

漂砂と波の特性に関する研究

九州大学応用力学研究所教授 工学博士 篠 原 謹 爾
 山口大学工学部助教授 椿 東 一 郎
 九州大学大学院学生 斎 藤 隆

きまつた特性をもつ波が長時間海浜におしよせると、その波に対応した一定の形状の海浜が形成される。この形状については J.W. Johnson¹⁾、岩垣博士と樫木氏²⁾などの研究があり、平衡形状は沖波の波形勾配をパラメーターとして無次元的に表わされているが、海浜形状は砕波による底質砂礫の移動に起因する以上、底質の性質が大きな役割をもち、また海浜の初期形状も見逃しがたい一要素であろうと思われる。

底質が移動性状と平衡形状におよぼす影響については、最近岩垣博士と樫木氏³⁾は 0.30 mm, 0.52 mm, 1.0 mm の平均粒径の砂を用いた実験結果を総合し、粒径によつて沿岸砂洲の位置や規模並びに移動砂の分布状態が異なるなどの多くの興味深い結果が得られている。

履歴効果についてはいままでの実験が初期勾配 1/10 の海浜から出発しているため、いまのところ明らかにされていない。勾配のゆるい海浜は急な海浜にくらべて、砕波点や砂の移動限界水深は沖側にうつることが予想されるから、平衡形状を無次元表示すると少なくとも砕波点より沖側においては初期形状の履歴が残ることが予想される。またこのような履歴効果が存在するものとすれば、海浜の基点としての移動限界水深を選ぶことには問題があるように思われる。

著者らはさきに 0.2 mm の砂および 0.3 mm の石炭粉を底質とした実験を行ない、砕波による砂移動と海浜の平衡形状について報告したが⁴⁾、本論文においては粒径および海浜の初期勾配を 2 種類づつかえて実験し、底質および初期形状が平衡形状および砂の移動状況におよぼす影響について考察した。

1. 実験装置および方法

九州大学応用力学研究所の津屋崎分室内の幅 0.5 m、深さ 0.5 m、長さ 20 m の有機ガラス張り水槽に勾配 1/10 および 1/20 の床を張り、海浜変形の時間的経過、海浜の平衡状態および底面付近の移動砂量を測定した。波の測定装置、砂移動の捕捉装置は前論文で述べたものをほとんどそのまま使用した。

海浜の砂は平均粒径 D が 0.2 mm のほぼ均一な砂および相馬砂 (0.88 mm) の 2 種で、比重はそれぞれ 2.66, 2.65 である。また実験に用いた波は沖波に換算して波長 L_0 が 80~210 cm、波高 2.1~7.1 cm、波形勾配 δ_0 が 0.0104~0.0790 の範囲のものであつて、次の場合について実験を行なつた。

Case I, $D=0.20$ mm 初期勾配 $I_0=\frac{1}{10}$, $\delta_0=0.0107\sim0.0672$

Case II, $D=0.20$ mm " $I_0=\frac{1}{20}$, $\delta_0=0.0108\sim0.0719$

Case III, $D=0.88$ mm 初期勾配 $I_0=\frac{1}{10}$, $\delta_0=0.0109\sim0.0613$

Case IV, $D=0.88$ mm " $I_0=\frac{1}{20}$, $\delta_0=0.0104\sim0.0789$

実験にあつては 1/20 勾配の場合に 2 時間、1/10 勾配の場合には 1 時間ごとに海浜形状を測定した。

平衡勾配に達するまでの時間は 1/20 の初期勾配の場合は 1/10 の場合にくらべてかなり長く、また波形勾配が小さいほど短かい。この実験では 1/10 勾配の場合には 4~10 時間、1/20 勾配の場合には 8~14 時間で大体安定するようであつた。

2. 海浜形状および砂の移動

1/10 勾配および 1/20 勾配の海浜に一定の沖波を与えると、海浜はしだいに變形し、沖波の特性と底質の性質および海浜の初期形状に応じた平衡形状に近づいてゆくのであるが、その間の変動の過程は次に述べるように粒径と初期形状によつて若干こととなる。

Case I: 波形勾配が小さい場合には、砕波は汀線より沖側の砂を前浜部に運び上げる作用をもち、前浜部は堆

積, いそ波部および沖波部は浸食される。大きい波形勾配の場合には, 砕波によるもどり流れによつて前浜部およびいそ波部は浸食され, 砕波点より沖側に堆積して規模の大きい沿岸砂洲を形成し, 暴風海岸の様相をおびる。沿岸砂洲の発生限界は波形勾配が 0.03 の程度で, これらのことは浜田博士³⁾の実験や, 岩垣博士⁴⁾らの行なつた粒径 0.3 mm の砂についての実験結果と全く同様である。0.2 mm 砂ではいずれの波形勾配においても, いそ波部および沖波部の底面には砂漣が形成され, 砂粒は砂漣の間を掃流形式で過期的な運動をくりかえすとともに, 沿岸砂洲の上にはかなりの浮游砂が認められる。

Case II: 海浜勾配がゆるく, Case I の場合より沖側で砕波するため, 初期においては前浜部分の砂の移動が弱く, また底質の移動範囲が広いために, 変形は 1/10 勾配の場合にくらべて緩慢である。海浜の浸食, 堆積の様子は, いずれの波形勾配においても前浜部に堆積したことを除くと, Case I とほぼ同様である。

Case III: 波形勾配が小さい場合には, 砕波点付近および沖浜部の砂は陸側に輸送され, 前浜部およびいそ波部の一部に堆積する。波形勾配が大きい場合にも, 全体としての傾向は変わらないが, 前浜部の堆積量は減少し, 砕波点と汀線との間の泡立ち線付近に曲率の小さい沿岸砂洲が形成される。case I と case III とをくらべて沿海砂洲の位置がそれぞれ砕波点の沖側, 陸側に位置していることは, 岩垣博士によつて行なわれた 0.52 mm, 1.00 mm 粒径の砂の場合の実験結果³⁾と一致している。

Case IV: 変形速度は小さいが, 浸食, 堆積の様子は case III とほとんど同様である。沿岸砂洲は $\delta_0 = 0.032$ までは発生せず $\delta_0 = 0.042$ の実験においてあらわれた。なお 0.88 mm 砂の場合には, 砂漣はできず底面は平滑なままであつた。

いま汀線を原点として沖の方に x 軸をとり, 静水面から底面までの深さを h とすると, 一樣な初期勾配 I_0 より変形して平衡状態に達した海浜の形状は次のような関数形で表示されよう⁴⁾。

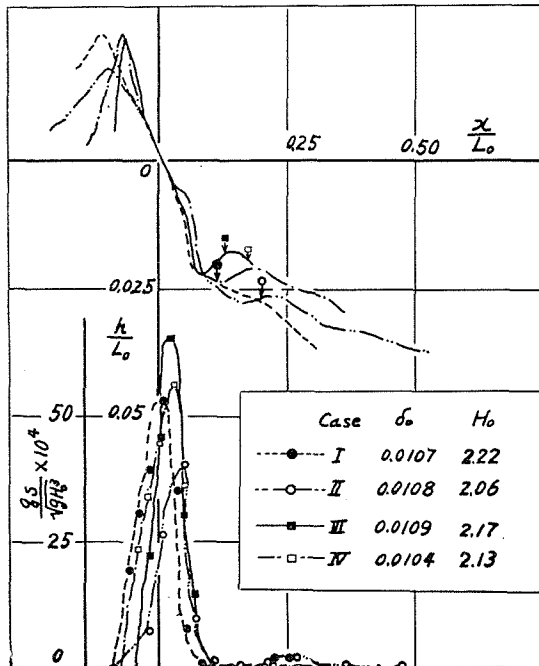
$$\frac{h}{L_0} = f\left(\frac{x}{L_0}, \delta_0, \frac{H_0}{sD}, I_0\right)$$

ここに D, s はそれぞれ海浜を構成する砂の粒径, 水中比重である。また H_0/sD は同じ δ_0 については, 波および砕波による流れが砂におよぼす流体力と砂の抵抗力との割合に関係するパラメーターである。

図-1 (a, b, c, d.) は粒径 (H_0/sD) および初期勾配の影響を示すために, 海浜形状を波形勾配別に無次元表示してあらわしたものである。また単位時間に単位幅を往復する底面の移動砂量を q (実質容積) とすると, q の関数形は次元解析より次のように表わされる⁴⁾。

$$\frac{qs}{\sqrt{qH_0^3}} = f\left(\frac{x}{L_0}, \delta_0, \frac{H_0}{sD}, I_0\right)$$

図-1 (a) 海浜形状と移動砂量の分布



この実験に用いた採砂器では, 採砂器上をとおりすぎて捕捉されない砂が認められ, 特に 0.2 mm 粒径の砂の精度は疑わしいが, 図-1 には大略の傾向を示すために, 底面にその移動砂量の分布も記した。

この図から平衡形状におよぼす底質の影響として, 0.88 mm と 0.2 mm の粒径の砂の場合とでは前に述べたように沿岸砂洲の位置と規模が異なることが注目される。初期勾配については 0.88 mm 粒径の砂では移動範囲がほぼ砕波点より陸側に限られるから, その影響は顕著でない。0.2 mm 粒径の砂の場合にはいずれの波形勾配においても, 汀線より砕波点付近までの形状はかなりよく似ている。しかしながら, 沖浜部の形状には初期勾配による相違があらわれ波形勾配が大きいほどいちじるしい。

波形勾配が小さい場合には, いずれの場合にも移動砂量は汀線付近に集中している。大きい波形勾配の場合には, 0.88 mm 粒径の砂では砕波点と汀線との間の沿岸砂洲上において移動砂量が大きくなり, この点と汀線とに 2 つの山ができる。0.2 mm 粒径の砂の場合には分布は偏平になり, 砂洲上の移動は

図-1 (b)

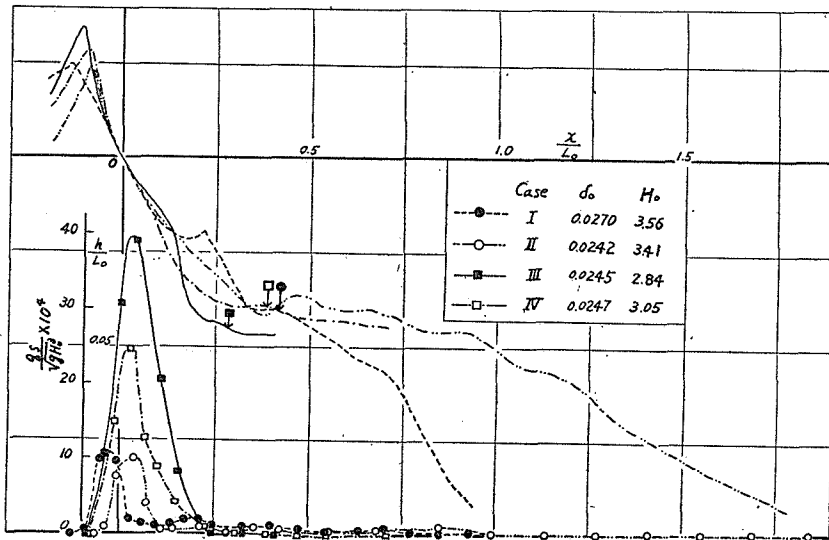


図-1 (c)

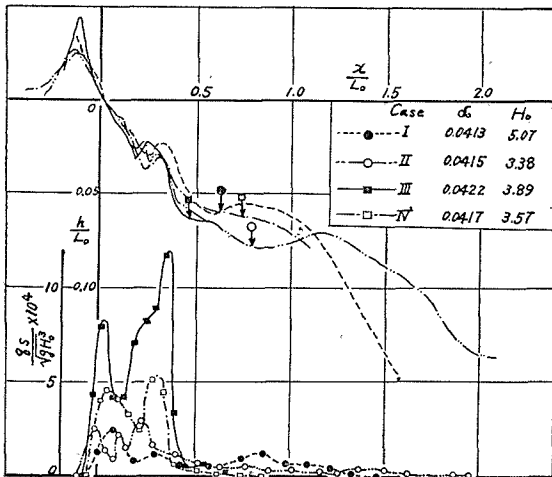


図-1 (d)

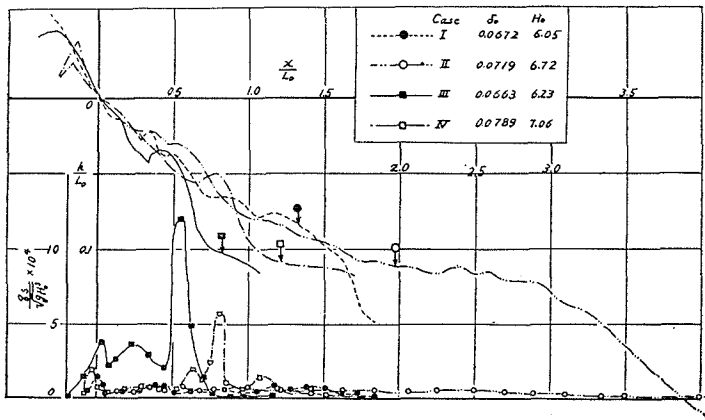


図-2 汀線移動砂量

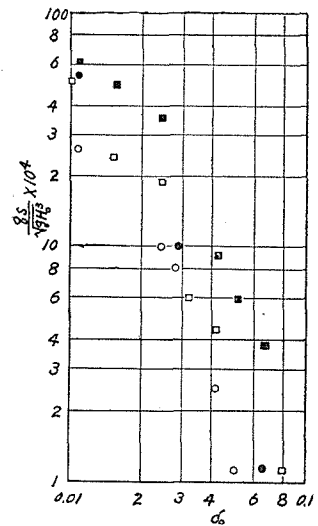
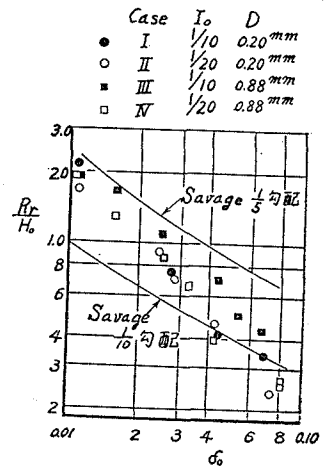


図-3 波の遡上高



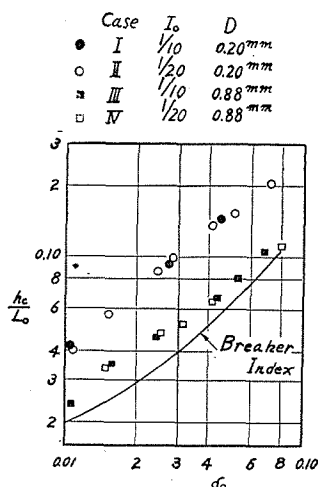
顕著でない。これらの事実は岩垣博士³⁾によって行なわれた結果とよく一致している。

図-2 は汀線における移動砂量の無次元表示を波形勾配に対してプロットとしたもので、その強度は δ_0 がますますとともに急激に減少するようである。

つぎに平衡形状の特性を表わす量として、波の遡上高および海浜変形の限界水深について調べてみよう。

図-3 は波の遡上高 Rr と波形勾配との関係をプロットしたもので、汀線勾配がほぼ $1/5$ 、いそ波部の勾配が

図-4 変形限界水深



$1/5 \sim 1/10$ 程度であるから、同図に R.P.Savage⁶⁾が行なつた $1/5$ 勾配、 $1/10$ 勾配の斜面 (滑面) への遡上高の実験結果を実線で示した。平衡形状における遡上高はほぼ両者の間にあるが海浜地形の影響を受けて、 Rr/H_0 と δ_0 との関係は一定勾配の場合とはかなり異なる。なお case III の場合は他の場合よりやや大きい値をとるが、このことは碎波点が陸側に近く、また碎波点より沖側の海浜は原型の $1/10$ 勾配に保たれていることに起因するようと思われる。

図-4 は海浜形状が初めの形状から変化した部分と変化しない部分との境界からきめた海岸変形の終点を示す変形限界水深 h_c の無次元表示 h_c/L_0 を波形勾配に対してプロットしたもので、同図の実線は Breaker Index の碎波水深の表示 h_b/L_0 である。この図からまず変形限界水深は初期勾配に無関係であることがわかる。また 0.88mm 砂の場合の h_c は碎波点より僅かに沖側にあり、 0.2mm の砂の場合には h_c は h_b よりかなり大きく、同一の波形勾配においては変形の範囲は粒径 (H_0/sD の大きさ) によってかなり変化するようと思われる。

参考文献

- 1) J.W. Johnson: Scale Effect in Hydraulic Model Involving Wave Motion, Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 30, No. 4, 1949.
- 2) 岩垣雄一・榎木 亨: 海浜の平衡勾配と碎波による砂移動に関する実験, 海岸工学講演集, 昭30
- 3) 岩垣雄一・榎木 亨: 海岸の平衡勾配に関する二, 三の問題について, 京都大学防災研究所創立5周年記念論文集, 昭31
- 4) 栗原道徳・篠原謹爾・椿 東一郎・吉高益男: 波による海浜の砂移動, 海岸工学講演集, 昭31
- 5) T. Hamada: Breakers and Beach Erosion, Report of Transportation Technical Research Institute, Report No. 1, 1951
- 6) R.P. Savage: Wave Run Up on Roughened and Permeable Slopes, Proc. A.S.C.E. Paper 1640, 1948