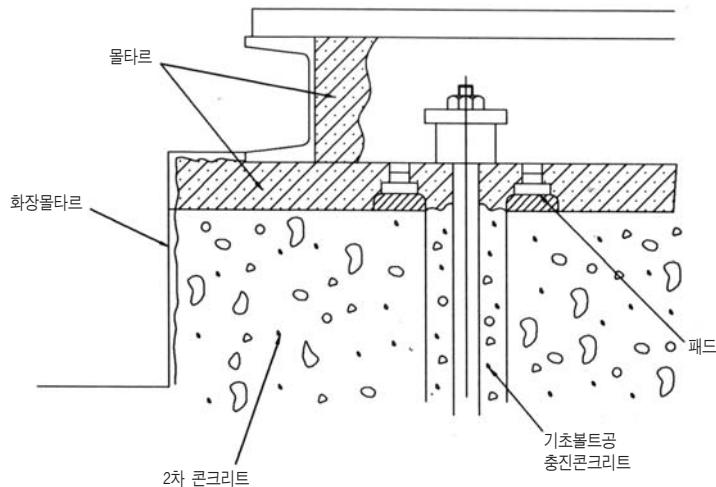
다시 말해서, 기초 볼트가 직접 슬라브에 고정된 기초 콘크리트를 매개로 슬라브와 체결된 경우에는, 기초 내부의 배근이 기초 볼트가 받는 인발력을 충분히 슬라브에 전달하지 않으면 안된다.

배근은 이형 철근을 사용해, 정착·이음의 최소 길이는, SD 30, SDR 30의 경우 후크 없이 25D (D는 철근의 호경), 후크 부착의 경우 20D 필요하다.

그러나, 상기 정착·이음 길이가 확보 불가능한 경우도 많고, 철근 동사나 매설 석물과의 용접에 의해, 강도를 확보한다.

또, 철근 콘크리트의 보강 두께는 철근 경의 1.5배 이상 필요하다.

## (3)횡축 펌프 설치와 콘크리트 조성비 (그림8·2)



설치공법과 재료의 조성비

명 칭	조성 (용적비)	경화기간	비 고
2 차 콘크리트	시멘트 1 : 모래 2 : 자갈 4	7일이상	필요에 의한 조강 콘크리트를 사용하여 일수를 짧게 할 수 있다.
패 드	무수축 시멘트 1 : 시멘트 0.8:모래 1	2일	많은 펌프의 경우 이 공법은 생각하고 라이너는 직접 2차 콘크리트와 베이스 간에 박아넣는다.
기초 볼트공, 충전 콘크리트	시멘트1 : 모래1.5 : 자갈3	7일이상	필요에 의한 조강 콘크리트를 사용하여 일수를 짧게 할 수 있다.
물타르	시멘트1 : 모래2	2일	
화장물타르			

그림 8·2 횡축펌프 설치와 콘크리트 조성비

## 8.4 기초 볼트

기초 볼트의 형식으로는, 기초의 조건에 의해

- ① 볼트와 콘크리트와의 결합력 만에 의한 것 (그림8·3 a). 그다지 사용되지 않는다.
  - ② ①에 콘크리트의 압축 강도를 병용한 것 (그림8·3 b).
  - ③ 앵커 플레이트를 사용한 것 (그림8·3 c). 으로 분류되나, 일반적으로 ②가 많이 사용된다.
- 기초 볼트의 설계 기준은 다음식에 의해서도 좋다.

①의 경우

$$p = P / \pi d l$$

$p$  : 단위 결합력 ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$P$  : 결합력 ( $\text{kgf}$ )

$d$  : 볼트 직경 ( $\text{cm}$ )

$l$  : 볼트 길이 (매설부) ( $\text{cm}$ )

재료, 볼트가 단순히 붙여진 상태에서의 인장력을  $1\text{kgf}$ , 볼트재의 사용 최대 응력을  $1,800\text{ kgf/cm}^2$  이 되면

$$T = 1,800 \times \frac{\pi d^2}{4} \times 0.7$$

(철사의 극저 면적을 외경 면적의 0.7배로 해서)

$P=T$ 로 해서, 상기 계산식에 의해,  $l = 315\ d/p$ 가 된다. 콘크리트의 경우,  $p = 14 \sim 21\text{kgf/cm}^2$ 가 되나,  $p = 14\text{kgf/cm}^2$ 로 하면,  $l = 22.5\ d$ 가 된다. 이것에 너트의 높이, 체부좌의 높이를 더하면 기초 볼트의 전장  $L$ 은 대략,  $L = 25 \sim 30\ d$ 가 필요하다.

KS에 규정되는 기초 볼트 (KS B 1016)는 형상에서 L형과 J형의 2종류가 있고, 회전 기계에 사용되는 기초 볼트 및 기초 볼트용 구멍의 표준 치수를 표 8·1에 나타낸다. 또 이형 철근에 나사 가공한 기초 볼트도 많이 이용되기에 표8·2에 나타낸다.

그 외에, 최근 잘 사용되고 있는 것으로 폴리에스테르 수지계의 충전재로 콘크리트 바닥 등에 뚫은 구멍에 이경 철근이나 전나사 볼트를 고정시킨 케미컬 볼트가 있다. (그림8·4)

이것은, 레진·경화제와 골재가 들어간 유리 용기 (캡셀)를 구멍에 삽입하고, 기초 볼트를 드릴에 장착해, 유리용기를 삽입하면 용기 덮개가 파괴되고 내용물이 교반되어 30분에서 1시간 정도에 초기 경화하고, 7시간 이상 후에 완전히 경화한다.

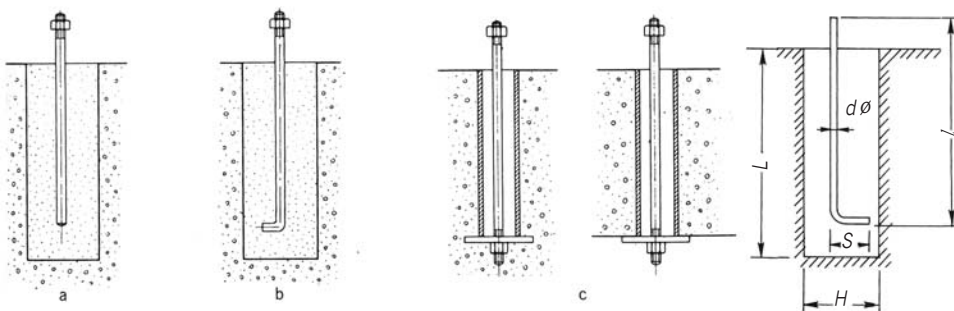


그림8·3 기초 볼트 형식

## 8. 기초

표8·1 기초 볼트, 구멍 표준 치수표

(회전 기계에 사용하는 경우)

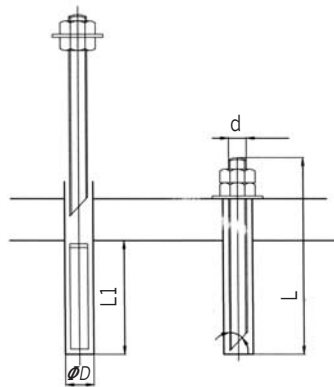
(단위: mm)

$d$	$l$	S	L	H	중량 (kgf)
8	125	40	125	100	0.06
10	200	40	200	100	1.12
12	250	50	250	110	0.3
16	315	63	315	130	0.6
20	400	80	400	150	1.1
22	500	90	500	170	1.8
24	630	100	630	190	3
30	800	125	800	220	6
36	1,000	140	1,000	260	11

표8·2 이형 봉강 기초 볼트의 허용 인발력

(단위: mm)

호칭 $d$	기초볼트 L	기초구멍 $\phi D$	설계 부착력 (장기) kgf {kN}
M10	160 200	100	570{ 5.5} 760{ 7.4}
M12	200 250	100	690{ 6.7} 930{ 9.1}
M16	250 315	100	1,290{12.6} 1,760{17.2}
M20	315 400	100	1,920{18.8} 2,630{25.7}
M22	345 430	150	2,050{20.1} 2,760{27.0}
M24	400 500	150	2,720{26.6} 3,680{36.0}
M30	500 630	150	4,190{41.0} 5,750{56.3}
M36	630 800	150	6,460{63.3} 8,900{87.2}



(볼트 타입전)

(볼트 타입후)

그림8·4 케미칼 볼트

콘크리트와 수지의 접착력은 메이커 실험치에 의하면 60kgf/cm<sup>2</sup> 이상 확보가 가능하며, 하기의 타입 깊이를 확보하면 볼트의 허용응력에 대응한 인발에 견디지만, 안전율을 고려하여 표 8·3의 값으로 설계한다.

$$\frac{\pi}{4} d^2 \times 1,600 = \pi (1.2 \sim 1.3 d) \times 60 \times L_1$$

$$\therefore L_1 = 5.13 \sim 5.55 d \text{ (mm)}$$

d: 볼트 호칭경(mm)

L<sub>1</sub>: 볼트의 타입 깊이 (mm)

(뚫은 구멍경은 1.2~1.3 d )

표8·3 케미칼형 볼트의 허용인발력

(단위: mm)

호칭 d	기초 볼트 L	기초 구멍		설 계 부 착 력 (장 기) kgf {kN}
		φD	L <sub>1</sub>	
M10	130	12	80	380{ 3.72}
M12	170	14.5	100	570{ 5.58}
M16	210	19	130	1,000{ 9.80}
M20	300	23	200	1,700{16.6 }
M22	370	28	250	2,300{22.5 }
M24	430	32	300	3,100{30.4 }
M30	520	40	350	5,000{49.0 }
M36	600	46	400	7,400{72.5 }

## 8.5 기초하중의 실례

입축 사류 펌프의 경우의 기초 하중의 실례를 그림8·5에 나타낸다.

이중 바닥식의 경우에서도, 펌프의 축추력을 지지하는 스라스트 축수를 펌프 자체에 설치하는 경우에는, 원동기 바닥에 스라스트 하중은 작용하지 않는다.

역지밸브 및 대부분의 밸브에서는 중량 이외의 하중을 받침대로 지지할 수 없으므로 플랜지에 의한 접합된 배관계 전체에 흐름 방향의 수평력을 지지할 필요가 있다.

	상부 바닥에 걸리는 하중	펌프 바닥에 걸리는 하중
1상식		$W = 1.2 \cdot (W_p + W_r + W_w + W_d)$
2상식 스라스트는 펌프 지탱	$W_1 = 1.2 \cdot W_d$	$W_2 = 1.2 \cdot (W_p + W_r + W_w)$
2상식 스라스트는 감속기 혹은 모터 지탱	$W_1 = 1.2 \cdot (W_r + W_t + W_d)$	$W_2 = 1.2 \cdot (W_p + W_w)$

$W_p$ : 회전부를 제한 펌프 중량     $W_r$ : 펌프의 회전부의 중량     $W_d$ : 감속기·모터 및 각각의 가대의 중량

$W_w$ : 펌프내 물의 중량     $F_t$ : 펌프 스라스트

$W_u$ :  $\frac{\pi}{4} D^2 \cdot h \times 10^3$  (흡입 최고 수위가 펌프 설치면 보다  $h$ m 높은 경우만)

이때  $D$  (m),  $h$  (m),  $W_u$  (kgf) 이다.

1상식의 경우, 펌프의 위에 취부하는 치차 감속기나 전동기의 수직 하중은 별도 가산.

$W_3 \sim W_5$ 등에 관해서는 8·2항을 참조.

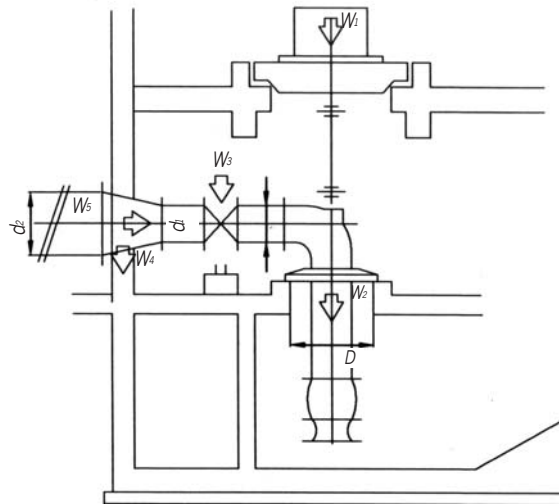


그림8·5 입축 사류 펌프의 기초 하중

## 9. 펌프장의 보조기기

주펌프 설비를 정상적으로 운전하기 위해 불가결한 것이고, 주펌프나 원동기의 형식에 따라 여러가지 보조기계 설비가 필요하다. 보조기계 설비에는, 그 목적 용도에서 이하의 것이있다.

- 만수설비
- 급수설비

### 9.1 만수설비

#### 1)진공펌프

임펠러의 위치가 흡수면보다 높게 설치된 펌프를 사용하기 위해서는, 펌프동체 및 흡수관내를 만수로 하지 않으면 안된다. 그와같은 물을 위해서 진공펌프는, 총공기량의 배출에 요하는 시간에 의해 선정된다. 진공펌프는, 일반적으로 수봉식 진공펌프가 사용되고, 그 특성곡선은 총축에 최대 진동도  $P(m)$ , 횡축에 최대공기량  $Q (m^3/min)$ , 표준대기압 · 20°C상태에 대해서) 를 취하면 근사적으로 직선으로 볼수 있다. (그림9·1)

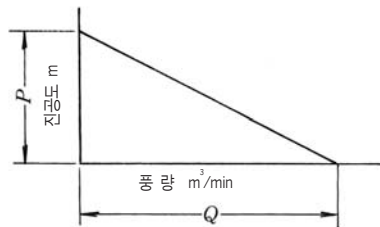


그림9·1 진공펌프의 특성곡선

#### 2)진공펌프의 마중물 시간

$$T = \frac{L \cdot A}{Q}$$

T : 마중물시간 (min)

A : 관의단면적 ( $m^2$ )

Q : 최대공기량 ( $m^3/min$ )

L : 상당관길이 (m)

#### 3)진공펌프의 용량

일반적으로 대형펌프의 마중물 시간은 3~5분 이내로 하고, 1,500mm이상의 대구경 펌프나 배기량이 많은 설비에 관해서는 5~10분 이내로 한다. 용량의 결정에 관해서는 자가발전설비가 과대하지 않게 검토한다.

## 9.2 급수설비

### 1) 봉수펌프

펌프의 용량은 주펌프의 형식, 설치대수에 따라 필요수량을 계산하고, 설치조건(흡상 혹은 압입 등)을 검토한 후 결정한다. 사용수는, 상온청수가 좋다.

#### ① 봉수량

대형펌프의 그랜드 봉수량  $q_f$  (l/min) 대충 계산해 다음 식으로 구해진다.

$$q_f = 0.1 \cdot d \cdot n$$

$q_f$  : 봉수량 (l/min)

$n$  : 펌프대수

$d$  : 스리브 외경(mm)

$$d = 130(P_e/N)^{1/3}$$

$P_e$  : 원동기의 소요출력 (PS)

$N$  : 펌프회전수

단, 실제 흐르는 양은 팩킹의 신규, 조임새의 가감등에 따라 다르다.

#### ② 소요압력

소배관계통의 손실을 더해, 주펌프의 접속부가 0.5~1정도 되도록 계획 한다.

### 2) 윤활수 펌프

입축펌프의 수윤활 수중 베어링에 윤활유의 청수를 주입하기 위해 사용된다.

#### ① 소요수량 (보호관 있는 경우)

$$q_o = 0.25 \cdot d \cdot n$$

$q_o$  : 주수량 (l/min)

$n$  : 펌프대수

$d$  : 스리브 외경 (mm)(스리브 외경은 전기, 봉수 펌프의 항 참조)

## 9.3 스트레이너

냉각수나 펌프 축수 윤활수로서 상수나 2차 처리수가 이용 불가능한 경우에는, 이물질나 모래를 가능한 제거해야 한다. 원수수질과 용도에 따라 하기와 같은 사항에 주의할 필요가 있다.

(ㄱ) 펌프축수의 윤활이나 축봉수용에 사용되는 경우 에는, 모래나 실트분의 혼입이 점동부의 마모에 큰 영향을 가하므로, 각각의 혼입이 극히 작은 것이 좋다.

입경이 0.5mm정도 이하의 입자를 제거하는 것에는 여과기를 사용하거나 침전소를 설치할 필요가 있으므로, 모래나 실트분이 많은 원수의 사용은 피하는 것이 좋다.

가는 모래나 실트분은 사이클론 세퍼레이터나 스트레이너로 제거는 불가능하다고 생각하는 것이 좋다.

(ㄴ) 배수기장 등, 강우초기에 다량의 쓰레기가 한번에 밀어닥치는 경우에는, 원수취수구에 넷트식의 제진기기의 도입이 가장 유리하고, 최근 대규모 배수기장에 사용되고 있다.

(ㄷ) 모래, 실트분이나 큰 쓰레기를 제거한 후에는, 각각의 용도에 따라 요구되는 범위의 쓰레기를 제거한다.

일단의 쓰레기의 혼입에 대하여서는, Y형, U형 등의 스트레이너를 사용하나, 어느 정도의 쓰레기를 연속적으로 제거 하기에는, 단식 혹은 복식의 대형 바켓트 스트레이너가 필요하다. 더구나 다량의 쓰레기를 제거하는 경우나, 생략화하고 싶은 경우에는, 오토스트레이너를 사용한다.

각종 스트레이너 내부에는 쓰레기 등은 보착하기 위해서 망·편침메탈이나 웨지와이어의(엘레먼트)가 장비되어 있고, 망목의 조밀함은 25.4mm의 길이에 목의 수(메시)로 표시한다.

엘레먼트의 유효과면적은 구경면적의 수배이고, 저항을 적게하는 것과 함께 목이 막힌 경우에 압력으로 금속망이 파손되지 않게 적정의 보강을 세운다.

또, 표준적인 금속망의 메시와 선경은 표 9·10에 나타낸다.

표9.1 평직금강의 메시와 선경

	mm	mm	%
메시	선경	목의열림	공극율
5	0.914	4.17	66.9
6	0.914	3.32	61.4
8	0.711	2.46	60.2
10	0.711	1.83	51.8
12	0.508	1.61	57.6
14	0.508	1.31	51.6
16	0.457	1.13	50.6
18	0.315	1.10	60.2
20	0.376	0.894	49.4
24	0.315	0.743	49.2
30	0.254	0.592	48.8
40	0.213	0.422	44.0
50	0.193	0.315	38.4
60	0.152	0.271	40.9
80	0.122	0.195	37.8
100	0.102	0.152	35.7
120	0.081	0.130	37.9
150	0.066	0.103	37.0
200	0.051	0.076	35.7

(주)상기선경은 대표적인 값을 나타낸 것이다.

- (a)펌프축수, 치차감속기의 윤활유계통  
.....100 ~ 120메시
- (b)각종압유장치 .....60 ~ 100메시
- (c)고무축수용 윤활수 계통 .....40 ~ 50메시
- (d)그랜드봉수계통 .....40 ~ 50메시
- (e)쿨러용냉각수 계통 .....6 ~ 20메시

①Y형 스트레이너, U형 스트레이너

구조가 간단해 배관 내에 삽입 가능하다. (그림 9·2, 그림 9·3)

②복식 스트레이너

절환코크에 의한 편측의 엘레멘트에 유체를 통과하면서 다른 방향의 엘레멘트의 청소가 가능하다. (그림 9·4)

③오토 크린식 스트레이너

외부의 핸들은 회전하는 것에 의해 내부 엘레멘트를 취출하지 않고 청소가 가능하다.



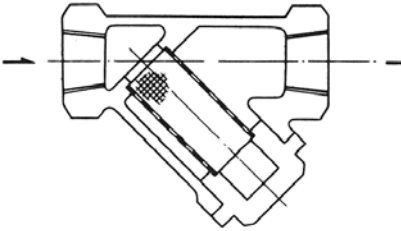


그림 9·2 Y형 스트레이너

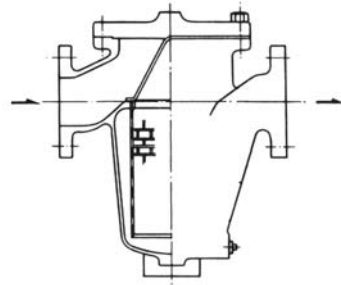


그림 9·3 U형 스트레이너

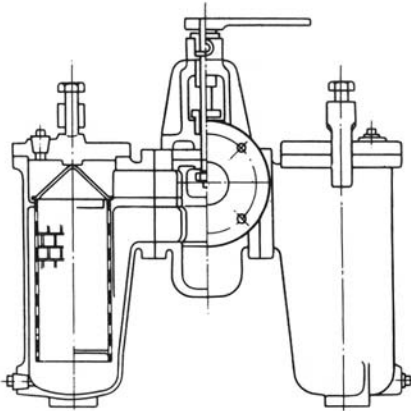


그림 9·4 복식 스트레이너

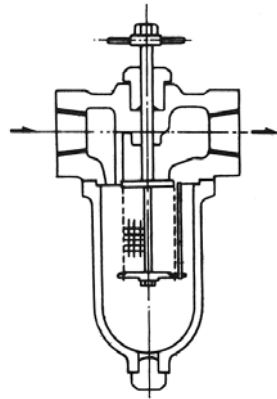


그림 9·5 오토 크린 스트레이너

## 10. 기기의 도장

도장은 기기의 방청, 방식, 미관부여 및 유지등과 설비의 식별, 위험의 표시를 위하여 실시한다.

### 10.1 표면처리

도장수명은 표면처리의 정도에 따라 크게 좌우된다. 도장작업 중에도, 표면처리는 가장 중요하다.

표 10·1 표면처리의 종류·정도·방법을 나타낸다.

표10·1 표면처리의 종류·정도와 방법

S.S.P.C	SIS 05 5900	표면처리의 정도	기초 조사의 방법 (작업수순)	
			주 철	강 판 철 골 류
SP-5 SP-8	Sa3	흑 피, 그 외 의온갓 부착 물은 완전히 제거한다.	①대량으로 유지가 부착된 경우에는 용제로 세정한다. ②주형사를 스케일러로 제거한다. ③흑연, 러스트, 그 외의 부착물은 쇼트 블라스트 혹은 샌트 블라스트로 제거한다.	①대량으로 유지가 부착되어 있는 경우에는, 용제 혹은 증기 혹은 알칼리로 세정한다. ②용접시의 스파트, 슬러그 등을 스케일러 혹은 고속 공기정으로 제거한다. ③흑피, 러스트, 그외의 부착물은 샌드브러스트, 산세 등으로 제거한다.(소면적에서 표면의 평평한 것은 샌더로 제거해도 좋다.)
SP-10 SP-6	Sa2 <sup>1/2</sup> BSa2 <sup>1/2</sup> Sa2	흑피,와 그 외 의온갓 부착 물은 대부분 완전히 제거한다. (95%)		
SP-3	St3 CSt3	고착흑피이외를 제거하고 극소한 러스트가 있어도 천으로 문질러 부착되지 않는 정도	①유지, 그 외의 부착물을 용제 혹은 박리제로 제거한다. ②주형사를 스케일러 및 와이어 브러시로 제거한다. ③흑연, 러스트등은 전기 샌더 혹은 에어 샌더로 제거한다. ④이중케렌 A의 경우, 일절의 부착물은 용제로 세정 후 압축공기를 흡부하거나, 혹은 와에스로 씻어 건조한다.	①유지, 그외의 부착물은 용제 혹은 박리제 혹은 증기로 제거한다. ②용접시의 스파트, 슬러그, 등은 스케일러 혹은 고속공기 정으로 제거한다. ③흑피, 청등온은 전기샌더 혹은 에어샌더로 제거한다. ④이중케렌 A의 경우, 일절의 부착물은 용제로 세정후, 압축 공기로 흡부하거나, 혹은 와에스로 씻어 건조한다.
SP-7	St2 CSt2	고착흑피 이외를 제거하고, 극소한 러스트층은 있어도 좋다.		
SP-2		흑연, 주형사, 절삭유 유지, 마킹오프제, 더스트, 떠있는 흑피, 부유러스트는 제거한다.	①유지, 그 외의 부착물을 용제 혹은 박리제로 제거한다. ②주형사를 스케일러 및 와이어 브러시로 제거한다. ③흑연, 러스트등은 와이어 브러시로 제거한다.	①유지, 그 외의 부착물은 용제 혹은 박리제로 제거한다. ②흑피, 러스트 등을 와이어 브러시로 제거한다.

여기서 말하는 흑피는, 강판에 대한 밀 스케일, 주조품에 대한 흑연을 지칭함.

SSPC : STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (미국)

SIS : SVENSK STANDARD SIS 05 5900-1967 (스웨덴)

## 10.2 도장계에 따른 용도 및 환경적응성

### 1)도장계의 용도

각종 도장계의 공정·용도를, 표 10·2에 나타내었으나, 사용환경이나 액질 등에 의해, 도료나 도장회수를 변경하여야 한다.

스테인레스 제품, 비철금속, 도장품은, 통상도장하지 않는다. 콘크리트 매설배관은 도장하지 않는 경우도 있으나, 콘크리트와의 부착성이 좋은 징그리치 프라이머나 타르 에폭시 수지도료는 콘크리트 매설부분도 도장하는 경우가 많다.

표10.2 도장계의 용도

도장계	공 정	도 료	용 도
프탈산 수지계	표면처리 하도 상도	징크 크로메이드 러스트 방지코팅 ×1~2회 프탈산수지도료 ×2~3회	●일반의 대기부 ●주펌프, 부속기기, 보조기기, 장내주배관, 주 밸브 등의 외면 감속기, 원동기의 외면
페놀수지계	표면처리 하도 상도	징크 크로메이드 러스트 방지코팅 ×1~2회 페놀수지도료 ×2~3회	●경미한 화학물 포함 공기 (오수처리장 등) ●주펌프, 부속기기, 보조기기, 장내주배관, 주 밸브등의 외면 감속기, 원동기의 외면
에폭시 수지계	표면처리 하도 상도	징크 리치 프라이머 ×1회 에폭시 수지도료 ×2~3회	●화학물 포함 공기 및 장기방식 ●주펌프, 부속기기, 장내주배관, 주밸브의 외면 감속기, 원동기의 외면도 이것에 준한다.
염화고무계	표면처리 하도 상도	징크 리치 프라이머 ×1회 염화고무계도료 ×2~3회	●바다인접 지역 ●주펌프, 부속기기, 장내주배관, 주밸브의 외면 감속기, 원동기의 외면도 이것에 준한다.
타르에폭시 수지계	표면처리 하도 상도	타르에폭시 수지도료 ×1회 타르에폭시 수지도료 ×1~2회	●수중부, 접수부 ●주펌프, 밸브, 보조기기류의 내면 주배관 내면 및 접수 부 입축펌프의 양수관 내외면

※ 에폭시 수지계에서 두꺼운 막두께를 요하는 경우에는 「후막형 에폭시 수지도료」가 사용된다. (80~120μ/1회)

※ 상수용으로는, 타르에폭시에 대해서, 「수도용 에폭시 수지도료」

## 2)도막두께

도막두께와 조기 열화율의 관계를, 그림 10·1에 나타내었으며, 125 $\mu\text{m}$ 이하에서는, 어떤 결함이 있는가를 표시하고 있다. 강재의 내용연수와 도막의 관계에 관해서는, 그림 10·2의 영국에서의 실험예가 있다. 파선에 의해 보이듯이 하도는 소재표면의 조도를 완전하게 균일한 정도의 것이 되도록하려면, 최저, 40 $\mu\text{m}$ 은 필요하다.

표면온도가 큰 경우에는, 그것에 대한 막두께를 크게 해야만 한다.

강재의 도장의 경우에는, 보호막으로 75~100 $\mu\text{m}$ (3~4회칠) 도막두께가 필요하나, 이것들은 노출조건에 의해 현저히 좌우된다. 예를들어 부식이 현저한 조건의 경우에는, 당연히 큰 막두께가 필요로 한다. 일반적으로 필요한 막두께를 환경별로 나타내면, 표 10·3과 같다.

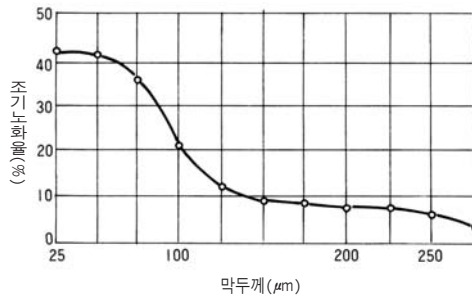
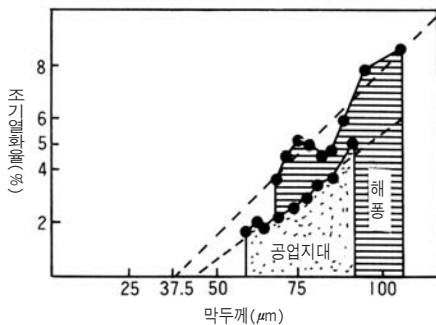


그림 10·1 도막두께와 조기열화율의 관계



주 : 그림중의 점은 각각 종류가 다른 도료를 같은 두께로 시험, 11~12매의 평균을 나타낸 것이다.  
여기서 내용연수는 평면부분에 대한 발청 면적이 0.5%가 된 소위, 최적 도장 교체시기까지의 경과 연수의 의미다.

그림 10·2 강재의 내용연수와 막두께의 관계

표 10·3 환경에 적절한 도막두께

	조건	필요막두께	도장회수
1	조금 약한 부식조건	75 $\mu$	2~3회
2	통상의 공장지대	125 $\mu$	3~4회
3	강한 부식조건	250 $\mu$	5~6회

## 3)도료의 환경 적합성

펌프 설비에 사용되는 도료의 도막성질과 환경에의 적부를 표 10·4에 나타낸다.

표10.4 도료의 도막성능·환경적합성 일람표

비 교 항 목		형 식	도 막 의 성 능					환 경			
			내 후 성	내 수 성	내 산 성	내 알칼리성	내 열 성	일 반 외 부	해 풍·노 출부	결 로·건 조	고 온 부
프 수	탈 지	산 계 도 료	○	△	△	△	80	◎	○	△	×
페 수	제 지	놀 계 도 료	△	△	○	△	80	○	○	△	×
염 도	화 고	무 계 료	○	○	△	△	80	◎	◎	○	×
타 수	르 지	에 도 폭 시 료	×	◎	○	○	70	×	×	○	×
에 폭 시 수 지 계 도 료	노 부	출 용	○	○	○	○	100	○	○	○	△
	침 부	수 용	—	◎	◎	◎	100	—	—	○	△

평가는 상대적인 것으로, 다음의 기준에 따른다.

◎:매우좋다.    ○ : 좋다.    △ : 그저그렇다.    △ : 열악하다.    × : 매우 열악하다.

내열온도는, 비교적 장기간의 내용온도를 나타낸다.

## 11. 소음

### 11.1 소음의 정의

소음이라는 것은 '마음에 들지 않는 소리'의 총칭으로 없는 쪽이 나온 소리이다. 따라서 소음은 인간의 주관적인 것으로 감각량이다. 이 감각을 계량하는 것은 곤란하며 우리가 규정하는 소음은 소리의 크기를 규정하는 것이다. 인간의 감각은 자극에 대해서 대칭비례한다고 말하여진다. 소음·진동 등의 크기를 표시하는 경우도 대수가 이용된다.

(1)소리의 세기

소리의 진행방향에 수직한 단위면적을 단위시간에 통과하는 소리의 에너지의 총량이라고하고 단위는  $W/m^2$ 으로 표시한다.

$$\text{소리의 세기의 레벨} = 10 \log_{10} I/b \text{ (dB)}$$

$I$  : 소리의 세기

$b$  : 기준량 ( $10^{-12} W/m^2$ )

(2)음압

음파는 공기의 농담의 파이다. 공기의 농담은 압력의 변화로 대기의 경우 대기압으로부터의 압력변화를 음압이라 부르고, 보통 그 크기의 실효치를 이용한다. 소리의 세기와 음압(실효치)의 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$I = p^2 / \rho c$$

$I$  = 소리의 세기 ( $W/m^2$ )

$p$  = 음압 (Pa)

$\rho c$  = 공기의 고유음향저항

$\rho$  = 공기의 밀도 ( $kg/m^3$ )

$c$  = 공기중의 음속 (m/s)

(3)음압레벨

음압레벨은 물리적인 소리의 강약의 정도를 대수로 표시한 것으로 다음과 같다

$$\text{음압레벨 } L_p = 20 \log_{10} P/P_0 \text{ (dB)}$$

$$10 \log_{10} I/I_0 \text{ (dB)}$$

$P_0, I_0$  는 기준량

$$P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ (Pa)}$$

$$I_0 = 10^{-5} \text{ (W/m}^2\text{)}$$

(4)음향 파워 레벨

단위시간에 음원으로부터 반사되는 음파의 전 에너지를 음향출력이라고하고  $P(W)$ 로 표시한다.

음원의 중심으로부터  $r(m)$  떨어진 점의 소리의 세기를  $I(W/m^2)$ 라 하면, 자유공간(구면음장)에서는 다음식으로 나타낸다.

$$I = P/4\pi r^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

음향 파워레벨은 음향출력  $P(W)$ 와 기준음향출력  $P_0(W)$ 에 대한 비의 대수를 취해 다음식으로 표시된다.

$$\text{음향파워레벨 } L_w = 10 \log_{10} P/P_0 \text{ (dB)}$$

$$P_0 = 10^{-12} \text{ (W)}$$

(5) 음향파워레벨과 음압레벨의 관계

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} r - 11 \text{ (자유공간)}$$

$$L_p = L_w - 20 \log_{10} r - 8 \text{ (반자유공간)}$$

여기서  $r$ 은 음파중심으로부터의 거리(m)을 나타낸다.

## (6) 옥타브

소리의 주파수 간격을 표현하는 언어이다.

귀로 소리를 들은 감각이 주파수의 2배의 소리를 1옥타브라고 감지하는 것에 의해 주파수대역을 옥타브단위로 구분한다.

1옥타브는  $f_1(\text{Hz})$ 에서  $f_2(\text{Hz})$ 까지 주파수가 변화하는 폭을 말한다.

소음을 검토하는 경우, 통상 1/1옥타브밴드가 사용되어 중심주파수는 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8kHz의 8밴드로 표시한다. 또 날카로운 탁월한 주파수를 가진 소음원에 대해서는 1/3옥타브 밴드에 의해 검토하는 경우도 있다. 1/3옥타브 밴드는  $f = 2^{1/3} \cdot f_1$ 의 주파수비를 가진 2개의 주파수간격을 표시한다. 또한 각 밴드마다 음압레벨을 표시한 그림을 스펙트럼이라고 한다.

## (7) 상대레벨

음압레벨로부터 옥타브 밴드 음압레벨을 구하는 것에 사용하는 보정치를 나타낸다. 예를 들면, 음압레벨 90dB의 500Hz에서의 상대음압레벨이 -20dB이라면 500Hz옥타브 밴드음압레벨은  $90-20 = 70\text{dB}$ 이 된다.

## (8)소음레벨

주파수보정회로 A특성 (음압레벨을 인간의 청감특성과 합하여 보정한 특성)의 소음계로 측정했을 때 지시값이라고 정의하고, 감각적인 음의 크기레벨을 나타낸다.

## (9) 암소음

대상으로 하는 소리가 없는 경우에 그 위치에 있어서의 소리를 암소음이라고 한다.

## (10) 암소음보정

대상으로하는 소음과 그이외의 소음이 있을때 대상소음이 단독으로 있을 때의 레벨을 구하는 방법

대상음  $L_s = 10 \log_{10}(10^{L_1/10} - 10^{L_2/10}) \{ \text{dB(A)} \}$

$L_1$ :대상음과 암소음이 동시에 발생할 때 소음레

벨(펌프운전음){dB(A)}

$L_2$ :암소음만 있을때의 소음레벨 (펌프정지시){dB(A)}

## 11.2 펌프의 소음

펌프로부터 발생하는 소음은 유체소음과 기계소음으로 나뉜다. 유체소음이라는 것은 ①임펠러로부터 유출한 후류와 케이싱 설(허)내부의 간섭에 의한 회전소음으로 그 주파수는 날개매수 Z와 회전수 N(S<sup>-1</sup>)의 적  $Z \cdot N$  및 그 고주파이다. 이 성분은 맥동 현상을 일으키는 성분과 같다. ②날개 유로간이나 케이싱 내부의 흐름의 산란에 의한 와류소음으로 광대역에 랜덤하게 분포하는 스펙트럼을 가진다. 또 케비테이션이나 스톨현상등에 의해 펌프가 진동·소음을 발생하는 경우가 있으나, 이것은 펌프의 계획·설계상 피해야 할 문제이다. 기계소음으로서는 ① 임펠러, 축, 축이음 등의 부조합에 따른 진동에 기초한 소음, ②축수부의 회전에 따르는 소음이다.

다음의 펌프의 소음의 실측례에 대해 나타낸다.

## (1) 횡축 양흡입 볼류트펌프

펌프의 사양점 부근에서 운전한 경우 소음레벨은그림 11·1처럼 현지 설치상태에 따라 측정환경(측정음향)이 제각각이나 소음레벨과 전동기 출력간 상관관계를 확인하여, 그 추정에 참고한다. 그림 11·2는 상태레벨을 표시하였으며, 동일형식의 펌프에 대하여 각각 유사한 경향을 나타내고 있다.

그림 11·3, 그림11·4는 1,600kW 전동기 구동으로 기장내 소음 및 소음 스펙트럼을 보여준다.

## (2)입축사류펌프

입축의 경우 펌프부는 수중에 들어가기 때문에 펌프기장내에서는 전동기 또는 엔진이나 감속기에 의한 소음이 된다. 그림 11·3과 그림 11·4는 1,600kW전동기 구동으로 기장내 소음 및 소음레벨을 표시한다.

## (3) 입축 볼류트 사류펌프

펌프본체가 지하, 전동기가 1층 부분에 있는 측정례를 그림 11·5, 11·6에 보여준다. 1층의 소음은 전동기만의 소음이다. 또 소음 스펙트럼의 비교에서 전동기측과 펌프측에서는 확실한 차이가 있다는 것이 판명된다.

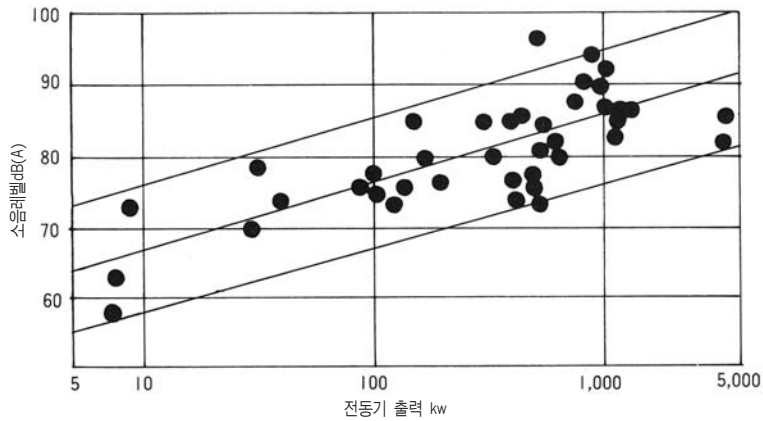


그림 11·1 양흡입 볼류트 펌프의 소음.

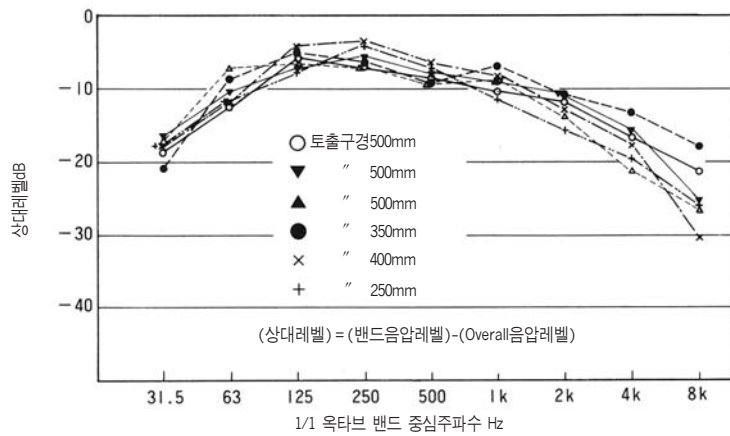


그림 11·2 양흡입 볼류트 펌프의 소음상대 스펙트럼

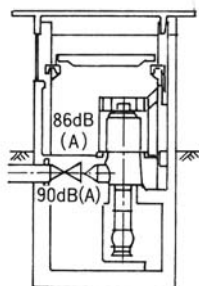


그림 11·3 입축사류 펌프의 소음



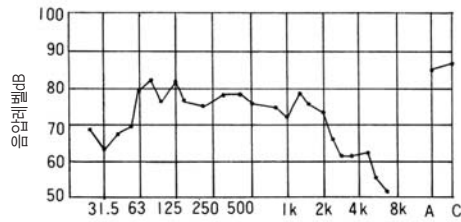


그림 11·4 입축사류 펌프의 소음예

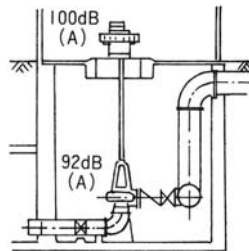


그림 11·5 입축사류 펌프의 소음예

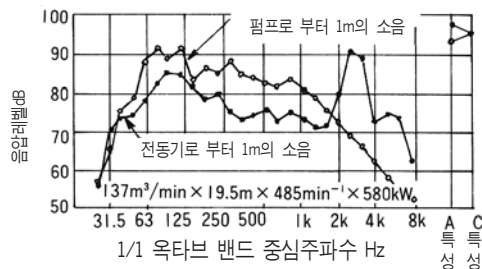


그림 11·6 입축볼류트 사류펌프의 소음예

#### (4)수중 모터펌프

수중에서 발생하는 소음이 수중으로부터 공기중에 전파될때 수면에서 반사되기 때문에 크게 감소한다. 그림 6·8과 그림 6·9에 측정례를 보여준다. 지상의 소음은 토출배관으로부터 방사되는 유체음이 지배적이다. 소음 스펙트럼에서도 펌프의 Z.N주파수의 1차와 2차가 현저하다. 또, 피트상에 건옥이 있는 경우, 수중 펌프의 운전 에 의해 핏트내 물에 전해진 압력파가 핏트를 진동시키고 건물벽으로 전파한다.

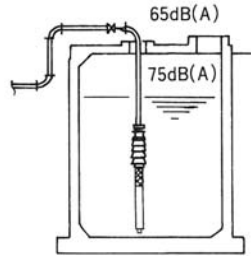


그림 11·7 수중 모터 펌프의 소음예

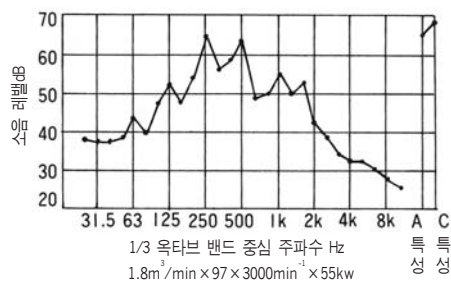


그림 11·8 수중모터펌프의 소음예

그결과 고체전파에 의해 건물 벽면으로부터 소음이 발생하기 때문에 주의가 필요하다.

### 11.3 전동기의 소음

전동기소음은 그 구조(예를 들면 전폐 내랭형, 방적 보호형, 전폐외선형의 순으로 소음은 크게된다.) 극수나 출력에 의해서 소음치가 달라진다. 전동기에서 발생하는 소음의 종류는 다음의 3가지로 크게 분류된다.

- ①통풍소음(팬음, 닥트음 등)
- ②기계소음(회전자의 언밸런스에 의한 진동음이나 축수부음 등)
- ③전자소음(고정자 회전자의 고주파 자속상호간의 간격에 의한 진동음)

전동기 소음은 통상 무부하운전시의 수치로 나타나기 때문에 실부하와 무부하의 소음차를 고려할 필요가 있다. 소음에 대해서는 일반적으로 무부하시의 소음치 +5dB(A)를 실부하시 소음치로 하고 있다.

## 12. 진동

한 개의 점이 시간의 경과와 함께 또는 특정상태를 반복하는 것을 진동이라한다.

### 12.1 진동의 정의

(1)조화진동(단현진동)

변위  $x$ 가 시간  $t$ 에 대한 정현 또는 여현 관계의 상태로 변화하는 것이므로 다음식으로 나타내어진다.

$$x = A_m \cos(\omega t + \phi)$$

$$x = A_m \sin(\omega t + \phi)$$

$A_m$  : 진동 (변위최대치)

$\omega$  : 각속도

$\phi$  : 초기위상

변위  $x$ 가  $2\pi/\omega$ 에 대해서 동일한 상태로 되돌아가므로 주기  $T = 2\pi/\omega$  (S)가 된다.

(2)진폭(변위)

진폭  $A_m$ 은 변위의 최대치를 표시한다. 진폭의 크기는  $2A_m$  이고, 이 것을 전진폭(혹은 “peak to peak”)이라 한다. 전진폭에 대하여  $A_m$ 은 편진폭을 말하며, 단위는  $\mu m = 1/1000m$ 로 표시한다.

(3)진동속도 (V)

단위시간당 변화량을 표시한다. 단위는 cm/s혹은 mm/s로 표시한다.

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{d}{dt} \{A_m \sin(\omega t + \phi)\} \\ &= A_m \cdot \omega \cos(\omega t + \phi) \end{aligned}$$

진동속도의 최대치(피크치)  $V$ 는,  $V = A_m \cdot \omega$  이다.

(4)진동가속도

단위시간당 속도변화량 표시

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{d}{dt} \{A_m \cdot \omega \cos(\omega t + \phi)\} \\ &= -A_m \cdot \omega^2 \sin(\omega t + \phi) \end{aligned}$$

진동가속도의 최대치 (피크치)  $A$ 는,  $A = A_m \cdot \omega^2$ 이다. 진폭, 진동속도, 진동가속도의 관계는 진폭이 최대일 때 진동속도는 0이다.(그림12·1)또한 진폭이 주파수와 관련 일정하면 진동속도는 주파수에 비례하여 증가하고, 진동가속도는 주파수의 2승에 비례하여 증가한다.

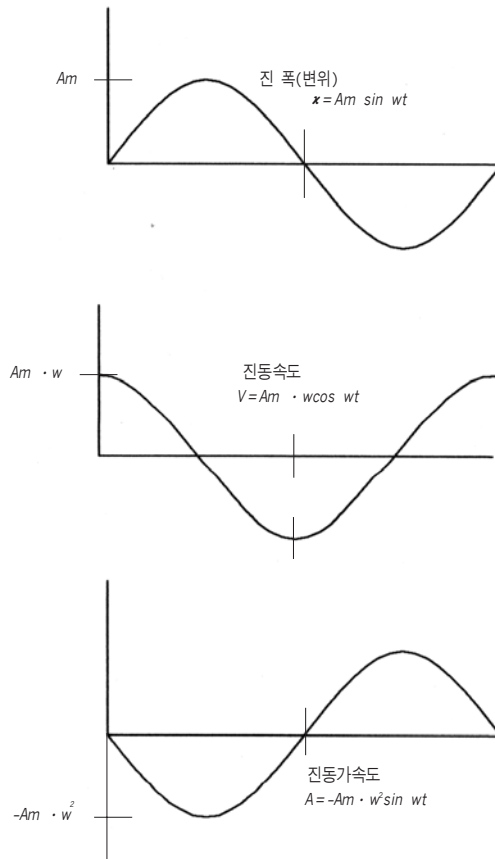


그림 12·1 진폭 · 속도 · 진동가속도의 관계

(5) 진동가속도 레벨 (VAL)

진동가속도의 크기를 나타내며, 다음과 같이 표시한다.

$$VAL = 20 \log_{10} A_{rms} / A_0 \text{ (dB)}$$

$A_{rms}$  : 진동가속도의 실효치

$$A_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} A_m \omega^2 \text{ (단진동의 경우)}$$

$A_0$ : 기준진동가속도(10-5%)

(6) 진동레벨  $V_L$  (dB)

진동가속도 레벨에 인간의 감각보정을 더한것이다.

$$V_L = VAL + \Delta$$

$\Delta$ : 감각보정량

진동레벨의 주파수 범위는 1~90Hz이고 진동규제법에 규제되는 공해진동레벨은 지면에 수직한 방향의 진동레벨을 말한다.

## 12.2 펌프의 진동원인 추정 방법 및 대책

진동의 발생원은 하기와 같은 여러가지가 있으나, 주기성이 있는 진동에 관해서는, 설계 단계에서 건축·토목 구조물이나 기기의 고유 진동수와 공진하지 않도록 고려해 둘 필요가 있다. 입축 사류 펌프등에서 마루 아래치수가 긴 것은, 바닥 아래 부분의 고유 진동수에서도 충분히 주의하고, 공진하지 않도록 한다.

1) 펌프에 의한 진동

① 회전체의 부조합

펌프만이 아니라 감속기나 유체이음등 회전체는, 부조합에 의한 진동을 필히 동반한다.

② 압력맥동

펌프의 회전수:  $N$ , 배인매수:  $Z$ 라 하면,  $ZN$ 의 주파수로 압력 맥동 발생이 그것에 의해 진동한다.

이 경우에 펌프 자체는 물론, 그것에 연결된 배관에서도 공진하는 경우가 있고, 특히 강관으로 배관하는 경우에는 주의를 요한다.

2) 디젤기관에 의한 진동

① 주로 하기의 주파수의 진동이 발생하나, 대형 펌프 구동용으로 사용하는 중저속의 기관에서는  $1/2$ 차와  $1$ 차가 마루와 공진할 가능성이 높다.

$1/2$  차 ( $N/2/60$  Hz)

$1$  차 ( $N/60$  Hz)

$3$  차 ( $3N/60$  Hz): 6기관

$4$  차 ( $4N/60$  Hz): 8기관

여기서  $N$ 은 기관 회전수 ( $\text{min}^{-1}$ )

바닥이 상기 주파수에서 공진하지 않도록 설계하나, 수천 PS의 대형기관을 사용하는 경우에는 기관의 바로 아래에 토목구조의 기초까지 연속한 벽이나 기둥을 배치, 강성을 높여야 한다.

또, 중소형의 경우에는 방진 마루 반상에 기관을 설치해 바닥에 대한 진동을 경감하고, 또 공진 주파수를 변화시키는 방식을 채용하는 것도 유효하다.

### 12.2.1 진동수가 회전수와 일치하는 경우

이 경우 주된 원인은 직결 불완전, 설치부연락, 회전체의 불평형, 공진현상, 축수불량을 들 수 있다.

(1) 직결불완전에 의한 진동(표 12·1)

(2) 설치부 연락에 의한 진동(표 12·2)

(3) 회전체의 불평형에 의한 진동(표 12·3)

(4) 공진현상(입축펌프에 발생)(표 12·4)

(5) 축수 불량에 의한 진동(표 12·5)

(6) 그외 원인에 의한 진동(표 12·6)

표12·1 직결불완전에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 직결불량 취부불량	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축이음부에서 축심 확인을 한다.</li> <li>2. 건물이나 펌프의 기초 콘크리트 등에 균열이 없는지 조사한다.</li> <li>3. 취부지반부 등 침하, 지진 충격등에 의한 불안이 없는지 조사한다.</li> </ol>	축심의 재조정
B. 정지시는 직결이 양호하지만, 운전하면 축심이 틀림	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 펌프 토출측에 신축이음 등이 있어 펌프를 운전하면 그곳이 크게 움직이는 것은 없는가?</li> <li>2. 토출관을 지지하는 콘크리트에 틈이 생기지는 않는가?</li> <li>3. 펌프를 운전하면 상반이 움직이지는 않는가?</li> <li>4. 펌프를 운전하면 그랜드에서 다량의 물이 분출하지 않는가? 또는 반대로 공기를 흡입하지 않는가?</li> <li>5. 펌프 정지직후에 축심 틀림은 없는가? (고온액의 경우)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축이음 구조 변경</li> <li>2. 신축이음 등 움직이는 이음에 스테이 볼트 등을 달아 움직임이 펌프가 축에 영향을 주지 않도록 한다.</li> <li>3. 주배관을 콘크리트로 돌려싸서 움직이지 않게 한다.</li> </ol>
C. 플랜지형 플렉시블축이음 고무에서의 불균일 또는 고무에서의 과도한 접촉압력	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축이음 볼트의 고무 외경이 균일한지 조사한다.</li> <li>2. 축이음 볼트 고무 부분이 너무 두꺼워서 축단수에 삽입이 어렵다.</li> <li>3. 축이음의 볼트고무가 너무길어 축단수에 삽입후 너트를 잠그면 고무가 압축해서 그 삽입상태가 불완전하게 된다.</li> </ol>	축이음의 고무 치수가 적절한 것을 사용한다.

표12·2 취부부 연약에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 기초연약에 의한 공진	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 진폭은 축수 등 축주위보다 작지만, 기초상에 상당한 진동이 전해져 그것이 기둥이나, 들보부근에서 급격히 감소된다.</li> <li>2. 기초에도 펌프 회전수와 일치한 주파수 진동이 있다.</li> <li>3. 펌프를 정지하고 있어도 주위의 펌프류를 운전하면 정지하고 있는 펌프에 상당한 진동이 전해진다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 기초보강</li> <li>2. 펌프회전균형을 한층 더 좋게 한다.</li> </ol>
B. 상반이 약하기 때문에 생기는 진동	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 진폭은 축수 등 축 주위보다 작지만 상반에 상당한 진동이 전해진다.</li> <li>2. 상반 진동 주파수가 펌프의 회전속도와 일치한다.</li> <li>3. 기초 진동은 많지 않다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 상반보강</li> <li>2. 상반 내부에 몰타르를 채운다.</li> <li>3. 펌프회전 균형을 한층 더 좋게한다.</li> </ol>
C. 기초볼트가 느슨해져 있다. 또, 기초볼트가 유효하게 고정하지 못한다.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축수부 등의 축주위보다 작지만 상반에도 상당한 진동이 전해진다.</li> <li>2. 기초볼트 부근의 기초 균열이 있다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 기초볼트를 좀 더 조은다.</li> <li>2. 기초콘크리트 보강</li> <li>3. 기초볼트 추가</li> </ol>

## 12. 진동

표12·3 회전체의 불균형에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 축의 굴곡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축이음 볼트 위치의 조합을 하나씩 비켜 놓으면 진폭치가 천천히 줄어가고, 장소에 따라 진동치가 큰 쪽으로 저하한다.</li> <li>2. 고정축이음의 경우 이음 조합면에 얇은 라이너를 넣어 직결하면 진폭치가 변하며 삽입하는 장소에 따라, 진폭치가 큰 쪽으로 저하한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 상기조작에 의해 진동의 가장 작은 상태를 찾아 이것이 허용치 이내이면 그 상태에서 고정한다.</li> </ol>
B. 회전체 불균형 중량	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 진동이 취부당초에 발생한다. 또는 회전체 부품(주로 임펠러) 교환기에 발생했다.</li> <li>2. 축이음 볼트 일부에 추를 달면 진폭치가 변해가고, 부착한 장소에 의한 진폭치가 큰 쪽으로 저하한다. (마모의 경우)</li> </ol>	회전체 균형의 재조정을 한다.
C. 주로 임펠러의 마모 또는 파손에 의한 불균형 발생	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 진동이 서서히 크게 된다.(마모) 또는 갑자기 크게 된다.(파손)</li> <li>2. 상기 B2와 같은 모양의 현상이 발생한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 임펠러 균형의 재조정(마모)</li> <li>2. 임펠러의 교체 (파손)</li> </ol>
D. 임펠러에 이물이 막힘에 의한 불균형 발생	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 펌프진동이 갑자기 크게 되는 경우, 또는 펌프내부에서 소음이 발생한다.</li> <li>2. 토출한 압력이 저하하고, 호출한 수량이 감소한다.</li> <li>3. 전류계, 전력계의 지침이 이상하게 흔들린다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 상부케이싱 또는 맨홀에서 내부를 점검한다.</li> <li>2. 이물을 제거하다.</li> <li>3. 임펠러의 파손 여부를 조사한</li> </ol>
E. 축수의 이상 마모에 의해 축 편심운동 (특히 입축수중 축수의 경우)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 윤활수가 청정한지 조사한다.</li> <li>2. 윤활수량이 정상인지 조사한다.</li> <li>3. 축이음 볼트를 빼어 연결을 끊고 전동기만을 운전할 때는 진동이 발생하지 않는다.</li> <li>4. 펌프를 정지하는 도중에 상당히 회전수가 저하할때 진동이 발생한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 펌프를 분해할때 축수를 교환한다.</li> <li>2. 축수마모의 원인을 조사한다.</li> </ol>

## 12. 진동

표12·4 공진 현상에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 펌프고정부(케이싱그, 상반 등을 포함한것)의 고유진동수와 회전수의 공진현상	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 타격법에 의해 고유진동수를 측정하면 그것이 회전수와 일치한다.</li> <li>2. 전동기만을 운전해도 펌프쪽에 진동이 발생한다.</li> <li>3. 전동기만을 운전하고 그것을 정지하는 경우 전원을 끄고 나서부터 조금 지났을 때 급격히 진동이 감소한다.</li> <li>4. 기초볼트 또는 전동기 부착 볼트등을 조금 느슨하게 하면 진폭이 감소하는 경우가 많다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전동기대를 보강 또는 연약하게 하고 펌프고정부의 고유진동수를 변하게 한다.</li> <li>2. 기초가 약한 경우는 기초를 보강한다.</li> <li>3. 펌프와 기초와의 사이에 방진고무 등을 넣어 고유진동수를 변하게 한다.</li> <li>4. 기초볼트나 전동기 부착 볼트등의 개수를 증가하고, 고유진동수를 증가시킨다.</li> </ol>
B. 전동기 점검대 손잡이나 제자등의 공진 현상	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 손잡이나 제자등을 제거하면 진동이 멈춘다.</li> <li>2. 제자가 걸려있는 방향과 진동의 크기 등에서 방향성을 검토한다.</li> <li>3. 손잡이가 움직이지 않도록 손잡이에 목편등을 설치하면 진동이 멈춘다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 손잡이와 전동기 점검대와의 사이에 흡진 고무판 등을 삽입한다.</li> <li>2. 제자와 펌프와의 연결은 끊고, 제자만을 자립형으로 한다.</li> </ol>
C. 회전수가 회전체의 위험속도에 가깝다.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 수중 축수가 부분적으로 이상마모한 경우에 발생 (일반적으로 이것을 피해서 설계하기 때문에 이런 사태는 거의 발생하지 않는다.)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 수중축수를 교환한다.</li> <li>2. 축을 두껍게 한다.</li> <li>3. 회전체 균형을 좋게 한다. (회전수가 위험속도에 가까운 경우에는 균형을 취하는 것은 거의 효과가 나타나지 않는다.)</li> </ol>

표12·5 축수 불량에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 축수 발청 등에 의한 손상발생	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축수내 기름 또는 그리스 상태가 변화하지 않았는지 조사한다.</li> <li>2. 종래보다 운전시 발열이 많다.</li> <li>3. 기름 또는 그리스 중에 찌꺼기, 스케일 등이 섞여 있다.</li> <li>4. 축수부에 이상음이 발생한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 축수교환</li> <li>2. 기름 또는 그리스 교환</li> <li>3. 물이나 찌꺼기 침입을 방지하는 구조물 채용</li> </ol>



## 12. 진동

표12·6 그외 원인에 의한 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 원동기에서 전해지는 진동 때문에 펌프도 진동한다.	1. 원동기 진동이 펌프진동보다도 크다. 2. 원동기 축수온도가 비정상적으로 높다.	원동기 점검 · 보수
B. 펌프 축수내부의 섭동부 일부분에 닫는다. (축이다소 휘어져 있는 경우에 발생한다.)	1. 펌프를 손으로 돌리면 일회전에 한번씩 뻑뻑하게 된다. 2. 소형펌프에서는 전류계 지침이 이상하게 흔들린다.	축수내부를 점검하고 그 점 축부를 제거한다.
C. 라이너링과 임펠러 섭동부와 간극이 불균일	1. 섭동부가 2면이상 있는경우 일어나기 쉽다.	1. 섭동부 간극을 균일하게 한다. 2. 섭동부 구조를 일면으로 한다.

### 12.2.2 진동수가 회전수×R (R은 정수)과 일치되는 경우의 진동 (표 12·7)

표12·7 진동수가 회전수 정수배와 일치하는 경우의 진동

원 인	발견법 · 발생조건 · 특징 등	대 책
A. 압력맥동에 의한 진동	1. 송수관 또는 펌프케이싱이 ZN(Z와 바퀴개수 N은 회전수)의 주파수에서 진동한다. 2. 펌프케이싱의 허부와 임펠러 외경과의 간격이 비교적 작다. 3. 고속회전 펌프에서는 소음에 동반되는 일이 많다. 4. 안내깃 개수가 임펠러의 베인개수와 동수인지 또는 그 양자에 공약수가 있을 때 {후자의 경우는 Z' 시 (Z' 임펠러 깃의 개수와 안내깃 개수의 최소공배수)의 주파수에서 진동한다.} 단, 이런것은 실험적인 것으로 실제 제품은 아니다. 5. 다만 펌프에서 각단 임펠러의 깃과 허부분의 관계 위치가 모든단에서 동일	1. 허부분을 잘라내어 임펠러와의 간극을 크게한다. 2. 케이싱 또는 송수관을 보강한다. 3. 안내깃의 내경을 그라인딩하여 간극을 크게한다.
B. 구르는 축수, 발청 등에 의한 손상의 발생	1. 펌프가 PN(P와 구름베어링의 볼 또는 롤러의 수, N은 회전수)와 일치한 주파수로 진동한다. 2. 구름 축수에 발청한다. 3. 운전시에 축수부의 발열이 많다. 4. 축수내의 기름 또는 그리스가 열화되었다. 5. 축수부에서 이상음이 발생하는 경우가 많다.	1. 축수교환 2. 기름 또는 그리스의 교환 3. 물이나 찌꺼기 침입을 방지하는 구조를 채용

## 12.2.3 그외의 규칙성이 있는 진동 (표12·8)

표12·8 그외 규칙성이 있는 진동

원 인	발견법·발생조건·특징 등	대 책
A. 축 진동 (특히 디젤기관 구동의 경우 또는 장축펌프)	1. 축계 비틀림진동수를 측정한 구동기의 토크 변동 주파수 회전수 또는 회전수×R(R은 2,3,4등의 정수)와 일치하는 경우 2. 기어 커플링이 어떤 회전수에서 이상음을 발생하나 조금 회전속도가 증가하면 소리가 없어진다.	1. 축의 두께를 바꾸거나 길이를 바꾼다. 2. 축계에 비틀림 진동의 완
B. 스라스트 축수에 스라스트가 움직이지 않는다.	1. 횡축 양흡입 볼류트 펌프에 보여진다. 2. 일반적으로 소음이 따르고, 진동보다 오히려 소음이 심하다. 3. 저속도로 돌리면 “펄떡펄떡”하는 규칙적인 소리가 난다. 4. 축수 구조가 예하중이 작용하지 않은 구조로 되어있다. 5. 스라스트 축수의 간극이 크다.	1. 축의 두께를 바꾸든지 길이를 바꾼다. 2. 축계에 뒤틀림 진동의 완 충제를 삽입한다
C. 카르만 소용돌이에 의한 진동이 관의 고유진동수와 일치해서 진동한다.	1. 펌프 흡입관 주위에 물의 흐름이 있다. 2. 펌프 흡입관이 비교적 길다. 3. 흡입 피트형태, 흡입관 위치가 적절하지 않다. 4. 카르만 소용돌이에 의한 진동수(Hz)의 기준 $f = K \frac{V}{D}$ 여기서 K = 계수 0.15~0.2 D = 흐름에 직교하는 방해물의 폭 (m, 일반적으로 원통관에서는 직경) V = 유속(m/s)	1. 카르만 소용돌이와의 공진을 피한다. 2. 파이프 서포트를 견고히 한다 3. 파이프 고유진동수를 바꾼다.
D. 서징에 의한 소음 진동	1. 일반적으로 규칙적 소음을 동반한 진동 2. 토출측 압력계의 지침이 크게 움직인다. 3. 펌프성능이 산형특성이 되어있고, 토출측 송수관에 공기의 모임이 있는 경우 잘 발생한다 (특성 곡선과 비교할 필요가 있다)	서징이 발생하지 않는 펌프계로 한다.
E. 오일 휘프에 의한 진동	1. 일반적으로는 회전수가 3,000min <sup>-1</sup> 이상에서 발생한다. 2. 진동수가 회전수/2이거나, 그 근방이다. 3. 특히 축수부에서 진동이 그외 부분에 비교해 상당히 심하다.	축수구조를 바꾸는 등의 대책을 필요로 한다.

## 12.2.4 진동수가 불규칙한 진동 (표 12·9)

표12·9 진동수가 불규칙한 진동

원 인	발견법·발생조건·특징 등	대 책
A. 부분 유량 운전에 의한 진동	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 흡입측 및 토출측압력을 측정하고 거기에서 구한 운전수량이 어느정도인지 조사한다. 규정 수량의 반이하에서는 상당히 진동이 크게된다. 이 현상은 대형펌프중에서 회전수가 높은 펌프에 현저하다.</li> <li>2. 양흡입 볼류트 펌프의 규정수량의 반이하에서 현저하게 축이 axial방향으로 운동할 경우, 그 결과 베어링 등의 진동이 증대한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 펌프의 토출한 수량을 증가시키는 장치를 바꾼다.</li> <li>2. 토출하는 측 밸브류가 전개해 있는지 조사한다.</li> <li>3. 바이패스 장치를 설치하고 토출한 수량 일부를</li> </ol>
B. 케비테이션에 의한 진동	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 흡입측 및 토출측 압력을 측정하고 이것에서 구한 운전수량에서 케비테이션이 발생하는지 어떤지를 검사한다.</li> <li>2. 흡입측 진공도가 이상하게 높지 않은지를 조사한다.</li> <li>3. 일반적으로 상당한 소음을 동반하지만 흡입측 압력이 대기압이하일때는 케이싱코크로부터 소량 공기를 흡입 하면 소음이 감소한다.</li> <li>4. 토출측 밸브를 잠궤보면 소음이 급격히 감소하고 진폭도 작게된다.</li> <li>5. 토출측 압력계의 지침이 이상하게 흔들린다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 토출측 밸브를 잠그고 운전한다.</li> <li>2. 흡입핏트 수위를 높게한다.</li> <li>3. 흡입배관을 두껍게 한다. (흡입관로가 긴 경우)</li> </ol>
C. 토출측 밸브류의 진동	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 토출측 밸브가 전개되어 있는지 조사(밸브가 반개일 경우 여기서 진동이 발생하고, 관로를 통하여 펌프에 진동이 전해지는 경우가 있다.</li> <li>2. 토출측 밸브를 전개하면 진동이 준다.</li> <li>3. 토출측 밸브에 다리가 있는 경우 그 설치 상태가 좋은지 조사한다.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 밸브의 반개운전이 필요한 경우는 밸브를 콘크리트로 감든지, 밸브진동이 펌프에 전해지지 않도록 한다.</li> <li>2. 대구경 밸브에서는 진동이 발생하지 않도록 구조 밸브를 고른다.</li> </ol>
D. 펌프의 내부에 고정부분과 회전부의 접촉 또는 내부 섹션부의 파손	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전류계의 지침이 이상하게 흔들린다.</li> <li>2. 금속음을 동반하는 진동이 있다.</li> <li>3. 축수에 발열이 있는 경우가 많다.</li> <li>4. 고온액용 펌프의 기동시 발생할 가능성이 높다.</li> </ol>	분해 및 정비
E. 그랜드 패킹의 과다 조임에 의한 진동	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 소형 펌프에서 발생한다.</li> <li>2. 그랜드부에 발열이 있다.</li> </ol>	그랜드 볼트를 느슨하게 한다.
F. 공기흡입에 의한진동		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 에어를 뺀다.</li> <li>2. 에어고임을 만들지 않는 배관계로 한다.</li> </ol>

## 13. 설치

펌프장 구조 공사의 종류를 대별하면 ①기초공사 ②설치공사 ③배관공사 ④전기공사 ⑤도장·피복공사로 나눌 수 있다. 또 이것 공사에 부대하여 ⑥가설공사 ⑦보기설치공사 ⑧가대등의 강제품설치공사등이 있다.

### 13.1 횡축 펌프의 설치 방법

(1)설치요령

- 1)전동기 및 펌프 설치개소의 건물기준선에서 거리, 고저를 실측하고 펌프, 전동기, 밸브, 토출관, 벽관통부, 기초볼트 홀위치를 조합 확인하면서 먹줄을 친다.
- 2)기초 볼트를 매달은 상태에서 목심에 기초한 기기를 설치한다.
- 3)펌프 설치높이(축심 또는, 펌프, 플랜지)를 정한다.
- 4)펌프 및 전동기의 수평, 펌프와 전동기의 틀린부분을 찾아 테이퍼라이너로 조정해 심출(일차심출)을 행한다.
- 5)평라이너의 레벨은 0.1mm/m를 기준으로 레벨을 맞춘다.
- 6)기초볼트용 홀은 압축공기등으로 청소하고 물로 습윤한다. 물은 충분히 흡수시킨후 여분의 수분을 제거한다.
- 7)앵커 그라우팅을 행해 양생한다.
- 8)기초볼트를 가체결한다.
- 9)각부 테이퍼 라이너가 잘 듣는지 가볍게 햄머링으로 확인한다.
- 10)설치기준에 따라 심출(2차심출)과 기초볼트를 좀더 조인다.
- 11)테이퍼라이너를 점용접한다.
- 12)펌프에 주배관을 설치후, 중심 확인을 행한다.
- 13)상반이 다소 덮이는 정도로, 기초와의 격간을 몰타르 등으로 그라우팅하고 양생한다.
- 14)필요에 따라 확장 몰타르 사상을 행한다.

(2)설치순서 (그림13.1)

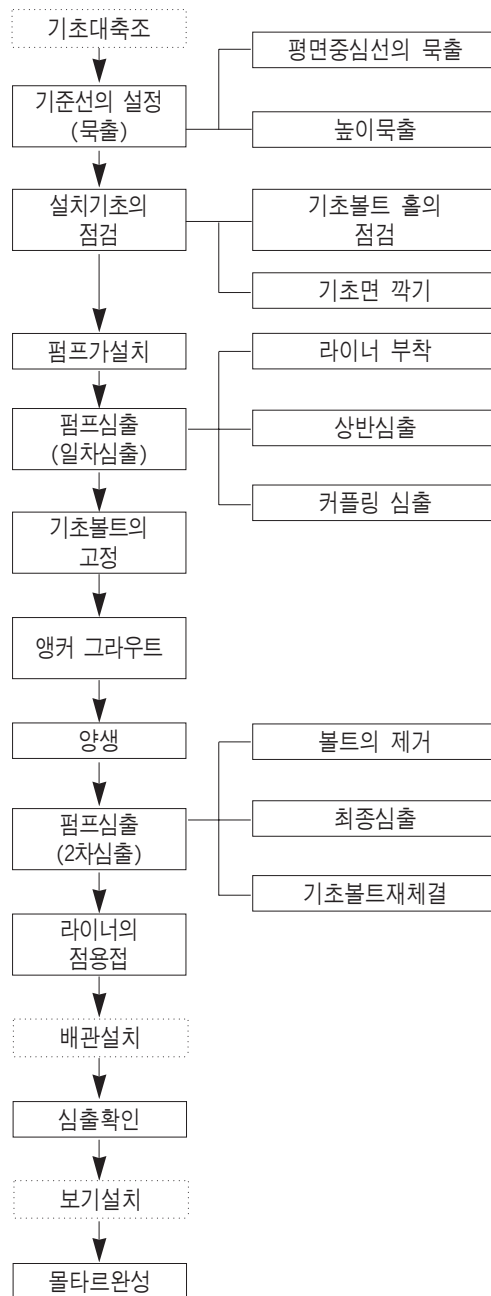


그림 13·1 횡축 펌프 설치 순서

## 13.2 입축 펌프의 설치

### (1) 펌프부 설치요령

- 1) 펌프 기초가 도면처럼 정확히 만들어졌는지 확인한다.
- 2) 전동기 및 펌프 설치개소의 건물 기준선에서 거리, 고저를 실측하고 펌프, 전동기, 밸브, 토출관 벽관통부, 기초볼트공의 위치를 조합확인 하면서 심출 및 묵타를 행한다.
- 3) 펌프 일차 심출용 팩커 또는 가라이너를 설치한다.
- 4) 펌프베이스를 묵심으로 일치시켜 가설치한다.
- 5) 테이퍼라이너 또는 심으로 조성하여 펌프 베이스(솔프레이트)의 일차 심출을 행한다.
- 6) 평 라이너 전부는 0.1mm/m를 기준으로 레벨을 조정한다.
- 7) 앵커 그라우트를 행한다.
- 8) 본 패드라이너를 설치한다.
- 9) 펌프본체를 펌프 베이스(솔프레이트)위에 둔 볼트로 체결한다.
- 10) 그랜드에 부착한 심출 치구로 주축에 고정한다.
- 11) 테이퍼라이너 또는 심으로 조정하여 펌프의 센터링을 행한다(2차심출)
- 12) 기초볼트를 체결한다.
- 13) 각부 라이너의 고정 상황을 가볍게 햄머링해서 확인한다
- 14) 라이너를 점용접으로 고정한다.
- 15) 펌프 베이스(솔프레트)하면 및 주위를 콘크리트 또는 몰타르로 고정하고 그라우팅을 행한다.
- 16) 필요에 따라 기초 주위를 확장몰타르로 완성한다.

### (2) 감속기, 전동기부 설치요령

아래는 2상식 이상의 경우이고, 일상식의 경우는 펌프상부에 설치, 심출을 행한다.

- 1) 감속기, 전동기가대 설치위치에 팩커 또는 임시라이너를 설치한다.
- 2) 가대를 팩커 또는 임시라이너 상에 설치한다.
- 3) 가대상에 감속기, 전동기를 설치하고 볼트로 고정한다.
- 4) 가대중심과 설치중심을 합치시킨다.
- 5) 테이퍼라이너 또는 심으로 조정하고 가대와 감속기 전동기의 일차심출을 행한다.
- 6) 기초 볼트를 고정한다.
- 7) 본라이너를 설치한다.
- 8) 테이퍼라이너 또는 심으로 조정하고 펌프와의 2차심출을 행한다.
- 9) 라이너를 점용접으로 고정한다.
- 10) 감속기, 전동기 가대의 하면 및 주위를 콘크리트 또는 몰타르로 고정하여 그라우팅을 행한다.

### (3) 엔진부 설치요령

- 1) 엔진 설치 위치에 팩커 또는 가라이너를 설치한다.
- 2) 엔진을 팩커 또는 가라이너상에 설치한다.
- 3) 엔진 중심과 설치 중심을 조합한다.
- 4) 테이퍼라이너 또는 심으로 조정하여 엔진의 일차심출을 행한다.
- 5) 기초볼트의 고정
- 6) 본라이너를 설치한다.
- 7) 테이퍼라이너 또는 심으로 조정하여 감속기와의 2차 심출을 행한다.
- 8) 디플렉션을 확인한다.
- 9) 라이너를 점용접으로 고정한다.
- 10) 엔진의 하면 및 주위 콘크리트는 몰타르로 고정하고 그라우팅한다.

(4)입축펌프(펌프부)의 설치 공법과 콘크리트 조성비

콘크리트 조성비는 그림 8.2 을 참조

1)설치공법(그림 13.2, 그림 13.1)

2)라이너의 구성(그림 13.4)

3)라이너, 팩커의 위치(그림 13.5)

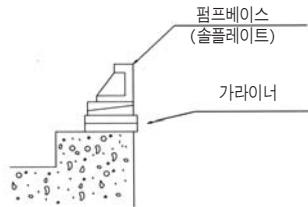


그림 13·2 라이너에 의한 방법

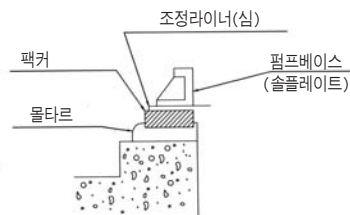


그림 13·3 팩커에 의한 방법



그림 13·4 라이너의 구성

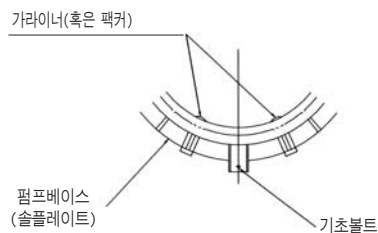


그림 13·5 라이너, 팩커의 위치

## (5)입축 펌프 설치순서(그림13·6)

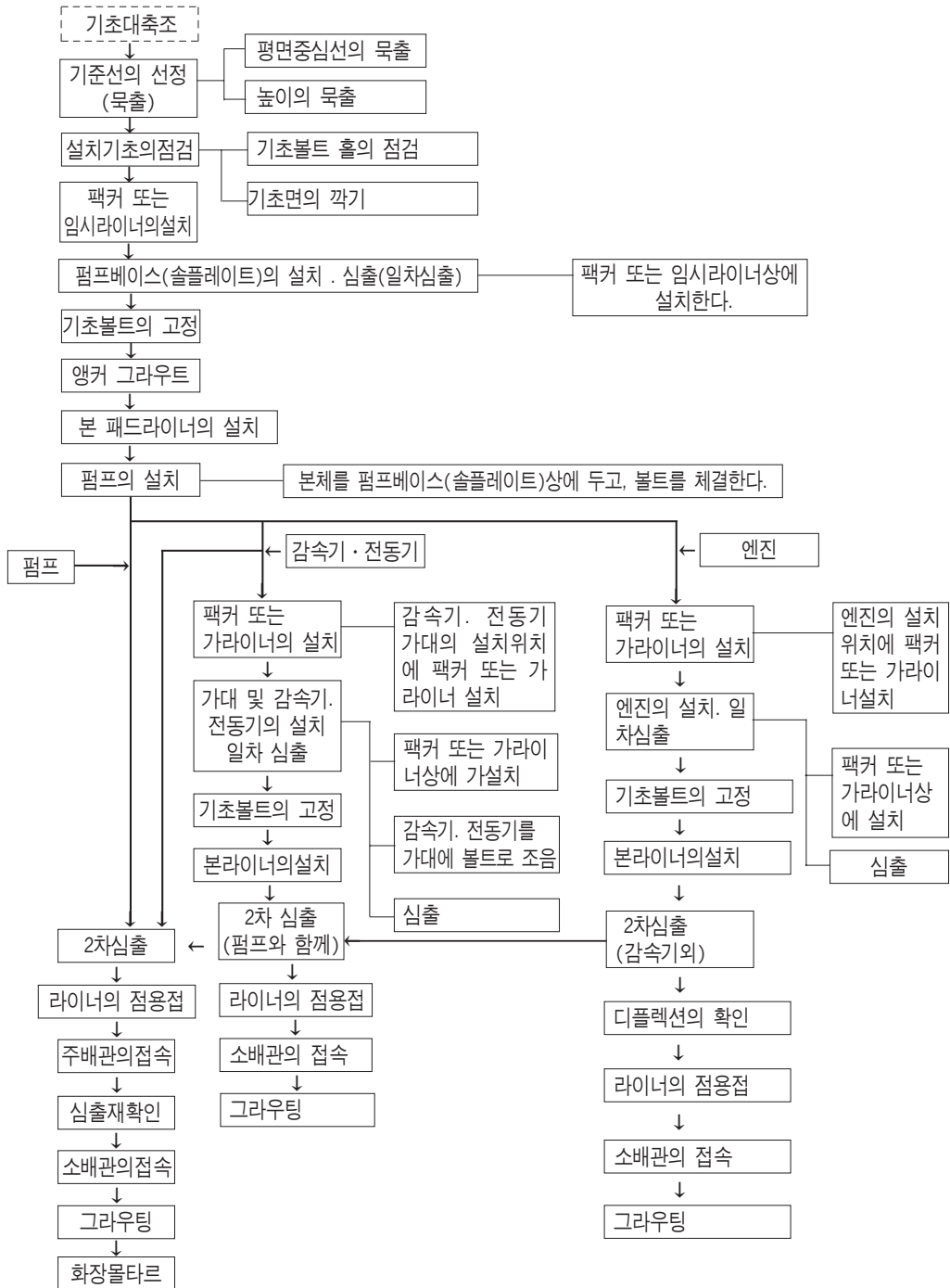


그림 13·6 입축 펌프 설치 순서



## 13.3 설치 기준

(1) 펌프 축단수의 심출 기준(그림 13·7)

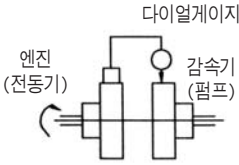
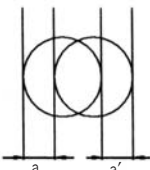
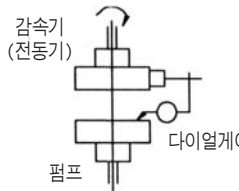
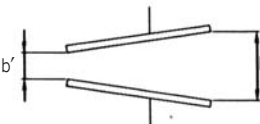
	측정을 위해 다이얼게이지를 사용	기준치(설치시)
중심내지		$\frac{a+a'}{2} : 0.05\text{mm}$ 이내 위  아래
중심배지		$ b-b'  : 0.1\text{mm}$ 이내 

그림 13·7 중심내지의 기준(기준치보다 큰값이 허용되는 경우가 있다, 이때는 별도지시치에 의한다.)

## 14. 유지·보수 및 관리

### 14.1 점검

펌프기장의 보수관리는 안정된 운전을 확보함에 있어 빠뜨릴 수 없는 중요한 작업이다.

일상 점검과 함께, 정기점검 및 분해점검을 행하고 사고 방지를 도모하지 않으면 안된다. 여기서는 보수에 관한 기본적 사항 및 그 구체적인 점검 항목, 판단기준, 고장진단에 대해서 논한다. 기본적 항목으로서는

- ① 보수관리에서는 그 기장에 맞는 점검, 부품교환등 최적한 빈도 간격을 고려한 정비기준을 작성하고, 계획적이며 안전하고 적절한 작업이 될 수 있도록 한다.
- ② 일보(일지), 월보등을 작성하고 기기의 점검 정비등의 내용을 기입하고 보통기기 상태를 파악해둔다.
- ③ 설비마다 분류한 기기대장을 작성하고, 점검, 정비 및 수리, 고장 이력을 기록정리하고 필요할 때에 바로 활용 할 수 있도록 해둔다
- ④ 분해용 특수공구, 기구는 정리하고, 예비품, 소모품등은 항상 적당량 보관하며, 필요할 때 바로 사용 할 수 있도록 한다.

#### (1)일상점검

일상점검에 의하여 이상개소가 조기발견이 되고 사고를 방지하는 것과 함께, 부품을 조기수배를 할 수 있다. 또 만일의 사고발생 때에는 원인구명 수단으로서 도움이 될 수 있다.

일상점검은 운전전, 운전중에 관찰 점검을 중심으로 촉각, 청각을 활용하며, 이상이 발견될 경우, 필요에 대응하여 계측기에 의한 측정을 행하고 결과는 전부 운전일보에 기입해둔다.

#### (2)정기점검

1개월~6개월 점검의 경우에는 기기의 간단한 분해청소, 유지류의 보충, 볼트 재체결 등이 포함된다.

1년이상의 점검인 경우에는 기기분해점검, 정비가 주체로하여 마모부품의 교환, 유지류의 교환등을 위해 일정기간 기기를 정지하기 때문에 정확한 계획을 세워 둘 필요가 있다.

이들 점검결과는 보고서에 정리보관과 함께, 각 기기의 대장에도 내용을 기입해 둘 필요가 있다.

이상의 일상 점검 및 정기 점검에 관한 각기기의 일반적인 점검 항목과 주기에 대해 표 14.1~14.4 에 표시한다. 점검주기(기간)에 대해서는 사용환경(수질, 온도, 습도등)및 운전상황(시간 및 주기)에 의해 달라지기 때문에 주의를 요한다. 또 특히 용도별로 점검내용, 주기가 규정되어 있는 경우가 있기 때문에 그 경우는 별도 규정에 의해 실시한다.

표 14·1 펌프의 정기점검 항목

점검기간	점 검 항 목	비 고
매 일	(1) 외관점검 (2) 진동, 이상음의 유무 (3) 축수온도 (4) 윤활유압 (5) 그랜드부 발열 (6) 그랜드 패킹에서 누수량 (7) 압력계 지침	실온 + 40°C 이하인가  14.2 (1)항 참조
1개월마다	(1) 축수의 그리스, 윤활유의 량 점검, 보충 (2) 그랜드 패킹의 마모 (3) 압력계의 지침	실 부분의 유출점검
6개월마다	(1) 고정부분체결 볼트의 재체결 (2) 플로우 릴레이, 압력스위치, 온도스위치등 보호장치의 동작 확인	
1~4년마다	(1) 축수의 그리스, 윤활유의 교환 (2) 그랜드 패킹의 교환 (3) 분해점검정비	회전접동부의 마모, 접액부의 부식 상황을 체크한다.

- (주) 1. 매일 점검은 연간 2,000Hr 이상 연속 운전시 실시한다.  
2. 분해점검정비의 기간은 운전 빈도의 대소에 의해 결정한다.

표 14·2 수중모타펌프의 정기점검 항목

점검기간	점 검 항 목	비 고
매 일	(1) 진동, 이상음의 유무 (2) 운전상태 (3) 전류치	유량, 압력의 급격한 변화가 없는지 확인, 정기적으로 측정치를 기록, 관리.
1개월마다	(1) 절연저항의 측정 (2) 도통측정	절연저항치의 저하를 체크한다. U-V, V-W, W-U, 온도검지기는 도통있음 온도검지기 권선간은 도통없다.
1년마다	(1) 온도검지기, 침수검지기등 보호장치의 상태확인 (2) 외관점검	도통이 있는지 확인한다.  펌프를 인양하여 손상개소가 없는지 확인한다.
2~3년마다	(1) 분해 점검 정비	소모품(메카니칼실, 베어링등)의 교환 마모, 변형, 부식, 노화등의 확인을 하고 보수한다.

- (주) 1. 매일 점검은 연간 2,000Hr 이상 연속 운전시 실시한다.  
2. 분해점검정비의 기간은 운전 빈도의 대소에 의해 결정한다.

표 14·3 전동 밸브 정기점검항목

점검기간	점 검 항 목	비 고
매 일	(1) 외관점검	
6개월마다	(1) 장기정지시에는 수동·전동으로 개폐동작을 확인한다. 수동·전동의 절환장치도 확인한다. (2) 밸브 봉의 나사부에 있는 먼지, 더러움을 제거하고 방청제를 바른다.	방청제:그리스 2황화 몰리브덴
1년마다	(1) 개폐기구부의 그리스, 윤활유의 량, 점검 (2) 그랜드 패킹의 점검 (3) 리미트스위치, 토크스위치등 보호장치의 동작확인	
3~6년마다	(1) 개폐기구(기어헤드)의 분해·점검 (2) 그리스, 윤활유의 교환 (3) 밸브 본체의 분해	

- (주) 1. 매일 점검은 연간 2,000Hr이상 연속 운전시 실시한다.  
2. 분해점검정비의 기간은 운전 빈도의 대소에 의해 결정한다.

표 14·4 전동기의 정기점검 항목

점검기간	점 검 항 목	비 고
매 일	(1) 외관점검 (2) 진동이상음 유무 (3) 축수온도 (4) 프레임온도 (5) 스립링, 브러시 홀더 주변의 오염제거	실온 + 40℃ 이하인가
1개월마다	(1) 브러시의 상하동작, 길이, 누르는 압력의 확인	누르는 압력은 150 ~ 200kgf/cm <sup>2</sup>
6개월마다	(1) 축수의 그리스, 윤활유의 량 점검, 보충 (2) 권선의 절연 저항(메가옴)의 측정 (3) 플로우릴레이, 압력스위치, 온도 스위치등 보호장치의 동작확인	일반적으로 600V이하는 1M $\Omega$ 600V를 넘는 것은 3M $\Omega$
1년마다	(1) 축수 그리스, 윤활유의 교환	

- (주) 1. 매일 점검은 연간 2,000Hr이상 연속 운전시 실시한다.  
2. 분해점검정비의 기간은 운전 빈도의 대소에 의해 결정한다.

## 14.2 판단기준의 설정

점검결과와 판단은 다음에 드는 각 항목에 대해서 허용치를 고려하고 허용치를 넘는 것에 대해서는 설비 납입 메이커에 상세조사를 의뢰하고 최종적인 판단을 내리는 것이 필요하다. 일상점검에서 행하는 펌프 축봉부에서 누수량, 윤활유지량, 축수온도, 및 정기적인 분해점검을 행할때 진동, 섭동부의 마모량에 대해 판단기준이 되는 허용치에 대해 서술한다.

### (1) 펌프 축봉부의 누수량

축봉부에 그랜드 패킹을 사용할 때는 패킹, 스리브간의 섭동열을 제거할 정도로 누수되게하여 운전한다 최소 누수량은 아래의 식으로 나타내는 정도이다.

유량조정 밸브를 조정하여 물방울이 적하하는 상태(20cc/min정도)는 부적절히 조정된 것이다.

$$q = 0.5d$$

q:최소젖음량(cc/min)

d:스리브경(mm)

(단 스리브경 여하에 관계없이 최소 누수량을 20cc/min 으로한다.

또, 참고로서 축수, 축봉부의 주수압 및 량에 대해 표 14.5 에 나타낸다.

표 14·5 축수, 축봉부의 주수압 및 량

주수부		주수압 kgf/cm <sup>2</sup>	주수량 l/min	비고
축 봉 부		1~2	0.1d	d:스리브경(mm)
수중축수	보호관설치 라이너링유	1~2	0.25d	d:스리브경(mm) H;전양정(m)
	보호관설치 라이너링무	0.2H		
	보호관무	1~2(기동시만)		
냉각실설치베어링케이스		1~2	0.06d <sup>1,2</sup>	d:스리브경(mm) 주수량은 베어링케이스 1개당

### (2) 윤활유지류

축수나 치차에 사용되는 윤활유지는 어느정도의 기간 사용가능한지에 대해서는 윤활유지의 수명에 영향을 주는 인자가 많기 때문에 정량적으로 적당치를 나타내는 것은 상당히 어렵다. 단, 일상점검으로서, 그리스에 대해서는 축수온도의 확인, 윤활유에 대해서는 기름온도, 유면의 레벨 및 기름의 오염등을 확인할 필요가 있다. 통상은 연속운전 펌프에 대하여 그리스, 기름은 1년을 표준사용 가능기간으로 하고 있다.

표 14·6 축수용 그리스 수명계산예

(# 6220 깊은홀볼베어링의경우)

축수외륜온도℃	50	70	→	→
회전수 min <sup>-1</sup>	1,000	→	1,800	→
레이디얼하중 kgf	500	→	→	1,000
기본동정격하중kgf	9,600	→	→	→
그리스수명 h	22,490	13,400	12,130	11,320

## (3) 축수온도

축수온도는 표면에서 측정했을 때 실온 +40℃이하 (단 최고 75℃이하)이지 않으면 안된다. KS의 허용치를 표 14.7에 나타낸다.

온도는 각기기에 설치된 온도계에서 확인 해야만하나 간편법으로서 손의 촉감에 의해 개략치를 알 수 있다. 참고하기 위해 표 14.8에 나타낸다. 일반적으로는 손으로 만질 수 있을 정도라면 동절기를 제하고 안전하다고 생각할 수 있다.

표 14.7 축수허용고온 및 허용온도 상승

	허용 상승 온도 ℃ (주위온도 40℃이하의 경우, 단, 허용 최고온도를 상회해서는 안된다.)		허용 최고 온도 ℃		
	축수표면에서의 경우	메탈온도계감온부 를 투입 측정 한 경우	축수표면에서의 경우	메탈온도계감온 부를 투입 측정 한 경우	배유온도
자연냉각식보통윤활유	40	45	75	80	-
자연냉각식내열성윤활유	55	60	90	95	-
수 냉 식	-	협정에 의한다.	-	80	-
강제윤활식보통윤활유	-	-	75	80	80

표 14.8 표면온도와 촉감의 관계례

표면온도	느 낌	적 요
40℃	약간따뜻하다	온기를 느끼는 정도
45℃	따뜻하다	따끈따끈한 온기를 느낀다.
50℃	약간뜨겁다	가만히 대고 있으면 손바닥이 빨갛게된다.
60℃	뜨겁다	3~4초 손을대고 있을 수 있다
70℃	상당히 뜨겁다	손가락 하나로 3초정도 대고 있을 수 있다.
80℃	상당히 뜨겁다	손가락 하나로 1초정도 대고 있을 수 있다.

## (4) 진동

진동의 기준치는 현지에서의 시운전시에 측정한 데이터를 기본으로하고 정기적으로 측정을 행하여, 기준치에서 변화상태를 관찰하는 것이 중요하다. 펌프진동의 원인으로서,

- ① 유체적원인:압력변동, 공기의 혼입, 케비테이션, 워터해머등
- ② 기계적 원인:공진, 비틀림진동, 회전체의 마모 및 부식, 이물부착, 지반침하에 의한 중심의 어긋남등이 생각되어진다. 유체적 원인 및 기계적 원인중 공진, 비틀림 진동등은 일반적으로 설계단계에서 고려해야하고 운전개시 후 진동의 원인으로서 상기 이외 기계적 원인이 주이다. 이들 원인으로 발생하는 진동은 서서히 증가해가고 파괴등 중대사고로 연결되는 문제가 있기때문에 진동이 증대하는 경향이 있을때는 측정 주기를 짧게해서 특별히 감시하는 것이 필요하다.

운전초기단계에서는 볼트의 완화도 생각되어진다.

급격히 진동이 증가하는 경우에는 축수의 손상, 이물의 혼입, 이물의 충돌에 의한 회전부품의 손상등이 생각되어지므로 점검주기에 관계없이 분해점검의 필요가 있다.

진동의 목표치를 그림 14.1에 나타내었다.

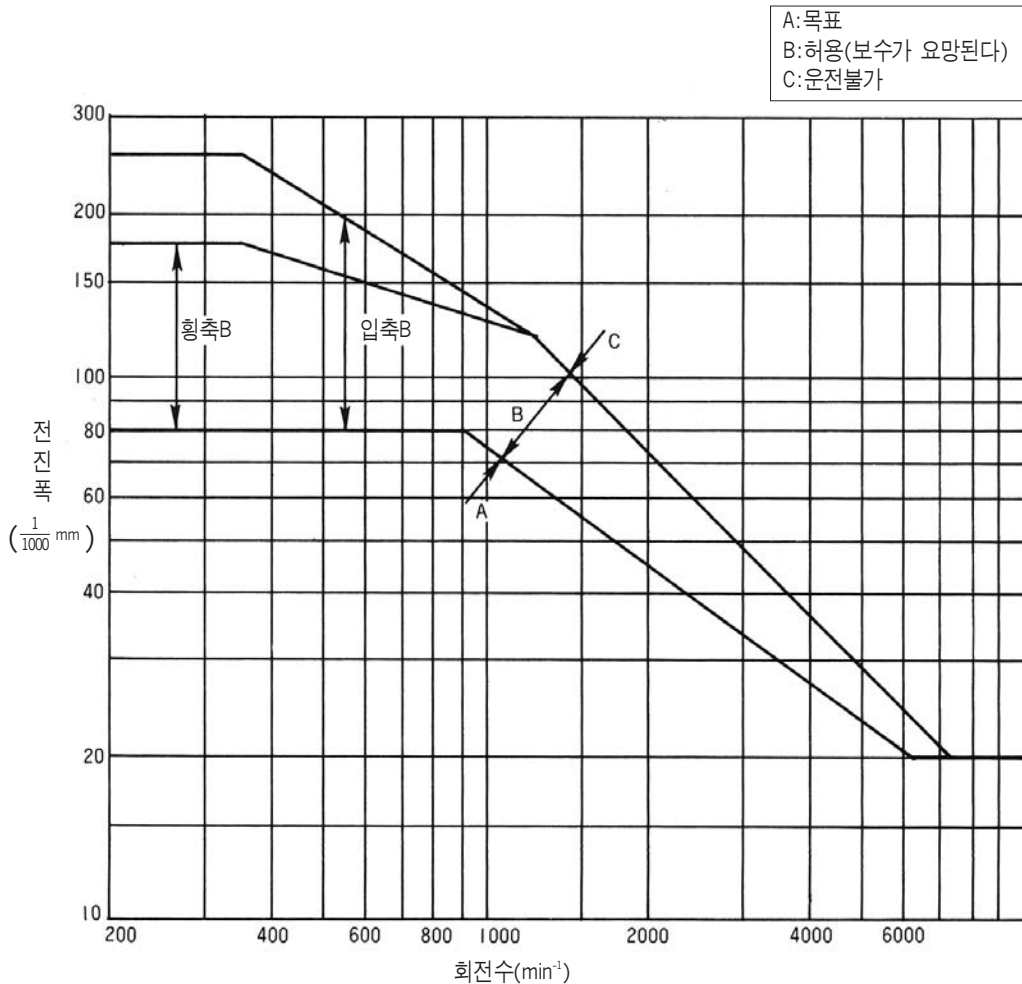


그림 14·1 펌프의 진동판정기준

## (5) 펌프 섹동부의 마모량

섹동부의 마모는 성능저하, 이상진동, 축수부의 발열등 운전에 지장을 초래하기 때문에, 분해점검시에 진행상황을 잘 체크하고 차기 분해시까지 허용치를 넘을 것으로 판단되는 경우는, 조기에 부품 교환을 행한다. 섹동부의 마모에 대한 영향은

## ① 임펠러와 라이너링의 마모

성능저하나 이상한 진동이 발생한다.

## ② 축 스리브의 마모

축봉부에서 공기의 흡입, 진동, 낙수 및 축수부의 발열의 원인이 된다.

## ③ 축수의 마모

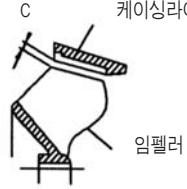
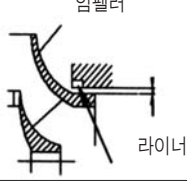
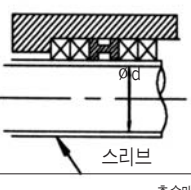
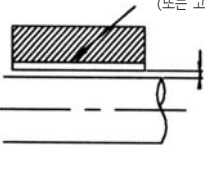
기준치이상이면, 진동 발생이나 발열등을 동반한다.

## ④ 임펠러의 마모, 부식

마모나 부식이 급격할때는 그것이 캐비테이션에 의한것인지, 그 외의 원인에 의한 것인지 충분히 조사할 필요가 있다. 캐비테이션에 의한 경우는 펌프가 진동하고 소음을 동반하므로 일상점검에서 알 수 있는 것이 많다.

펌프 각부의 마모한계치를 표14·9에 나타낸다.

표 14·9 섭동부의 마모한계치

부품명	교체목표	해 설
임펠러와 케이싱라이너	C의 치가 당초 설계치의 3배 정도로 한다.	 <p>이값 이상이 되어도 성능저하가 실용상 지장이 없는 범위면 사용해도 좋다.</p>
임펠러와 라이너링	C의 치가 당초 설계치의 3배 정도로 한다.	 <p>이값 이상이 되어도 성능저하가 실용상 지장이 없는 범위면 사용해도 좋다.</p>
스리브	d×0.03정도의 마모까지로한다. 단, 상한치는 3~4mm로한다.	 <p>패킹에 해당하는 경우에 국부적으로 들어간 마모부분이 되고, 그 흡이 한쪽 측면에서 이값 이상일 때는 교환한다.</p>
샤프트와 축수메탈 (또는 고무 축수)	C의 치가 당초 설계치의 2~3배 정도로 한다.	 <p>특히 큰 진동이 없으면 이값에서 다소 크더라도 사용할 수 있다.</p>
롤링베어링	—	이상음, 진동, 발열등이 있는 경우는 운전시간에 관계없이 조사측정하고 이상이 있으면 교환한다.
그랜드패킹	6개월~1년	취급액, 회전수, 축봉부 압력등에 의해 다르다
메카니칼실	연속운전으로 약1년	취급액, 회전수, 축봉부 압력등에 의해 다르다
오일실	연속운전으로 약1년	취급액, 축봉부 압력등에 의해 다르다



### 14.3 소모품과 예비품

소모품이라는 것은, 일반적으로 이하의 것을 말한다.

- ① 사용하고 있으면 감소 또는 노화하기 때문에, 정기적으로 보충, 교환을 요하는것(유지류)
- ② 마모하는 것(섭동부품)
- ③ 분해시에 손상되기 쉽고 교환을 요하는 것(패킹류)

소모품 사이의 시판성이 있는 것은 보관량을 최소한으로하고 형번호를 소모품 리스트에 기재해두고, 그 필요시 보충하는 것이 좋다.(유지류)

소모부품 중에서도 입수 시간이 걸리는 것, 또 그 부품이 손상한 경우 운전이 되지 않는 것은 예비품으로 준비하는 것이 요구된다.(섭동부품, 소형 밸브류), 펌프 예비품을 표14·10에 나타낸다.

또, 펌프를 구동하는 원동기에 대해 말하면 권선형 전동기의 소모품인 브러시관계의 부품, 엔진, 가스터빈 점화 프러그, 연료, 윤활유 계통의 필터류는 필요 예비품으로서 보관해두는 것이 요구된다.

표 14·10 펌프예비품

품 명		적 요
임펠러		부식, 마모를 일으키기 쉬운 취급액의 경우에 준비한다.
임펠러링		임펠러의 예비품이 있을 때는 임펠러에 부착되어 있어도 좋으나, 복수대의 예비품을 가질때는 호환성을 고려해서 어느 호기에도 부착가능하게 임펠러링 단품으로 보관해도 좋다.
라이너링		임펠러링이 있는 것은 임펠러링과 조로해서 예비품으로 한다. 임펠러링이 없을 때는 내경에 절삭대를 남긴 것을 예비로서 보관하고, 교환시 임펠러의 섭동면을 실측해서 현합가공한다.
주 축		회전체의 유수면이 부식, 마모를 일으키기 쉬운 취급액의 경우는 임펠러, 스리브, 축수등을 교환하는 빈도가 높고, 이들 부품이 접촉하는 주축의 표면이 상하는 일이 많으므로 예비로한
회전체일식		미리 수리일정을 정한 정기수리의 경우와 달리, 복구를 빨리 해야 할 경우를 고려해서 예비품을 회전체 일식으로 보관하는 것이 가능하다
축 수	축수메탈롤링 축수고무축수 세라믹축수	연속운전되지 않은 펌프에서도 예측 불허의 사태를 고려해서 작더라도 1대분의 예비품을 가지는 것이 요구된다.
스리브 메카니칼실 그랜드 패킹		
O링 가스켓류		펌프를 분해하면 재사용할 수 없는 경우가 많으므로 필요대수분을 미리 준비해둔다.

### 14.4 장기보관요령

예비품을 장기간 보관하는 경우는 보관 장소로서 직사일광이 닿지않고 급격한 온도 변화가 없는 비교적 시원하고 건조한 장소, 소위 냉암소가 요망된다. 부품에 대한 주의사항으로는

- ①베어링류 : 시판품은 구입한 그대로의 상태로 보관한다(개봉은 엄금)
- ②O링, 고무패킹 : 접어굽히거나 당기거나 하면 그것에 응력이 걸려 노화를 빨리하기 때문에 펴서 보관할 것 (장기보관은 피한다.)
- ③전기부품(릴레이, 스위치류) : 습기는 극단적으로 좋지않기 때문에 습기 있는 곳에서는 건조제를 일정기간 교환하는 등 특별한 주의가 필요하다.
- ④기계부품(섭동부품등) : 전기품과 같이 습기는 좋지않다. 기계가공면에는 방청제를 도포해서 유지등으로 밀폐한다.

## 14.5 펌프고장진단

펌프 설비에 대한 보수관리를 생각할 때 펌프의 적절한 점검시기 및 부품 교환시기를 결정하는 것 위에 펌프의 고장 진단은 이후 보다 더 중요성이 증대되고 있다고 생각되어진다.

### (1)고장감시 방법

펌프에는 다양한 구조 및 크기가 있어 고장감시도 대상 펌프에 가장 적당한 방법으로 행하는 것을 요한다. 일반적으로는 표14·11과 같은 것이 있다.

표 14·11 고장감시방법

[고장분류]	[고장현상]	[고장감시방법]
기계적 고장 (기능적)	공진 언밸런스 미스알라인먼트 축수의 마모 회전체의 접촉 회전체의 부식 실링부에서의 누출	진동(진폭, 진동속도, 진동가속도) 음향(소음, AE신호) 온도(축수, 케이싱) 토출압력/유량 유면(축수) 누수/누유 전류
유체적 고장 (성능적)	캐비테이션 서어징 소용돌이의 흡입 유체적공진	진동 음향 토출압력/유량 전류

### (2)고장진단방법

표 14.11 감시방법 중에 가장 일반적으로 이용되는 진동에 의해 고장진단방법을 이하에 나타냈다.

#### ① 계산치(예:진폭)에 의한 진단

가장 일반적인 방법으로 각 펌프에 대해 설정된 제한치 (문턱치)를 넘는 경우, 이상으로 진단한다.

#### ② 진동스펙트럼에 의한 진단

주파수분석을 행하고 이 진동 스펙트럼의 특징에 의한 고장요인을 추정한다. 이 경우, 정상시 스펙트럼이 이미 알려져 있으면 고장시의 진단이 용이하게 된다.

또, 주파수 대역마다 제한치를 설정하고 그 레벨에 대해 감시를 행하는 것이다.

#### ③ 진동 트렌드에 의한 진단

진동을 시계열로 측정하고 그 결과에서 진동 변화 경향을 추정하고 이상을 조기검지한다.

#### ④ 진동 벡터에 의한 진단

주로 회전체의 언밸런스진동을 해석하는 것에 적합하고 회전수 성분의 위상변화에 의해 이상을 진단한다.

### (3)펌프 잔여 수명진단

고장진단을 펌프 설비 예방보전이라 생각하면 남은 수명진단은 더욱더 일보 진행한 예지보전이다 적절한 남은 수명 진단을 행하기 위해서는 이후 고장 메카니즘 및 재료의 노화 메카니즘등을 해명해 갈 필요가 있다.

간이적으로는 과거의 운전상황이나 점검 이력등을 참고로해서 펌프 본체 및 각 부품의 수명을 판단하는 것이 요구된다.

## 14.6 고장의 원인과 그 대책

### 14.6.1 펌프

표 14·12 펌프고장원인과 그 대책

고 장	원 인	대 책
만수하지 않을때	그랜드부로부터 공기를 빨아들이고 있다.	그랜드 패킹을 교환한다 또는 좀더진다.
	토출밸브로부터 공기를 빨아들이고 있다	토출밸브를 진다.
	진공 펌프의 상태가 나쁠때	수리 또는 교환한다.
	흡기용 전자밸브의 상태가 나쁠때	수리 또는 교환한다.
시동되지 않을때	시동조건이 성립되지 않다	각 조건을 확인한다
	보호회로가 작동하고 있다	각보호장치를 확인한다
	원동기가 고장나 있다	수리한다 전동기. 엔진등의 항목을 참조
물이 나오지 않을때	펌프. 흡입관의 만수가 불충분	다시 흡수한다. 흡입관이음. 펌프그랜드부 터의 공기유출흡입을 조사한다.
	흡입. 토출 밸브가 닫혀있다.	전부 열게한다
	스트레이너나 흡입관이 막혀있다	청소한다
	임펠러에 이물질이 쌓여있다. 회전방향이 반대이다.	이물질을 제거한다 전동기의 배선을 수정한다
규정수량이 나오지 않을때	공기가 유입된다.	흡입관 이음. 펌프그랜드부터 공기 유출 흡입을 조사한다
	수위저하에 의한 물수 깊이의 부족	흡입관을 늘리고 물수깊이를 충분히한다
	임펠러에 이물질이 쌓여있다	이물질을 제거한다
	라이닝이 마찰하고 있다	메이커에 수리한다
시작할때 나오는 물이 곧 나오지 않게된다	펌프. 흡입관의 만수가 불충분	다시 흡수한다
	공기가 유입된다.	흡수관 프랜지를 조사한다. 펌프. 그랜드 패킹에의 봉수를 충분히한다
과부하	회전속도가 너무 빠르다	원동기를 조정하고 규정회전속도에
	규정수량, 규정양정에서의 회전	토출밸브의 여는 정도를 조정한다
	회전체와 케이싱의 접촉	메이커에 수리한다
	흙탕물. 그외의 이물질의 혼입	흡입핏트를 청소한다. 이물질 유입 방지 대책을 한다
축수가 뜨겁게 된다	그랜드 패킹의 과다 죄임.	적당한 죄임의 가감을 한다
	구리스의 과다주입. 급유부족	적당한 양으로 한다
	윤활유의 노화	교환한다
	축심의 고장	축심을 고친다
	축수의 손상	수리 또는 교환한다
그랜드부가 뜨겁게 된다	그랜드 패킹의 과다 죄임	한번. 그랜드를 느슨하게해서 서서히 조으 고 물이 밖으로 유출하게 한다
	그랜드 봉수압력의 과대(봉수압에의해 패 킹이 죄여서 움직이지 않는다)	봉수압을 내린다
	그랜드 봉수. 냉각수량의 부족	봉수압을 조금 올린다.
펌프가 진동한다	임펠러의 일부가 막혀있다	이물질을 제거한다
	임펠러가 파손되어있다	교환한다
	토출시 수량의 과소	규정수량부근에서 사용한다
	펌프와 원동기의 축심의 불일치	축심을 고친다
	축수의 손상	교환한다
	공기의 혼입. 캐비테이션	흡입수위, 흡입관의 개선. 규정수량부근에 서 사용한다

## 14.6.2 전동기(표14·13)

표 14·13 전동기의 고장원과 대책

고 장	원 인	대 책
회전하지않는다	정전	전력회사에 연락한다
	접속전선의 단선	전선을 교환한다
	개폐기의 접촉불량	재조정한다
	기동기, 제어기의 접촉불량	재조정한다
	일차권선의 단선	메이커에 수리한다
	전압저하	전기회사에 연락, 부하동력을 줄인다
	기동기의 접속간이 다르다	배선을 수정한다
	전선하나의 단선	배선을 수정한다
	고정자와 회전자와의 접촉	메이커에 수리한다
	고정자 권선의 단선	메이커에 수리한다
역회전한다	권선형에서는 슬리브링과 브러시의 접촉불량	수리 또는 교환한다
	과부하	규정의 부하까지 내린다
저속도로 회전 증속하지 않는다	축수의 소손(타서 손상)	수리 또는 교환한다
	전선의 접속간 차이	배선을 수정한다
	2차권선의 일상단선	메이커에 수리한다
	기동기의 접촉불량	재조정한다
휴즈가 끊어졌다	슬리브링과 브러시의 접촉불량	수리 또는 교환한다
	휴즈의 용량부족	규정의 것으로 교환한다
	과부하	규정의 부하까지 내린다
	슬리브링과 브러시의 단락	재조정한다
	저항기의 단락	재조정한다
전동기 전체가 뜨겁게 된다	저항을 뺏는 시기가 빠르다	적정속도로 저항을 뺏는다
	과부하	규정부하까지 내린다
	전압저하, 불평행	전력회사에 연락한다
	냉각공기의 통로가 막힘	이물질을 제거한다
축수가 뜨겁게 된다	급유불량	유면계를 보고 적량으로 한다
	축수의 손상	수리 또는 교환한다
	진동	원인을 제거한다
	윤활유의 열화	교환한다
진동이 크다	축심의 불일치	심을 고친다
	축수의 손상	수리 또는 교환한다
	회전체의 언바란스	메이커에 수리한다
	고정자와 회전자의 접촉 또는 틈간의 불균일	메이커에 수리한다
전류과대	흡상	각상의 도통을 조사한다
	전압 강하에 의한 과전류	다른부하에 의한 영향이 어떤가 조사하고, 이상이 없으면 전력회사에 연락한다
전류가 불안정	브러시의 접촉불량	수리 또는 교환한다
	2차 단락장치의 접촉불량	수리 또는 교환한다
절연저하	케이블의 결함파손, 전동기축 소손	수리 또는 교환한다

## 14.6.3 수중모터(표14·14)

표14·14 수중모터의 고장원인과 그대책

고 장	원 인	대 책
전류과대	흡상	각상의 도통을 조사한다
	펌프에 모래가 유입됨에 따른 과전류	펌프를 올려서 분해. 청소
	전압강하에 의한 과전류	다른부하에 의한 영향이 있는가 조사. 이상이 없으면 전력회사에 연락
전류가 불안정	펌프 또는 전동기 축수 소손	수리 또는 교환한다
절연저하	수중 케이블의 파손, 전동기 소손	수리 또는 교환한다

## 14.6.4 전동 밸브 구동부 (표14·15)

표14·15 전동 밸브 구동부의 고장원인과 그 대책

고 장	원 인	대 책
전동기가 시동되지 않음	전 원 이 끊 어 짐	수리 혹은 교환한다. 수리 혹은 교환한다. 체결은 완전하게 한다. 재조정한다. 원인의 제거
	전압저하	전압을 조사한다.
	전동기의 고장	수리 혹은 교환한다.
개폐동작 도중 전동기 가 정지함	토크 스위치 작동	밸브축 나사부의 닳음 수리 혹은 교환한다.
		밸브에 이물의 끼임 밸브를 열어 이물을 제거한다.
		토크 스위치의 설정치가 낮다 설정치를 재조정한다.
	리미트 스위치의 작동	재조정한다.
	서멀 릴레이의 작동	수리 혹은 교환한다.
	개도계의 지시불량	재조정한다.
리미트 스위치에 의한 전동기의 정지가 되지 않음	역상운전	배선을 수정한다.
	전자개폐기의 고장	수리 혹은 교환한다.
	리미트 스위치의 설정불량	재조정한다.
	셋팅로드가 반환되지 않음	재조정한다.
토크 스위치가 작동하 여도 전동기가 정지되 지않음	리미트 스위치의 치차 파손	리미트 스위치를 교환한다.
	역상운전	배선을 수정한다.
	토크 스위치가 마이크로 스위치형인 경 우, 플런저의 녹부착	토크 스위치를 교환한다.
현장개도계가 돌지 않음	지시샤프트와 기어카플링의 스크류가 이 완됨	수리한다.
	전달기어의 스크류가 이완	수리한다.
	축에 녹이 부착됨	수리한다.
원방 개도계가 돌지 않음	배선의 부정확	배선을 수정한다.
	발신기와 기어축의 스크류가 이완됨	수정한다.
	전원불량	전압을 조정한다.
	발신기의 고장	수리하거나 교환한다.
시동중에 스템의 급격한 움 직임	스스템너트 혹은 록크너트가 충분히 조여 지지 않음	록크너트를 조인다.

## 15. 기초데이터

### 15.1 각종의 단위환산표

[\*는 국제단위계(SI)]

· [kg] 단위에 대하여

힘의단위인 「kgf」(=킬로그램중)과, 질량(물질의 많음)의 단위인「kg」은 어느쪽도, kg에 대해서 오해하기 쉽지만 (주), 단위로서 모두 나눈다. 따라서 양자는 종래부터 공존해 왔고 금후에도 계속 공존 할 것이다.

단, 힘의 단위인 「kgf」는 결국 폐지되고, 공업계, 일상생활에서도 뉴톤「N」만이 힘의 단위로서 사용되고 있다. 질량의 단위인 「kg」은 장래도 기본단위로서 공업계, 일상생활에도 사용될 것이다.

(주) 과거의 힘의 단위를 「kg」으로, 기록한 시대가 있다.

· [중량]에대해

[중량]이란 말은 힘(물질에 작용하는 지구인력=중력)의 의미로 사용되는 경우와, 질량(물질의 양)의 의미로 사용되는 경우가 있다. 전자의 의미에서는 단위는 [kgf]또는[N], 후자의 의미로서는 단위는 [kg]이 된다.

#### (1) 길이의 환산표

m * 미터	cm 센티미터	mm * 밀리미터	in( ") 인치	ft( ' ) 피트	척	yd 야드
0.01	1	10	0.3937	0.032808	0.033	0.01094
1	100	1000	39.37	3.2808	3.3	1.0936
0.001	0.1	1	0.03937	0.0032808	0.0033	0.001094
0.0254	2.54	25.4	1	0.083333	0.08382	0.02778
0.3048	30.48	304.8	12	1	1.0058	0.3333
0.30303	30.303	303.03	11.939	0.9942	1	0.3314
0.9144	91.44	914.4	36	3	3.0175	1

#### (2) 면적의 환산표(1)

m <sup>2</sup> * 평방미터	cm <sup>2</sup> * 평방 센티미터	in <sup>2</sup> 평방인치	ft <sup>2</sup> 평방피트	평(보)
0.0001	1	0.155	0.0010764	0.0.3025
1	10000	1550	10.764	0.30250
0.0.64516	6.4516	1	0.0069444	0.0.195
0.092903	929.03	144	1	0.02811
3.3058	33058	5124.38	35.584	1

(주) 표중의 수치, 예를들면 0.0.937 은 0.0000937를 나타낸다

## 면적의 환산표(2)

m <sup>2</sup> *	a	ha
평방미터	아르	헥타아르
1	0.01	0.0001
100	1	0.01
10000	100	1

## (3) 체적의 환산표

m <sup>3</sup> *	dm <sup>3</sup> , ( l )	in <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	영gal	미gal
입방메타	입방데시메타	입방인치	입방피트	영갤론	미갤론
0.001	1	61.024	0.035317	0.21998	0.26418
1	1000	61024	35.315	219.98	264.19
0.016	0.016	1	0.0579	0.00360	0.00433
0.028317	28.3153	1728	1	6.22786	7.4006
0.0045465	4.5465	277.46	0.16057	1	1.20114
0.0037852	3.7852	233.5	0.13368	0.83254	1
0.18039	180.39	11009.2	6.3707	39.676	47.656

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.0579는 0.000579를 나타낸다

## (4) 질량의 환산표

kg *	t			gr	lb
	메트릭톤	영톤	미톤		
1	0.001	0.009842	0.0011023	15432	2.2046
1000	1	0.9842	1.1023	15432000	2204.6
1016	1.0160	1	1.12	15678912	2240
907.185	0.90719	0.89286	1	13999073	2000
0.0648	0.0648	0.0638	0.0714	1	0.01429
0.4536	0.04536	0.04464	0.051	7000	1
3.75	0.00375	0.0036906	0.004134	57870	8.2672

kg *	kgf · s <sup>2</sup> /m
킬로그램	킬로그램중초 2승1미터
1	0.10197
9.807	1

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.04464는 0.0004464 를 나타낸다



## (5) 유량의 환산표

$l/s$ 리터/초	$m^3/d$ 입방미터/일	$m^3/h$ 입방미터/시	$m^3/min$ 입방미터/분	$m^3/s$ 입방미터/초	cfs ( $ft^3/s$ ) 입방피트/초
1	86.4	3.6	0.060	0.001	0.3532
0.2778	24	1	0.016667	0.0002778	0.009810
16.6667	1440	60	1	0.016667	0.588608
1000	86400	3600	60	1	35.3165
28.3152	2446.44	101.934	1.6989	0.02832	1

## (6) 힘의 환산표

N	* kgf 킬로그램중
1	0.10197
9.807	1

## (7) 압력의 환산표

MPa *	Pa *	bar	$kgf/cm^2$ 킬로그램중 1평방센티 미터	psi ( $lbf/in^2$ ) 파운드중/ 평방인치	atm 표준대기압	mm수은주 mm	m수주 m
0.1	$10^5$	1	1.0197	14.50	0.9869	750.1	10.197
0.09807	$9.80665 \times 10^4$	0.9807	1	14.22	0.9678	735.6	10.000
0.006895	$6.895 \times 10^3$	0.6895	0.07031	1	0.06805	51.71	0.7031
0.10133	$1.01325 \times 10^5$	1.0133	1.0332	14.70	1	760	10.33
0.013332	133.32	0.0013332	0.0013595	0.01934	0.0013158	1	0.01360
0.009807	$9.807 \times 10^3$	0.09807	0.10000	1.422	0.09678	73.55	1
$10^{-6}$	1	0.00001	0.010197	0.0145	0.009869	0.007501	0.010197

1Pa =  $1N/m^2$ , 1 mbar (밀리바) = 1hPa(헥토파스칼)

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.010197는 0.000010197를 나타낸다

MPa *	$N/mm^2$ *	$kgf/mm^2$
메가 파스칼	뉴턴/ 평방밀리미터	킬로그램중 /평방밀리미터
1	1	0.10197
9.807	9.807	1

## (9) 일, 에너지 및 열량의 환산표

J *	kgf · m 킬로그램중미터	ft · lbf	kW · h	kcal 킬로칼로리
1	0.10197	0.7376	0.002778	0.002389
9.807	1	7.233	0.002724	0.002343
1.356	0.1383	1	0.003766	0.003239
$3.6 \times 10^6$	$3.671 \times 10^5$	$2.655 \times 10^6$	1	860.0
4186	426.9	3087	0.001163	1

1J = 1N · m

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.002389는 0.0002389를 나타낸다

## (10) 동력의 환산표

kW *	PS 볼 마력	HP 영마력	kgf · m/s 킬로그램중 미터/초	ft · lbf/s 피트파운드중/ 초	kcal/s 킬로칼로리 /초	BTU/s BTU/초
0.7355	1	0.9859	75	542.5	0.1757	0.6973
0.746	1.0143	1	76.07	550.2	0.1782	0.7072
1	1.3596	1.3405	101.97	737.6	0.2389	0.9480
0.009807	0.01333	0.01315	1	7.233	0.002343	0.009297
0.001359	0.001843	0.001817	0.1383	1	0.003239	0.001285
4.186	5.691	5.611	426.9	3087	1	3.968
1.055	1.434	1.414	107.6	778.0	0.2520	1

1W = 1J/s

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.003239는 0.0003239를 나타낸다

## (11) 점도의 환산표

Pa · s *	mPa · s *	P 포이즈	cP 센티 포이즈	kgf · s/m <sup>2</sup> 킬로그램중 /평방미터
1	1000	10	1000	0.10197
0.001	1	0.01	1	0.0010197
0.1	100	1	100	0.010197
9.807	9807	98.07	9807	1

(주) 표중의 수치, 예를들어 0.0010197는 0.00010197를 나타낸다

## (12) 동점도의 환산표

m <sup>2</sup> /s *	mm <sup>2</sup> /s *	St (cm <sup>2</sup> /s) 스토크스	cSt 센티스토크스
1	1000000	10000	1000000
0.000001	1	0.01	1
0.0001	100	1	100

## (13) 온도치와 온도의 환산식

$$\begin{aligned} \text{켈빈(K)} &= \text{섭씨도(}^{\circ}\text{C)} + 273.15 \\ \text{섭씨도(}^{\circ}\text{C)} &= \text{켈빈(K)} - 273.15 \\ &= 5/9 [\text{화씨온도(}^{\circ}\text{F)} - 32] \\ \text{화씨온도(}^{\circ}\text{F)} &= 9/5 \times \text{섭씨도(}^{\circ}\text{C)} + 32 \\ &= 9/5 \times \text{켈빈(K)} - 459.67 \end{aligned}$$

## (14) 온도간격 혹은 온도차로서의 온도의 환산표

K *	$^{\circ}\text{C}$ 섭씨도	$^{\circ}\text{F}$ 화씨도
1	1	1.8
0.55556	0.55556	1

(주) 온도치 (온도)로서의 「온도」와 온도차로서의 「온도」의 구별에 주의할것

## (15) 비열, 비열용량의 환산표

$\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K}) *$ 주울/그램·켈빈	$\text{cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 칼로리/그램· $^{\circ}\text{C}$	$\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 킬로칼로리/ 킬로그램· $^{\circ}\text{C}$
1	0.2389	0.2389
4.186	1	1

## (16) 열용량의 환산표

$\text{kJ/K} *$	$\text{kcal}/^{\circ}\text{C}$ 킬로칼로리/ $^{\circ}\text{C}$
1	0.2389
4.186	1

## (17) 열전도율의 환산표

$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}) *$	$\text{kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 킬로칼로리/시 · 미터· $^{\circ}\text{C}$
1	0.86001
1.1628	1

## (18) 열전달계수의 환산표

$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) *$ 와트/평방미터·켈빈	$\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 킬로칼로리/평방미터 · 시· $^{\circ}\text{C}$
1	0.86001
1.1628	1

## (19) SI의 단위기호의 접두어

단위에 곱해지는 배수	접두어의 명칭	접두어의 기호
$10^9$	기가	G
$10^6$	메가	M
$10^3$	킬로	k
$10^2$	헥토	h
10	데카	da
$10^{-1}$	데시	d
$10^{-2}$	센티	c
$10^{-3}$	밀리	m
$10^{-6}$	마이크로	$\mu$
$10^{-9}$	나노	n
$10^{-12}$	피코	p

## 15.2 각종실용데이터

### (1) 물의 물리적 성질

온도 $t$ °C	밀도 $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	증기압 $P$ MPa	비열 $C_p$ J/(g · K)	점도 $\mu$ mPa · s	동점도 $\nu = \mu/\rho$ cm <sup>2</sup> /s	열전도율 $K_o$ W/(m · K)	온도전도도 $a = K_o/C_p\rho$ cm <sup>2</sup> /s	프란틀수 $Pr = \nu/a$
0	0.99987	0.000611	4.1274	1.789	0.01789	0.558	0.00132	13.6
10	0.99973	0.001227	4.1919	1.306	0.01307	0.577	0.00138	9.46
20	0.99823	0.002338	4.186	1.005	0.01006	0.597	0.00143	7.04
30	0.99568	0.004245	4.1782	0.8019	0.008054	0.615	0.00148	5.45
40	0.99225	0.007381	4.1783	0.6533	0.006584	0.633	0.00153	4.30
50	0.98807	0.012345	4.1804	0.5497	0.005564	0.647	0.00157	3.55
60	0.98324	0.019934	4.1841	0.4701	0.004781	0.658	0.00160	2.99
70	0.97781	0.031179	4.1893	0.4062	0.004154	0.667	0.00163	2.55
80	0.97183	0.047377	4.1961	0.3556	0.003659	0.673	0.00165	2.22
90	0.96534	0.70121	4.2048	0.3146	0.003259	0.678	0.00167	1.95
100	0.95838	0.101325	4.2099	0.2832	0.002944	0.681	0.00169	1.74
120	0.9434	0.19849	4.2312	0.232	0.00246	0.685	0.00171	1.44
140	0.9264	0.36120	4.2559	0.196	0.00212	0.684	0.00173	1.23
160	0.9075	0.61766	4.2840	0.174	0.00192	0.680	0.00175	1.10
180	0.8866	1.0019	4.3953	0.153	0.00173	0.673	0.00173	1.00
200	0.8628	1.5536	4.5000	0.136	0.00158	0.665	0.00171	0.923
220	0.837	2.3179	4.6046	0.126	0.00151	0.652	0.00169	0.894
240	0.809	3.3447	4.7302	0.117	0.00145	0.634	0.00166	0.874
260	0.785	4.6892	4.9813	0.109	0.00139	0.613	0.00157	0.885
280	0.750	6.4127	5.2325	0.101	0.00135	0.558	0.00150	0.900
300	0.714	8.5832	5.6930	0.095	0.00133	0.564	0.00139	0.957

1MPa = 10.2kgf/cm<sup>2</sup>

## (2) 금속재료의 밀도와 탄성계수와 열전도율

명 칭	밀 도 g/cm <sup>3</sup>	종탄성계수 GPa	횡탄성계수 GPa	열전도율 W/(m · K)
주 철 (GC)	7.2 ~ 7.3	78 ~ 130	28 ~ 38	23 ~ 41
주 강 및 강 판 (SC, SB)	7.85 ~ 7.9	175 ~ 210	70 ~ 84	27 ~ 45
18-8 스테인리스강	7.93	195 ~ 202	—	25 ~ 33
13 Cr 스테인리스강	7.75	205 ~ 210	—	12 ~ 15
청동 (BC)	8.4 ~ 8.7	80 ~ 90	28 ~ 30	35정도
황동 (BsBM)	8.3 ~ 8.6	70 ~ 100	27 ~ 38	60정도
아연 (An)	7.13	80 ~ 130	40정도	—
알루미늄 (Al)	2.7	62 ~ 74	23 ~ 27	—
크롬 (Cr)	7.19	—	—	—
니켈 (Ni)	8.9	200 ~ 220	76 ~ 84	—
수은 (Hg)	13.55	—	—	—
납 (Pb)	11.34	10 ~ 17	5.5정도	—
주석 (Sn)	7.30	45 ~ 55	18정도	—
텅스텐 (W)	19.3	—	—	—

(주1) 1GPa = 1.0197 × 10<sup>2</sup>kgf/mm<sup>2</sup>

(주2) 1W(m · K) = 0.86001kcal/(h · m · °C)

(주3) 열처리방법, 종류등에 의해 값이 바뀌기때문에 개략치이다.

## (3) 유체의 밀도

명 칭	밀 도 g/cm <sup>3</sup>
공 기	0.001293 (0°C, 760mmHg)
액 체 산	1.14
가 솔	0.65 ~ 0.75
경유	0.83 ~ 0.88
중유	0.90 ~ 0.98
윤유	0.9정도
식 물	0.9 ~ 0.97
동 물	0.86 ~ 0.94
해 물	1.0
10 % 식 염수	1.025
20 % 식 염수	1.07
	1.15

(4)기체의 정압비열용량  $J/(g \cdot K)$ 

기 체	온도 $^{\circ}C$	$C_p$
공 기 (건)	20	1.006
산 소	16	1.922
질 소	16	1.034
	100	1.038
수 소	0	14.191
	100	14.358
	400	14.777
이 산 화 탄 소	16	0.837
메 탄	15	2.210
산 화 질 소 ( $NO$ )	13~172	0.971
이 산 화 황 ( $SO_2$ )	15	0.636

(6)여러고체의 선팅창계수( $0 \sim 100^{\circ}C$  사이의평균치)

명 칭	$\alpha \times 10^{-4}$
고 무	0.77
에 보 나 이 트	0.64 ~ 0.77
콘 크 리 트	0.10 ~ 0.14
슬 래 트	0.104
유 리	0.088
화 강 암	0.083
목 재 (섬유에 직각)	0.08 ~ 0.05
벽 돌	0.055
건 축 용 석 재	0.04 ~ 0.07
대 리 석	0.035 ~ 0.044
도 기	0.036

(5) 금속의 선팅창계수 ( $0 \sim 100^{\circ}C$  사이의 평균치)

명 칭	$\alpha \times 10^{-4}$
아 연	0.263 ~ 0.528
납	0.276
백 합 금	0.25
알 미 늄 주	0.222
알 미 늄	0.214
알 미 늄 판	0.207
황 동	0.193
황 동 주 물	0.188
동	0.187
금	0.167
니 켈	0.139
니 켈	0.128
동 철	0.119
안 티 몬	0.110
강	0.105 ~ 0.110
주 철	0.102
백 금	0.089
18-8 스텐인레스강	0.171
13Cr 스텐인레스강	0.09 ~ 0.1

(7) 액체의 선팅창계수(상온에서)

명 칭	$\beta \times 10^{-4}$
에 테 르	16.0
펜 탄	15.9
클 로 포	12.6
벤 젠	12.5
사 염 화 탄 소	12.3
메 탄	12.2
알 콜	11.0
초 산	10.7
석 유	10.0
테 레 빈 유	10.0
아 닐 유	8.5
파 라 핀 유	7.6
올 리 브 유	7.2
석 탄 타 르	6.0
유 산	5.5
글 리 세 린	5.0
물	1.8
수 은	1.8

(8) 기체의 선팅창계수

기체에 대해서 일률적으로  $\frac{273}{1}$  이다

## (9) 주물의 길이가 주형의 길이에서 축소율 (%)

주 조 재 료	축소율 %
아 연	1.60
알 루 미 늬	1.7~1.8
알 루 미 늬 청 동	1.65
안 티 몬	0.3~0.7
항 동	1.54
주 석 ( 사 형 )	0.225
주 석 ( 철 드 )	0.695
청 동 + 10%아 연	0.77

주 조 재 료	축소율 %
납	1.1
청 연 + 0.12%주석	0.3~0.4
백 합 금	0.55
용 강	1.60
주 철	1~1.1
철 드 주 철	1.5
가 단 주 철	1.5
주 강 품	0.8~2.0

## (10) 각종공업점도의 관계도(그림15·1)

(주) 밀도값은, 동일온도에서 점도의 값을 읽은것이다

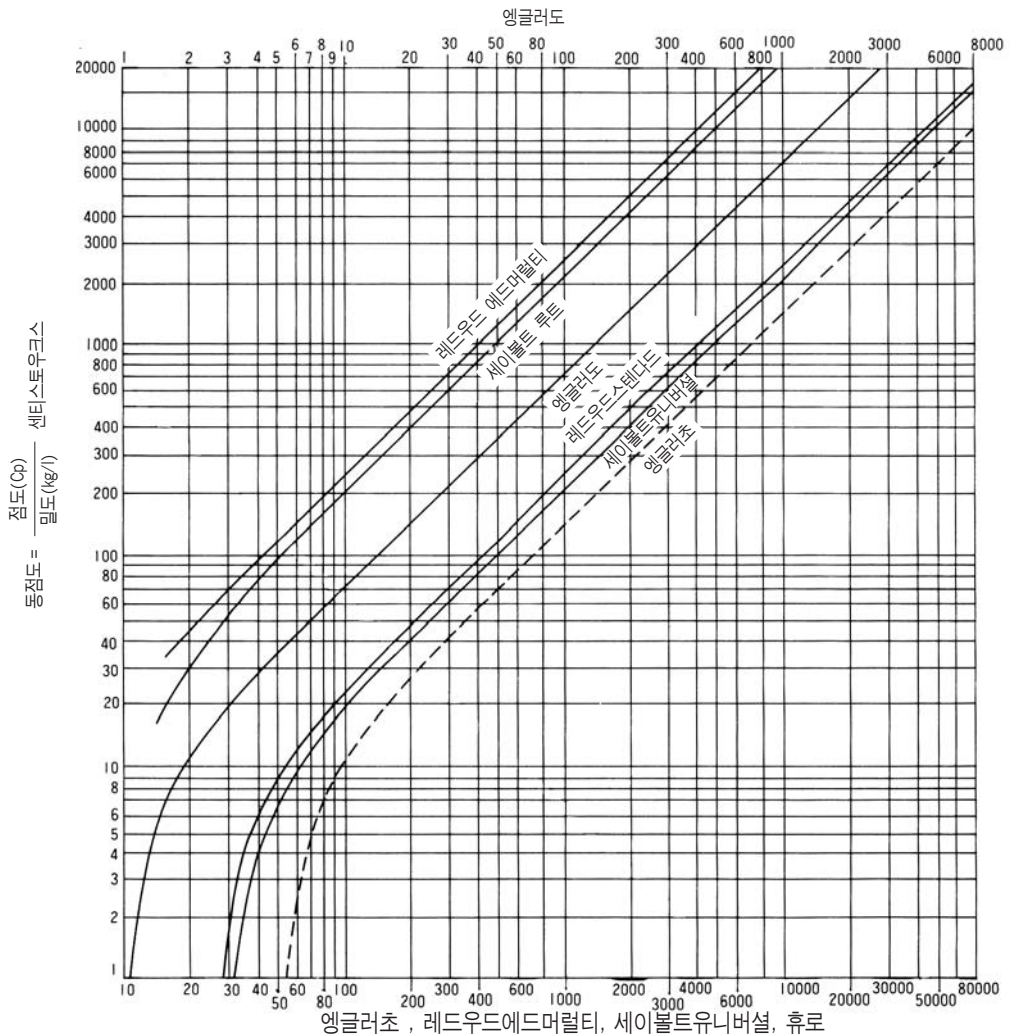


그림 15·1 각종공업점도의 관계식

## 신 신 펴 프 편 람

---

초 판 : 1쇄 2001년 2월 20일

개정판 : 2쇄 2006년 6월 24일

발 행 : (주)신신기계

부산광역시 기장군 정관면 예림리 940-13

TEL : 727-5300 ~ 5304

인 쇄 : AVC애드비전

부산광역시 연제구 연산동 1143-6

아시아드메디컬B/D 1F

TEL : 866-3913 ~ 4/3918

---

※ 當社 許可없이 無斷複製 禁함.



