

安定水路諸元の計算について

日本大学工学部 正会員 木村喜代治

同上 正会員 高橋 迪夫

同上 正会員 長林 久夫

本報は50回年講において発表した内容と基本的な部分は同様であるが、係数を一部改め、未発表の部分を加えたものである。記号の示す意味は同じである。説明の都合上基本式を再記すると

抵抗則：対数則とManning-Strickler 式

$$\begin{aligned} v/v_* &= 1/k \cdot \ln(h/k_s) + 6 & (1), & & v/v_* &= 1/k \cdot \ln(R/k_s) + 6 & (2) \\ v/v_* &= 7.66 (h/k_s)^{1/6} & (3) & & & & \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{全式で} \\ v_* = \sqrt{gRS} \end{array} \right\}$$

$k_s = 2D$ とし、河床波の存在による抵抗の増加は式 (1), (2), (3) の右辺に α を乗ずることで表す。

流砂量式：Bagnold 式とMeyer-Peter 式でそれぞれ

$$Q_s = 4.25 [g(\tau_s - 1)^{1/2} D^{3/2} \tau_{*c}^{3/2} B \eta^{1/2} (\eta - 1)] \quad (4)$$

$$Q_s = 8 [g(\tau_s - 1)]^{1/2} D^{3/2} \tau_{*c}^{3/2} B (\eta - 1)^{3/2} \quad (5)$$

河床波が存在するとき $\eta \rightarrow \alpha^2 \eta$ とする。

極値計算： $dF_r = 0, dQ_s = 0, dQ = 0$ ($Q = \text{一定}$)

幅・水深比 β と流速係数 ϕ との関係は F_r と式 (1) および式 (2) より Q を求めその極値よりそれぞれ

$$\beta = \phi - 2 \quad (6), \quad \beta = \phi + 3 \quad (7)$$

同様に $dF_r = 0$ と式 (3) の2 式よりそれぞれ $\beta = 13, 18$ となる。この結果平坦河床では $\phi = 15$ となる。

河床波のある河床で安定河床の範囲と考えられるものとして

Simonsらは $F_r \leq 0.3$ 程度としている。各種河床形態のうち岸・黒木による河床形態と抵抗に関連した区分でdune I に属するものと考え、 α の値を19文献によるデータを用いて検討した。

$F_r \leq 0.5$ のデータを採用した。式 (1), (2) の差は殆ど認められず結果をFig.1 に示す。かなりの散らばりはあるが岸・黒木の dune I の式によりほぼ示される。 $\tau_{*c} = 0.05$ とすると

$$\alpha = 0.368 / \tau_*^{1/3} = (\tau_{*c} / \tau_*)^{1/3} = 1 / \eta^{1/3} \quad (8)$$

η と β の関係は、極値法を用いて平坦河床と河床波のある河床のそれぞれについて

$$\text{Bagnold の式: } \eta = (2\beta + 9)/15; \quad \eta = [(4\beta + 6)/(3\beta + 9)]^3 \quad (9)$$

$$\text{Meyer-Peter 式: } \eta = (\beta + 2)/5; \quad \eta = [(3\beta + 6)/(2\beta + 9)]^3 \quad (10)$$

η の値は平均河床では前報と同様であるが、河床波のある場合

は $\phi = 15$ α として、式 (8) の関係を用い、式の組み合わせにより式 (6) と式 (9), (10) および式 (7) と式 (9), (10) より η と ϕ の値を求め、平坦河床も含めTable 1, 2 に示す。Simons and Bender data を用いて実測値より直接計算した ϕ と本報による計算した ϕ との関係を図2に表す。図中の線の記号はTable 2 を参照。また、長方形水路において $F_r = \phi S^{1/2} / \sqrt{(1 + 2/\beta)}$ (11)

より、同じくSimons and Bender data の実測値と計算値との比較をしたのが Fig. 3 である。図中の記号 (a) $\cdot \cdot$ 等はTable 2 を参照する。

安定水深 h は平坦河床では前報と同様で

$$h = [1/(\beta \phi (\tau_{*c} (\tau_s - 1) g \eta)^{1/2})]^{1/2} = K_1 D^{-1/4} Q^{1/2} \quad (12)$$

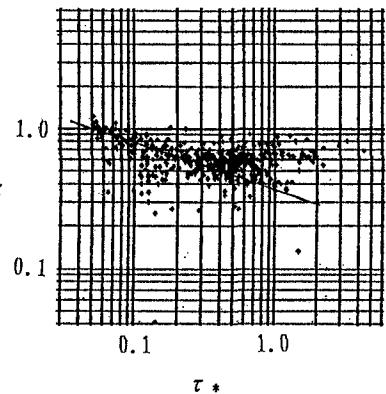


Fig.1 $\alpha = f(\tau_*)$ の関係

河床波のある場合は係数を少し変え

$$h = [1/(\beta \phi (\tau_{*c} (\tau_s - 1)g)^{1/2} \eta^{1/6})]^{1/2} \cdot D^{-1/4} Q^{1/2} = K_1 D^{-1/4} Q^{1/2} \quad (13)$$

安定水路幅は

$$B = \beta h = K_2 D^{-1/4} Q^{1/2} \quad (14)$$

また著者らによる自由蛇行理論より求めた蛇行波長と水路幅の比は

$$\lambda/B = 3(\phi \pi)^{2/3} (1/\beta)^{1/3} \quad (15)$$

この式にTable 2 に示されている値より、平坦河床、河床波のある河床の λ/B をTable 3 に記す。Chital(1970)の実測値と本報による計算値の比較をFig. 4 に表した。なを図中の記号はTable 3 を参照する。これらの式より

$$\lambda = K_3 D^{-1/4} Q^{1/2} \quad (16)$$

とする。

K_1, K_2, K_3 の値をTable 4 に示した。平坦河床の数値は前報と同様である。

h, B などの実測と計算の比較はSimons & Bender(1957), Akers(1966), Raju et al(1977), Ikeda(1981)などのデータを用いて行った。前報の結果との差は少ないが講演時に示す。

極めて巨視的に取り扱っているが、この種の問題として、理論と実測との適合性は良好であると言える。対象は非粘着性の土砂であるが現地観測値との適合性も良好である。粘着性の考慮は今後の課題とする。

Fig. 1で解析した data sources は下記である。Barton et al(1955), Gov. of W. Bengal(1965), Brooks(1957), Chyn(1935), Costello(1974), Davies(1971), E. Pkistan Water & Power D.A.(1967), Gov. E. Pakistan(1966, 68, 69) Franco(1968), Gibbs et al(1972), Guy et al(1966), Jorissen(1938), Kalinske(1945), Kalkanis(1957), Laursen(1958), Mutter(1971), Neill(1967)

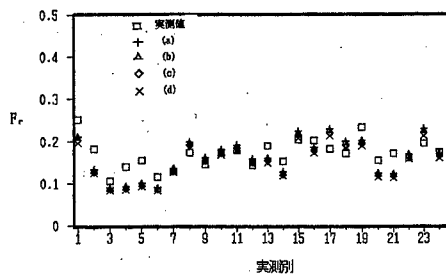


Fig. 3 F_r の比較 (Simons and Bender data)

Table 1 η の値

河床状態	gravel bed (平坦河床)		sand bed (河床波のある河床)	
流砂量式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式
式(1)	2.33	3.0	1.67	1.92
式(2)	3.0	4.0	1.83	2.21

Table 2 ϕ の値

河床状態	平坦河床	河床波のある河床	
流砂量式	——	Bagnold 式	Meyer-Peter 式
式(1)	15	12.6 (a)	12.1 (c)
式(2)	15	12.3 (b)	11.5 (d)

Table 3 λ/B の値

河床状態	平坦河床	河床波のある河床	
流砂量式	——	Bagnold 式	Meyer-Peter 式
式(1)	16.6 (a)	15.9 (b)	15.7 (c)
式(2)	14.9 (d)	13.8 (e)	13.4 (f)

Table 4 K_1, K_2, K_3 の値

単位	metre-sec-unit			
河床状態	gravel bed (平坦河床)		sand bed (河床波のある河床)	
流砂量式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式
平均	K_1	0.0611	0.0574	0.0871
式(1)	K_2	0.795	0.746	0.927
流速	K_3	13.2	12.4	14.7
式(2)	K_1	0.0488	0.0455	0.0733
	K_2	0.878	0.817	1.12
	K_3	13.1	12.2	15.4

単位	feet-sec-unit			
河床状態	gravel bed (平坦河床)		sand bed (河床波のある河床)	
流砂量式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式	Bagnold 式	Meyer-Peter 式
平均	K_1	0.0454	0.0427	0.0647
式(1)	K_2	0.590	0.555	0.689
流速	K_3	9.83	9.23	10.9
式(2)	K_1	0.0362	0.0337	0.0545
	K_2	0.652	0.607	0.831
	K_3	9.74	9.07	11.5

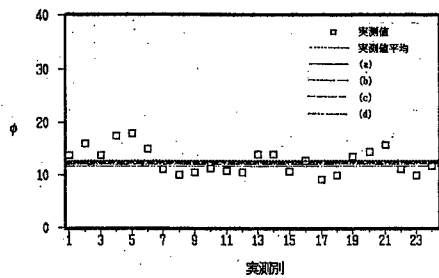


Fig. 2 ϕ の比較 (Simons and Bender data)

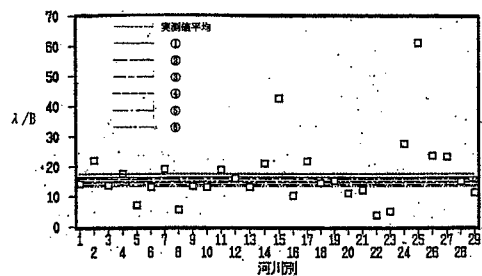


Fig. 4 蛇行波長と水路幅の比 (chital 1970)