

河口堆積土砂量の計算について

広 田 純 也*

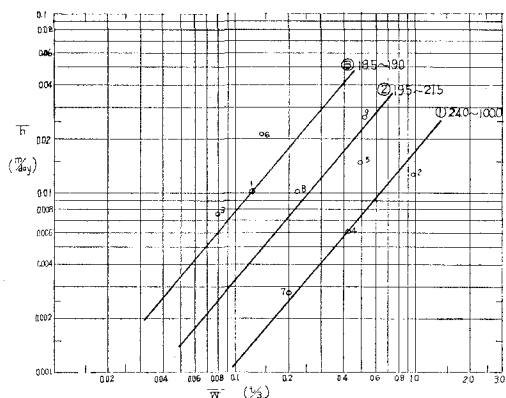
1. ま え が き

昨年の海岸工学講演会（第16回）で、相模川河口の堆積土砂量に関して、1日平均堆積高と、波のエネルギー、河川の淡水流量の三者の関係式を導き、二、三の図を示し、その様相の概要を述べ、河口内に堆積する土砂量を計算する方法を提示した。

この論文では、さらに一歩進めて、河口内の堆積土砂量を推定する前提として、まず河口前面に形成される河口砂州の頂部水深と、波のエネルギー、河川の淡水流量の関係を無次元量で示し、河口内に堆積する土砂量を算出する方法を述べる。

2. 波浪のエネルギーと、河川流量および河口内の堆積土砂量の関係

まず、昨年度の講演会での論文要旨を述べると次のとおりである。河口における土砂の堆積を支配する要素として、河川淡水流量と、波浪のエネルギーに注目し、河口導流堤間の一定範囲（22 400.0 m²）に堆積する土砂量は、波浪と河川流量との相関関係の上に形成されるものと考えのもとに、相互の関係を調べた。資料としては、すべて現地観測のものを使用し、その結果、河口内の堆積高と、波のエネルギーの間には、河川流量をパラメータとして、図—1 のごとき関係があることがわかった。



図—1 $\bar{h}$ と $\bar{W}$ の関係

ここで図—1 について、その概略を説明する。

$\bar{h}$ (m/day): 河口の導流堤間の幅 80.0 m, 延長 280.0 m の区間 22 400.0 m² を土砂量の計算範囲にとり、洪水時に土砂が掃流排除された直後の状態から、一定期間（14～17日）の間に再び堆積してきた1日平均の堆積高。

$\bar{W}$ (t/sec): 上記土砂量計算を行なった期間において、単位時間当たり、単位峯幅を通して輸送された波の平均のエネルギー。

$\bar{Q}$ (m³/sec): 同期間中の河川の平均淡水流量。ここでは潮汐の影響のない、しかもなるべく、河口に近い箇所での流量を使用した。

図—1 において、最下位の①の線は、河川淡水流量 24.0～100.0 m³/sec の場合の $\bar{h}$ と $\bar{W}$ との関係を表わし、②、③の線も、それぞれの $\bar{Q}$ の場合を表示している。なお、この $\bar{W}$, $\bar{Q}$, $\bar{h}$ の関係としては、その後の調査により得られた資料も図—1 を大体満足することがわかった。そして河川淡水流量が 17.0 m³/sec 以下になると、河口堆積量は再び減少する。すなわち、図—1 の③の線は、平行的に斜に下降し、河川淡水流量 $\bar{Q}$ が 4.0 m³/sec 程度になると、①の線にほぼ一致する。さて、このように流量が少なくなるにつれて、土砂の堆積量が、平行的に増大し、また 17.0～18.0 m³/sec を境にして、堆積土砂量が再び減少してゆくのは、河口前面に形成されてくる河口砂州に密接な関係があると思われる。

3. 河口砂州の頂部水深と、波のエネルギー、および河川淡水流量の関係

いままでの調査によれば、波のエネルギーの効果が、河川淡水流量の効果に比較して大なる時は、河口前面の砂は、河口内部に入り込む。反対に波のエネルギーの効果が比較的小さく、河川の掃流力が大きい場合には、河口内の砂は海中へ掃流され、流量の大小により、また粒径の大小により、海中はるか遠く、あるいは河口前面の適当な場所に、ある形状をなして散乱する。

以上は比較的極端な気象条件の場合を述べたが、平常時でも河口前面の砂は常に移動しており、波と河口流量（流速）との作用で、河口前面に河口砂州が発生する。

相模川河口の場合を例にとると、河口前面の砂州を形成する等深線の形状は、河川淡水流量が卓越している場合には、等深線の向きは海側へ凸形をなし、流量が減少

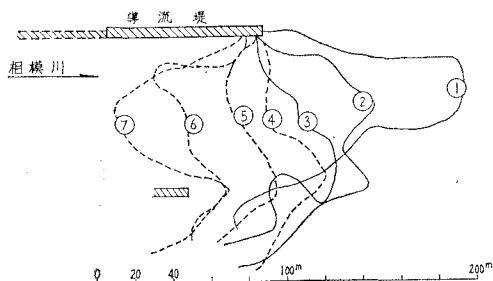
* 正会員 相模川高度利用建設事務所 所長代理

し、波浪が卓越してくると、河口は浅くなると同時に、等深線の向きは、海側に凹形に変化してくる。図-2と表-1によれば、大体 $20.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ 前後で砂州の等深線の向きは、海側に凹となるようである。しかし $20.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ という数字は必ずしも一定ではなく、洪水時の洗掘の程度により異なるようである。次に河川流量が $20.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ 前後になると、今まで述べてきた河口前面の大きな砂州の上に紡錘形の砂州が現われる。これは1つの時もあれば、2つならんで現われる時もある。すなわち河口流速の関係から弧状にはならないで、紡錘形のまま河口内へだんだん入り込み、増大し、河口閉塞の一因となっている。いま、その変遷の模様を図-3に示す。また、測量年月日と、その期間の平均淡水流量を表-2に示す。

さて、潮の干満による河口部の流速は、著しく大きくなったり、あるいは0に近くなる。そしてこの河口流と波とのバランスで、河口砂州の高さも決まってくると考えられる。前節の最後にも若干ふれたが、河道内に入り込んでくる砂は、河口砂州から波により河口内に押し込まれてくると考え、河口砂州の頂部水深と、波のエネルギーとの関係を調べた。次に河口流量、あるいは河口流速は、潮汐の差により、非常に異なり、決めがたいので、前節と同じく河川の淡水流量を使用した。河川淡水流量と河口最大流量との関係を図-4に示す。もちろん、これは相模川河口における資料である。

以上の考えのもとに、第16回海岸工学講演会で発表した資料を主として、各期間の波のエネルギーの15日間の平均 ($\bar{W} \text{ t/sec}$) と、各期間の最終の河口砂州頂部水深との関係を両対数紙上にプロットする。そして15日間の流量の平均を図-5では○の大きさで表示した。

砂の移動限界水深表示の各式は、普通海岸に適用されるものであり、河口における砂の移動は、それとは当然異なってくるはずである。しかしながら、この普通海岸に適用すべき移動限界表示の式と、河口前面における現象との間に、何らかの関係が見出されるのではなかろうかと考えた。図-5における実線は、堀川・渡辺式的全



—30mの等深線の変化を示す

図-2

表-2

No.	年月日	淡水流量
1	41.12.27	20.48
2	42.1.14	13.44
3	1.31	18.45
4	2.16	19.05
5	3.1	16.17
6	3.15	19.54
7	4.1	21.60
8	5.2	24.88
9	6.2	14.31
10	7.1	4.25

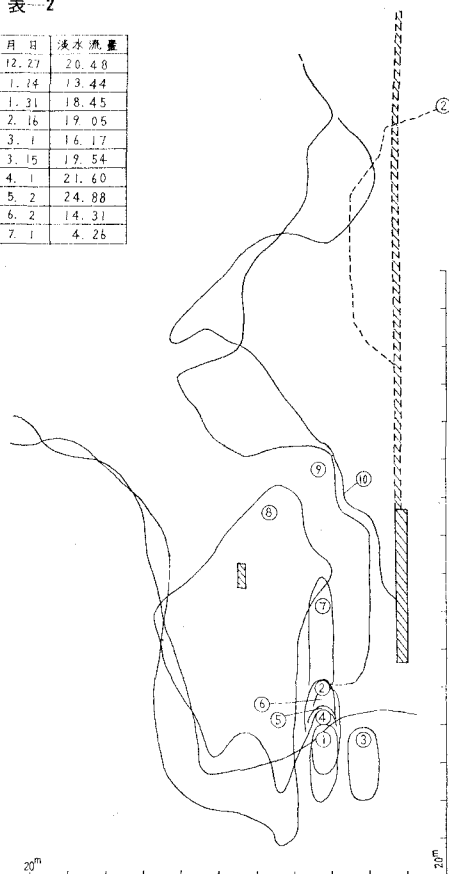


図-3 河口砂州の変遷

面移動限界水深の式より計算して引いたものであり、破線は同じく初期移動限界水深の式より計算して書き入れた。また一点鎖線は、佐藤・田中の表層移動限界水深表示式より求めて記入してある。○印の中の、あるいは側の数字は河口内の15日間の一日平均の堆積土砂高である。図-5によりわかることは、

(1) 河口内の堆積高は、図に表示した○の大きさが小さくなれば、すなわち流量が減少すれば、相対的に増大してゆく傾向がある。また流量が極端に減少すると、再び堆積高は減少してくる。

(2) 15日間の河川平均淡水流量 $Q=100.0\sim 24.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の時は、河口砂州の頂部水深は、 $h_i=2.0\sim 3.0 \text{ m}$ となる。

(3) $Q=20.0\sim 14.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の時の河口砂州の頂部水深は $h_i=1.0\sim 0.8 \text{ m}$ と変化している。

(4) $20.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の河川淡水流量程度では、いったん出現した河口砂州は、沖へ

表-1

番号	河川流量	測量年月日
①	130.53	41.10.1
②	30.45	41.1.17
③	20.48	41.12.27
④	13.44	42.1.14
⑤	18.45	42.1.31
⑥	19.54	42.3.17
⑦	21.60	42.4.1

河川流量は期間平均流量

—— 流れの方向に凹形

----- と反対向きの凹形

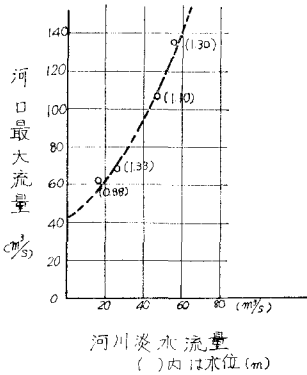


図-4 河口最大量と河川淡水流量の関係

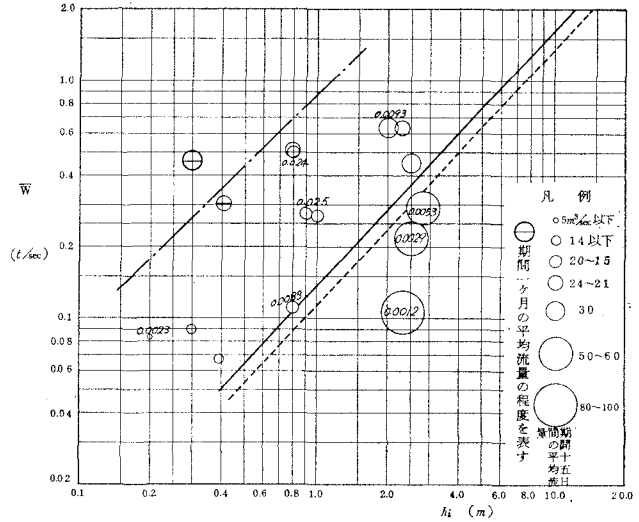


図-5 $\bar{W}$ と h_i の関係

掃流され得ない。また $Q=30.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下では砂の移動量は（この場合、河口内の堆積高で置き換えている）移動限界水深表示の線よりも上にくる。言い換えれば、砂の移動が顕著になると判断される。また流量が少なくなれば、普通海岸に適用さるべき移動限界水深表示式を河口前面に対しても、適用することができると考えられる。

図-5により $\bar{W}$ と $\bar{Q}$ および河口砂州の頂部水深 h_i にはある関係が明瞭に現われている。すなわち、15日ごとの測量図より得られた15日目の河口砂州の頂部水深を $h_i(\text{m})$ とし、海水の比重を w_0 、重力の加速度を $g(\text{m}/\text{sec}^2)$ とすれば、

$$f(\bar{W}, \bar{Q}, h_i, w_0, g) = 0 \quad (1)$$

の関係がある。ここに粒径の効果は、相模川においては平均粒径が一定であるとの考えから除外した。

式(1)を無次元表示すると、

$$f\left(\frac{\bar{W}}{Qw_0}, \frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}\right) = 0 \quad (2)$$

となる。

図-6 は式(2)の無次元量を現地で得られた資料により両対数用紙にプロットしたものである。この図より

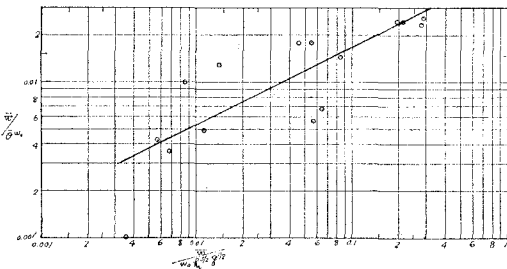


図-6 $\frac{\bar{W}}{Qw_0}$ と $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$ の関係

$\bar{W}$ と $\bar{Q}$ がわかれば、河口前面の浅い個所の水深が見当づけられる。

4. 河口内の堆積土砂量の推定

一般に河口断面積は、河川淡水流量、潮汐流量、波の作用等により決定されるが、河口幅もまた、これらの要素と相関関係にあると考えてよい。

いま、河口において中等潮位 $\pm 0.0 \text{ m}$ の等深線を基準とした河口のもっとも狭い箇所の幅を $B(\text{m})$ とする。

前節の式(2)の $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$ は波の作用を表現する無次元量と考えられるから、河口内の堆積高 $\bar{h}(\text{m}/\text{day})$ と相互関係があり、また河口流と波により決定される河口幅 $B(\text{m})$ とも相関関係がある。

ゆえに、無次元量 $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$ と $\frac{\bar{h}}{B}$ の関係を求めるために現地で得た資料を使用し、両対数用紙にプロットすると、図-7 ができる。この図では二、三の点にかなり

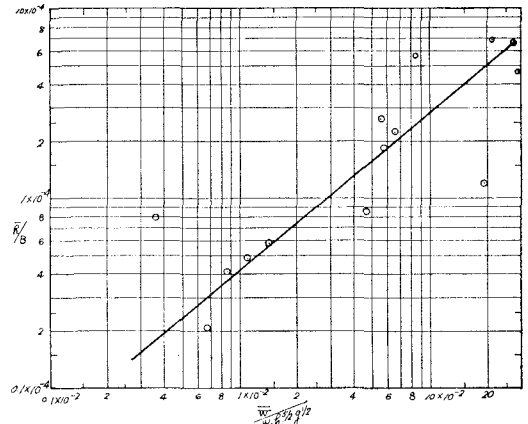


図-7 $\frac{\bar{h}}{B}$ と $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$ の関係

表-3

$\bar{h}$ (m)	h_i (m)	$\bar{W}$ (t/m)	$\bar{Q}$ (m ³ /sec)	B (m)	$\frac{\bar{W}}{Qw_0}$	$\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$	$\frac{\bar{h}}{B}$	$\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2} B}$
0.0012	2.5	0.106	93.45	150	0.001	0.0036	0.00008	0.000024
0.0029	2.5	0.218	58.51	140	0.0036	0.0068	0.000021	0.000026
0.0093	1.8	0.629	34.0	110	0.018	0.045	0.000085	0.0001
0.0109	1.7	0.629	24.74	92	0.0243	0.195	0.00012	0.0021
0.025	1.0	0.266	18.45	45	0.014	0.083	0.00056	0.0018
0.0083	0.8	0.106	19.05	50	0.0056	0.057	0.00017	0.0011
0.023	0.8	0.535	19.54	50	0.026	0.29	0.00046	0.0058
0.024	0.9	0.514	21.63	37	0.023	0.27	0.00065	0.0073
0.0064	2.5	0.452	31.36	109	0.013	0.014	0.000059	0.00013
0.0053	2.3	0.293	59.74	108	0.0049	0.011	0.000049	0.0001
0.01	0.9	0.126	17.55	45	0.0069	0.066	0.00022	0.0015
0.013	2.0	0.98	53.31	50	0.018	0.054	0.00026	0.0011
0.0075	1.8	0.08	17.51	0	0.0044	0	0	0
0.0102	2.3	0.22	21.12	25	0.01	0.0085	0.00041	0.00034
0.027	0.9	0.519	21.01	40	0.024	0.21	0.00068	0.0053

の散乱が見られる。 $\frac{\bar{W}}{w_0 \bar{Q}}$ と $\frac{\bar{h}}{B}$ とをプロットした場合も、同様の散乱がある。

試みに次元的には表現が適当ではないが、 $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{5/2} g^{1/2}}$

$B \sim \bar{h}$ を両対数用紙にプロットしてみた。図-8 にも見られるごとく、前図よりも点のまとまりが良好である。その物理的な意味は明らかでないが、工学的な目的からは、こちらの方がより実用的に便利であると判断し、ここに提示した。最後に図-6、図-7、図-8 を作成するもとなった資料および計算結果を表-3 に示す。

B を実測し、あるいは昭和35年度に発表された河川流量と河口幅の関係図¹⁾ より B を知り、次に図-6 より

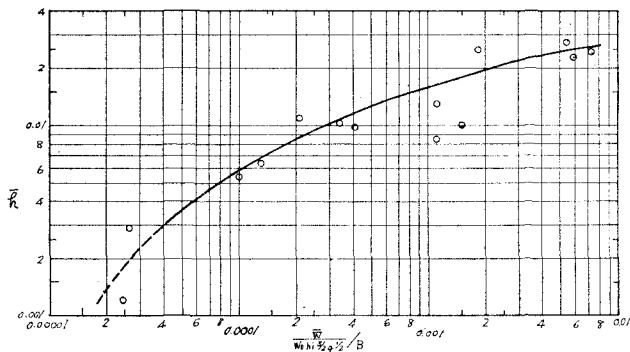


図-8 h と $\frac{\bar{W}}{w_0 h_i^{1/2} g^{1/2} B}$ の関係

h_i を知れば、常時観測されている $\bar{W}$ と $\bar{Q}$ を計算することにより、 $\bar{h}$ が推定される。

5. 結 び

前年度に発表した論文は、河口の堆積土砂量 $\bar{h}$ (m/day) を、波のエネルギー $\bar{W}$ (t/sec) との相関性から、図-1 のごとく、河川淡水流量 $\bar{Q}$ (m³/sec) をパラメーターとして計算する方法であった。しかし、この $\bar{Q}$ によって変化するグラフ上の線を1本にするためには、何らかの必要不可欠な要素を加える必要があると考え、河口幅 B (m) と河口砂州頂部水深 h_i (m) に注目し、以上述べてきたような取り扱いとなった。

$\bar{h}$ を算出するための計算としては、必ずしも簡単になったとは言えないし、また疑問点も若干あるが、ある程度すっきりした形になったと思われる。

最後に東京大学の堀川清司教授には、全般的に目を通していただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 神奈川県・相模川河口調査報告書、昭和36年3月。