

# 港湾技術資料

TECHNICAL NOTE OF  
PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

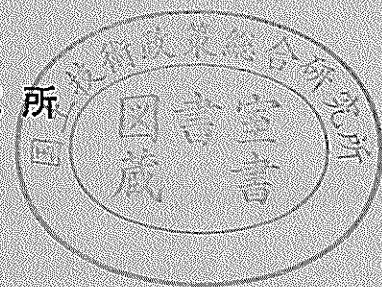
No. 17 June 1965

深掘浚渫に関する研究

欠円型管内ノズルによる流量測定について ..... 岩田 尚生

昭和40年6月

運輸省港湾技術研究所



# 欠円型管内ノズルによる流量測定について

## 目 次

1. ま え が き	1
2. 欠円型管内ノズルの流量計算式	1
3. 実験および実験結果	2
3-1 実験装置および実験	2
3-2 実 験 結 果	4
4. あ と が き	5

# 欠円型管内ノズルによる流量測定について

岩田 尚生\*

## 1. ま え が き

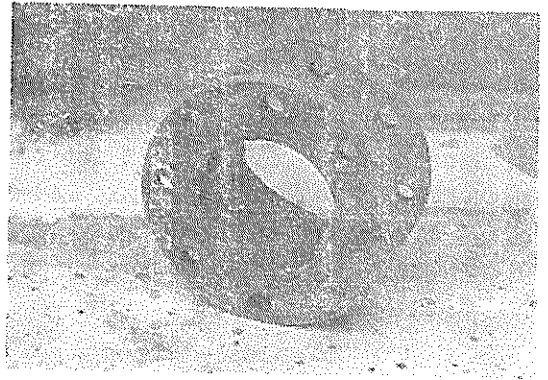
土砂混合水を水力輸送するポンプしゅん漂船やエゼクタしゅん漂船では、常に運転時の排送流量や含泥率を知って能率よい方法で作業を行ない、かつその成績を正確に掴むことが必要である。現在排送流量や含泥率の測定に電磁流量計や放射線式含泥率計の使用されることもあるが、費用面や取扱い法の関係で未だ一般に普及していない。また普通の管内オリフィスや管内ノズルによる流量の測定は、土砂混合水輸送時に管底を摺動して流れる土砂の障害となり、かつ摩擦がはなはだしい。

上記のような理由で、土砂混合水を水力輸送する際の流量の測定に、排送管断面の一部をせき止めた型式の欠円型オリフィスを用いる場合がある。この欠円型オリフィスは、オリフィス後方で縮流が起り水流の状態が大変複雑なために、オリフィスの直前直後の圧力を測定して検定結果から流量を求める方法がとられている。また欠円型オリフィスは、土砂混合水の衝突によるわずかの摩擦によって水流の状態が変化し、測定値が狂ってくること、およびオリフィス直前の圧力は、圧力取出口位置のわずかの相違によって大きく変化するので、相似な模型による検定結果では、正確な測定値が得られないという欠点がある。

本論文で述べる欠円型ノズルは、土砂混合水の輸送時に用いる欠円型オリフィスの欠点を補なうためのもので、ノズル前面に十分な丸味があるので土砂混合水の衝突による摩擦が少なく、ノズルに平行部分があるから、その一部分が石塊等によって損傷しても、排送管とノズルの断面は一定の面積比を保つことができる。更にノズル後方に縮流が起らないから、計算によって流量の近似値を求めることも容易である。

このような欠円型ノズルについて研究を行なう主目的は、土砂混合水輸送時の流量を測定できるようにすることであるが、その基本となるのは水のみを輸送するときの測定圧力と流量の関係である。しかるにこれら欠円型

オリフィスや欠円型ノズルの問題を取り扱った文献は未だ見あたらない。そこで本論文では当研究所機材部で実施している噴流装置の研究において、その実験装置の管路に欠円型ノズルを取りつけて実験を行なっているもので、今までに実施した水輸送時の記録を整理して、その測定値と計算値を比較検討した結果を報告する次第である。



写真— 1 欠円型ノズルの一例

## 2. 欠円型管内ノズルの流量計算式

図— 1 (A) に欠円型管内ノズルの配置を示す。図で管の左から右に向かって水が流れているとき、一般には断面 2 と 4 の圧力差を測定して流量を求めるが、断面 2 附近は測定口位置の相違による圧力変化が大きいので計算を行なうには適していない。そこで断面 2 を除外すると、先ず断面 1 と断面 3 において次の計算式が考えられる。

$$Q = C_w A_a \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_3)/\gamma_w}{1 - C_c \left(\frac{A_n}{A_a}\right)^2}} \dots\dots\dots (1)$$

ここに  $Q$  = 流量 ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )

$C_w$  = 流量係数

$C_c$  = 縮流係数

$A_a$  = 断面 1 の面積 ( $\text{m}^2$ )

$A_n$  = 断面 3 の面積 ( $\text{m}^2$ )

\* 機材部作業船研究室

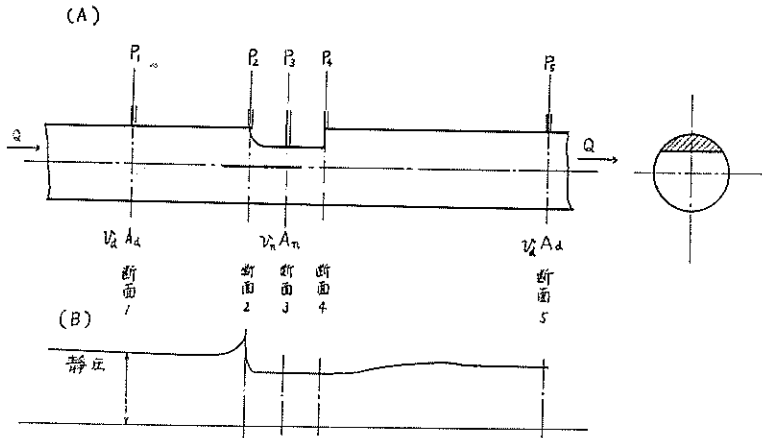


図-- 1 欠円型管内ノズルの配置

$g$  = 重力の加速度 ( $m/sec^2$ )

$P_1$  = 断面 1 における圧力 ( $kg/m^2$ )

$P_3$  = 断面 3 における圧力 ( $kg/m^2$ )

$\gamma_w$  = 水の単位体積重量 ( $kg/m^3$ )

次に第 2 の計算方法として断面 4 と断面 5 において運動量の法則を適用して次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_3 - P_4}{\gamma_w} &= \frac{v_a(v_n - v_a)}{g} \\ \therefore Q &= A_d \sqrt{\frac{g(P_3 - P_4) / \gamma_w}{\frac{A_d}{A_n} - 1}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここに  $P_4$  = 断面 4 における圧力 ( $kg/m^2$ )

$P_5$  = 断面 5 における圧力 ( $kg/m^2$ )

$v_a$  = 断面 5 における流速 ( $m/sec$ )

$v_n$  = 欠円部分での流速 ( $m/sec$ )

上式の圧力  $P_4$  の値は式 (1) の  $P_3$  の値に等しく、また  $C_c \approx 1$  の場合である。種々の管径に対し面積の比  $A_d/A_n$  を定めると図-2 に示すような流速水頭線図を得る。これより直ちに流量  $Q$  を算出することができる。

以上述べた計算では水流と管壁との摩擦損失を含まず、また圧力  $P_1$  および  $P_5$  の測定口位置についても規定していない。これらの問題は広範囲な種々の実験によって確かめる必要がある。

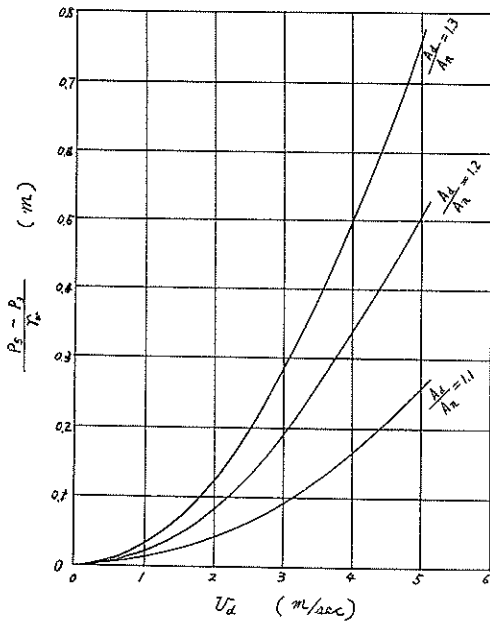
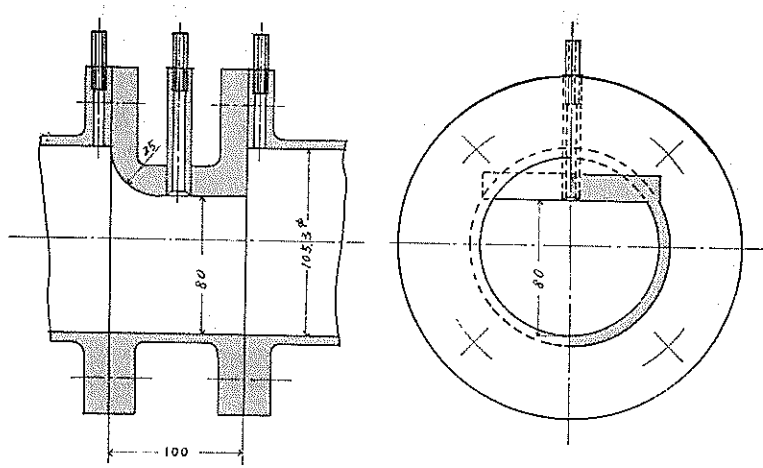


図- 2 管内流速と水頭差の関係

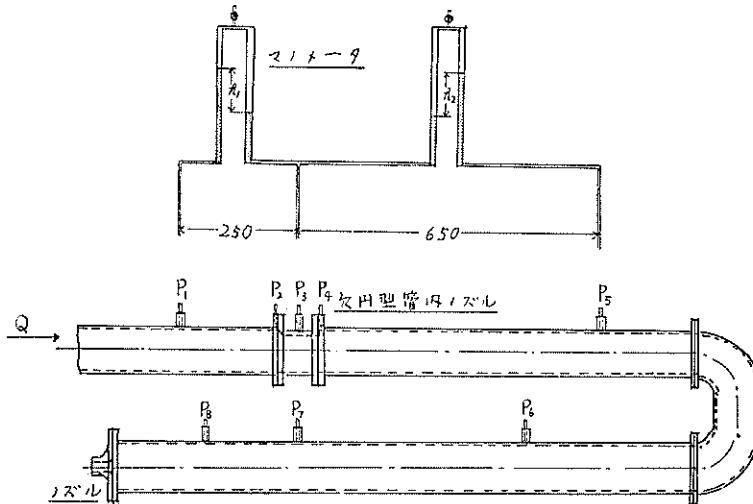
### 3. 実験および実験結果

#### 3-1 実験装置および実験

実験に使用した欠円型ノズルの構造寸法を図-3 に示す。管断面と欠円ノズル部断面の面積比  $A_d/A_n = 1.22$



図一 3 実験に用いた欠円型管内ノズルの形状寸法



図一 4 実験時のマンメータの配置



写真一 2 欠円型管内ノズルの実験状況

である。実験は噴流装置実験設備の吐出側管路に本欠円型ノズルを取りつけて行なった。図-4 および写真-2 にその配置を示す。圧力  $P_4$  の値は  $P_3$  と等しいから、本実験では水マノメータにより  $P_1-P_3$  および  $P_5-P_3$  の値を測定した。 $P_2$  および  $P_4$  その他の圧力は夫々水銀マノメータによって測定している。図の測定内容の他に噴流装置ジェット圧力、混合管内の圧力、および流量せきによる流量測定も同時に行なっている。

圧力  $P_1$  および  $P_5$  の測定位置は今までに行なった噴流装置についての実験結果を参考にして定めた。流量  $Q$  は噴流装置のジェット圧力を加減して調節し、図-4 の吐出口ノズルと圧力  $P_5$  とから夫々の流量を求めた。本実験における管内流のレイノルズ数は  $5 \times 10^4$  から  $2 \times 10^5$  までの範囲である。

### 3-2 実験結果

実験の結果では圧力  $P_1-P_3$  と  $P_5-P_3$  は殆んど等しい値を得ている。先ず実験結果を式(1)によって整理したものを図-5 に示す。図で流量  $Q$  は検定用ノズルと圧力  $P_5$  とから求めた値であり、計算値は圧力  $P_1-P_3$  の値を式(1)に代入して得た値である。図から流量係数

$C_w=0.94$  を用いた計算値が測定値と比較的よく一致している。本欠円型ノズルにより流量を求める場合は、 $G_w=0.94$  のとき式(1)は次のようになる。

$$Q = 5.74 \sqrt{\frac{P_5 - P_3}{\gamma_w}}$$

次に実験結果と式(2)の関係を図-6 に示す。図では測定値が計算値よりもかなり小さく出ていることがわかる。更に  $(P_5 - P_3)/\gamma_w < 20 \text{ mm}$  の範囲では特に誤差が大きくなっている。ゆえにこれは管路における摩擦損失を含まない計算であることに加え、マノメータの読取りの際の誤差も含まれていると考えられる。式(2)によって本欠円型ノズルから流量  $Q$  を求める計算式は次のようになる。

$$Q = 5.81 \sqrt{\frac{P_5 - P_3}{\gamma_w}}$$

以上の実験結果では、 $P_1-P_3$  および  $P_5-P_3$  の値が  $20 \text{ mm}$  以上の実験範囲内で流量  $Q$  の実験値と測定値はかなりよく一致している。ゆえにポンプしゅん課船、エゼクタしゅん課船等において、本欠円型ノズルを用いて送水時の排送管流量の近似値を計算によって求めること

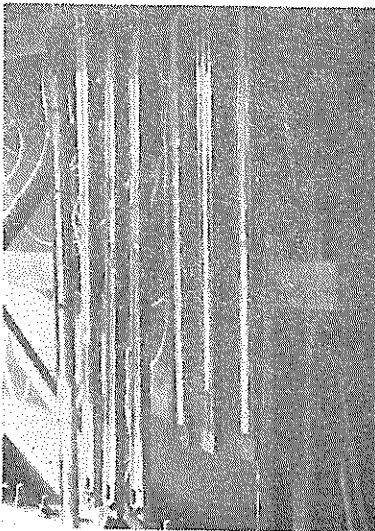


写真-3 マノメータによる測定状況

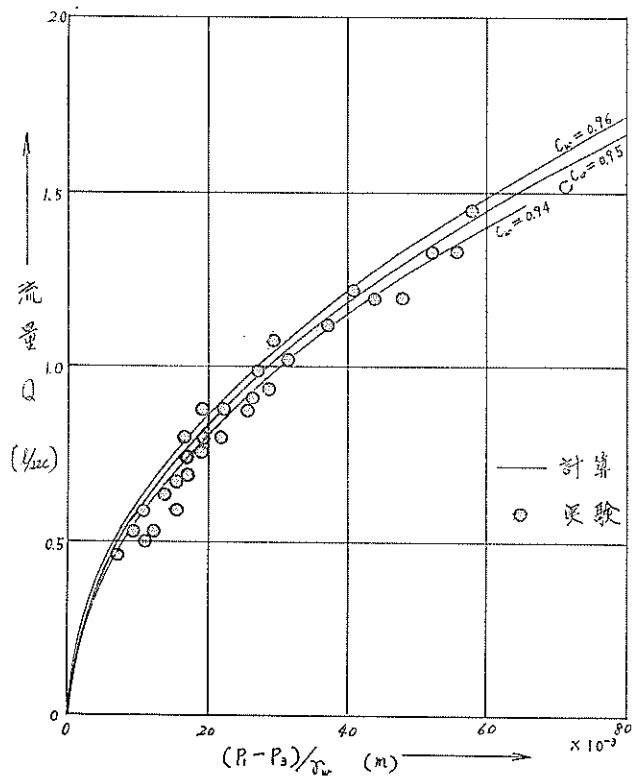


図-5 実験結果と式(1)の関係

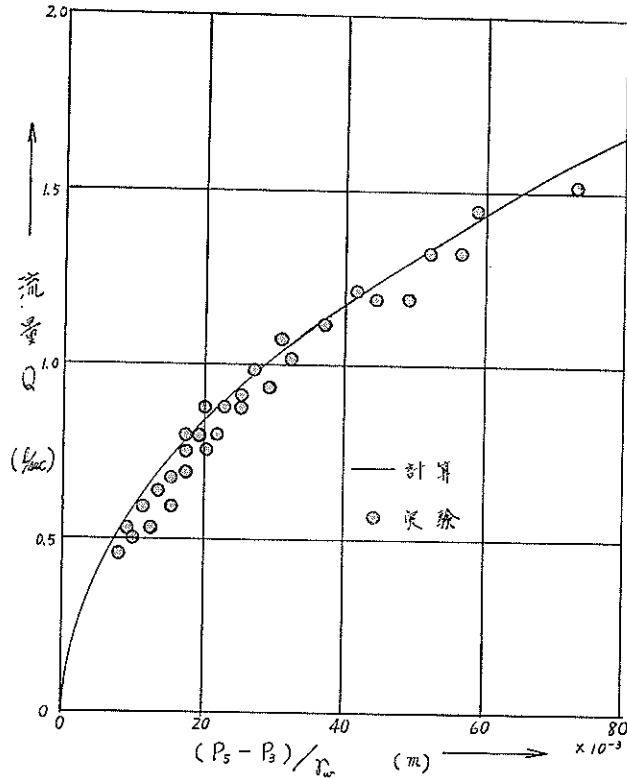


図-6 実験結果と式(2)の関係

ができる。また適当な圧力変換器を用いて  $P_1 - P_3$  または  $P_5 - P_3$  の値を指針によって直接流量  $Q$  で表示させたり、自動記録させたりできると考えられる。もちろん、この測定方法は厳密な意味の測定を目的とするものでなく、しゅん濇船運転上の目安として流量の変化を観察する程度のものである。

#### 4. あとがき

以上欠円型管内ノズルによる流量測定について述べてきたのであるが、その結論をまとめると次のようになる。

- (1) 本欠円型ノズルによる水輸送時の測定値は、水頭差 20 mm 以上の範囲では計算値流量とよく一致した。
- (2) ノズル前とノズル部の圧力差  $P_1 - P_3$  の値は、ノズル部とノズル後方の圧力差  $P_5 - P_3$  の値と殆んど等しい。
- (3) 式(1)の流量係数  $C_w$  の値は、一般のノズルが 0.96~0.98 であるのに対し、欠円型ノズルでは実験の範囲内で 0.94 であった。これはノズル部の円弧と

弦の交わってできる隅角部分の影響によると考えられる。

上記の結論は単に一種類の欠円型管内ノズルについて行なつた限られた範囲内の実験結果から得たもので、実際面へ適用するためには一般の場合と異なるこの測定方法ではレイノルズ数が測定値に及ぼす影響等も大であると考えられるので、更に広範囲な実験を行なって確かめてみる必要がある。また土砂混合水輸送時にどのような変化をするかは今後早急に解決すべき問題であると考えている。これらの問題についても順次に実験を行なって資料を得てゆく予定である。

#### 参 考 文 献

1. 岩田尚生, 浚渫用噴流装置に関する研究, 港湾技術研究所報告 第3巻3号
2. 高井英明, 実用水力学および水力機械, 共立出版 昭和22年4月, 第4版
3. 工業計測技術大系編集委員会, 流量(上)(下) 日刊工業新聞社 昭39和8年月初版

港湾技研資料 No. 17

1965年6月

編集兼発行者 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市川間162

印刷所 株式会社白泉社  
東京都港区麻布霞町7