

III—29 管輸送における管粗度の影響について

山口大学 正員 小川 元

管による粒子(砂)の水輸送において、管壁の粗度が輸送量におよぼす影響を、効率的見地から検討したものである。管径と流速とが一定であれば、管壁の粗度が大であるほど管内で維持される浮遊砂の濃度は大となり、したがって砂輸送量は大になる。しかしその場合には、粗度が大であるほど摩擦抵抗が大になり、そのため輸送に要する動力が大になる。故にこの問題は、単位出力あるいは一定出力当りの砂輸送量によって検討されなければならない。

管粗度と摩擦損失係数との関係は、ある程度以上のレイノルズ数に対して、ニクラゼによって式(1)のように示されている。

$$\frac{1}{f} = 2 \log_{10} \frac{r_0}{\epsilon} + 1.74 \quad (1)$$

ここに f は摩擦損失係数、 r_0 は管半径、 ϵ は相当粗度である。

故に、管壁の一般的な粗度の影響は、式(1)を用いて、摩擦損失係数によって検討することができるであろう。一方ポンプの出力、すなわち揚程曲線と、管の摩擦抵抗とを結合すると式(2)が得られ、これには摩擦損失係数 f をふくんでいる。

$$\left. \begin{aligned} K r_0^5 &= 2 r_0 + f L \\ K &= \frac{49 \pi^2 H v}{Q^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここに L は管長、 g は重力加速度、 $H v$ はポンプの全揚程から吸上揚程と実揚程とを差引いたもので、摩擦抵抗と速度水頭とから成る。 Q はポンプの流量である。

よって式(2)によって、 f と流量との関係が知られる。この式(2)を、先に筆者が求めた、管内における浮遊砂の濃度に関する理論的実験式、式(3)および(4)に結合すると、 f に対応する流量によって与えられる土砂輸送量を求めることができ、一定のポンプ出力の場合における、土砂輸送量に対する f の影響を知ることができる。すなわち、管粗度のおよぼす効率上の影響を検査することができる。

$$N = \frac{C_0}{1.9} (e^{-0.027 \pi} + e^{-0.063 \pi}) \quad (3)$$

$$\pi = \frac{1}{f^{0.2} \nu^{0.6}} \frac{r_0^{0.6}}{V^{0.4}} w \quad (4)$$

ここに C_0 は土砂の真容積率、 N は管内土砂の真濃度、 ν は水の動粘性係数、 V は平均流速、 w は土砂の沈降速度である。

この方法によって、まず一定のポンプで一定の砂を、一定の管径と管長とで流す場合、管粗度のみが変化するものとするればどのようなようになるかを、輸送土量を縦軸としてしらべてみると、図-1 のようになる。すなわち、管径が一定の場合には、 f に適当な値があり、

f がそれより大であつても小であつても、効率が悪くなる。

しかしながら図-1 においては、管径が一定の場合をとつてあるので、任意の f に対する輸送量は、その場合にそのポンプとして輸送しうる最大土量を示しているものではない。異つた f 値に対しては、異つた管径を用いたならば、輸送量は図-1 に示された値よりさらに大になるかも知れない。これを見るために、種々の f の値に対して、その f 値をとつた場合に、おのおの輸送量が最大になるような管径が与えられるように図表を描くと、図-2 となる。

図-2 の各曲線の頂点は、 f の各値に対して、そのポンプが任意の管径をとるものとして、輸送しうる最大の土量を示している。ポンプはいかなる場合にも、これ以上の土量を輸送することはできない。これによつて見ると、そのポンプが輸送しうる最大の土量は、ある f の値で最もになり、 f がそれ以上でも以下でもそれより大になる。しかして小なる f の値に対しては管径が小なる方がよく、 f が大になると管径も大なるものを要して、 f が小なる場合と大なる場合とで輸送量が等しい場合が存在する。輸送量が等しければ管径は小なる方が経済的であるから、したがつて f が小である方が経済的であることになる。図-2 の各頂点のうち、最低のものを与える f の値は、ポンプ馬力数、管長、土質によつて異なるが、普通に存在する f の値よりは多少大である。故に一般的に、 f はなるべく小なる方が、いいかえれば管はなるべく滑らかな方が経済的であるといふ。

輸送量におよぼす f の影響は、ポンプ馬力数、管径、管長、土砂の沈降速度と相關々係にあるため、最も効率的な f の値を確定することは困難であり、かつ f の値は原則的に先天的なものであつて、これを確定しても無意味であるが、近似的に、ポンプしゅんせつの場合、一般的に f がどの程度の値をとれば経済的であるかを、上記に準じた方法で検討すると、現在実在のしゅんせつポンプ、管長、土質に対して、一般に f の値は、実際の排砂管の f の値より小である方がよいことが結論される。したがつて、土砂輸送量を増加させる目的で、管の内壁に人工的な粗度を与えることは効果がないと考えられる。

図-1 管径が一定の場合の、 f の値と土砂輸送量との関係

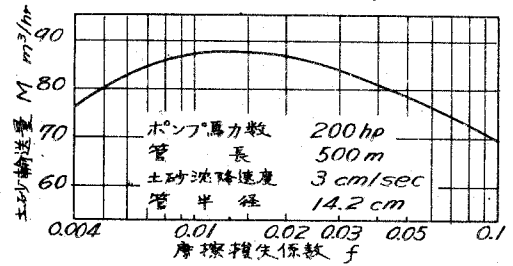


図-2 f の値が異なる場合の、管半径と土砂輸送量との関係

