

た。Spangler によると近距離載荷の場合、壁の上部でかなりに過大になる。従つて彼の実験式は $\nu=3$ 程度ならばいくぶん合うが、それ以外には妥当ではない。同様にして Rowe の実用式¹⁾は $\nu=6\sim7$ 程度にのみ適用できる。

6. 結 語

(1) 裏込砂の処理によつて ν がどのように変化するか、 ν の大きさの順に列記すれば、loose sand では $\nu=6$ ないし 7, submerged sand, drained sand では $\nu=5$, 酒田港, 宇部港の実験では ν は 5 から 3 まで変化した。これは前報¹⁾の鉛直増加土圧の場合の ν の値と同じであつた。なお一定荷重では裏込砂が硬い方が ν が小である。従つてまた一定荷重で載荷, 除荷をくりかえすと ν は減少して $\nu=3$ に到達する。

(2) 載荷して除荷すると残留土圧が存在した。この残留土圧は時間の経過とともに減少した。

(3) 壁の移動ということが問題になるが、現場実験の移動しうる壁でも、載荷によつて移動しうる程度ならば、増加土圧分布の形状並びに大きさは、室内実験の固定壁の場合と実用上同じである。壁を移動するときは土圧合力の減少をきたすが¹²⁾、これは壁自体を積極的に移動させた場合の土圧変化であつて、載荷によつて、裏込土砂が壁を押し出した場合には、土圧減少量はそれほど顕著ではない。

(4) 岸壁並びに載荷重の大型と小型とでなら区別を考へる必要はない。 q/q_0 が一定な場合、載荷重と壁の背面の幾何学的関係が同じであれば、増加土圧係数 K の値は同じである。

(5) 一定な裏込土砂上で、載荷面積、荷重強度を変化させた場合には、増加土圧分布の形状並びに大き

さが変化する。この場合には ν の値を増減させて増加土圧分布をあらわすことができる (図-13)。

最後に筆者はこの研究に、終始御指導を頂いた近藤正夫、村山朔郎両博士に対して、ここに記して厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 市原松平：剛性載荷板荷重による砂層中の鉛直増加土圧の分布について、土木学会誌40巻4号
- 2) 近藤・長谷川・市原：土圧計3種，運研報告書3巻4号，昭和28年4月，pp 17
- 3) 最上武雄：土の力学，昭和23年，pp 141
- 4) P.W. Rowe: The Distribution of Lateral Earth Pressure on a Stiff Wall due to Surcharge, Civil Engineering and Public Works Review, Sep. 1950, pp 590, Oct. 1950, pp 654
- 5) 市原松平：酒田港物揚場模型実験報告書，第一港湾建設局，昭和28年
- 6) 市原松平：宇部港9m岸壁模型実験報告書，第四港湾建設局，昭和28年
- 7) 市原松平：酒田港における地表面載荷重による土圧の測定，第8回年次学術講演会概要，昭和27年，pp 42
- 8) H. Jansson, A. Wickert and A. Rinkert: Earth Pressure against Retaining Walls, Proc. 2nd I.C.S.M., Vol. II
- 9) D.H. Lee: Sheet Piling, Cofferdams and Caissons, 1945, pp 68
- 10) K. Terzaghi: Anchored Bulkheads, Proc. of A.S.C.E., Sep. 1953, pp 7~14
- 11) M.G. Spangler: Lateral Pressures on Retaining Walls caused by Superimposed Loads, Highway Research Board, part II, 1938, pp 57
- 12) K. Terzaghi, Large Retaining Wall Tests Eng. News Record, Vol 112, 1934 pp 136~140 (昭 29.9.17)

開水路の垂直流速曲線における平均流速の位置の分布性について

正員 春日屋 伸昌*

THE DISTRIBUTION OF THE THREAD OF MEAN VELOCITY ON THE VERTICAL VELOCITY CURVE IN AN OPEN CHANNEL

(JSCE May 1955)

Nobumasa Kasugaya, C.E. Member

Synopsis The author describes the relations among the thread of mean velocity, the thread of maximum velocity and the ratio of surface velocity to mean velocity on the vertical velocity curve in an open channel, and with 679 data observed by U.S. Geological Survey he argues about the ranges of them, the distribution of the thread of mean velocity and the probabilities for the threads of mean and maximum velocity occurring in several intervals.

* 中央大学助教授，工学部土木工学教室

要旨 開水路の垂直流速曲線における平均流速の位

置の割合, 最大流速の位置の割合及び表面流速と平均流速との比などの間の関係を求め, 米国 Geological Survey の 679 個の資料から, 平均流速や最大流速の位置の割合の範囲, 平均流速の位置の割合の分布性, 種々な区間に生じするその確率について論じた。

1. まえがき

前に発表した論文¹⁾では, 水面幅が水深に比してきわめて大きい普通の水路において, 流れの中央部における垂直流速曲線は, 水深, 水面幅, 流速の大きさ, 河底の粗度などには無関係に, ほぼ 2 次放物線を呈し水表面より最大流速の位置までの深さの割合 α と水表面より平均流速の位置までの深さの割合 β との間には

$$\beta = \alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \alpha + (1/3)} \dots\dots\dots(1)$$

の関係が成立することを示し, この関係を用いて垂直流速曲線の方程式をつぎのように誘導した。

$$v = \frac{v_m}{\beta} \left(\beta k + 2\alpha \frac{z}{h} - \frac{z^2}{h^2} \right), \left[\beta = \frac{1-3\alpha}{3(k-1)} \right] \dots(2)$$

ここに, v : 水深 z の点の流速, v_m : 垂直流速曲線上の平均流速, h : 水深, α : 水表面より最大流速の位置までの深さの割合, k : 表面流速 v_s と平均流速 v_m との比, である。

さて, (2) 式が定められるためには, α と k との値が定められなければならない。 α と k とは, 流れの状況に応じて種々な値をとることは当然であつて, これらに影響を及ぼすおもな因子は, 河底の粗度, 水深, 水面勾配, 水面幅, 風向と風速などであると考えられる。そこで, 上の諸因子が α と k とに及ぼす影響について考察するためには, まず, 平均流速や最大流速の位置の割合がどのような範囲にあり, かつ, 種々な区間において生ずる確率はどのような値になるかについて考えなければならない。ここでは, 水面幅が 50 m 前後の中河川について考察するため, 水面幅の影響は一応考慮の外におくこととする。

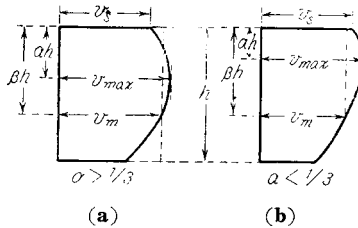
前の論文²⁾でも少し触れたように, 筆者の考えている最大流速の位置の割合 α とは, ほぼ 2 次放物線で表わされる垂直流速曲線の水平軸の水表面からの距離を水深で割つたもので, 軸が水表面より下方にあれば正, 上方にあれば負である。このような α の値を, 便宜上, 最大流速の位置の割合とよぶこととしたのである。したがつて, 最大流速を与える点が水表面よりも下方に生じているときには, 実際の最大流速の位置の割合と α の値とは一致するが, 最大流速が水表面よりも上方に生じているときには, 実際の最大流速はすべて水表面において生じているとされるから, 実際の最大流速の位置の割合 (0.00) と α の値とは一致しない。ところで, 多くの実験や実測の資料では, 実際の

最大流速が水表面に生じている場合には, すべて, 最大流速の位置の割合は 0.00 と記録されているから, これらの資料から直接 α の値を考察することは厳密でない。そこで, α と平均流速の位置の割合 β との間には, (1) 式の関係があるから, α の値について直接考察する代わりに, β の値の変化を考察し, これから α の値の変化を知ることとする。

まず, (1) 式より, 最大流速の位置の割合 α 及び平均流速の位置の割合 β の値の範囲について考える。河底流速が表面流速より小さいこと及び $\alpha < 1/2, \beta > 1/2$ であることを考慮に入れると, 垂直流速曲線の 2 次放物線としての幾何学的関係から, つぎの結果がえられる。ここに, $1/k$ は平均流速 v_m と表面流速 v_s との比である。

- I. $\alpha \leq 0$ ならば, $1/2 < \beta \leq 1/\sqrt{3} (\doteq 0.577)$, }
- II. $0 < \alpha < 1/3$ ならば, $1/\sqrt{3} < \beta < 2/3 (\doteq 0.667)$, }
- 1/k < 1 [図-1 (b)]
- III. $1/3 \leq \alpha < 1/2$ ならば,
- $2/3 \leq \beta < \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) / 2 (\doteq 0.789)$, $1/k \geq 1$ [図-1 (a)]

図-1



ここで, III はよほど特殊な流れの状況の下でないと思われ, 普通の場合 (I と II の場合) には, (1) 式の複号は正をとつて, β と α との関係式はつぎようになる。

$$\beta = \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \alpha + (1/3)} \dots\dots\dots(3)$$

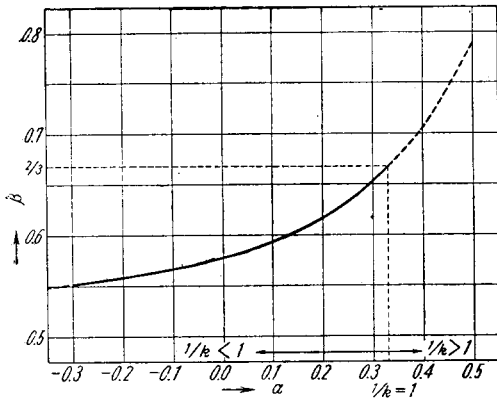
$\alpha = 1/3$ すなわち $\beta = 2/3 (\doteq 0.667)$ のときに $1/k = 1$ となることは特に注目すべきことである。また, $\alpha = 0$ すなわち最大流速がちょうど水表面に生じているとき $\beta = 0.577$ となつて, このときの垂直流速曲線の方程式が Bazin の公式であり $\alpha < 0 (\beta < 0.577)$, すなわち流速が深さの増すにつれて漸減するとき, 流速曲線は Jasmund などによつて対数曲線として示される場合に相当する。

なお, よほど特殊な流れの状況の下でないかぎり, $-0.30 < \alpha < 0.35$ ($0.55 < \beta < 0.68$) であると考えられるから, β と α との関係は (3) 式で表わされ, これを図示したものが図-2 である。

2. U.S.G.S. の資料と資料の精度の検討

中河川の流れの中央部における垂直流速曲線の方程式はほぼ (2) 式で与えられ, この式中の α と k との値

図-2



が決定されれば、曲線式は定まるのであるが、 α や k の値に及ぼす諸因子は、前にも述べたように、河底の粗度、水深、水面勾配、風向と風速などである。筆者は、これらの諸因子と α や k の値との相関性及び α や β の値のとりうる範囲と種々な区間に、それらが生起する確率について考察するため、既往の資料からその測定方法や計算方法が正確で相当多数の実測値がえられているものを探し、つぎの資料を採用することとした。それは United States Geological-Survey (今後、U.S.G.S. と略称する) の E.W. Myers, B.S. Drane 両氏が、1903 年に Virginia, North Carolina, South Carolina, Tennessee 各州の 18 河川につき、301 個の垂直流速曲線を実測したものと、U. S. G. S. が 1902~1903 年にわたつて、New York, Connecticut 両州にまたがる Catskill 山脈中の 10 河川につき、378 個の垂直流速曲線を実測したものと合計 679 個の資料である³⁾。これらの資料のおおのにはつぎの値が記載されている。なお、28 本の河川は水面幅が 50 m 前後の中河川と考えられる。

(1): 河川名, (2): 実測場所, (3): 実測日時, (4): 量水標の読み, (5): 基準点から観測点までの距離, (6): 観測点下の水深, (7): 垂直流速曲線法によつて求めた平均流速, (8): 水深の 6 割の点において観測された流速, (9): 垂直流速曲線よりえられた 6 割の点の流速, (10): 表面流速と河底流速との平均値, (11): 表面流速, (12): (7) と (9) との比, (13): (7) と (10) との比, (14): (7) と (11) との比, (15): 平均流速の位置の深さ, (16): 平均流速の位置の深さの割合, (17): 河底状況 (泥, 砂, 砂利, 玉石, 岩盤の 5 種類にわけてある), (18): 備考。

上の資料につき、筆者はつぎの点について、検討した。

1. で述べたように、 $0.79 > \beta > 0.50$ でなければなら

ない。資料 679 個のうち、ただ 1 個の例外 ($\beta = 0.48$) を除き、他の 678 個の資料はすべて 0.50 以上 0.79 以下であつた。さらに、 $v_m/v_s > 1$ の場合には $\beta > 0.68$ となるはずである。全資料のうち、 $v_m/v_s > 1$ である資料につき、 v_m/v_s の平均は 1.05、 β の平均は 0.69 であつた。また、つぎの論文に明らかにするように、 $1/k = v_m/v_s$ と β との間には、相当高い相関性が存在する。そこで、資料を河底状況の相異によつて 4 つの階級 (泥, 砂, 砂利と玉石, 岩盤) にわけ、 k と β との関連を求め、図-2 を用いて β を α に換算し、 k と α とを両座標軸にとつて曲線を描くと、これら 4 つの曲線は大体いずれも点 ($\alpha = 1/3, k = 1$) を通ることがわかる。

このように、U.S.G.S. の資料は、1. で述べた理論的な結果によく適合しているように思われる。このことは、これらの資料が十分信頼するに足りることを証明するとともに、垂直流速曲線は 2 次放物線で表わしてほぼさしつかえないことを示唆していると考えられる。

3. 平均流速の位置の割合 β の分布函数

平均流速の位置の割合 β の分布に関する密度函数及び α や β がある区間に生起する確率を求めるため、上に述べた U.S.G.S. の資料 679 個を β につき各階級の幅が 0.01 の 30 階級にわけて度数分布表をつくり ($\beta = 0.48$ の資料 1 個は $\beta = 0.50$ とした)、それより各階級の頻度 ($\times 1000$) を計算する。

さて、 β の分布に関する密度函数を求めるには、個々の β の値のその平均値に対する偏差は、河底粗度、水深、水面勾配、風向及び風速など、 β の値に影響を及ぼす多数の因子の個々の基本偏差の集積より生ずると考えるのが合理的である。このように基本偏差の集積として導いたものは、いわゆる Charlier の A 型級数分布函数で、つぎのように表わされる⁴⁾。

$$y = (1 + A_3 D^3 + A_4 D^4 + \dots) \varphi_0(x)$$

ここに、 x は標準偏差を単位にとつた偏差を表わし、

$$\varphi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}, \quad A_n = \frac{(-1)^n}{n!} \int_{-\infty}^{\infty} y H_n(x) dx$$

($n = 3, 4, \dots$)

D は微分演算子 d/dx , $H_n(x)$ は n 次の Hermite 整式である。

いま、 A_3 の項以下を微小であるとして省略すれば、 $y = (1 + A_3 D^3 + A_4 D^4) \varphi_0(x)$ となり、平均値のまわりの 2 次、3 次、4 次のモーメントをそれぞれ μ_2, μ_3, μ_4 とすれば、

$$A_3 = -\mu_3/6\sqrt{\mu_2^3}, \quad A_4 = \mu_4/24\mu_2^2 - (1/8)$$

そこで、 β に関する頻度分布表からこれらを計算す

ると、平均値=0.6094 となり、モーメントの計算には、分布がその両側で十分横軸に接近しているから、Sheppard の補正を施すと、

$$\begin{aligned} \mu_2 &= 24.548, \mu_3 = 111.369, \mu_4 = 2613.179 \\ \therefore A_2 &= -0.1526, A_4 = 0.0557 \\ \therefore y &= (1 - 0.1526 D^2 + 0.0557 D^4) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \end{aligned} \quad \dots\dots(4)$$

(4) 式より、 $y'=0$ として、モード=0.5981 をうる。

図-3

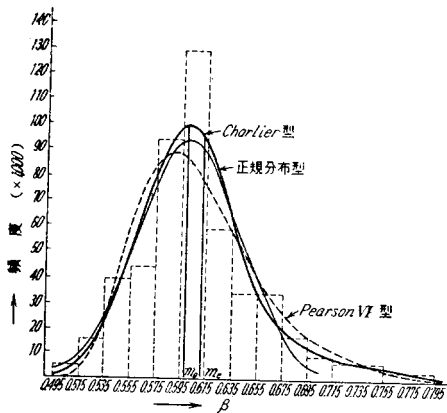


図-3 は(4)式を図示して、実現度数を柱状図で表わしたものと対比させたものである。図-3 には Pearson VI 型曲線⁹⁾も画かれている。これでは、モード=0.5876 となり、モードを原点とした座標を ξ 、頻度の 1000 倍を y とすれば、

$$y = 88.79 \left(1 + \frac{\xi}{1.975} \right)^{-101.96} \left(1 + \frac{\xi}{0.094} \right)^{4.85} \dots(5)$$

(5) 式は一端有限な分布を表わし、始点が 0.4936 となつて理論値 $\beta=0.50$ によく近似する以外は、他の曲線よりも近似度が悪い。これは、垂直流速曲線における β の分布を数多の基本偏差の集積と考えて導いた Charlier の度数函数の方が、単に微分方程式を仮定して導いた Pearson のそれよりもこの場合には実状に即しているからであろう。

さて、前に述べたように、 k と α との関連を示す 4 つの河底状況の相違によつて分類された曲線は、いずれも点 ($\alpha=1/3, k=1$) を通るから、 $\alpha < 1/3$ の区間で他の 3 本の曲線よりも上方に位置する曲線は、 $\alpha > 1/3$ の区間では逆に他の 3 本の曲線よりも下方に位置することとなる。このように、点 ($\alpha=1/3, k=1$) を境界として、河底状況が α に及ぼす影響は全く逆となる。すなわち、河底の粗度と α との相関が $\alpha < 1/3$ の区間でもしも負であるならば、 $\alpha > 1/3$ の区間では正とな

る。したがつて、粗度と α との相関を求めるためには、 α が $1/3$ よりも大きく、したがつて β が 0.68 よりも大きい資料を一応計算から除外しないと、正負の値が相殺して、はつきりした相関が求めにくいおそれがある。

以上の理由から、垂直流速曲線の形状に及ぼす諸因子間の相関係数の計算には、 β が 0.70 以上となるような資料 43 個 (6.3%) を除外して (図上計算に少しの誤差のともなうであろうことを考慮して、 $\beta=0.69$ の資料は計算に加えた)、残り 636 個 ($\beta=0.48$ の資料 1 個は $\beta=0.50$ とした) について考察することが必要である。

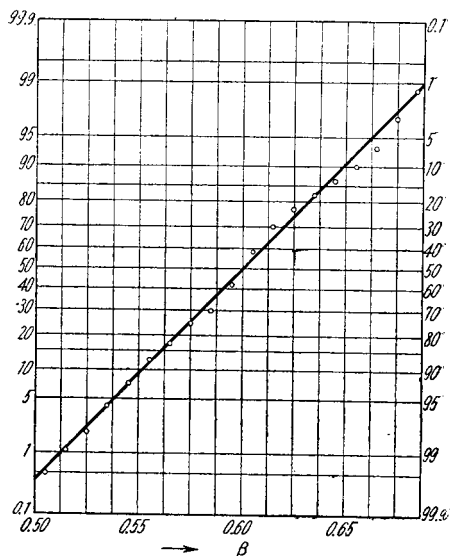
このように、 β が 0.70 以上となる資料を除去したとき、 β の分布がどのようになるかを検討するため、上述の 636 個の資料を、 β につき、各階級の幅が 0.01 の 20 階級にわけて度数分布表をつくり、これより累積度数百分率を計算して、確率紙上にその結果を打点すると、図-4 がえられる。

図-4 をみると、上の諸点は直線上にあるから、資料における β の値は、ほぼ正規分布をすと考えられる。そこで、上の度数分布表から種々な統計量を計算すると、つぎの値がえられる。

- ひずみ度 $\sqrt{\beta_1} = 0.076$, 尖鋭度 $\beta_2 = 2.89$,
- 標本平均 $\bar{x} = 0.6008$, 偏差平方和 $S = 0.9184$,
- 標本分散 $s^2 = 0.001444$, 標本標準偏差 $s = 0.038$
- 標本の大きさ $N = 636$

さて、正規性の検定を行うと、標本の大きさ 636 に対する $\sqrt{\beta_1}$ の 5% 下限及び上限は、0.159 となり⁹⁾、

図-4



0.076 < 0.159 である。 β_2 の推定値は3より小さいから、 β_2 の5%下限についての求めると、2.71 となり⁷⁾、2.89 > 2.71 である。ゆえに、母集団が正規分布をするという仮説は、上のそれぞれの有意水準において、棄てることができない。そこで、 β の分布は、 $\beta \geq 0.70$ を除き、正規分布であると考えてよいであろう。

さて、上述の資料は、正規母集団から任意抽出された大きさ $N=636$ の標本であるとし、信頼係数 99% で母平均 \bar{x} の信頼限界を求めてみる。 $t = (\bar{x} - \bar{\xi}) / (s / \sqrt{N-1})$ は、自由度 $N-1$ の t 分布をするから、 t -分布表で、自由度 $N-1$ 、確率 0.01 の欄における t の値を t_0 とすれば、 $\bar{\xi}$ の下限 ξ_1 と上限 ξ_2 とは、つぎの式で与えられる。

$$\xi_1 = \bar{x} - t_0 \frac{s}{\sqrt{N-1}}, \quad \xi_2 = \bar{x} + t_0 \frac{s}{\sqrt{N-1}}$$

$\bar{x} = 0.6008, s = 0.038, N = 636, t_0 = 2.60^{(8)}$ として、

$$\xi_1 = 0.6008 - 0.004 = 0.597$$

$$\xi_2 = 0.6008 + 0.004 = 0.605$$

つきに、信頼係数 99% で母分散 σ^2 の信頼限界を求める。 $\chi^2 = S/\sigma^2$ は自由度 $N-1$ の χ^2 分布をするから、 σ^2 の下限 σ_1^2 と上限 σ_2^2 とは、

$$\sigma_1^2 = S/\chi_1^2, \quad \sigma_2^2 = S/\chi_2^2$$

で求められる。ここに、 $P_r(\chi_1^2 < \chi^2) = 0.995, P_r(\chi_2^2 < \chi^2) = 0.005$ である。ところで、自由度 $d \cdot f \cdot$ が相当に大きいと、 $\sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2d \cdot f \cdot - 2}$ は $N(0,1)$ をなすから⁹⁾、正規分布表¹⁰⁾ から、 χ_1^2, χ_2^2 の値を求めることができる。

$$\frac{1}{2} + \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx = 0.995 \text{ より, } x = 2.5758$$

$$\therefore \chi_1^2, \chi_2^2 = \{ \sqrt{2(636-1) - 2 \pm 2.5758} \}^2 / 2$$

$$= 729.0393, 545.5960$$

$$\therefore \sigma_1^2 = 0.9184 / 729.0393 = 0.001260$$

$$\sigma_2^2 = 0.9184 / 545.5960 = 0.001683$$

したがって、信頼係数 99% における母標準偏差の下限 σ_1 及び上限 σ_2 は、

$$\sigma_1 = 0.0355, \quad \sigma_2 = 0.0410$$

以上述べたことから、中河川の流れの中央部における垂直流速曲線はほぼ2次放物線を呈し、平均流速の位置の割合 β は、 $\beta \geq 0.70$ となるような場合を除いて正規分布をし、その母平均は0.60、母標準偏差は0.04と考えてさしつかえないことがわかる。したがって、 β の分布の確率密度関数は、つぎのようになる。

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi \times 0.04}} \exp \left\{ -\frac{1}{2 \times 0.04} (\beta - 0.60)^2 \right\} \dots (6)$$

$(\beta < 0.70)$

(6) 式より頻度の1000倍を計算して図示したものが

図-3に示した曲線であるが、(6) 式は全資料 679個から β が 0.70 以上となる資料 43 個を除去して求めたものであるから、柱状図と対応させるため、各頻度の1000倍に 636/679 を掛けたものを縦座標として画いてある。

4. β 及び α の生起確率

上に述べたところにより、 β の分布は Charlier の度数関数 (4) 式で表わされ、 β が 0.70 以上となるような場合を除去したものについては、その母集団は正規分布をし、その密度関数は (6) 式で表わされる。そこで、(4) 式及び (6) 式におけるモードはいずれも $\beta = 0.60$ であるから、平均流速の位置の割合は最大の確率をもつて 0.60 において生ずる。ところで、種々な α の値の生起確率は、 α と β とが直線的関係にないため、 $\beta = 0.60$ に対する α の値 $\alpha = 0.15$ 付近で最大になるとはいえない。そこで、 α の値を $-0.30 \sim 0.40$ まで 0.05 おきにとり、例えば $\alpha = 0.15$ は $0.125 \sim 0.175$ を意味するものとして、これに対応する β の値を図-2より求め ($\beta = 0.598 \sim 0.610$)、 β がこの区間に生起する確率 P (%) を (4) 式より計算すると表-1 がえられる。この計算で、例えば $\alpha = 0.15$ 、したがって $\beta = 0.598 \sim 0.610$ に対しては、 $x = -0.229 \sim +0.013$ となるから、確率 P (%) は、

$$P = 100 \int_{-0.229}^{+0.013} (1 - 0.1526 D^3 + 0.0557 D^4) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx$$

となり、この計算には Tschebyscheff の平均値方式¹¹⁾ を採用し、5 縦線法を用いて数値積分した。なお、表-1 には正規分布をする $\beta < 0.70$ の場合につき、その確率を (6) 式から求め、その値を 636/679 倍したものが併記してある。

表-1 から明らかなように、(4) 式、(6) 式による
表-1

α	β	P (%)	
		Charlier	正規分布
-0.30	0.549~0.552	1.3	1.3
-0.25	0.552~0.555	1.5	1.4
-0.20	0.555~0.559	2.1	2.2
-0.15	0.559~0.563	2.4	2.3
-0.10	0.563~0.568	3.4	3.3
-0.05	0.568~0.574	4.5	4.3
0.00	0.574~0.581	5.9	5.6
0.05	0.581~0.589	7.4	7.1
0.10	0.589~0.598	8.8	8.3
0.15	0.598~0.610	11.6	11.2
0.20	0.610~0.624	12.1	12.9
0.25	0.624~0.641	11.0	11.4
0.30	0.641~0.663	8.1	8.9
0.35	0.663~0.690	4.6	4.3
0.40	0.690~0.723	3.7	—

値はほとんど一致し、いずれも $\alpha=0.20$ において最大の確率を示す。

以上に述べたことから、 β の値は 0.60、 α の値は 0.20 付近が最も起りやすいことがわかる。このことは、 β や α の値に及ぼす河底粗度、水深、水面勾配、風向や風速などの諸因子が、あるものは平均流速や最大流速の位置を上昇させ、あるものはこれらを下降させ、これら諸因子の影響力の和が、 β は 0.60、 α は 0.20 付近となるような流れの状況が最もしばしば生ずることを意味する。

モードが 0.60 となることは、流速計をもつて平均流速を測定するのに、水深の 6 割の点の流速をもつて平均流速とするという 1 点法の根拠を示唆するものであり、また、表一から明らかなように、 α が 0.30 ~ 0.35 となる確率は約 81% である。

さて、 α の最大確率は 0.20 において生ずるが、(2) 式の α を常に 0.20 とすることは約 12% (α を 0.1 おきとすれば約 24%) 正しいが、精度を高めるためには、現場における諸因子の状況によって適当な α の値を選定しなければならない。この選定に適確な判断を与えるためには、上述の諸因子が (2) 式の α や k の値に及ぼす影響を考察すべきで、これに関しては、つぎの論文で述べるつもりである。

5. 結 語

(1) 流れの中央部における垂直流速曲線の形状は、その特異性により、つぎの 3 つの段階にわけられる。

- I. $\alpha \leq 0.00$, $0.50 < \beta \leq 0.577$, $v_m/v_s < 1$
 II. $0.00 < \alpha < 0.33$, $0.577 < \beta < 0.667$, $v_m/v_s < 1$
 III. $0.33 \leq \alpha < 0.50$, $0.667 \leq \beta < 0.789$, $v_m/v_s \geq 1$

(2) U.S.G.S. の 679 個の資料は、その測定方法と計算方法とが相当正確で、3 つの条件 ($0.50 < \beta < 0.79$ であるべきこと、 $v_m/v_s > 1$ の資料について β の

平均は 0.68 以上となるべきこと、 $k=v_s/v_m$ と β とについてのグラフは点 ($\alpha=1/3$, $k=1$) を通る曲線となるべきこと) をすべて満足する。このことから垂直流速曲線を 2 次放物線で表わしてきしつかえないことがわかる。

(3) β の全分布は Charlier の A 型函数 (4) 式で表わされ、 $\beta < 0.70$ の場合には、その母集団は母平均 0.60、母標準偏差 0.04 の正規分布をする。

(4) いずれの分布函数をとるも、モードは 0.60 となり、 α の種々な値における生起確率は表一のようにほぼ等しく、 $\alpha=0.20$ が最大の確率をもつて生ずる。

(5) 幅 50 m 前後の中河川において最も起りやすい流れの状況は、河底粗度、水深、水面勾配、風向及び風速が、垂直流速曲線における α 及び β をしてそれぞれ 0.20 及び 0.60 付近の値をとらしめるような場合であり、水深の 6 割の点をもつて平均流速とするという 1 点法の根拠がここにあると思われる。

参 考 文 献

- 1) 春日屋伸昌：開水路における垂直流速曲線について、土木学会誌、第 38 巻、第 9 号。
- 2) 同 上
- 3) Water-supply paper, U.S.G.S., No.95(1904) p. 139~p. 158
- 4) 渡辺義勝：最小自乗法及統計 p. 399~p.408
- 5) 同 上 p. 353~354; p. 363~365 (同書では Pearson II 型とされている。)
- 6) 統計科学研究会：新編統計数値表 表一 p. 62
- 7) 同 上 表一 p. 62
- 8) 同 上 表一 p. 94
- 9) 小松勇作：生物統計学、p. 402~p. 404
- 10) 統計科学研究会：新編統計数値表、表一 p. 52
- 11) 春日屋伸昌：自然科学のための数学汎論 p.288 ~294

(昭.29.12.23)

図書雑誌御寄贈の御願い

会員の閲覧に供しあわせて土木工学論文抄録の編集に役立たすため出版社、著者、官公庁、学校、その他の箇所御発行になりました土木に係る図書(資料を含む)雑誌等を一層多く学会宛御寄贈下さるよう御願い致します。
 (学会図書室)

元関西支部長 京都大学名誉教授 岐阜県立大学工学部長 高橋逸夫博士は、去る 5 月 11 日尿毒症のため逝去されました。享年 67 才、本会はここに会員を代表して深く哀悼の意を表する次第であります。