

下水道用卵形管内の流れの掃流力について

神戸市立工業高等専門学校 正員 日下部 重 幸

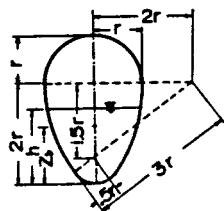
1. はしがき

下水道用埋設管には、従来遠心力による円形のヒューム管が広く用いられてきた。しかし、近年強い振動と圧力を加えた即時脱型鉄筋コンクリートの製法が開発され、異形管の製造が容易になり、卵形管も各地で使用され始めている。卵形管は円形管に比べ水深が大きく掃流力も大きいと言われているが、これを量的に表したものはあまりないようである。

本報告は、卵形管内の流れの掃流力について、等流水深 h に比べ流される粒子径 d が非常に小さい場合 ($h \gg d$) と、水深に近い高さ d の固体が流される場合 ($h \approx d$) に分けて、円形管と比較して実験的に検討し、円形管に比べ卵形管内流れの掃流力がどの程度大きくなるかを示したものである。

2. 実験方法

卵形管の断面形は、円の組合せで数種のものがあるが、最も一般的なのは図-1に示す標準卵形断面とよばれるもので、今回もこの形を対象とした。実験には、上部半径 $r = 10$ cm の卵形管と満水時ほぼ通水能の等しい半径 $r = 12.5$ cm の円形管を用い、図-1標準卵形断面た。これらの長さは12mで1/50から水平まで可変の水路台に平行に設置した。



$h \gg d$ の場合：卵形管の壁面に作用するせん断力を求めるため、直径5mmのプロペラ流速計により流速分布を、中央粒径0.9~3.75mmの砂により限界掃流力を測定した。

$h \approx d$ の場合：表-1に示す固体を卵形および円形管内に置いて水面形を測定した。また、円筒固体では上下流面に直径2mmの小孔を8個と5個設け水圧分布を測定した。

3. $h \gg d$ の場合の実験

および計算結果

卵形管は満水時同じ通水能を有する円形管に比べ、図-2のように水深は常に大きい。径深は $Q/Q_{full} = 0.2$ の境に小さくなる。

底面のせん断応力について、他の断面に用いられている方法を適用すると次のような表

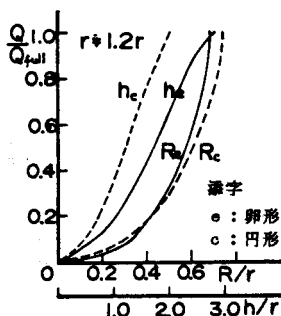


図-2 水深と径深

表-1 実験に用いた固体

形状 (数)	直径 (cm)	長さ (cm)	比重	表面 材質
円筒 (28)	4.02 5 2.40	9.63 5 6.92	1.48 5 1.03	塩化 ビニ
" (4)	4.02	9.63 5 2.52		ル
" (3)	4.02	9.63		砂粒
球 (4)	4.97 5 2.47			塗装

し方が考えられる。①水深 h を用いて $\tau_b = \rho g h I$ で表す。②径深 R を用いて $\tau_b = \rho g R I$ で表す。③側壁面の影響を考慮して h 以下の Z_b を用いて $\tau_b = \rho g Z_b I$ で表す。

西田らは①が下水管渠の場合実際に近いとしている¹⁾が、卵形管は水面幅が水深の数倍程度

で長方形断面の場合からしても当然側壁の影響が考えられる²⁾。

流速が対数則で表され、潤辺粗度が均一で摩擦速度 u_{*c} も一定すると、③の Z_b は $0.5r$ が最大となる。したがって、この場合少なくとも u_{*c} の変化を考える必要があると思われる。壁面法線方向の流速分布より u_{*c} の分布を求めると図-3のように底部から漸次減少している。

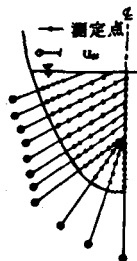


図-3 u_x の分布

限界掃流力の計算結果を①②により示すと、図-4のように岩垣式を挟む形となる。

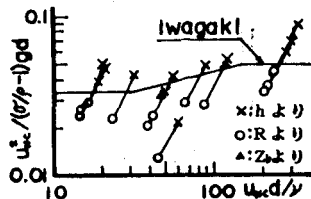


図-4 限界掃流力

流速分布から u_{*c} を求め $Z_b = u_{*c}^2 / gI$ とすると、 $h > Z_b > R$ となり①と②の間になる。

4. $h \approx d$ の場合の実験および計算結果

円筒固体に作用する力のつり合を次式で表した。

$$D_p + D_f + W_b = \mu W_w \dots (1)$$

ここに、 $D_p = \int p \cdot d \cdot z + C_p A u^2 / 2$ で形状抵抗、 $D_f = \int \tau \cdot d \cdot A$ で表面抵抗、 W_b は重量の流れ方向分力、 μ は固体と管壁の摩擦係数、 W_w は固体の水中重量である。 D_p は固体の上下流面における水深と水圧分布より、水圧差 Δp として扱った。

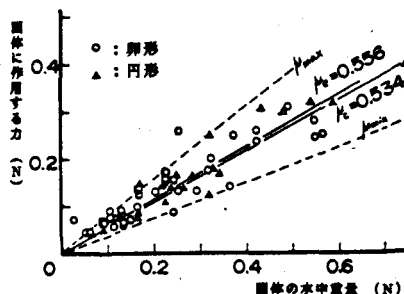


図-5 摩擦係数

実験結果は図-5のように、別に求めた μ に近くなり式(1)がほぼ妥当であることを示している。

得られた力の割合をみると図-6のように Δp が圧倒的に大きく、この固体に作用する抗力のほとんどはせき上げ効果によっていることがわかる。そこで、円筒および球による Δp の実測値を卵形 Δp_e 円形 Δp_c として $\Delta p_e / \Delta p_c$ の比で示すと、図-7のようになり、小流量時には卵形管内の流れの掃流力が大きくなることがわかる。

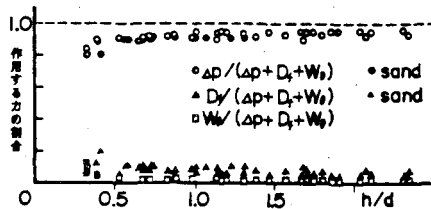


図-6 固体に作用する力の割合

5. むすび

下水道用卵形管の掃流力について、底面せん断力の計算には、水深と径深の間の高さを用いると適当と思われる。また、水深に近い高さの物体に作用する抗力

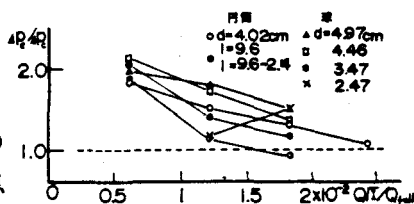


図-7 $\Delta p_e / \Delta p_c$ の値

は、そのほとんどがせき上げ効果によるもので円形管と比較すると、実験を行った範囲では、2倍程度から流量の増加とともに減少する傾向にあった。以上は定流についてのものであるが、不定流についても考える必要があると思われ、これらは今後の課題である。本報告をまとめるにあたり、御指導いただいた立命館大学・大同教授に深謝致します。

参考文献 1) 西田・谷口・吉本：下水道技術のポイント，山海堂，1978

2) D.W.Knight: Boundary Shear in Smooth and Rough Channels,

Proc. ASCE, Vol. 107, No. Hy7, July, 1981