

1. はじめに

たとえ、海況劣形を論ずる時は沿岸漂砂がかりで Swash zone における岸・沖方向の砂移動も考慮せねばならぬ。これはつぎの所、Swash zone の流水の抵抗係数の評価の問題に帰着する、ドライ・ベッド上の急変不定流の抵抗係数の評価は重要な問題となる。

本研究はドライ・ベッド上の流水の一例として Swash zone における逆上波を考慮し、その先端部でフルベールによるドライ・ベッド上の急変不定流とみればその流水の抵抗係数の評価方法を示すことができるものがある。

2 抵抗係数の評価方法

Swash zone における逆上波の先端部は Dam-break-wave のそれと同じ状態にあると推定できる。すなわち、逆上波先端部では圧力は静水圧分布を示し、水粒子速度は時間定数の関数とあるとする。

次に、図-1 に示す様に Whitham の境界層先端を通過すると認められる所から注意の一点 X_0 流速と水深を測定する。同時に、流速・水深測定より陸側での逆上波先端の移動速度 $\dot{x}(x)$ を測定する。測定した水深 h と水粒子速度 $u(x)$ と $\dot{x}(x)$ が某 t 時刻の $u(x)$ と水深 $h(x)$ と Whitham の境界層先端での水粒子速度 U_0 と水深 H_0 とする。 U_0 と H_0 が決まると、たとえ逆上波の効果が無視できると、Ritter 理論から逆上波 Dam-break-wave の初期貯水深 h_0 が次式より求められる。

$$h_0 = \frac{H_0}{4.5} (Fr_0 + 2)^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $Fr_0 = U_0 / (gH_0)$ 、 g は重力加速度。

h_0 が求まると抵抗係数 f は図-2 に示すごとく h_0 の関数として得られる。たとえ、逆上波の効果が無視でき、底条件が砂粗度の場合は次式で近似する¹⁾

$$f = [1.50 \log_{10} \left(\frac{S}{k} \right) - 1.91 + \{ 5.75 + 0.12 \left(\frac{S}{k} \right)^{0.8} \} \log_{10} \left(\frac{4}{9} \frac{h_0}{k} \right)]^2 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 f は Whitham の抵抗係数、 S と k は砂の粒径粗度の間隔と高さである。

Swash zone における底条件は移動床である。式(2)は砂粗度の場合は定常流に打ち上る定常の抵抗則であることから、移動床にある砂粗度から得られた移動床の抵抗則に近似的に採用できるものがある。

3. 抵抗係数の評価例

本研究の評価方法の検証を行う。

Swash zone における観測データが不足しているため Dam-break-wave を数値シミュレーションの結果とデータとを併用する。本研究の抵抗係数評価方法は Dam-break-wave の数値シミュレーションにはより実際の流水と再現できるため流水全体に浅水理論が成立するとし、先端部では Whitham 理論より与え、その間に打ち上る境界層先端位置を計算してこの領域内みに抵抗の効果を加えることにした。

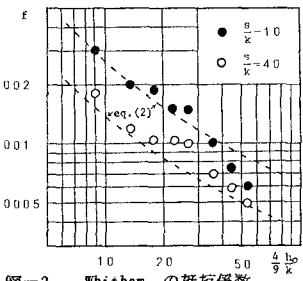


図-2 Whitham の抵抗係数

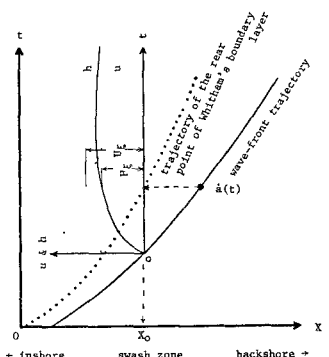


図-3 抵抗係数評価法の説明図

たから、境界層の2次元-流れと見なすことができる。先端条件は、

$$a = \frac{h_0}{f} (0.04862p^3 + 0.02503p^4 + 0.01262p^5 + 0.00635p^6 + 0.00319p^7 + 0.00161p^8 + 0.00081p^9 - 0.00167p^{10} \dots) \dots (3)$$

$$t = \frac{1}{f} \sqrt{(h_0/g)} (0.02431p^3 + 0.02163p^4 + 0.01496p^5 + 0.00941p^6 + 0.00563p^7 + 0.00328p^8 + 0.00186p^9 \dots) \dots (4)$$

境界層先端位置は、

$$\xi = \frac{h_0}{f} (0.04862p^3 + 0.00679p^4 - 0.00273p^5 - 0.00362p^6 - 0.00286p^7 - 0.00189p^8 - 0.00120p^9 - 0.00279p^{10} \dots) \dots (5)$$

ここで、 a はゲートから流路先端までの水平距離、 t は時間、 ξ はゲートから Whitham の境界層先端までの距離、 $\gamma = 1.2$ は $[Z(1960) - a]/(1960)$ で示される無次元速度である。

この様に1次元計算された結果を式(3)と(4)を用いて、本研究の方法が抵抗係数と評価した一例を表-1に示す。表-1は $h_0=0.15m$, $s/k=10$, $f=0.021$ の条件で計算し、 $X_0=0.3m$ 出力したものの結果である。ただし、ここで X_0 はゲートからの距離である。 $X=1.08$ 秒の時に、 $|a-u|$ は最小となり、この時の u と f は Whitham の境界層先端の U_g と H_g と式(1)・(2)式を用いて計算できると $f=0.02093$ が得られる。したがって、計算に用いた f は一致している。この様に、計算に用いた抵抗係数 f_c とその結果と本研究の方法で評価した抵抗係数 f_d との相関を Fig. 3 に示す。任意の条件に適用できる Dam-break-wave の抵抗則が判明している場合、ドライ・ベッド上の流水の抵抗係数評価法として本研究の方法が有効であることがわかる。

表-1 抵抗係数の評価 ($h_0=0.15m$, $s/k=10$, $f_c=0.021$, $X_0=0.3m$)

| t | h | u | a | a-u | f _d |
|-------|--------|-------|-------|--------|----------------|
| 0.36 | 0.0322 | 1.276 | 1.288 | 0.012 | 0.02131 |
| 0.72 | 0.0461 | 1.080 | 1.103 | 0.023 | 0.02095 |
| *1.08 | 0.0525 | 0.991 | 0.989 | -0.002 | 0.02093 |
| 1.44 | 0.0574 | 0.912 | 0.906 | -0.006 | 0.02113 |
| 1.80 | 0.0611 | 0.851 | 0.841 | -0.010 | 0.02132 |
| 2.16 | 0.0641 | 0.803 | 0.787 | -0.016 | 0.02146 |

(Unit : m, s)

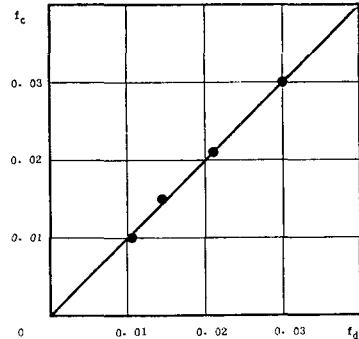


図-3 f_c と f_d の相関

4. 2. 2

Swash zone における砂移動を調べる目的でドライ・ベッド上の急流不安流の抵抗係数評価方法を示した。しかし、本研究で指定した Whitham の境界層先端、すなわち $a(x) - u(x) = 0$ を満足する点から Swash zone の端上流に存在するかどうかは疑問である。また、存在しても本研究で計算された f が潮上時全体にわたって、引き波時には適用できない可能性がある。今後、現地観測を行うことによる検証が必要である。

最後に、本研究と進行するに当たり東北大学藤野天教授より有益な御教示をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

参考文献 1) 松原英夫・藤野天：ドライ・ベッド上の急流不安流に関する実験，第35回水工学講演会，水工学部，pp. 364-365, 1980.