

防衛大学校 正員 真嶋恭雄

〃 〃 池内正幸

〃 〃 重村利幸

1. 序論 海浜における波の変化と海浜床部の変化とは因果関係にあると考えられ、この間の関係を明らかに出来れば、波による海浜変形に関する諸問題の解明に大いに寄与することになると考える。海浜上の波の変形および海底断面の変形に関しては、従来それぞれ切離して研究がなされておき、かなりの成果が得られている。しかしながら両者の因果関係を明らかにするとこうまで到達していない。本報告は問題を海浜上とせよする波の変形とそれによって生じた砂運の特性とのみ限定し、実験・観測した結果である。

2. 実験装置および方法 造波水路には長さ21.6 m、巾0.6 m、深さ0.8 mの両面ガラス張り水路を使用した。水路後端は2.86 mのときは、Ballistic Pendulum typeの造波機を設置し、動力には3HPの無段変速機付モーターを使用した。水路前端には、長さ6 mのわたり勾配1/10の模型海浜を設け、海浜底砂には相模川産の砂($\phi_{10}=0.11\text{ mm}$, $\phi_{60}=0.32\text{ mm}$, 比重=2.69)をそのまゝ10 cmの厚さにしたので使用した。実験はTable-1に示す通り、12種類の場合につき実施し、各シリーズ毎、4回くりかえし実験した。また造波は前段2時間、後段2時間、計4時間造波した。波はFig-1に示す各段で実験開始時、1時間後、2時間後、後段開始時、1時間後、2時間後の6回にわたり、規定記録した。海浜床部の測定は、前段2時間、後段2時間造波後、排水し、水路中心部で縦断面をとり、砂運はFig-1のPより、30 cm間隔に測定横断面を設け、各断面上で5点、試作電気式ポイントゲージで測定した。

Depth (Cm)	50					
Arm Length (Cm)	3			5		
Period (Sec)	0.8	1.0	1.2	0.8	1.0	1.2
Practice	4	4	4	4	4	4

Table-1 Detail of Experiment

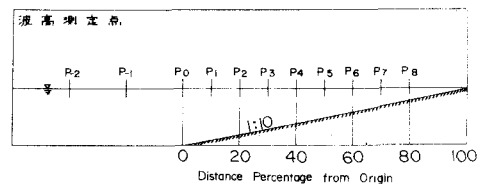


Fig.1

3. 実験結果および考察

1) 海浜上の波高変化 波高測定の結果をFig-2に示す。図中H, Lはそれぞれ海浜上の任意点における水深、波高、波長を示し、H₀は等水深における波高を基として、airy波理論より種々のエネルギー損失を無視して算出した等価沖波の高さを示す。また実験は、同じくairy波理論より伝播過程における種々のエネルギー損失を無視し得るものとして導かれた理論式を示す。時間に対応する波高変化を検討したが、

非常に複雑な変化を示し、また測定も一時間かき
に実施したため、相関性を見出すことが出来な
かった。しかしながら全体的にみれば、かなりの
偏差はあるが、ほぼ *airy* 波理論より、種々の損
失を無視して導かれた理論式に合うことが判る。
このことは、Ippen and Eaglson が行った
ほぼ同規模の実験(ただし固定床)でも確認されて
いる。また海床勾配が 1/10 のように、かなり急な
場合には、海床上をよる波の波高に対する海
床底部での摩擦等によるエネルギー損失の影響は、
比較的小さいことが判る。このことは Putnam
and W. Johnson も指摘している。

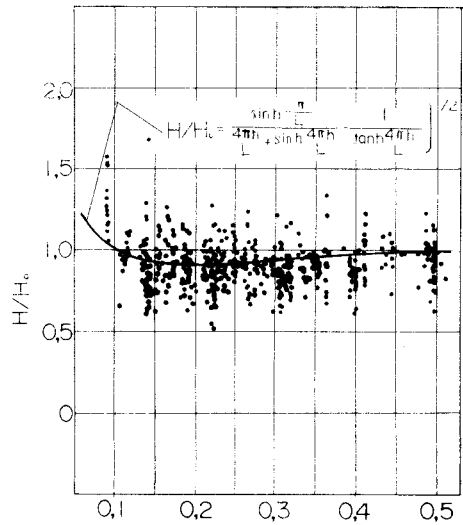
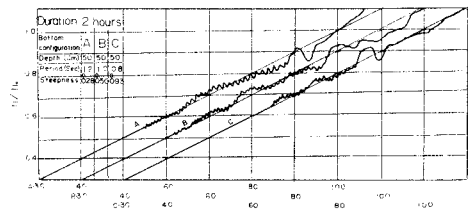


Fig2

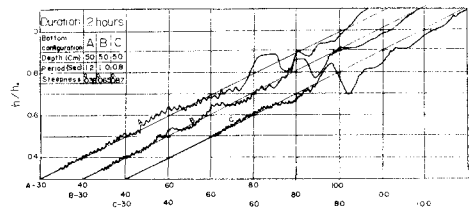
2) 海底断面の変化 Fig-3は2時間造波
後、および4時間造波後の水路中央における海床
の縦断面を無次元表示したものである。原尺では
海床の起伏をとり、縦軸に等水深(50cm)と海
床上の任意点までの水深との比をとり、横軸には、
原尺より1/2倍までの距離と海床上の任意点までの
距離の比をとった。ただし垂直方向は水平方向に
対し5倍に拡大・誇張されている。これらの図か
ら以下の諸事項が観察される。



Distance Percentage from Origin

Fig 3-1

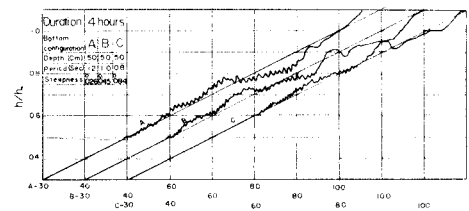
(1) 全ての沖波波形勾配に対して、造波後4時
間での海床断面断面は、造波後2時間での床部断
面に比し侵食のより進捗が進行している。しかし
ながら沖波波形勾配が 0.028 以下の場合を除く
断面の形状は、ほぼ類似している。



Distance Percentage from Origin

Fig 3-2

(2) 沿岸砂洲は、沖波波形勾配が 0.026 の場
合は発生せず、また 0.028 の場合には沿岸砂洲
は発生するがその規模は非常に小さい。沖波波形
勾配が約 0.04 以上になると沿岸砂洲は全ての
場合で発生している。

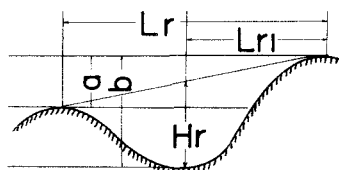
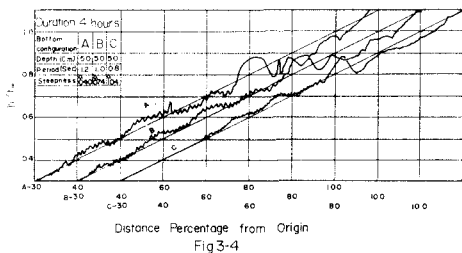


Distance Percentage from Origin

Fig 3-3

(3) 沖波波形勾配が約 0.04 以下の場合には、
前浜は必ず堆積し、従って前浜勾配は急になるが
0.04 以上になると前浜は全て侵食され、その結
果、前浜勾配は比較的に緩くなる。

海浜の平衡分配に關しは岩垣・根木博士により系統的な研究がなされており、ほぼ同様な現象が指摘されている。



砂連断面

Fig.4

3) 砂連 Bagnold は独特の方法で実験を試み、砂連の発生限界および砂連発生による床部の摩擦係数を求めた。一般に砂連発生および砂連の発達に影響する要因としては、波の要素、地形の要素、底質の要素等が考えられる。しかしながら、本模型実験の場合の如く、波が汀線に対し直角に進み、平底砂連のみなり同一の場合には、砂連特性に最も支配的な要素は、海底に生ずる水分子の振動運動による摩擦力であると考えられる。そこで本報告とは砂連特性を波が床部に摩擦力により損失するエネルギー量を整理することを試みた。即ち一般に砂連を有する床部に作用する単位面積当りの摩擦力の水平分力を τ とすれば τ は次式で表わされる。

$$\tau = \rho k u_b^2 \quad \text{----- (1)}$$

ここで ρ は流体密度、 k は摩擦係数、 u_b は床部の分子速度を表わす。従って、この水平分力 τ による波の単位時間当りの損失するエネルギー量は

$$\tau u_b = \rho k u_b^3 \quad \text{----- (2)}$$

従って海底床部の単位面積当り、一周期間に波の失うエネルギー量を D_f とすれば、 D_f は次式で表わされる。

$$D_f = \int_0^T \tau u_b dt \quad \text{----- (3)}$$

ここで u_b k $\sin$ 波理論による床部分子速度を仮定すれば、 $u_b = \frac{\pi H}{T \sin \frac{\pi h}{2h}} \sin(\frac{\pi x}{L} - \frac{\pi t}{T})$ 式に代入して

$$D_f = - \frac{4\pi^2 \rho k H^3}{3T^2 \sin^3(\frac{\pi h}{2h})} \quad \text{----- (4)} \quad \text{を得る。}$$

一方、沖波の有する単位面積当りのエネルギーを E_0 とすると、 E_0 は次式で表わされる。

$$E_0 = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad \text{----- (5)}$$

式(4)と(5)式の比が砂連特性に最も支配的な要素であると考え D_f/E_0 で砂連特性の分析を試みた。

(1) 砂連波高 Fig.4 は任意の砂連断面を示す。図中、 H_r は砂連波高に定義する。Bagnold は人工砂連を使って、 k を測定し次の様な結果を得ている。

$$R_p < 1 \text{ のとき } k = 0.08$$

$$R_p > 1 \text{ のとき } k = 0.072 \left(\frac{R_p}{p}\right)^{-0.75}$$

ここで R は撓曲の半撓曲、 p は砂連波長を示す。いま(4)式の k k Bagnold の結果が適用出来ると仮定して

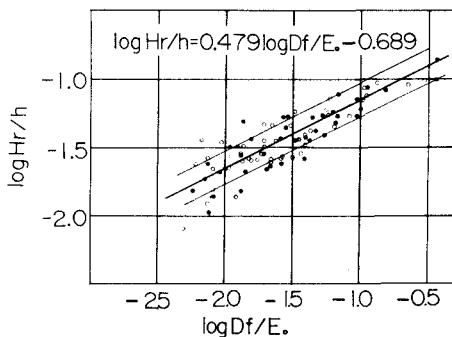


Fig5

Df/E_0 を計算し、砂連波高を整理したのが Fig-5 である。即ち横軸に Df/E_0 の対数とし、縦軸にその長に対応する砂連波高とその長の水深を無次元化したものの対数をとった。図中白丸は造波後2時間後の測定値を示し、黒丸は造波後4時間の測定値を示す。この図から砂連波高は2時間造波後と4時間造波後の間にはあまり大きな差異は認められず、本実験の如くかなり波形勾配の大きい場合には砂連波高は、ほぼ2時間以上すれば Df/E_0 の値に対応する一定の値をもつようになることが判る。両者の間には

$\log H_r/h = 0.479 \log Df/E_0 - 0.689$ という関係が見え出された。両者の相関係数は0.794で、標準偏差は0.117であった。

(2) 砂連波長 砂連波高と同様な方法で砂連波長を整理したのが Fig-6 である。同じく横軸に Df/E_0 の対数とし縦軸にその長に対応する砂連波長とその長の水深を無次元化したものの対数をとった。白丸は2時間造波後、黒丸は4時間造波後の砂連波長を示す。砂連波長も砂連波高の場合と同様に、ほぼ2時間造波すれば Df/E_0 の値に対応したある一定値に達することが判る。両者の間には

$\log L_r/h = 0.409 \log Df/E_0 + 0.026$ という関係が得られ、両者の相関係数は0.856で、標準偏差は0.116であった。

(3) 砂連勾配 Fig-7は上からそれぞれ Df/E_0 に対応する砂連の波面勾配、前面勾配、後面勾配、および波形勾配を示す。これらの図から次のことが明らかになる。

- 砂連の波面勾配は本実験の範囲では Df/E_0 にあまり影響されず、ほぼ 15° 以下の角度をとる。
 - 砂連の前面勾配は約 8° から 34° の範囲の角度をとるが、大半は 30° 以内におさまる。
 - 砂連の後面勾配は 0° から約 34° の範囲の角度をとるが、大半は 22° 以内におさまる。
 - 砂連の波形勾配は本実験の範囲内では Df/E_0 にあまり影響されず、ほぼ0.268以下の値をとる。
- 以上の観測から砂連は2時間以上造波すれば Df/E_0 の値に対応したある大きな成長するが、砂連勾配は Df/E_0 顕著には影響されず、ある限界勾配内で変動していることが判る。今後更に研究してゆく所存である。終りに際し本実験に協力して下さった当研究室の今井国次・鶴野輝両氏に謝意を表す。

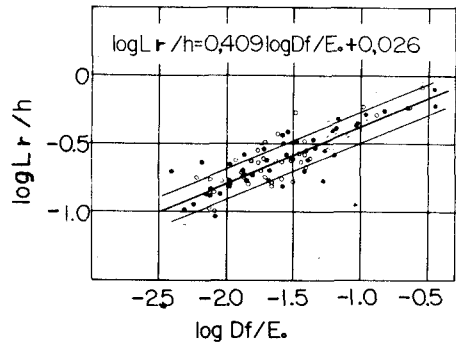


Fig 6

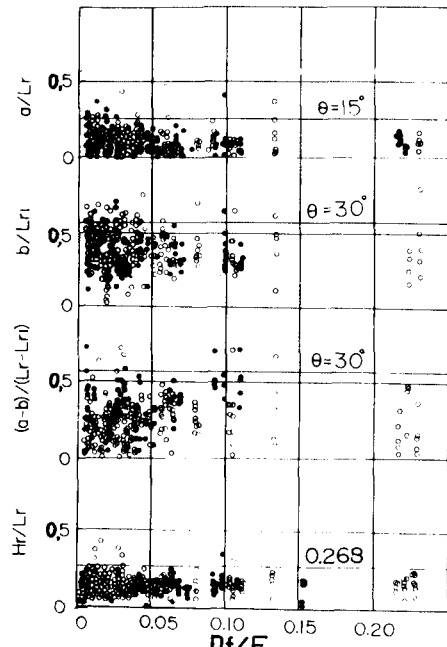


Fig 7