

III-31 管輸送における経済的管径

山口大学 正員 小川 元

円管内の浮遊砂の流れに関する実験の結果、砂輸送量は径深の影響を受けることが見出された。これは円管内の乱流拡散係数 ϵ が、径深 $r_0/2$ の影響を受けることを意味すると考えられ、これから拡散係数の平均値 ϵ_{ave} を、径深を含むレイノルズ数の函数であると考ええる。一方円管内の拡散係数の分布を、任意の半径に沿って図-1の図-1 円管内の拡散係数の分布の仮定のように仮定し、これの円管断面の平均値をとって、O'Brienの浮遊砂に関する基本式を解き、これに砂輸送量の実験値を適用して、円管内の拡散係数平均値を式(1)のように求めた。

$$\frac{\epsilon_{ave}}{\nu} = 52 Re_*^{0.4} = 20 f^{0.2} Re^{0.4} \quad (1)$$

ここに、 $Re_* = \frac{r_0}{2} \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} / \nu$ 、 $Re = \frac{VD}{\nu}$ 、 r_0 は管の半径、 $\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ は摩擦速度、 ν は動粘性係数、 V は平均流速、 D は管径、 f は摩擦損失係数である。

次に式(1)をO'Brienの基本式に適用して、円管内の浮遊砂の平均濃度を求めると、近似的に式(2)および(3)のように与えられる。

$$N = \frac{C_0}{1.9} (e^{-0.027\Phi} + e^{-0.063\Phi}) \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{1}{f^{0.2} \nu^{0.6}} \frac{r_0^{0.6}}{V^{0.4}} \omega \quad (3)$$

ここに N は小数で表わした浮遊砂の真容積濃度、 C_0 は砂の真容積率、 e は自然対数の底、 ω は砂粒の沈降速度である。

管内の浮遊砂の濃度は式(3)によって決定されるので、管径と平均流速と土砂の沈降速度とが与えられると土砂輸送量を近似的に求めうる。しかるにポンプにおいては、管径と流速とは相関関係にある。すなわち、ポンプの全揚程 H_t は、近似的に、実揚程 H 、摩擦損失水頭、速度水頭の和として、式(4)のようになり、

$$H_t = H + f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

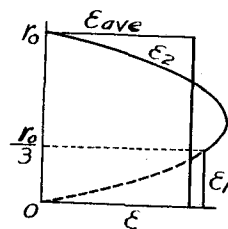
ここに、 L は管の長さ、 g は重力加速度で、全揚程 H_t とそれに対応する流量 Q とは、揚程曲線として図-2のように与えられている。 Q は式(5)のようであるので、

$$Q = \pi r_0^2 V \quad (5)$$

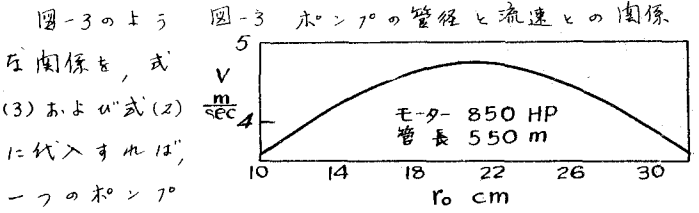
式(5)を式(4)に代入すると式(6)となる。

$$K r_0^5 = 2 r_0 + f L \quad (6)$$

ここに、 $K = \frac{49 \pi^2 H_v}{Q^2}$ 、 $H_v = H_t - H$



で、図-2の $Q \sim H_V$ の関係を式(6)に代入すれば r_0 が求められ同時に式(5)から対応する V がえられる。これを850 HPのポンプについて図示すると図-3になる。



について、管半径 r_0 と土砂輸送量 M との関係がえられる。200 HPのポンプについて、管長を500 mとして、種々の土砂沈降速度に対してこれを求めてみると図-4のようになった。

図-4の各曲線の極大値に対応する r_0 は、最大土砂輸送量を与える管半径で、これはいわゆる経済管半径である。この経済管半径を、モーター馬力数が1,200 HPまでの種々のポンプについて求めて図示すると、図-5となる。図-5は、1,200 HPの場合には管長を1,200 mとして、その間には馬力数に応じて変化するものとしている。すなわち経済管径は、管長によっても変化するもので、200 HPの場合は500 m、1,200 HPの場合は1,200 mを基準の管長として、それらに対する経済管径を求めたものである。

図-5の各場合に対して、対応する流速を求めると図-6のようになる。図-6は、ポンプが経済管径をとった場合に生ずる流速を示しているのであるが、同時に任意の管径に対して、ある沈降速度の土砂を流す場合の、最も経済的な流速を示している。これによると、土砂が粗粒になるにしたがって、一般に管は細くし、流速は大にする方がよいが、その極限はそのポンプが流す最高流速を与えるような管径であることがわかる。ポンプの浮遊能力が最高になるのは、このような管径においてであって、最近の欧米の大型ポンプは、経験上から大体このような管径が用いられている。わが国のポンプ船の管径は、ほとんど常に管径が大きすぎる状態であると考えられる。

図-2 揚程曲線

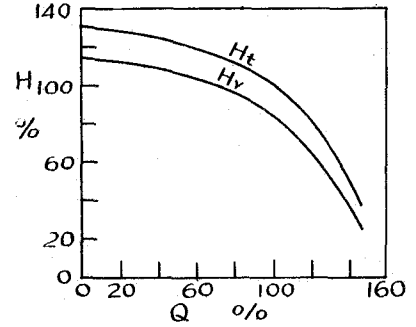


図-4 管径と土砂輸送量との関係

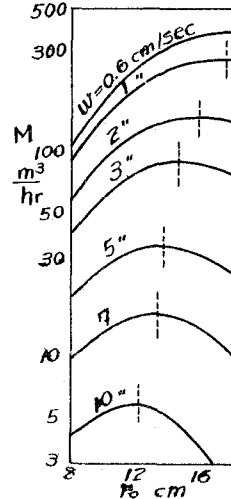


図-5 モーター馬力数に対する経済管径

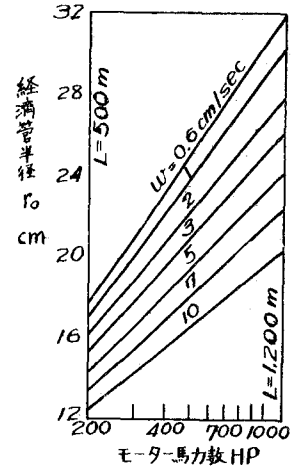


図-6 管径に対応する経済流速

