

c) AE コンクリート中の空気量の変化を $\pm 0.5\%$ 以内に保つ事が出来た。

d) AE コンクリートの σ_{28} の偏差率を 8.8% にする事が出来た。

(2) 工事現場でコンクリートの品質を管理するには骨材の粒度を均等に保つた上、使用水量の調整をスランプに基いて行ふのが便利である。

(3) 骨材の粒度が変化する場合には、相当な注意を払つて施工しても、コンクリートの品質の変化は極めて大きいから、1日2回程度の骨材表面水量試験を行う位では、均等質なコンクリートを造るのには不十分である。

結局、均等質なコンクリートを得るためには、是非

粒度の均等な骨材を用いなければならない。又大工事に於ては、経済的に工事を行う上からも骨材の粒度を一定に保つ設備をすることが極めて大切である事が分つた。

此の調査研究は、吉田徳次郎先生、国分正胤先生の御指導を受け、国鉄信濃川工事事務所の藤井松太郎所長、高原芳夫前次長、大谷勝次長の御鞭撻の下に行つたものである。試験遂行に当つては、小林義太郎氏、北原正一氏、足立貞彦氏等に負う所が多かつた。

なおこれは文部省科学試験研究費の補助を受け行われたものであつて、科学研究費を交付された文部省当局に謝意を表するものである。

(昭.26.8.20)

UDC 532.542:621.879.2.032

管路における砂水流れの抵抗について

正員 小川 元*

THE HEAD LOSS OF THE FLOW OF SAND-WATER MIXTURES IN PIPES.

(JSCE Nov. 1951)

Hajime Ogawa, C. E. Member.

Synopsis As the general formula about loss of head in pipe-lines of dredges has not yet been determined, the writer has searched an equation for this loss in this paper from several experiments which was performed in the past.

ポンプ船のパイプラインの摩擦抵抗は未だ一般的に公式によつて表わされていない。之を求めため実験を行つたが設備不完全のため不成功であつた。それで過去に行われた幾つかの実験を基礎として次のような実験式を導いた。確定的なものではないが一つの試みとなすものである。

$$h_f = k f_r \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \text{ として}$$

$$k = (622 - 3.25D)(1 + N)^{1.5 + 0.043D} \frac{D^{0.34}}{V^{1.29}}$$

h_f : 砂水混合物の摩擦損失

k : 常数

f_r : 清水の摩擦係数(各種清水公式による)

L : 管長 (cm) D : 管径 (cm)

V : 平均流速 (cm/sec.)

N : 小数で表わした砂の濃度

1. 実験

実験値を表わすのに2, 3の約束を必要とする。

a) 濃度 砂の重量, 見掛け容積, 真容積の3種の表わし方があるが, こゝでは砂の見かけ容積をとる。即ち水中に沈澱堆積した砂の, Voidを含んだ容積と, 混合物全体の容積との比である。これは3者のうち中間の値を与える。正確な表わし方ではないが実際の場合に便利な方法である。

b) 損失水頭 一般に混合物の水頭によつて表わす。すなわち水又は水銀による測定値を混合物の比重によつて換算したものである。従つて濃度によつてその単位が違ふ。

c) 砂粒の大きさ 実験によつて, 篩分析曲線を示したもの, 中間径を示したもの, 最大径を示したもの, 或いは全く記載してないもの等がある。沈降速度によれば統一出来ると思われるが記載がないのでこれを無視する。

以上の外水温があるが, これは殆んど記されていない。

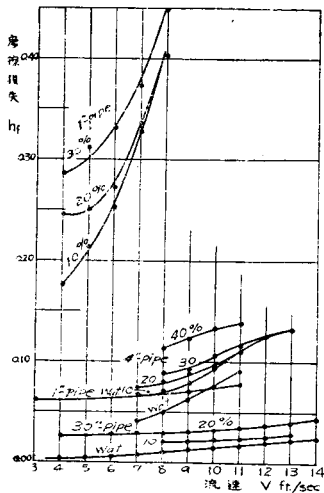
筆者は52 mm 管, 長さ2.40 m について実験を行つたが, 砂の混合が困難で次の値しか得られなかつた。

* 山口大学工学部土木教室

砂粒最大径 0.3 mm 比重 2.42 流速 2.41 m/sec で $h_f=0.13$ であった。即ち $f_r'=kf_r=0.023$ この流速に対する清水の $f_r=0.0208$ (実測) よつて $k=\frac{f_r'}{f_r}=1.11$

次に他の実験の数字を求めてみると、後記文献より 10 数以上の資料が得られたが、之等によると、充分に流速が大となつて砂が完全に浮游すると、混合物の水頭による h_f は水の h_f に等しくなることが述べられている。即ち $k=1$ 、然し実際のしゅんせつ船に用いられている流速はこれ以下であり、砂泥は完全に浮游して

図一 摩擦損失実測図
(1", 4", 30" パイプ)
混合物の水頭による



図は図一の如くである。

2. 考察

文献(1)において Howard 氏は次のような試みをなしている。すなわち各濃度毎の曲線を対数プロットし、各濃度について $h_f = mV^x$ の式を得、更にこの m, x を濃度の変数として $m=0.000044 P_s^{1.740}$
 $x = \frac{6.4}{P_s^{0.595}}$, P_s : 濃度 (%) とした。

之に対して、各点の k を計算して、試みに流速 9 ft/sec の場合について k と濃度との関係を探めてみると、

$$k = (1+N)^{1.73}$$

となる。これによつて計算したものと、Howard 値とを比較してみると図二の

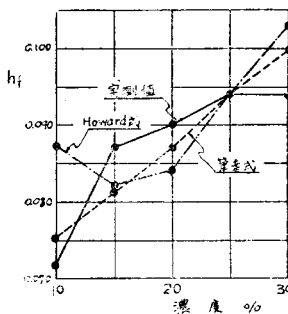
いない場合が多いので、この範囲の資料をとると次の3つとなつた。

Blatch (1906)

1 インチプラスパイプ 20 ~ 40 mesh の砂, Dr-edge "Alpha" (ミシシッピー河) 30 インチパイプ, Howard (1938)

4 インチパイプ中間径 0.39 mm の砂, これらの実測

図二 h_f の比較



如くである。

上記の2式を筆者の実験値及び落合林吉氏(埋立工学 p. 111) の係数表からの推定値と比較してみると表一、表二の如くである。この場合落合値は $D=40$ cm, $N=0.12$, $V=3$ m/sec の場合とし、 f_r は Darcy, Lang の平均をとつた。

表一

式種	k
実測値	1.11
Howard 式	2.44
筆者式	1.05

表二

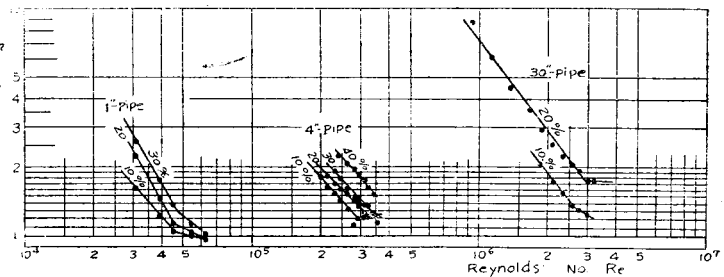
式種	k
落合値	1.27
Howard 式	3.70
筆者式	1.22

これらの結果から h_f を k で表わすことは適當であるように思われる。水の摩擦係数は研究が進んでいるからこれを基準としたものである。

3. 式の決定

管径、流速、濃度の各々に対する関係に分解して、各々について指数を求め、これを組合せたものである。便宜上レイノルズ数を用い、その場合水温は 20°C と仮定して $\nu=0.01$ とする。図一の各曲線を k と R_e (レイノルズ数) とについて対数プロットすると図三となる。

図三 $k-R_e$ 対数プロット



直線に折点があるのは、この点が全部の砂の浮游点であると思われる。現在はこの点より上を考えているのであるから下はとらない。図三において、各群毎の位置の違いは管径によるものであり、一群中の直線の移動は濃度によるものであるとして、各々の移動を濃度毎に、及び管径毎に集計し、方向性のないものはこれを平均し、方向性が見られるものは更にそれを函数で表わして式を求めると次のようになった。

a. R_e について k の $\frac{1}{R_e^{1.29}}$ 直線の傾きに規則性がないので平均をとる。b. 管径について k の $\left(\frac{D}{\nu}\right)^{1.63}$ 各濃度における各管の直線の位置変化には規則性がないので濃度毎に得られた直線を平均する。c. 濃度について k の $(1+N)^{1.5+0.043N}$ 管径によつてその変化

率に差異が見られるので変化率を管径の函数とする。

以上の3式を結合し、更に常数を求めると、これも管径の函数となる。最後に $\frac{D}{\nu} = \frac{Re}{V}$, $\nu=0.01$ を

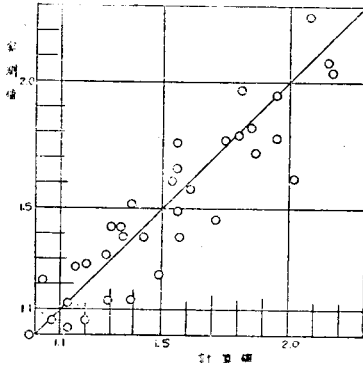
入れると最初に示した式となる。

この式によつて求めた値と実測値とを比較してみると図-4の如くである。

尙最初の筆者実験値及び落合値の場合をこの式によつて計算してみると各々次のようになる。

筆者実験 $k=0.93$ (実測 1.11)

図-4 計算-実測 k 値



落合値 $k=1.57$ (落合氏 1.27)

尙落合値の場合は、 $D=20\text{ cm}$ 或いは $V=3.55\text{ m/sec}$ と考えれば k の値は両者一致する。何れにしても普通に用いられる範囲である。

附記 以上は試みの域を出ないので更に検討を進めたい。文部省科学研究費による研究の一部である。

参考文献

- (1) G.W.Howard: Transportation of Sand and Gravel in a Four-Inch Pipe. Transaction of A. S. C. E. Vol. 104 (1939) P. 1334.
- (2) Morrrough P. O'Brien and Richard G. Folsom: The Transportation of Sand in Pipe Lines. University of California Publications in Engineering. Vol. 3. No. 7 P. 343
- (3) 三雲英之助 外2名: 微粒鉱石の水力輸送について, 日本機械学会誌 昭.8.12
- (4) 堀田正雄: サンドポンプの研究, 日立 評論22巻7号 (昭.14.7)
- (5) 河野正吉: ポンプ液槽船における流速の選定と摩擦損失の算定及び土砂含有量の測定法, 土木学会誌 29巻6号 (昭.18.6)

(昭.26.8.3)

UDC 532.51.032:532.13
624.131.43-498.2

土の懸濁液の粘性に関する実験的研究¹⁾

正員 松尾新一郎*

准員 片山重夫**

EXPERIMENTAL STUDY ON THE VISCOSITY OF SOIL SUSPENSION

(JSCE Nov. 1951)

Shinichiro Matsuo, C. E. Member, Shigeo Katayama, C. E. Assoc. Member

Synopsis In this study the conformity of the Hagen-Poiseuille's law with the flow of soil suspension was verified and also the experimental consideration on various elements affecting on the viscosity of soil suspension, that is, concentration, temperature, grain size, electrolyte, was carried out.

要旨 本文は土の懸濁液(泥水)の流動における Hagen-Poiseuille の法則の適合性を確認するとともに土の懸濁液の粘度に影響を及ぼす種々の要素, すなわち濃度, 温度, 粒径, 電解質等に関して行つた実験的考察を述べたものである。

1. 緒言

泥水の如く土の微粒子が水中に分散した状態は土の粒度分析(湿式), 洪水時における河水, あるいは地表を流れる水等において顕著である。

著者等はこゝに土の懸濁液の性質を究明する目的で, 水中に分散した土粒子が水の粘性に及ぼす影響ならびにこれに関連した種々の要素について実験的研究を実施した。

2. 土の懸濁液の流動状況——Hagen-Poiseuille²⁾の法則に対する適合性

毛細管粘度計は Hagen-Poiseuille の法則を基礎としており, 水のような正則液体では臨界レイノルズ数以下の層流においてこの法則に従うが, 懸濁液の場合に果してこの法則に従つて流動するか否かを検討する必要がある。

* 京都大学助教授 工学部土木工学教室

** 建設省道路局建設課