

河口閉塞にともなう河道内水位の変化について

——河口閉塞機構に関する基礎的研究；第3報——

榎 木 亨*

1. 緒 言

河口においては一般に砂洲の消長が著しく、この砂洲発達にともなう河口閉塞により河川水位は上昇し、洪水時にははんらんし、平水時、治水時には内水排除の不良などの災害を生じている。この閉塞災害は中小河川において、とくに著しい。このような河口閉塞にともなう水位の変動の解析は従来行なわれておらず、河口堤防の設計高さの決定においても科学的に十分な計画がなされていない。わずかに大河川における河口潮位変動にともなう上流の水位変動を解析された例が二、三みうけられるにすぎない。

ところで河口地形変動および閉塞の原因としては、

- (1) 河川流による運搬土砂の堆積
- (2) 波による土砂の押し込み
- (3) 河口前面に形成される沿岸砂洲
- (4) 沿岸漂砂による砂洲形成

が考えられる。しかし(1)~(4)の現象が別々に起こるわけではなく、実際にはこれらが重複して閉塞を生じるものであろう。近年これらの個々の原因による河口変動については、(1)に関してはGrijm¹⁾、Bakker-Edelman²⁾による河口デルタの発達に関する研究、(2)については野田³⁾の流れのない場合の砂洲形成に関する研究、(3)については流れと波の相互作用による沿岸砂洲の発生、発達を論じた著者の閉塞機構に関する第1報⁴⁾、第2報⁵⁾があり、しだいにその閉塞機構も解明されようとしている。ところが河口変動のもっとも著しいと考えられる河口の沿岸漂砂が原因となる河口地形変化およびその結果生じる河道内の水位変化については系統的な解析が行なわれていない。

本論文はまず、この河口に波が斜めから入射した場合の閉塞現象、すなわち沿岸漂砂による河口砂洲の発達についてふれ、その後、この発達した河口砂洲の規模の消長にともなう河道内の水位変化について、河川流の強さおよび波浪エネルギー、沿岸漂砂量の相関関係から論じていくものである。

2. 河口砂洲の発生、発達

(1) 実験装置

長さ 14.0 m、幅 10.6 m、高さ 0.4 m の三次元平面水槽に幅 0.30 m、長さ 5 m の河川部水路をとりつけた実験水槽を用いて、汀線に対して波の入射角 20° および 30° の角度で波を入射せしめて実験は行なわれた。もちろん平面水槽の末端には 4 カ所の角落しで水槽内水位が一定になるようにされている。

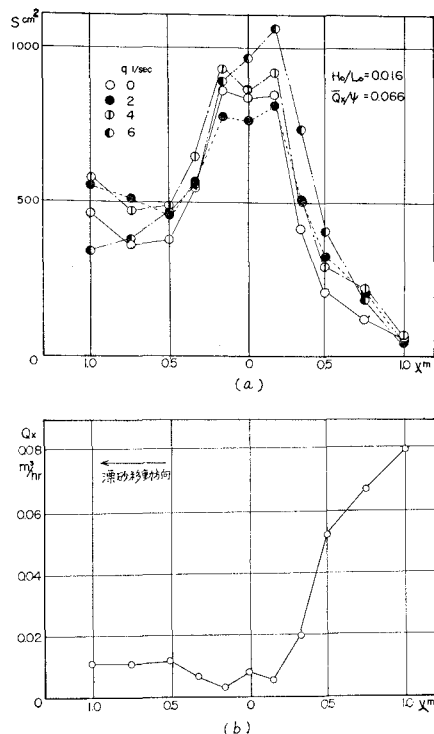
底質としては波による移動が容易であるように比重の小さい人工軽量骨材（メサライト）を用いた。その乾燥比重は 2.17、中央粒径 $d_{50} = 1.0$ mm である。

実験は河口水深を 4 cm、4.5 cm、6.5 cm の 3 種、河川流量を 0、2、4、6 l/sec、沖波波形勾配を 0.016~0.053 に変化せしめて行なった。海底勾配は 1/15（河口付近 1/90）で実験継続時間は 1 時間である。

(2) 河口砂洲の発生

砂洲の発生原因は河口における沿岸漂砂量の非一様性によることは明らかであるが、その非一様性をもたらすものとしては河口という地形的特性および河川流の存在があげられよう。

図-1 沿岸漂砂量の距離的分布と砂洲の断面積変化



* 正会員 工博 大阪大学助教授 工学部土木工学科

いま沿岸漂砂量 Q_x のみを考えると、岸垣⁶⁾が明解に論じたように海浜変形は一定の波に対しては、

$$\frac{\partial \bar{h}}{\partial t} = \frac{1}{(1-\lambda)B_D} \frac{\partial Q_x}{\partial x} \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。ここに $\bar{h}$ は平均水深、 λ は底質の空げき率、 B_D は漂砂移動帯の幅、 x は海岸線にそう距離である。そこで Q_x の距離的变化を本実験について求めてみると、図-1 (b) のように表わされ、明らかに河口の右岸の漂砂の上手側よりしだいに河口に近づくにつれて Q_x が減少し、 $\partial Q_x / \partial x < 0$ となり、右岸側からの堆積をみる。この漂砂量分布の変化と形成された河口砂洲の断面積 S の距離的变化を示す 図-1 (a) とを対比させると、上述の河口地形による河口砂洲の発生の論議が明らかに証明される。

さらに河川からの流れが存在すると河からの土砂の供給面に加えて波との相互干渉の結果流れの存在がむしろ砂洲の発生発達を助長する。この事実は波が河口に直進してくる場合の沿岸砂洲の発生について述べた著者の第2報⁵⁾と同じ結果を示す。

(3) 河口砂洲の形状と規模

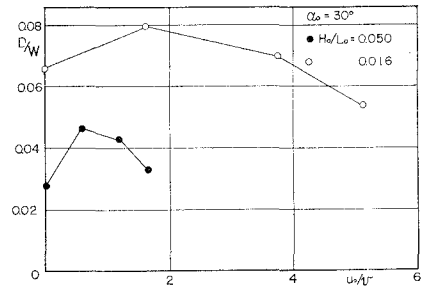
a) 河口砂洲の形状

河口砂洲の断面形状を砂洲の高さ D と砂洲の幅 W の比によって表わすと、この D/W は海底勾配と同様波の特性および底質特性に応じた値をとるものと考えられる。図-2 はこの D/W と波の特性 H_0/L_0 の関係を求めたもので、 H_0/L_0 の影響が明らかに現われている。同図によると $H_0/L_0 = 0.03$ 近くで D/W が最大となっているが、この事実は沿岸漂砂量におよぼす H_0/L_0 の影響で $H_0/L_0 = 0.03$ 近傍で沿岸漂砂量が最大となるという事実と密接な関係があるように思われる。

つぎに D/W におよぼす底質粒径の効果を求めてみたが、 H_0/d_{50} の相違によって多少の D/W の差異はあるけれども本実験の範囲 ($H_0/d_{50} = 25 \sim 88$) ではそれほど明瞭に現われなかった。

またこの断面形状の変化に対する流れの影響を求めたのが 図-3 である。この流れの強さは河口砂洲の発達過程において述べたように流れと波の相対的な関係において河口砂洲の規模に寄与するものであるから、波の強さ

図-3 砂洲の断面形状におよぼす流れの影響



を示す沿岸流速と河口地点の流れの流速 (u_0) の比でもって流れの影響を明らかにしている。ただし 図-3 の沿岸流速 v は実測が困難なために、Inman-Quinn⁷⁾ の沿岸流速算定式によった。この図によるといずれの波形勾配の波でも、ある流量までは砂洲はしだいに峻しくなり、それ以上強い流れになると再び平坦な砂洲に変化していく。

最後に砂洲の平面形状におよぼす流れの影響を砂洲の発達方向と元の汀線とのなす角 θ の変化でみてみよう。

この砂洲の方向性は後述する波の河道内への侵入あるいは水位変化にきわめて密接な関係がある。河口付近には先にも述べているように河川流と波による沿岸流という二つの方向の全く異なる流れが存在しているから、砂洲の方向も当然この二つの流れによって支配される。たとえば、河川流が強ければ沿岸流によって河口まで運ばれた砂は河川流に乗って沖へ運びさられるが、逆に沿岸流が強ければそのまま河口を横切って移動する。

図-4 はこの二つの流れの強弱に応じて変化する砂洲方向 θ の変化を示したもので、河川流が強くなると砂洲は沖方向に向かうことがわかる。すなわち、波がある場合流れによって砂洲はフラッシュするのではなく、波がない場合にのみ砂洲は流れにより消失する。

b) 河口砂洲の規模

河川からの流れは砂洲をけずり取る効果と、発生の項でも述べたように波および沿岸流に影響を与え、砂洲の発達をうながす効果とがある。図-5 は河川流量の変化にともなう砂洲堆砂量の変化を求めたもので、河川流の

図-2 D/W と H_0/L_0 の関係

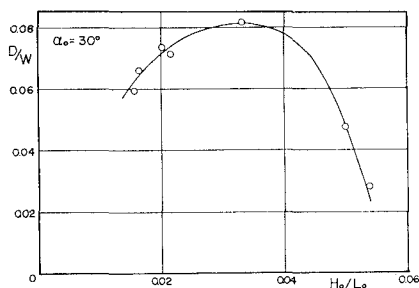


図-4 砂洲の発達方向に対する流れの影響

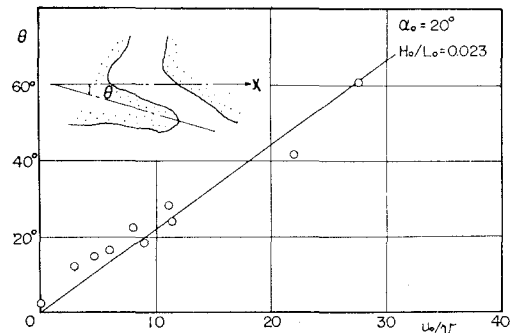
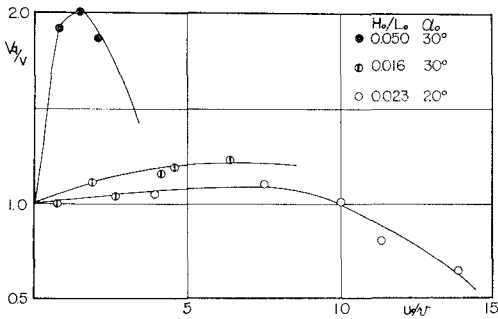


図-5 砂洲の規模におよぼす流れの影響



ない場合の同一波のエネルギーで形成される砂洲の体積を V , 河川流のある場合の体積を V_q として求めている。

この図から先の二つの効果が明らかに認められ, ある範囲の流量までは河川流が, その掃流能力を上まわる堆積を生じさせることがわかる。

(4) 砂洲開口部の断面積変化

河道内水位を左右するものは次節でも述べるように, 河口部の開口部断面積である。

この流水断面積を支配する諸要素として, Per Brunn⁸⁾ は, 潮汐, 砂洲の形状の効果を除けばつぎのように表わされることを示している。

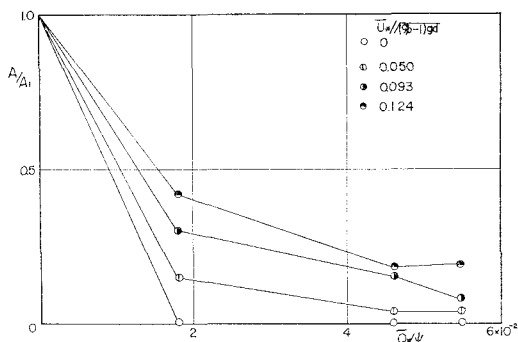
$$A = f(q, q_w, Q_x, W_a, \tau, M_R, \beta) \dots \dots \dots (2)$$

ここに, A : 開口部断面積, q : 河川流量, q_w : 砂洲を越えて河道内へ輸送される水の質量, Q_x : 沿岸漂砂量, τ : 掃流力, W_a : 波の作用力, M_R : 河川からの流出土砂量, β : 底質特性である。

しかしこれらの諸量は独立でなく, q_w は W_a の関数であり, Q_x は W_a, β に関係があり, τ は q および β に関係がある。また M_R は τ, q, β に関係する。上式で q_w, M_R は十分無視しうる程度に小さいものとして除くと, 断面積に関係する諸量は河川流の効果 q, τ と海側の作用力として Q_x, W_a および底質特性 β にわけられる。

そこで河川流の効果を, q および τ を含んだ摩擦速度 u^* と底質の移動限界流速の比 $u^*/\sqrt{(\frac{\sigma}{\rho}-1)gd}$ で表わした。一方 Q_x, W_a を波のエネルギーと関係のある無

図-6 開口部断面積と沿岸漂砂量および流れの関係



次元量 Q_x/ψ でもってあらわし, 波と流れの二つの作用が重なった場合の断面積の変化をもとめたのが 図-6 である。図-6 中の A_1 は砂洲が発生する前の, その地点の断面積であり, A は砂洲発生後の開口部断面積である。なお Q_x は地点により変化するので河口のない直線海岸としての平均沿岸漂砂量 $\bar{Q}_x$ で表わしている。ここに Ψ は

$$\Psi = g^{1/2} \cdot (H_b/L_0)^{1/6} \cdot H_b^{3/2} \cdot i^{1/3} \cdot d(\sin 2\alpha_b)^{1/3} \cdot \cos \alpha_b$$

で α_b は碎波角, i は平均海浜勾配, d は底質粒径である。

図-6 中の u^* としては, 砂洲の発生しない場合の砂洲発生地点における平均流速 $\bar{u} = g/bh_1$ (b : 河川流の拡散幅, h_1 : 砂洲発生地点の静水面以下の水深) より, $\bar{u}^* = \sqrt{\tau_0/\rho}$, $\tau_0 = \rho g R I_e$, $I_e = n^2 \bar{u}^2 / R^{4/3}$ (R : 径深) にもとづき, n (Manning の粗度係数) = 0.02 として求めた値を用いている。

3. 砂洲発達にともなう河道内水位の変化について

(1) 基礎的な考え方

波と流れが共存する場合の砂洲による水位上昇の原因としてはつぎの3点が考えられる。

- (1) 流れの砂洲によるせき上げ
- (2) 波の質量輸送にともなう水位上昇
- (3) 波の河道内への侵入

河道内の水位はこの三つの効果が組み合わさり, 砂洲の消長とともに変化するのである。そこでまず上記三つの効果をそれぞれ分離して個々の効果を明らかにしたうえで波と流れの共存状態における水位変動を解明する。

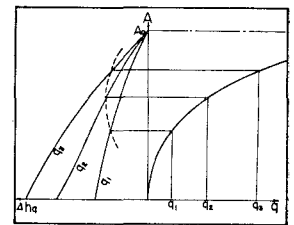
a) 流れのみ存在する場合の砂洲によるせき上げ量

一般的な河口地形において砂洲が発生しない場合の河口断面積を A_0 , 砂洲が発生した場合の断面積を A とすると, そのときの砂洲上流の水位上昇量 Δh_q は図-7の A と Δh_q の関係図のように表わされるはずである。

ところで開口部断面積は流量の増加にともない, 図-6で示したように増加するので図-7の A と q の関係図のように描くことができる。したがって Δh_q の q による変化は図-7の A を媒介変数として点線で示すように一義的に定まるはずである。ただし河川流量 q には先に述べた τ あるいは β の効果を何らかの方法でとり入れなければならない。また砂洲の高さの変化によっても Δh_q は異なるが, それについては後述する。

b) 波のみが存在する場合の水位上昇(波の質量輸送

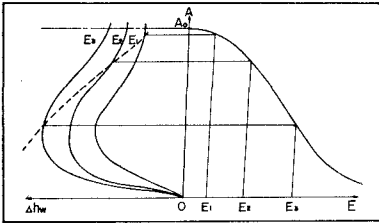
図-7 Δh_q と A と q の関係模式図



による水位上昇)

一般に波は河口に到達するまでに砕破し、砂洲を越えるかあるいは砂洲の開口部から侵入し多量の質量輸送を河道内にもたらす。その結果流れがなくても河道内に大きな水位上昇を生じる。このような波の質量輸送による水位上昇量(波高を考えない静水面の上昇量)を Δh_W とすると、 Δh_W は開口部の断面積 A と波の入射エネルギー E によって左右される。その間の水位上昇量との関係を 図-7 のように模式的に描けば 図-8 のような関係が描ける。

図-8 Δh_W と A と E との関係模式図



この場合 A に対しては 図-6 に示すように沿岸漂砂量が関係してくるので、 E の代りに E に関係する沿岸漂砂量の無次元量で表示するほうが好ましい。

c) 波と流れの共存する場合の水位上昇量 (Δh)

波と流れの共存する場合は a), b) より、開口部断面積 A 、波のエネルギー E 、河川流量 q 、によって左右されることがわかるが、 A は 図-6 に示すような諸要素によって支配されるから、

$$\Delta h = F(Q_x, E, q, \tau, \beta) \quad \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。著者は上式の Δh を流れと波の効果に分けて考え、

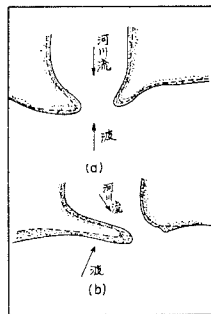
$$\Delta h = \Delta h_q + \Delta h_W' \quad \dots\dots\dots (4)$$

で表わされると仮定した。

ここに $\Delta h_W'$ は流量 q が存在するときの波の質量輸送による水位上昇である。この $\Delta h_W'$ は砂洲の方向により $\Delta h_W' = \Delta h_W$ と考えられる場合がある。

すなわち、図-9 (a) のよう 図-9 波と流れの干渉に関する二つの型

に波と流れがまっすぐぶつかりあう場合には波は流れの影響を受け砕波条件などが変わることから当然その質量輸送も変化し水位に影響を与える。これに対し、図-9 (b) のように砂洲が形成される場合には、波の進行方向がほぼ流れの方向と直交することから波は流れの影響はほとんど受けないと考えられるので、この場合の質量輸送による水位上昇量は流れのないときの同一規模の砂洲に対する水位上昇量 Δh_W とひとしい。



この $\Delta h_W'$ は 図-8 に示す Δh_W と E と A の関係と同様の相関関係が求められると思われるが、 $\Delta h_W'$ の場合は q と E の関数となるから、図-8 と類似の関係は $q=q_1, q=q_2, \dots$ によってそれぞれ異なった関係図が描かれることとなる。

d) 侵入波高の算定

① 流れのない場合：侵入波高 H は Δh_W と同様 E と A の関数であり、 A は E の関数であるからこの場合も 図-8 と同様の模式図が描かれ、 H と E は一義的に定まる。

② 流れと波の共存する場合：流れが存在すると、砕波波高が変化し砕波点が移動することは著者の第1報⁹⁾で明らかにした。また砕波後の波に対して流れは著しい効果を与え、波高の減衰が著しいことも実験的に明らかに見出される。したがって、この場合も $\Delta h_W'$ と同様に q をパラメーターとした H と E の相関関係を見出さなければならない。

e) 河道内最高水位について

河道内最高水位 η としては、以上の諸要素による水位上昇の和として求められる。すなわち

$$\begin{aligned} \eta &= \Delta h + \frac{1}{2} H = \Delta h_q + \Delta h_W + \frac{1}{2} H \\ \text{or} &= \Delta h_q + \Delta h_W' + \frac{1}{2} H \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

(2) 諸要素別の水位変化の実験結果と仮定の検証

3. (1) で述べたそれぞれの要素による水位変化を以下に述べる実験方法により求め、最高水位がそれぞれの重ね合せによって得られるという仮定を検証してみよう。

a) 実験方法

3. (1) で明らかにしたように、河口閉塞にともなう水位上昇は砂洲の開口部断面積によって左右される。したがってこの開口部断面積とそれぞれの要素による水位上昇変化を明らかにすることが、複雑な閉塞にともなう水位上昇を求める重要な項目と考えられる。しかしながら、移動砂洲ではその断面積が変化するため把握しにくいので、まず 図-10 に示すような位置に図で示す固定砂洲をパテで作り、その開口部断面積と水位変化量の関係を求めた。ついで移動砂洲の実験を行なって固定砂洲

図-10 固定砂洲の模型図

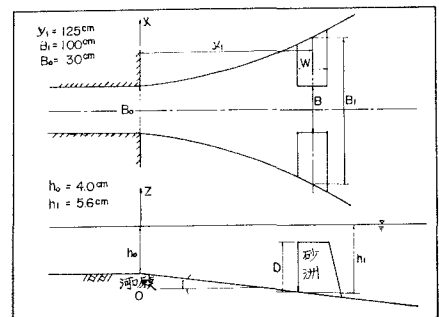
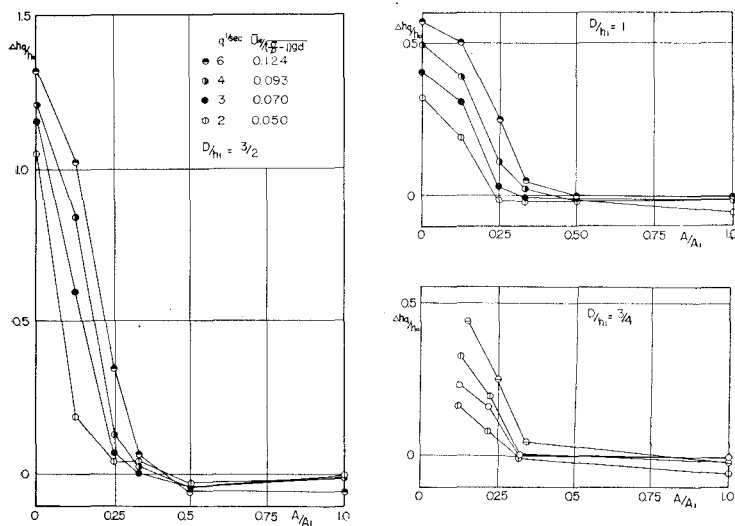


図-11 Δh_q と開口部断面積の関係

の結果から推定した値と比較検証した。

b) 流れのみ存在する場合の砂洲によるせき上げ量

砂洲によるせき上げ量は開口部断面積に支配されると同時に砂洲の高さによっても異なる。この砂洲の高さの変化にともなう水位変化は、開口幅の小さいほど D/h_1 による変化が大きく現われてくるのは当然であるが、砂洲で完全閉塞の状態でも $D/h_1=0.5$ 以下の砂洲の高さでは流れのせき上げ量は現われない。したがって、 D/h_1 の効果は $D/h_1=0.5$ 以上のときにのみ注目しなければならない。

つぎに固定砂洲を用いて開口部断面積と水位の上昇量 Δh_q の関係を求めると、図-11 のような関係が明らかにされる。図中の A, A_1 は図-10 の開口幅 B, B_1 に対応する面積で、 $D/h_1=3/4$ の場合には砂洲は静水面以下であるので、開口部断面積と砂洲より上の静水面までの通水面積を A で表わしている。ここでとりあげる Δh_q は「河口原点」における静水面からの水位上昇量で、図中のパラメーターとして流量の代りに流れの平均摩擦速度 $\bar{u}^*$ と底質の移動限界摩擦速度を示すところの $\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\rho}-1\right)gd}$ で無次元化したものを用いて表わしている。この図から、 $A/A_1=0.5$ ではほぼ砂洲のない場合と同じ水位の状態になることがわかる。しかしこの砂洲の影響のなくなる A/A_1 の値は流れの海中における拡散幅と きわめて密接な関係があり、この点から砂洲の発生地点によって異なるものと考えられる。この砂洲発生地点の効果についてはまだ明らかでない。

一方砂洲の開口部断面積は流れの強さによって変化していく。

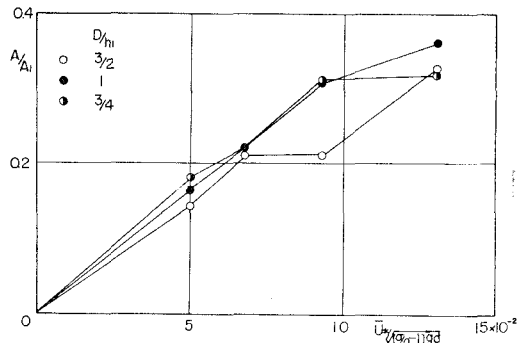
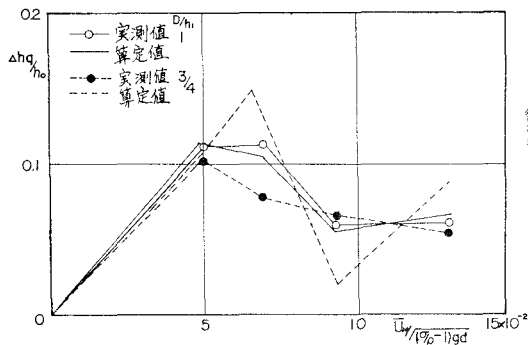
波のない場合の河川の掃流力のみによる断面積変化を求めたのが図-12 であって、この場合砂洲の高さはあまり関係しないようである。

図-11 および 図-12 を用いて、流れのみの場合の河川流量変化にもとづく砂洲の変化に応じた水のせき上げ量を求めた一例が 図-13 の算定値である。同図中に移動砂洲を用いて求めた結果を実測値としてのせているが、断面積と水位の関係、断面積と流れの関係を個々に考えてつきあわした算定値と比較的よく一致し、基礎的な考え方が間違っていなかったことを実証している。

c) 波のみが存在する場合の水位上昇量

この場合もまず開口部断面積と波による水位上昇量 Δh_w との関係を求めると 図-14 が得られる。一方波のエネルギーと開口部断面積の関係は 2.

図-12 流れによる開口部の断面積変化

図-13 河川流量変化にともなう Δh_q の変化

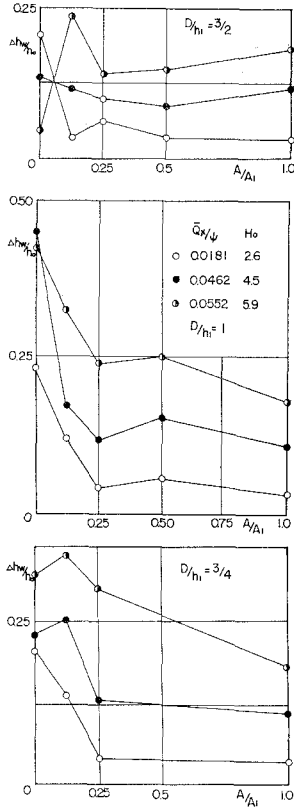
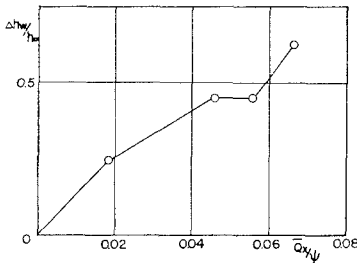
(4), 図-6 において求められている $\left(\bar{u}^*/\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\rho}-1\right)gd}=0\right)$ ので、断面積を媒介変数として、 $\bar{Q}_x/\Psi$ と $\Delta h_w/h_0$ の関係を求めたのが 図-15 である。

d) 波と流れの共存する場合の水位上昇量

波と流れが共存する場合は 図-9 (a) および (b) で示したように波と流れの方向によって二つにわけて考えなければならない。

① 波が流れの干渉 図-14 Δh_W と開口部断面積の関係

をうける場合(図-9(a)の場合): 3.(1)にしたがい開口部断面積と $\Delta h_W'$ の関係を求めると、それぞれの砂洲の高さについて図-16のような結果が得られる。図-16によると開口部断面積が小さい領域では流出速度が大きくて波が流れにおされて水位上昇量は非常に小さいけれども、開口部が大きくなるにしたがい、しだいに水位は増加し、ある断面積が最大値を示し、さらに開口部断面積が大きくなっても水位はほぼ一定値あるいは減少を示す。図-16と図-6とを組み合わせると、ある流量に対する図-15と同

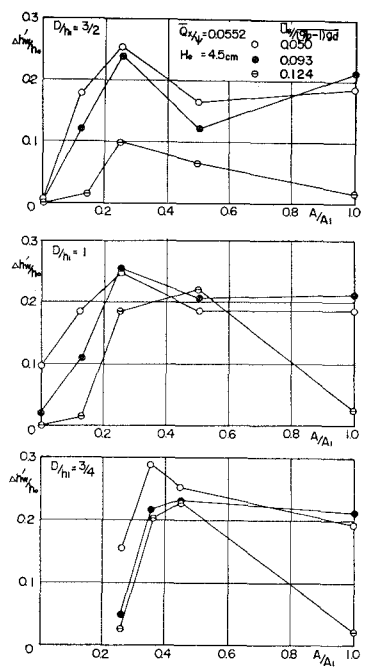
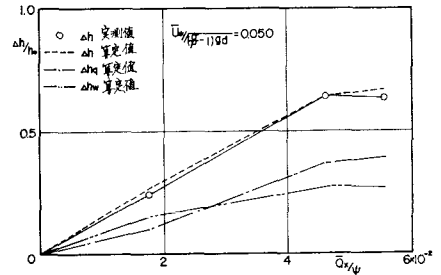
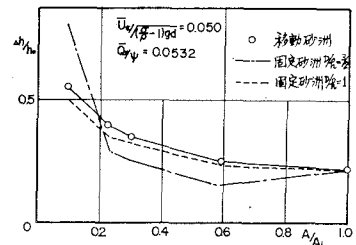
図-15 $\bar{Q}_x/\psi$ と $\Delta h_W/h_0$ の関係

じ図が得られるはずである。この $\Delta h_W'$ と図-11の Δh_q の和がこの場合の水位上昇量である。

② 波が流れの干渉をうけない場合(図-9(b)の場合): この場合の Δh はすでに求められている結果を用いて求めることができる。すなわち、図-6を用いて、ある流量 q_1 と波のエネルギーに関する $\bar{Q}_x/\psi$ に対する断面積 A を求める。つぎにその A と q_1 に対する流れのせき上げ量 Δh_q を図-11より、また A_1 と $\bar{Q}_x/\psi$ に対する波の質量輸送による水位上昇量 Δh_W を図-14あるいは図-15によって求め、それぞれの和がこの場合の水位上昇量となる。

e) 水位上昇量の重ね合せの仮定の検証

d) で述べた波と流れの共存する場合の水位上昇量は式(4)で示したように Δh_q と Δh_W (or $\Delta h_W'$) の重

図-16 $\Delta h_W'$ と開口部断面積の関係図-17 Δh の算定における重ね合せの仮定の検討 (波が直接流れの干渉をうけないとき)図-18 Δh の算定における重ね合せの仮定の検討 (波が直接流れの干渉をうけるとき)

ね合せで求めている。はたしてこのような重ね合せの仮定が成立するものであろうかという疑問は多くの人が抱くにちがいない。

図-17はd)②において述べた $\Delta h = \Delta h_q + \Delta h_W$ の算定値と実測値とを比較したものであり、図-18はd)①において求められる $\Delta h = \Delta h_q + \Delta h_W'$ の算定値と実測値の比較である。この図から算定値と実測値がきわめ

てよく一致していることがわかり、重ね合せの仮定が十分適合できることを示している。

図-17 には同時に Δh_q および Δh_w の算定値も記入してある。

f) 侵入波高の算定

① 流れのない場合：波の侵入はそれが碎波しているかどうかによってきわめて異なった様相を示す。したがって 3.(1) で述べた考え方はある一定の碎波水深の場合についてのみ成立するわけで碎波水深が異なればまた異なった条件での波高変化を求めなければならない。

② 流れのある場合：①で述べたように碎波水深が侵入波高の変化を左右するが、流れがあると、さらに流れが碎波水深を変えるのでさらに複雑となると同時に流れの強さによって、波高の減衰度が異なる。この流れの強さは砂洲の開口部面積にも関係するので 3.(1) のように簡単には考えられなくなる。流れの強さの変化にともなう河口原点の波高変化を示したのが 図-19 である。図の横軸は流れの強さを示す砂洲開口部地点の Froude 数で、パラメーターとして開口部断面面積の比をもって表わしている。したがって同じ碎波条件ならば 図-19 を用いて 図-6 から波のエネルギーと q と H の関係が求められるが、碎波条件が異なると 図-19 は適用できない。

図-19 流れのある場合の侵入波高の変化

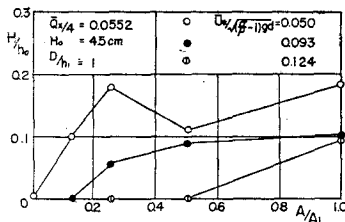


図-20 最高水位に対する諸要素別の水位上昇量

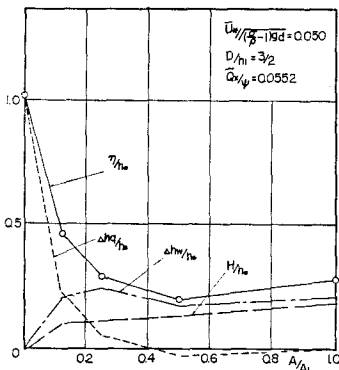


図-20 は波と流れが干渉する場合で、同一条件のもとでそれぞれの水位上昇量を比較してみると、閉塞が著しい場合 (A/A_1 の小さい場合) には流れのせき上げ量 Δh_q が卓越し、開口部断面面積が大きくなると ($A/A_1 > 0.25$) 流れよりも波による質量輸送および侵入波高によって河道内の水位上昇が左右されることがわかる。波と流れが干渉しない場合は波

はほとんど侵入しないので 図-17 と同じ図になる。この場合、流れによるせき上げ量 Δh_q と波による水位上昇量 Δh_w と同程度になることは注意を要する。

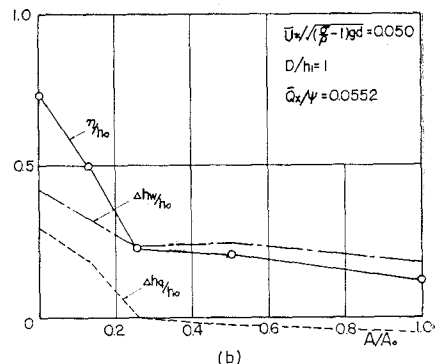
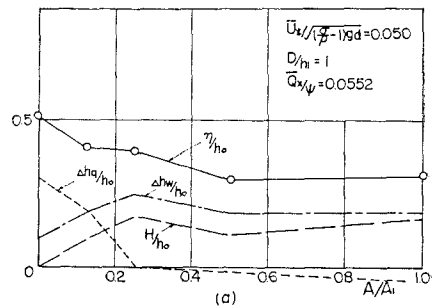
4. 閉塞処理に対する一考察

以上、河口砂洲の発達にともなう河道内水位の変動について流れが波に直接干渉する場合と干渉しない場合に大別して論議をすすめてきた。ここで以上の資料にもとづいて閉塞処理工法の一つである導流堤は波の入射方向に対してまっすぐだすべきか、あるいは斜めにだすべきかについて考察しておこう。

導流堤の効果は流れに対しては、その河口部の流速を増加して開口部断面積を大きくしようとする効果と沿岸漂砂の河口部堆積を阻止しようとする防砂堤としての効果の二つがあることは衆知のことであるが、その方向はいかなる方向にむければよいか十分明らかにされていない。そこで 3. の結果を用いて、流れの強さも一定、 $(\bar{u}^*/\sqrt{(\frac{\sigma}{\rho}-1)gd}=\text{一定})$ 、砂洲の高さも一定 (導流堤の高さと考えてよからう)、波の強さも一定 ($\bar{Q}_x/\Psi=\text{一定}$) の最高水位上昇量 η の比較をしたのが 図-21 である。図-21 の (a) は波と流れが干渉する場合、すなわち導流堤を波の入射方向に向けた場合、(b) は波と流れの干渉しない場合、すなわち波の入射方向に斜めに出した場合である。

これによると開口部断面積の比が小さい場合は波と流

図-21 波が流れの影響を直接うける場合とうけない場合の水位上昇量の比較



れが干渉するほうが干渉しない場合より η は小さい。しかしながら開口部断面積を大きくとることによる水位低下はそれほど期待できないのに対し、波と流れが直接干渉しないような場合には開口部断面積の比を大きくとることにより著しい水位低下を生じ A/A_1 が 0.25 より大きくなる場合には直接干渉しない場合のほうが η は小さくなる。

この結果からすると、沿岸漂砂が一方に卓越している場合には開口部断面積を大きくとって導流堤の方向を波と流れが直接干渉しないような方向にむけることが望ましいといえよう。

5. 結 語

以上、著者は河口地形の不安定な、砂洲の消長の激しい河川の河道内水位の変動について、砂洲の発達状況を模型化して算定する方法を述べてきた。しかしながら本研究は河口水深を一定とし、また砂洲の発生地点も固定した論議であるので、侵入波高の算定、流れのせき上げ量に関する推定に不備な点がある。今後さらにこの点を検討して、河口処理の基礎資料の整備に努めたい。最後に本研究は文部省科学研究費による研究成果の一部であ

ることを付記するとともに、実験解析に多大のご援助をいただいた元大学院学生服部征夫および大学院学生の小舟浩治両君に謝意を表するとともに実験に対してご援助いただいた兵庫県河川課の方々に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Grijm, W.: Theoretical Forms of Shoreline, Proc., 9th Conf. on Coastal Eng., 1964, pp. 219~235.
- 2) Bakker, W.T. and N.P. Edelman: The Coastline of River Deltas, Proc., 9th Conf. on Coastal Eng., 1964, pp. 199~210.
- 3) 野田英明: 河口閉塞に関する二・三の実験, 京大防災研究所年報第10号B, 昭 42.3, pp. 223~234.
- 4) 榎木 亨: 河口閉塞機構に関する基礎的研究第1報, 第12回土木学会海岸工学講演会講演集, 1965, pp. 162~167.
- 5) 榎木 亨, 竹内 宏: 河口における沿岸砂洲の発生, 発達について—河口閉塞機構に関する基礎的研究第2報—, 第13回土木学会海岸工学講演会講演集, 1966, pp. 151~155.
- 6) 岩垣雄一: 海岸浸食論, 水工学に関する夏期研修会講義集, 1966.
- 7) Inman, P.L. and W.H. Quinn: Currents in the Surf-zone, Proc., 2nd Conf. on Coastal Eng., 1951.
- 8) Brunn, P. and F. Gerritsen: Stability of Coastal Inlets, North-Holland Publishing Co., 1960.