

建設省土木研究所 正員 須賀 寛三

セントラルコンサルタント(元 土研) 松村圭二

建設省土木研究所 正員 末吉 一成

1 はじめに

河口砂州の発生発達とその変動は河口問題の中心課題である。砂州と二次元的に扱うことは、河問題と基礎的に握り易いことのほか、実際の河口問題に対してもかなり直接的なものが含まれる。たとえば、河口部河道と堀削することによる砂州発達抑制の可能性、あるいは砂州高および河線変動などが挙げられる。河口部における波の変形状況は複雑なもので、河口二次元砂州の問題は実験的に解明するのがよい。すでに野田¹⁾は詳細な実験を行ない、先駆的な興味ある結果を得ている。ここでは野田の実験とまうに発展させて実験を行ない、野田の結果の一部修正と現地への適用の可能性を検討する。その結果、河口部の水深が波の碎波水深程度の場合には必ず砂州の発生をみるという重要な結論を得た。これは河口部のしゃんせつ深と決める一つの目安になるものと思われる。

2. 実験内容

河口二次元砂州に影響を与える要素は種々考えられるが、波と底質および河口流量が主要素であろう。実験は河川流がない場合と取扱い、表-1に示す条件で行なった。使用した底質の粒径はほぼ均一である。土研の実験は表-1に参考のために記した野田の実験条件とは同一のものと含め、波浪条件初期形状および実験時間などについて範囲と拡大し、模型スケールの影響も検討範囲に含めた。

3. 二次元砂州の発生限界と平衡砂州形状

河口部のしゃんせつが波による河口二次元砂州の発生発達に対して抑制効果と有するかどうかの疑問は実際問題として重要である。野田¹⁾は、浸食型砂州の場合は河口に砂堆が発生しないから河口閉塞は起らないと述べている。図-2は野田による浸食型砂州の例と土研の実験結果を示す。実験条件はほぼ同様であるが、実験時間が野田の場合が10数時間であるのに対し、土研の場合は31時間である。図-3は砂州が発達して平衡に達したと思われる状態の砂州高と砂州前面勾配とを示したものである。図-2および図-3から、侵食型で砂州が発生しないと予想される場合でも、波の長時間にわたる作用により砂州の発生をみるこがわかる。このように、碎波実より岸側で、粒径および波浪条件と一定とし、波高が直角な場合には浸食型でも平衡状態が存在するようである。砂州の発生限界は砂の動くことが必要条件であるが、おそらく碎波水深と移動限界

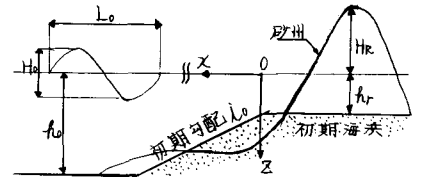


図1 記号説明図

実験	水路			底質 均一砂 $d_{50} \text{ mm}$	波浪条件				初期勾配 L_0	河道水深 $h_r \text{ cm}$	実験時間 (時間)
	長さ m	巾 cm	深 cm		波高 $H_0 \text{ cm}$	周期 $T \text{ sec}$	波形勾配 $\frac{H_0}{L_0}$	H_0/d_{50}			
野田 S42	21	50	65	0.19, 0.36, 0.67	2.40 ~ 8.45	0.70 ~ 2.82	0.007 ~ 0.07	120 ~ 450	$\frac{1}{10}$	1.4 ~ 10.0	数時間 ~ 10数時間
土研 小型水路	40	70	80	0.18, 0.35, 0.85	3.0 ~ 15.7	0.80 ~ 2.33	0.01 ~ 0.07	88.3 ~ 600	$\frac{1}{10}, \frac{1}{15}, \frac{1}{20}$	0 ~ 10.0	3 ~ 112
土研 大型水路	80	200	400	1.40	25.5 ~ 60.0	2.53 ~ 5.06	0.015 ~ 0.15	285 ~ 451	$\frac{1}{5}, \frac{1}{10}$	0 ~ 11.5	5 ~ 30

表-1 実験条件

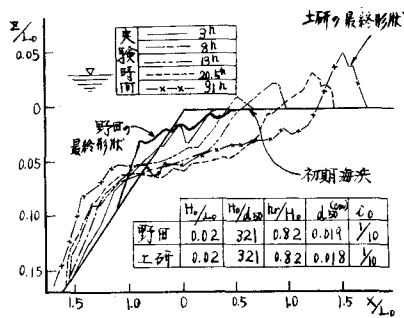


図2 浸食型砂州平衡形状

水深の間に存在するのではないかと思われる。ただし、河川流が存在する場合には、たとえわずかであっても相当の砂州発生抑制効果を有することが知られている⁽²⁾⁽³⁾。また、水深の大きい時は砂の移動はわずかであり、砂州の発達速度は極端に小さい。砂州形状と発達速度の関係は今後の研究によらなければならぬが、河川流による堆砂が小さい場合には、河口部のしゅんせつによる砂州発生抑制効果とある程度期待しきもよいであろう。

図4は砂州高の発達の時間変化を示す例である。砂州頂が水面に近づいてから、砂州は急激に発達するが、この例では風などの影響もあろうが、10分波を過ぎても砂州頂はなお上昇し続けている。

したがって、砂州の平衡形状については、厳密に真のものではなく、そしてまた、実験範囲も十分ではなく、二三の実験では時間が十分に短いものも含まれているが、図-3からは一般に、堆積型では砂州高および砂州前面勾配が大きくなり、浸食型ではその反対の傾向がみられる。堆積波・浸食波の度合ともほぼ一致しているとみなせるであろう。

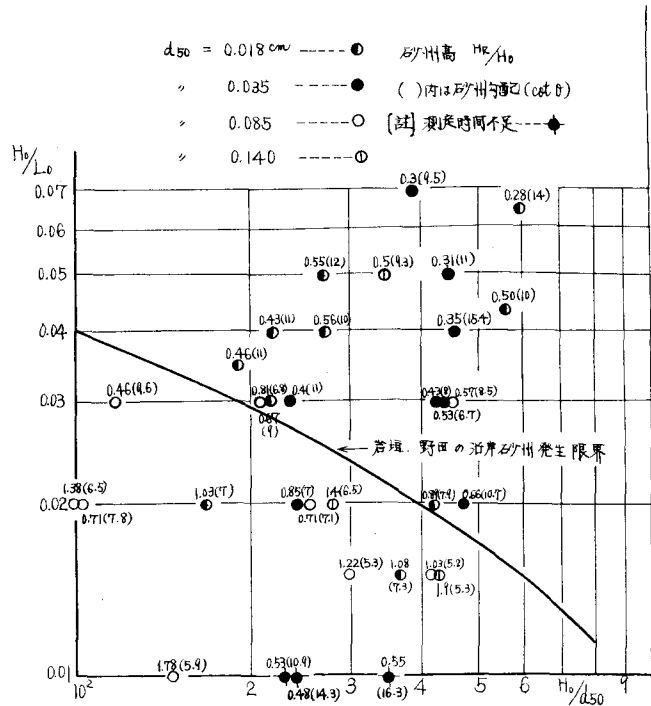


図3 砂州平衡断面形状(砂州高および砂州前面勾配)

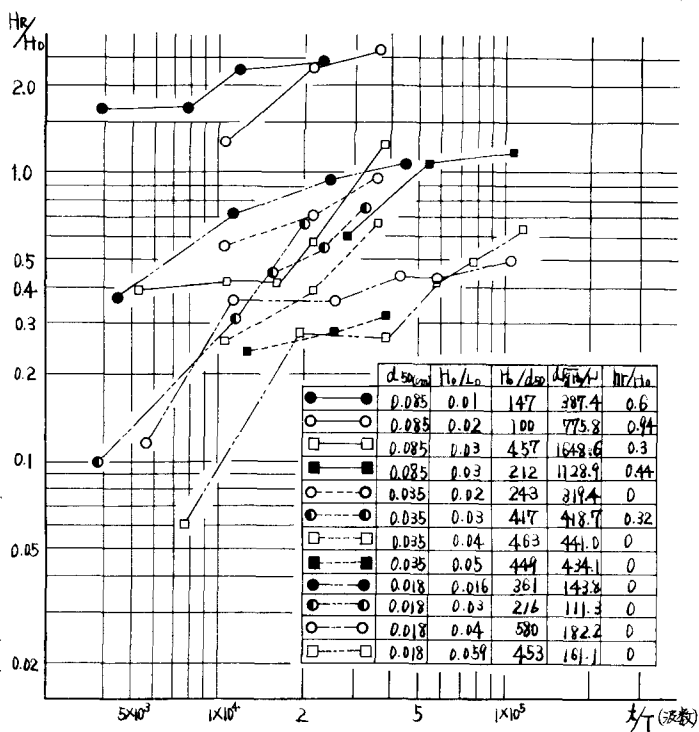


図4 砂州高の時間変化

すなわち、図3から未発達の場合を除くと、極く大野砂州高は従来からいわれている浸食堆積の限界線に大野平行なコンターラインが引けるようにみえる。しかし、粒径が小さくなると粒径効果が、また粒径が大きくなると波形勾配がきいてくるように思われる。砂州前面勾配に対しては、波形勾配がかなりの影響を与えるが、粒径が細かくなると一般に海床はゆるい勾配になることも確認された。

4. 初期形状の影響

砂州の最終形状に及ぼす初期形状の影響は、図4にみられるように、辟波突より岸側とはあまりない。多少の差異は実験時間の不足で海床が平衡に達していないためと思われる。ただし、砂州発生の難易は初期海床の大端が水面より低いほど、そしてまた最終形状とかけはなれていくほど、砂州は発生しにくく、平衡に達するまでに相対長い時間を要することが認められた。

5. 発達過程における砂の移動機構

砂の移動形態は、実験範囲内の初期条件に依るは、 $\frac{H_0}{L_0}$ および $\frac{H_0}{d_{50}}$ が小さいときにはほぼ全領域において砂は向岸的である。少し大きな値となると、沖の部分から離岸的となり、さらに両者が増大すると、砂州の発生部付近と除いて砂はすべて離岸的となる。砂の移動には掃流および浮遊型が認められる。粒径が大きく、波高が小さい場合には砂れんの発生はない。その他の場合は砂れんが発生する。砂れんと浮遊砂量とは関係があるようにみえる。浮遊砂は水粒子の軌道とほぼ似た状態で運動しながら次第に海床上に沈降していく。浮遊砂は一般に、水面に近い部分で岸向き、その他の部分では沖向きが多いようである。水面に近い部分の浮遊砂濃度は小さいので、砂は、掃流によって岸向き、浮遊によって沖向きに移動するといえるようである。

砂州の発達速度は砂の移動機構からかんがみ

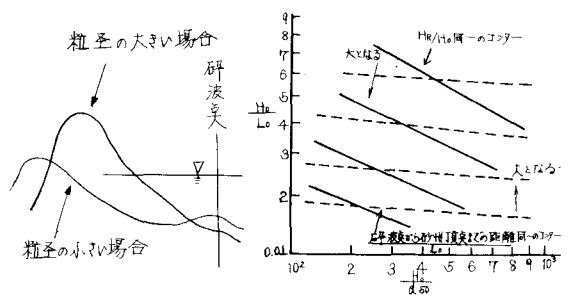


図5 粒径による砂州の相違 図6 砂州高と勾配の傾向

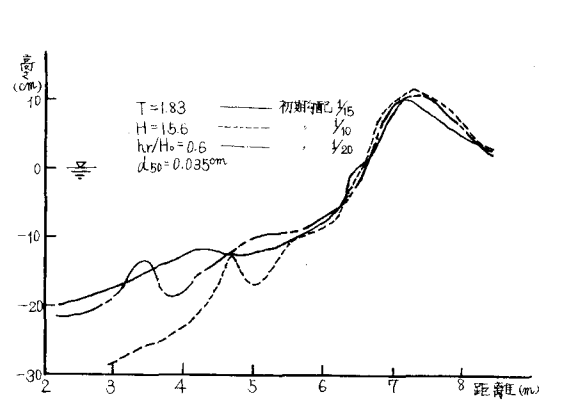
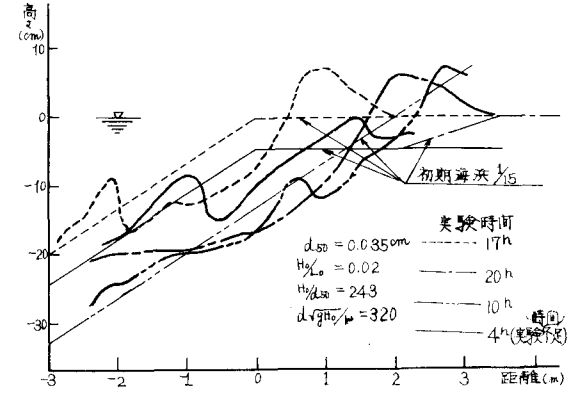
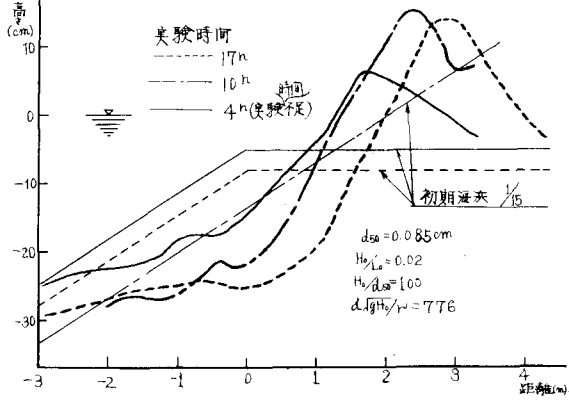


図7 砂州最終形状に及ぼす初期形状の影響

て、 $\%_{50}$ や $\%_{90}$ のはかり形状の影響を大きく受け、単純でない。図-8は初期勾配 h_0/L_0 および $\%_{50}$ の場合について、砂州が平衡に達するまでの時間と波数を調べたものである。図によれば、図-3と同様に岩垣・野田の限界線と平行の線で変化している様に見える。 $\%_{50}$ の増加に対しては移動速度が大きくなることも顕著な傾向はみられない。

6. 縮尺効果について

次元解析的手法によって実験結果に基づき、二次元砂州の発生・発達の問題の考察を試みたが、波による砂の移動量や移動形式の相似は不明であり、また実験範囲と現地量との間には相当大的な相違がある。とくに、波形勾配、 $\%_{50}$ 、および d_{50}/H_0 はオーダー的に異なる。したがって、大型実験および現地観測が欠かせない。ここでは大型水路が不調で十分な資料が得られなかったが、図-9では砂州の最終形状におよぼすレイノルズ数の影響がこの範囲ではあまり顕著でないこと、および図-10では砂州発達に要する時間(波数)が10倍程度異なる大小の実験であまり相違しないことと示している。また、著者らによる千葉県外房～福島県海岸、および久慈川河口における砂州復元現地試験などによっても、砂州高や砂州前面勾配に対して、定性的に実験とは同様の傾向が見い出されている。

7. おわりに

現地問題への適用に対しては、ことに厳しい態度が必要である。砂州発達の急変突の条件、および現地資料による適用範囲の拡大などについて引きつづき検討を行なう予定である。

なお、実験について土研海岸研究室、富永星長の指導と述べたことを記して謝意を表する。

参考文献

- (1) 野田英明：河口閉塞に関する二・三の実験 京大防災研年報10号 S.42.3.
- (2) 篠原格・吉高上森：波による海浜の砂移動 九大応用力学研究所年報10号 S.32.3.
- (3) 堀川鮎川西村：河口部における砂の堆積現象に関する一実験 土木学会年講 S.45.10.

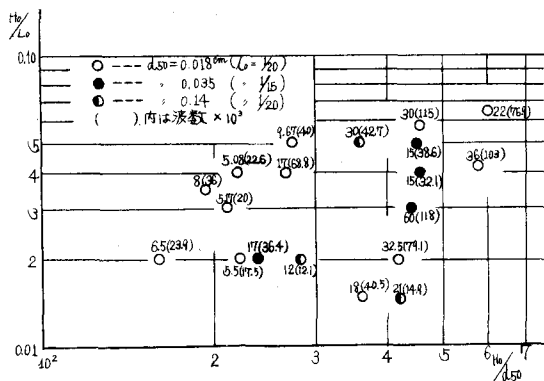


図-8 砂州が平衡に達するまでの時間と波数

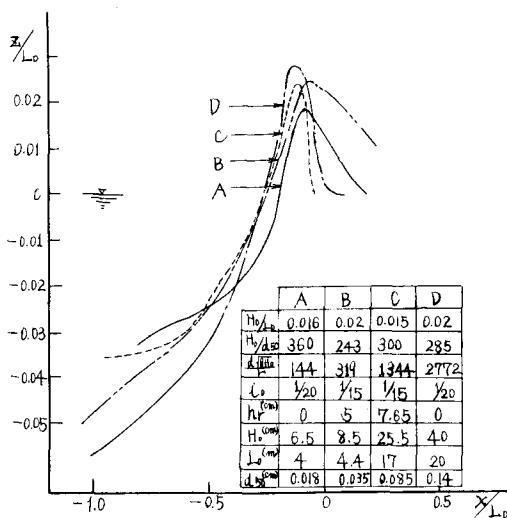


図-9 平衡形状に対する d_{50}/H_0 の効果

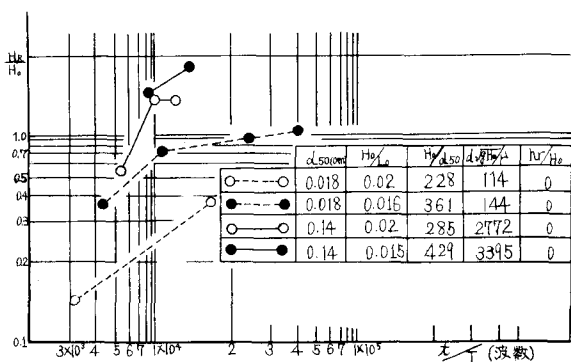


図-10 砂州高の時間変化