

1. 緒言:

河口閉塞の主因となる河口砂洲は、河川流のフラッシュ能力と波による閉塞能力とのつり合いによってその流水断面が安定する。河川流による河道安定断面に関してはすでに多くの人々によって研究されており、また Per Brunn 及び野田・木村らはこの河道の安定断面に関する Lane の考え方を河口地形に適用して実験結果を整理している。しかしいずれも河口砂洲に対するフラッシュ効果をみた河口砂洲の安定断面であり、波の閉塞能力については言及していない。本論文においては、まず河川流のみが存在する場合の安定断面形に関して、Lane の考え方を実験的に検討するとともに、波と河川流が存在する場合の断面形とその安定条件について検討を加えるものである。

2. 実験方法と断面の時間的变化

実験は(1): 波のみ存在する場合の地形変化, (2): その後河川流のみを作用せしめた場合の安定断面及び, (3): 波と流れを両方作用せしめた場合の地形変化の3種類について行なったが、作用せしめる波は沖程水深 6 cm , 沖程周期 1.25 sec , 沖程入射角度 45° の一種類とし、河川流のみを作用せしめる場合は波のみによって形成された砂洲に(作用時間35時間) $Q=3.6 \sim 12\text{ l/s}$ までの5種類の河川流量を4時間流下せしめて安定断面をえた。また波と流れの両方ませしめる場合は、前述の特性をもつ波に対して $Q=3.2 \sim 9.9\text{ l/s}$ 間の4種類の河川流量を作用せしめてその安定断面を求めた。なお初期河口中では 98% で河口水深は 4.5 cm , 河川流の初期 Froude 数は $0.149 \sim 0.367$, 底質は比重 2.65 , 中央粒径 $d_{50} = 0.25\text{ mm}$ である。

図-1 は波と流れが共存する場合の河口部の流水断面積の時間的变化を示すもので、図中 A^* は流水断面積 A とその断面の最大水深 h_c の2乗で除いた無次元量である。また図中太い実線は河川流がない場合である。この図から河川流がない場合、あるいは河川流量が小さい場合は極めて安定断面をとりにくい、一般に2〜3時間ではほぼ安定断面をとることがわかる。

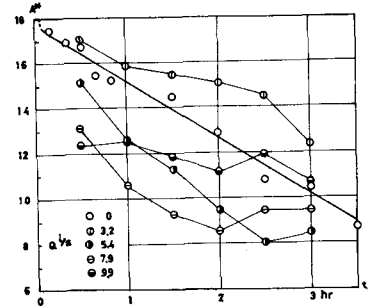


図-1 河口地形の時間的变化(波と流れの共存。)

3. 河川流のみによる安定断面

先に述べたように波のみによる安定断面は長時間の波の作用によって与えられるので、一応3時間30分波を作用させた後の地形を河川流作用の初期地形としてその後河川流を作用せしめた。この場合の安定断面形状としては限界掃流力の概念から導いた次式で示す Lane の安定断面形がある。

$$\Delta/h_c = \cos \{ (y/h_c) \tan \varphi \} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 Δ : 鉛直方向の距離, h_c : 最大水深, y : 水平距離, φ : 砂粒の水中安息角である。本実験においては上流からの

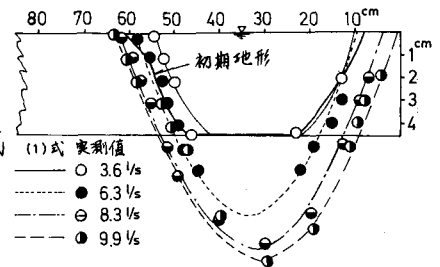


図-2 河川流のみによる安定断面形

流送土砂のない流量を差らんでいるので、静的安定断面を示しているものと考えられる。1Kによって(1)式で示す断面形は最小流水断面形を示すものと考えられる。図-2は $\tan \varphi = 0.5$ として河口砂洲の南口部最小断面ととり、(1)式と比較1にものである。なお(1)式中の h_c は、 $h_c = \tau_c / \rho g I$ (I : 流路の縦断勾配)で求められ、 τ_c は ρU_*^2 (U_* : 砂粒の限界摩擦速度)によって求められた値である。この図から明らかのようにLaneの理論断面と実験値とは極めてよく一致するのである。

4. 波と流れが共存する場合の安定断面 : 河川からの流出土砂がない場合には、河口断面積と漂砂の関係は

$$\partial A / \partial t = \{1 / (1 - \lambda)\} \cdot \partial Q_s / \partial x \quad \text{----- (2)}$$

で与えられる。ここに λ は底床の空隙率、 Q_s は海岸線に沿う単位時間当りの沿岸漂砂量、 x は海岸線に沿ってとった距離である。1によって一定時間後に形成される河口断面積は次式で与えられる。

$$AB = \{1 / (1 - \lambda)\} \cdot \int (\partial Q_s / \partial x) dt \quad \text{----- (3)}$$

一方、ある断面積以下になると流れの力によって砂洲は崩壊し、3.述べたように河川流に対して安定な断面をとるようになる。この河川流によって崩壊し安定断面をとる場合には、その流水断面積はエネルギー方程式より砂洲間の摩擦損失を無視すると次式で与えられる。

$$AB = 1/C \{2g(h_A - h_B)/Q^2 + 1/A_A\}^{-1/2} \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 h_A , h_B は上流及び河口での平均水深であり、 A_A は上流部での流水断面積、 Q は河川流量、 C は流量係数、 g は重力加速度である。1によって、(3)式と(4)式を等置すると波と流れの共存する場合の安定断面を維持するための沿岸漂砂量と河川流量の関係は求められるはずである。(4)式において h_B と h_c は一定の関係があり、まにもし波と流れが共存する場合においても(1)式が成立するものとし、また野田・木村が求めたように波と流れが共存する場合において、 AB/h_c^2 と B/h_c (B : 河口の断面積)との間に(5)式に示すような関係が成立するものとする、安定断面における Q_s および河川流量と h_c の関係は(6)式に表わされる。

$$\frac{AB}{h_c^2} = m = \begin{cases} B/h_c - (\pi/2)/\tan \varphi & (\text{中央水平部のある場合}) \\ \frac{2}{\pi} \cdot B/h_c = 2/\tan \varphi & (\text{中央水平部のない場合}) \end{cases} \quad (5)$$

$$\frac{1}{(1-\lambda)} \int \frac{\partial Q_s}{\partial x} dt = \frac{1}{C} \left\{ \frac{2g(h_A - h_c \alpha)}{Q^2} + \frac{1}{A_A} \right\}^{-1/2} \quad \text{----- (6)}$$

ただし、 $\psi = Q^2 / 2g \{C(m h_c^2)^2 - \frac{1}{A_A}\} - h_c / \alpha$, $\alpha = h_c / h_B$ である。上式の h_c は上述のように $h_c = \tau_c / \rho g I$ であり、 $\tau_c = \rho U_*^2$ であるから底床特性と与えることによって h_c が求められる。図-3は流れと波の共存場における安定断面が(1)式で示されるかどうかを示すものであり、図-4は AB/h_c^2 と B/h_c の関係が流れのみの場合と異なることを示しに実験結果を示す。なお流れは上述の Q_s に対して影響を与えるので、その効果についても今後検討しなければ(6)式を完全に解明することはできない。

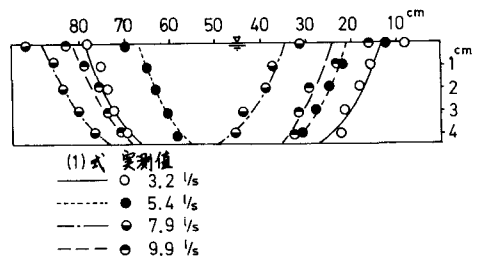


図-3. 波と流れが共存場における安定断面

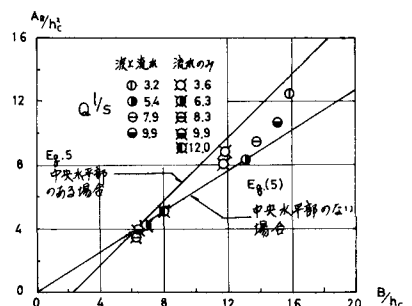


図-4. AB/h_c^2 と B/h_c の関係