

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

ポンプの吐出し圧力は、ポンプの性能曲線に示される全揚程を圧力に換算した値と同じではありません。

## 1. 記号の説明

$H$  : 全揚程 (m)

$H_d$  : 基準高さにおける吐出しヘッド (m)

$H_s$  : 基準高さにおける吸込ヘッド (m)

$v_d$  : 吐出し口の流速 (m/s)

$v_s$  : 吸込口の流速 (m/s)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$v_d^2/2g$  : 吐出し速度ヘッド (m)

$v_s^2/2g$  : 吸込速度ヘッド (m)

$\rho$  : 液体の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$P_d$  : 吐出し圧力 (kg/cm<sup>2</sup>) =  $\rho H_d/10$

$P_s$  : 吸込圧力 (kg/cm<sup>2</sup>) =  $\rho H_s/10$

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

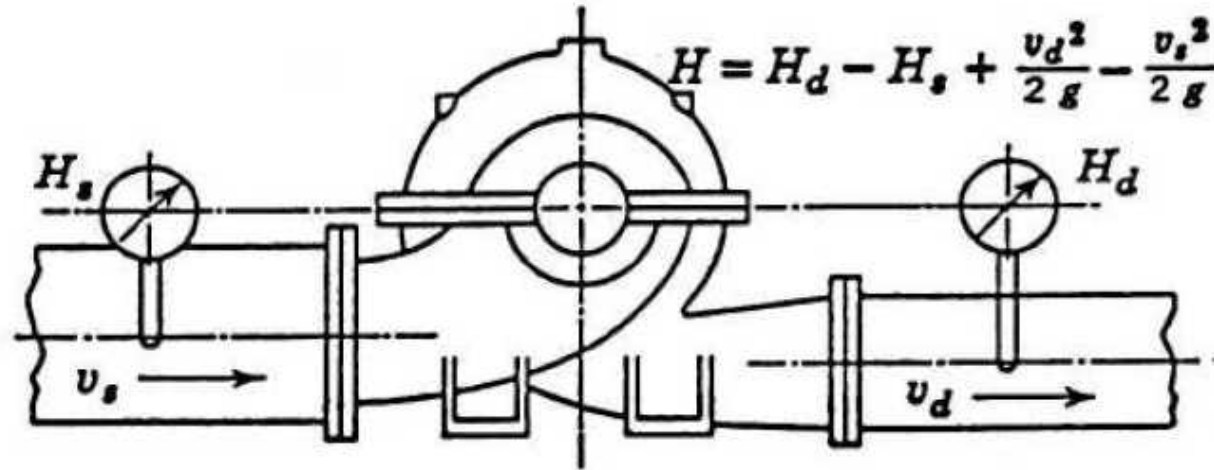


図1 参考図

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

## 2. 全揚程 $H$ の定義

全揚程  $H$  は、ポンプを運転することによって液体が得たエネルギーを全ヘッドで表示した値であり、基準高さにおけるポンプの吐出し口と吸込口の全ヘッド差になります。基準高さは、横軸ポンプでは軸中心になります。ポンプの性能試験のとき、吐出しヘッドおよび吸込ヘッドは、圧力計器で測定するために、静圧でしか測定できません。しかし、ポンプの運転中は、吸込速度を持った液体がポンプの吸込口から流入し、ポンプの吐出し口から吐出し速度を得た液体が流出します。吸込速度と吐出し速度のエネルギーは動圧と呼ばれます。そして、全揚程  $H$  は、全圧をヘッドで表したエネルギーなので、静圧と動圧の和になります。

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

## 3. 全揚程 $H$ の計算式

基準高さにおける吐出しヘッドを  $H_d$  (m)、吸込ヘッドを  $H_s$  (m)、吐出し口の流速を  $v_d$  (m/s)、吸込口の流速を  $v_s$  (m/s)、重力加速度を  $g$  (m/s<sup>2</sup>) すれば、全揚程  $H$  (m) は、基準高さにおけるポンプの吐出し口と吸込口の全ヘッド差なので、

$$H = (H_d + v_d^2/2g) - (H_s + v_s^2/2g) = H_d - H_s + v_d^2/2g - v_s^2/2g \quad \dots \dots (1.1)$$

になります。

吐出し口径と吸込口径が同じ場合、

$$\text{速度ヘッドの差 } (v_d^2/2g - v_s^2/2g) = 0$$

になるので、

$$H = H_d - H_s \quad \dots \dots \dots (1.2)$$

になります。

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

## 4. 吐出し圧力

(1.1)式から、吐出しヘッドを  $H_d$  (m)は、

$$H_d = H + H_s - v_d^2/2g + v_s^2/2g = H - (v_d^2/2g - v_s^2/2g) + H_s \quad \dots \dots (1.3)$$

になります。つまり、吐出しヘッド  $H_d$  (m)は、全揚程  $H$  (m)から吐出し速度ヘッドと吸込速度ヘッドの差 ( $v_d^2/2g - v_s^2/2g$ )を差引き、吸込ヘッド  $H_s$ (m)を加えた値になります。したがって、

$$H_d = H$$

とはなりません。吐出しヘッド  $H_d$ (m)は、常に吸込ヘッド  $H_s$ (m)によって変わります。

液体の密度を  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>)として、吐出しヘッド  $H_d$  (m)を吐出し圧力  $P_d$  (kg/cm<sup>2</sup>) に換算すると、

$$P_d = \rho H_d/10 \quad \dots \dots \dots (1.4)$$

になります。同様に、吸込圧力  $P_s$  (kg/cm<sup>2</sup>) は、

$$P_s = \rho H_s/10 \quad \dots \dots \dots (1.5)$$

になります。

## ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

吐出し圧力  $P_d$  (kg/cm<sup>2</sup>) は、(1.3)式から、

$$P_d = \rho H/10 - \rho (v_d^2/2g - v_s^2/2g)/10 + P_s$$

になります。

吐出し口径と吸込口径が同じ場合、

$$\text{速度ヘッドの差 } (v_d^2/2g - v_s^2/2g) = 0$$

になるので、

$$H_d = H + H_s$$

$$P_d = \rho H/10 + P_s$$

になります。

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

## 5. 圧力計器の高さ

図 1 では、圧力計器はポンプの軸中心の位置にあります。それでは、圧力計器が軸中心でない場合、吐出しヘッド  $H_{d1}$  (m) と吸込ヘッド  $H_{s1}$  (m) はどうなるのでしょうか。圧力計器が軸中心より高くなる分だけ、指示値は低下します。吐出し口の圧力計器が高さ  $\Delta H_d$  (m)、吸込口の圧力計器が高さ  $\Delta H_s$  (m) だけそれぞれ軸中心より高い場合、吐出しヘッド  $H_d$  (m) と吸込ヘッド  $H_s$  (m) は、次のようになります。

$$H_d = H_{d1} + \Delta H_d \quad \dots \dots \dots (1.6)$$

$$H_s = H_{s1} + \Delta H_s \quad \dots \dots \dots (1.7)$$

# ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

## 6. 計算例

吐出し量  $Q = 1.9 \text{ m}^3/\text{min}$ , 吐出しヘッド  $H_{d1} = 150 \text{ m}$ , 吸込ヘッド  $H_{s1} = 20 \text{ m}$ , 吐出し口径  $D_d = 80 \text{ mm}$ , 吸込口径  $D_s = 100 \text{ mm}$ , 吐出し口の圧力計器の高さ  $\Delta H_d = 0.3 \text{ m}$ , 吸込口の圧力計器の高さ  $\Delta H_s = 0.1 \text{ m}$ , 液体の密度  $\rho = 0.78 \text{ g/cm}^3$  の場合、全揚程  $H \text{ (m)}$ , 吐出し圧力  $P_d \text{ (kg/cm}^2)$  および吸込圧力  $P_s \text{ (kg/cm}^2)$  を計算する。

(1.6)式から、

$$H_d = H_{d1} + \Delta H_d = 150 + 0.3 = 150.3 \text{ m}$$

(1.7)式から、

$$H_s = H_{s1} + \Delta H_s = 20 + 0.1 = 20.1 \text{ m}$$

吐出し口の流速  $v_d \text{ (m/s)}$  は、

$$v_d = (Q/60) / \{ \pi / 4 \times (D_d/1000)^2 \} = (1.9/60) / \{ \pi / 4 \times (80/1000)^2 \} = 6.3 \text{ m/s}$$

吸込口の流速  $v_s \text{ (m/s)}$  は、

$$v_s = (Q/60) / \{ \pi / 4 \times (D_s/1000)^2 \} = (1.9/60) / \{ \pi / 4 \times (100/1000)^2 \} = 4.0 \text{ m/s}$$



## ポンプ全揚程と吐出し圧力との関係

(1.1)式から、全揚程  $H$ (m)は、

$$\begin{aligned} H &= H_d - H_s + v_d^2/2g - v_s^2/2g \\ &= 150.3 - 20.1 + 6.3^2/(2 \times 9.81) - 4.0^2/(2 \times 9.81) \\ &= 131.4 \text{ m} \end{aligned}$$

(1.4)式から、吐出し圧力  $P_d$  (kg/cm<sup>2</sup>)は、

$$P_d = \rho H_d/10 = 0.78 \times 150.3 / 10 = 11.7 \text{ kg/cm}^2$$

(1.5)式から、吸込圧力  $P_s$  (kg/cm<sup>2</sup>)は、

$$P_s = \rho H_s/10 = 0.78 \times 20.1 / 10 = 1.57 \text{ kg/cm}^2$$

となります。