

日本大学大学院 学生員 ○ 古 河 幸 雄
日本大学工学部 正 員 安 田 禎 輔
藤 田 豊

まえがき、管路の平均流速の式は、Prandtl-Kármán, Colebrook-White などの合理式を初めとして、実用式 Hazen-Williams, Manning Weston などの諸式がある。これらの式は、それぞれ適用限界があるのだから、必ずしも明確ではない。現在では Prandtl-Kármán, Colebrook-White の式が理論的にも実際的にも最も良く合、かつ合理的であると云われているが、現実には、下水道関係では Ganquillet-Kutter, Manning 式、上水道の分野では Hazen-Williams, Weston 式が、河川工学では Manning 式が用いられており、またその適用限界は必ずしも守られていないのが現状である。

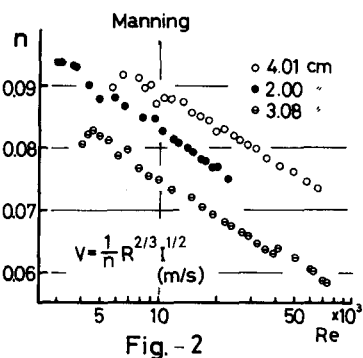
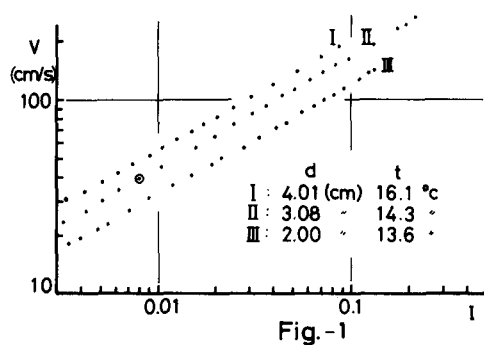
市販の水理学の参考書や演習書の中にも、適当な D や I , ε や n または管材料を与え、流量 Q を Manning, Hazen-Williams, Colebrook-White などの諸式で計算比較せよなどの演習問題が多く見掛る。これらのことから、必ずしもその適用限界が守られておらず、またその計算(運用)方法も明確には定まっていないことを暗示するものである。

上例のような、 D や I , 管材料などの条件が与えられれば、流量も必ず定まり、式によって流量が変化しては困るのであり、また、これらの式の諸係数を、全く Independent に ε , n , C や C' を与えることはできないはずである。従って、これらの諸係数の内の1個を与えれば、他の諸係数はこれらの間の関係式より求めなければならないはずである。このような計算法をすれば、どの式で計算しても、例外を除いて定った値になる。

本研究は、市販の硬質塩ビ管の測定値と諸式、諸係数の変化状態を調べ、比較検討し、上記の管に対してはどの式を適用すべきかなどを考察するものであり、本報はその成果の一部を中間的に報告するものである。

§ 1 実験装置と結果

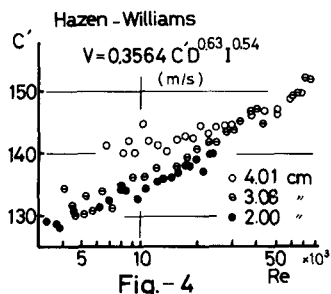
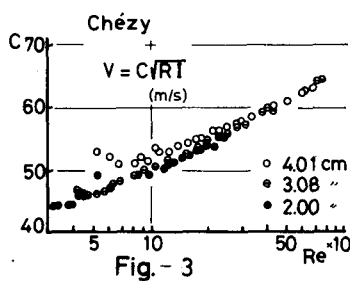
使用管路は硬質塩ビ管で、直径 $D=1.81 \sim 5.09$ cm の8種類の管である。Fig-1 は、動水勾配 I と平均流速 v との測定値の一部であり、今回は主として II について論じ、I と III はその補助データとする。



また測定値 II の○印点 (Fig1) の値は後に平均流速の諸式の比較を行う際の基準点として選んだ。

§ 2 平均流速式の諸係数

管壁が定まれば、従来より慣例として係数が定数として取扱われている諸式について論ずるが、もちろんこれら



の中には、厳密には I や D 、 Re などの関数として取扱われている場合のものもある。Fig-2～6 は測定値より求めた Re 数と諸係数とのグラフである。

Fig-2～4 より、Manning の n 、Chezy の C 、Hazen-Williams の C は、 Re 数の関数となり、従来より取扱われてきたように、管壁の材料が定まれば、これらの係数を定数として取扱うことは、少なくとも、上記の実験範囲の塩化ビニール管については誤りである。

Fig-5 より C_t は Re 数の関数と考えられるけれども、そんなに大きい変化はないので、近似的には、ある程度定数的に取扱っても良いものと考えられる。Fig-6 より、 k は Re 数に左右されることなく定数となることが分る。このことより、安田の式は他の式と違って、 V の影響要素である I と D をほぼ完全に抽出できたものと推定することができる。

§ 3 摩擦損失係数について

摩擦損失係数の測定値 (Darcy-Weisbach) λ と諸式 (Weston, Blasius 滑面の合理式, Nikuradse) による λ とを比較すれば、Weston, Blasius は測定値より大き目となり、滑面の合理式 $1/\sqrt{\lambda} = 2.03 \log (Re - \sqrt{\lambda}) - 0.8$ と Nikuradse 式は小さ目の値となる。このうち比較的好成績を示すものは Blasius と合理式である。また、安田の式の f は、Darcy-Weisbach の λ の表現と異なるが、換算すれば全く同形になるので完全に一致する。また上水道の計算で頻繁に用いられている Weston のものを示せば Fig-7 となって、上記諸式の中では最も不良である。

λ は Re 数の関数となり変数であるが、損失水頭を $h_L = f \frac{V^m}{g} \frac{L}{R^{m+1}} \frac{1}{v^{2-m}}$ と表わせば、Fig-8 に示すように係数 f は定数となり簡単である。文献 (1) 参照

§ 4 測定値と諸平均流速式の比較

平均流速の実測値と、§ 1 で示した測点 No. 12 の点の諸係数を用い、それぞれの流速式により算出した平均流速とを比較したものを Fig-9 に示す。これにより測定値に最も近いものから列記すれば、①、Prandtl-Kármán, Blasius, 安田, ② 東京都水道局, ③ Hazen-Williams, ④ Manning, ⑤ Weston の順となる。

Fig-9 において計算値と実測値とが混雑している場合は省略した点もある。

以上のことより、Prandtl-Kármán 式と安田の式 $V = 68 D^{0.692} I^{0.566}$ とは、ほとんど同じ値を示し、かつ最も良く測定値と合う。

参考文献 (1) 安田頼輔：管路の平均流速に関する一提案 第29回土木学会年講概要集

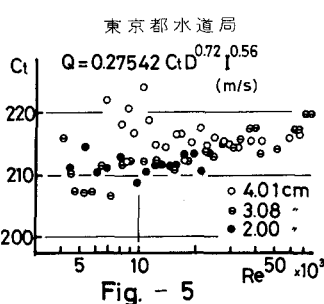


Fig. - 5

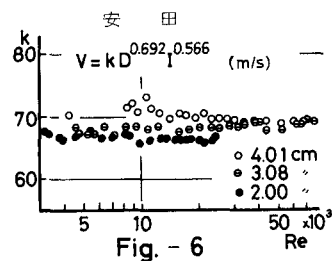


Fig. - 6

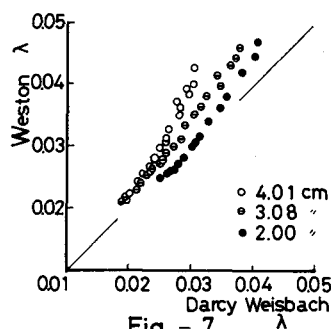


Fig. - 7

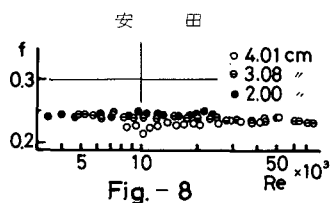


Fig. - 8

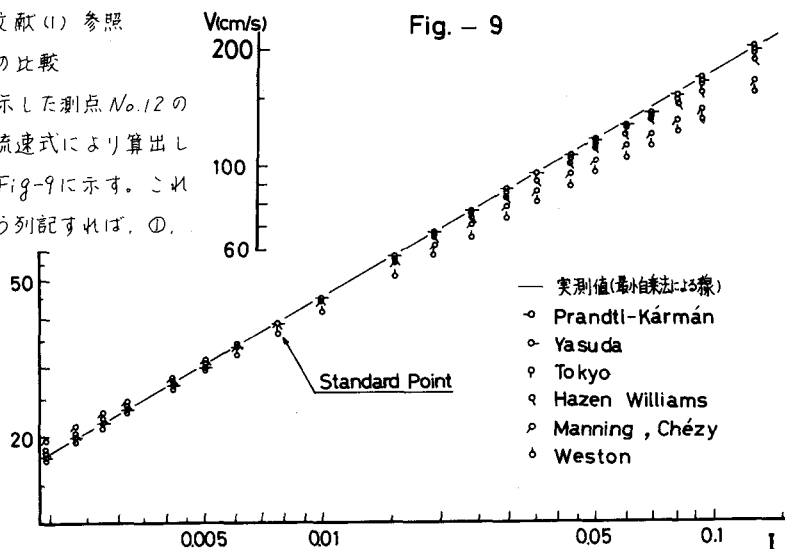


Fig. - 9