

風波による海浜変形の特性について (1)

—— 平衡断面形に関する実験的考察 ——

土 屋 義 人・吉 岡 茂

CHARACTERISTICS OF BEACH PROCESS BY WIND WAVES (1)

—— Laboratory Study of Equilibrium Beach Profiles ——

By Yoshito TSUCHIYA and Shigeru YOSHIOKA

Synopsis

As the first step to clarify the effect of randomness of waves on beach processes, the experiments were performed using wind waves in a high speed wind-wave tank. And also, some considerations of equilibrium beach profiles obtained by regular waves are made with the aid of the results of experiments by the authors and other authorities.

The comparison is made between the equilibrium beach profiles obtained by wind wave action and those by regular wave action. The result shows that there is a wide difference between them, especially the location of generation and scale of longshore bar.

1. 緒 言

海岸の変形過程のうち、汀線に直角方向のいわゆる2次元的な海浜の変形機構に関しては、約20年前から数多くの研究者によって、主として実験的または現地調査の結果をもとにして究明されてきた。しかし、それらの実験結果を現地海岸に適用する場合、波の屈折および回折あるいは沿岸流や潮流などの平面的な現象や現地海岸の地域特性を考慮しなければならないのは当然であるが、2次元的な取り扱いだけに限ってもなお数多くの問題がある。すなわち、模型の縮尺効果、海浜に作用する波が時間的に変動していることによる影響、実際の海岸における波のもつ不規則性による影響および潮位の変化をいかに取り扱うかなどが考えられる。これらのうち模型の縮尺効果については、岩垣ら^{1), 2)}によって波高・粒径比の重要性が指摘され、また波のもつ時間的変動特性による影響は、Watts³⁾が波の周期を種々変化させた実験を行なっている。しかし、現地の波のもつ不規則性が海浜の変形に及ぼす影響に関してはいまだ報告されておらず、非常に興味あるところである。

そこで著者らは、海浜変形に及ぼす波の不規則性の影響を究明する第1段階として、風洞水槽において発生させた風波を用いた若干の実験を行ない、その結果から主として平衡断面形の諸特性について考察するとともに、従来の規則波による実験結果を再整理し、両者の比較検討を行なった。

2. 実験装置と方法

(1) 風波の場合 風波を用いた実験は、防災研究所宇治川水理実験所にある高速風洞水槽において行なったが、その概要は Fig. 1(a) に示すように、全長40 m、巾0.8 m、高さ2.3 mの一部片面ガラスおよび合成樹脂板張りのコンクリート水槽で、水深は水平床部で1.5 mに保ち、また風路入口から29 mのところまで、アルミニウム板の天井によって1辺0.8 mの正方形断面の風路となっている。水槽の一端には、勾配1/15.0の木製斜面を長さ20 mにわたって設け、さらにその斜面中心線上に長さ8 mのアルミニウム板を設

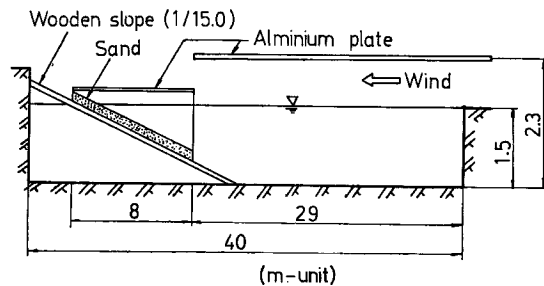


Fig. 1 (a) Sketch of high speed wind wave tank.

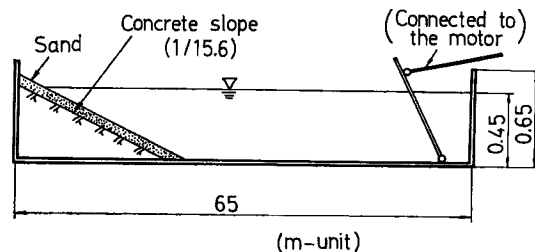


Fig. 1 (b) Sketch of steel wave tank.

Table 1 Experimental conditions used. (s. w. and m. w. denote significant wave and mean wave respectively)

Run No.	Kind of waves used	Reference wind velocity U_r (m/sec)	Deep water wave height H_0 (cm)		Wave period T (sec)		Deep water wave steepness H_0/L_0		Median diameter of sand d (mm)	Duration time t (hr)
			s. w.	m. w.	s. w.	m. w.	s. w.	m. w.		
101	wind wave	11.9	5.57	4.16	0.705	0.652	0.0717	0.0628	0.21	130
201	wind wave	14.3	10.30	8.00	0.846	0.773	0.0923	0.0857	0.21	30
202	wind wave	14.3	10.30	8.11	0.824	0.765	0.0968	0.0889	0.73	30
301	wind wave	12.7	7.32	5.58	0.760	0.704	0.0812	0.0721	0.21	60
302	wind wave	12.7	7.36	5.65	0.750	0.707	0.0840	0.0725	0.73	60
111	regular wave	—	5.25		0.776		0.0559		0.21	40
112	regular wave	—	4.30		0.774		0.0460		0.73	30

置することによって2分し、それぞれの斜面上に厚さ約10 cmの砂を敷いて模型海浜とした。一方、水槽の他端には、100 HPの送風機が設置されている。実験に用いた底質は2種類で、中央粒径0.21 mm、比重2.65の豊浦標準砂と中央粒径0.73 mm、比重2.65の木津川の砂であり、それらの粒度分布はFig. 2に示されている。

実験はTable 1に示すように、風路入口での中心風速11.9 m/sec、12.7 m/sec および14.5 m/secの3段階に対して行なった。海浜断面形の測定はFig. 3に示すような鉄製のくしに、砂を付着させるためにグリスを塗り、それを模型海浜に鉛直に挿入し、砂の下にある斜面を基準面とした高さを測定することによって行ない、断面形が安定した形状に達するまで続けた。波高の測定は電気抵抗線式波高計を用いて行ない、沖波の算定には、海浜断面の変形限界点付近の波形記録を用いた。漂砂量の測定はFig. 4に示すような1辺

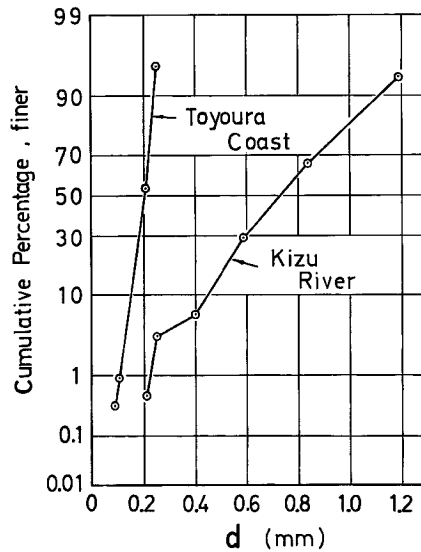


Fig. 2 Sieve analysis of sands used.

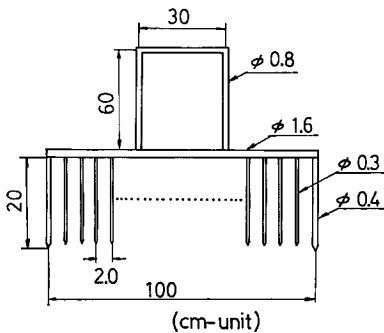


Fig. 3 Sketch of iron comb used for measurement of beach profile.

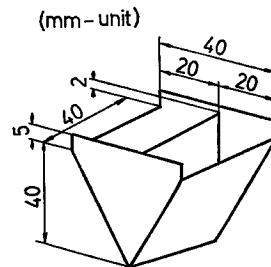


Fig. 4 Sketch of sand trap.

4 cm の正方形断面をもち、砂を移動方向別に捕えるために仕切り板をもった捕砂器を用い、これを 20 cm ~ 50 cm 間隔で一定時間底面に埋めて、それに落ち込む砂の量を測定し、これを漂砂量として調べた。

(2) 規則波の場合 規則波による実験は Fig. 1 (b) に示すように、同じく宇治川水理実験所にある長さ 65 cm、巾 0.5 m および深さ 0.65 m の鋼製の波浪基礎実験水槽を用いて行なった。水槽の一端には、勾配 1/15.6 のモルタル製斜面を長さ 8 m にわたって設け、その上に砂を約 10 cm の厚さに敷いて模型海浜とした。一方、水槽の他端には、1/4 HP のフラッター式造波機を設置した。実験に用いた底質は、(1) で述べたものと同じく、中央粒径 0.21 mm および 0.73 mm の 2 種類の砂である。実験に用いた波の特性は、Table 1 に示すように、沖波波高 $H_0 = 5.25$ cm および 4.30 cm、周期 $T = 0.776$ sec および 0.774 sec であり、周期は風波に近いものが得られたが、造波機および実験水槽の特性のために、いわゆる permanent type の波として得られた波高は、風波に比べてかなり小さいものとなった。また、水深は水槽の水平床部で 0.45 m に保ち、波高の測定は一樣水深部および斜面上で電気抵抗線式波高計を用いて行ない、沖波の算定には一樣水深部における波形記録を用いた。海浜断面形の測定および漂砂量の測定は、(1) で述べた風波の場合と同じである。

3. 実験結果と平衡断面形に関する考察

3.1 海浜の変形過程

風波による海浜断面形の時間的変化および底面に沿う漂砂量分布の時間的変化の一例が、それぞれ Fig. 5 および Fig. 6 に示されている。図中、 x は実験開始時の汀線からの距離を表わし、 h および q はそれぞれ水深および漂砂量を表わし、また記号 B_1 および B_2 は沿岸砂州の頂部を示すものである。なお、これらの図は、風路入口における中心風速が 12.7 m/sec および底質の中央粒径が 0.21 mm なる条件のものである。

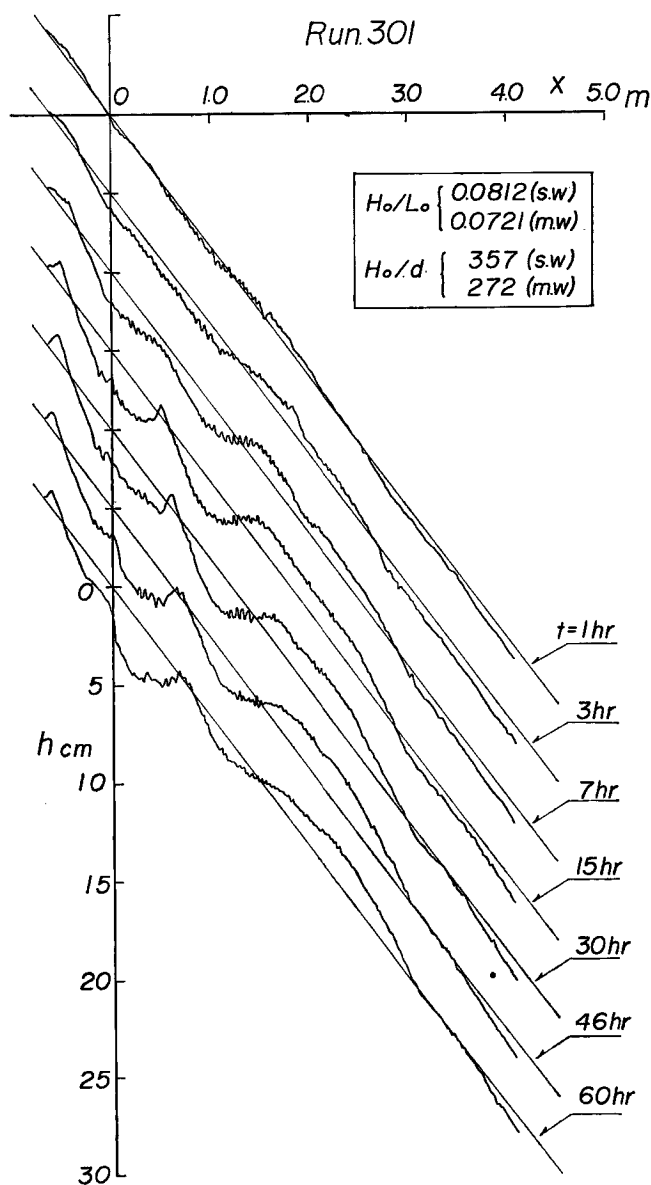


Fig. 5 Time sequence of beach profiles.

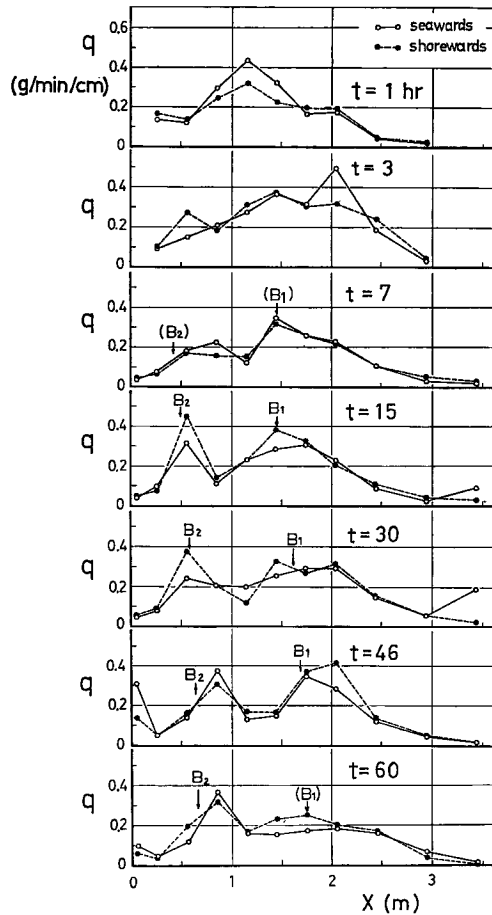


Fig. 6 Time sequence of distribution of sand transport.

Fig. 5 より、汀線より岸側のいわゆる前浜部は、継続時間 $t=15$ hr では安定した形状と規模をもつようになり、前浜頂部の静水面からの高さおよび前浜部の平均勾配はほぼ一定値をもつようになる。また、沿岸砂州は $t=7$ hr に至って step 状の緩やかな盛り上がりとして認められるようになり、その後規模を大きくしつつ沖方向へ移動している。すべての実験ケースについて認められたことであるが、風波の場合、規模の異なった沿岸砂州が2つ発生しており、岸側の規模の小さい沿岸砂州は沖側のものに比べて不安定であり、それは汀線の変動と呼応して発生・発達 of 周期的な変動を繰り返していることが認められた。

Fig. 6 において興味あることは、Fig. 5 の海浜の変形にともなって漂砂量分布も特徴的な変化をするということである。すなわち、海浜変形の初期の段階では、漂砂量分布はいそ波部において1つの山をもつが、沿岸砂州 (B_1 , B_2) の発生がみられる $t=7$ hr になると、この分布形に2つの山が現われてくる。しかも、それらの山は沿岸砂州の頂部の位置と場所的に非常によく一致していることが、とくに $t=15$ hr において認められる。その後、沿岸砂州の発達および沖方向への移動にともなって、漂砂量分布はほとんどその形を変えずに沖方向へ移動する。また、 $t=60$ hr において、砂州 (B_1) はその頂部の存在が顕著でなくなり、step 状のものとなっているが、それに対応して漂砂量の分布形においても沖側の山が平坦化するという傾向が認められる。

3.2 平衡断面形の無次元表示

海浜の平衡断面形を比較する場合、汀線からの距離 x' および水深 h を沖波波長 L_0 で無次元化して表示することはよく知られている。この方法によって著者らの実験によって得られた平衡断面形を無次元表示したのが Fig. 7 (a) および Fig. 7 (b) であり、それぞれ底質の中央粒径が 0.21 mm および 0.73 mm の場合の風波による実験結果である。図中、細い実線は海浜の初期勾配を表わし、また沖波波長としては風波の平均波の沖波波長を用いている。

さて、Fig. 7 (a) の場合、これらの平衡断面形は非常に類似していることが指摘されるであろう。すなわち、いずれも規模の異なった沿岸砂州が 2 つ存在し、それらの発生位置に顕著な相違はなく、また前浜の形状もよく似たものになっている。もっとも、汀線の移動量および沿岸砂州の頂部水深、とくに沖側の規模の大きいものについてはかなり異なっており、波形勾配あるいは波高の影響が顕著に現われている。すなわち、この図に関する限りでは、波形勾配あるいは波高の大きい場合ほど、汀線の移動量や沿岸砂州の頂部水深は大きなものとなっている。

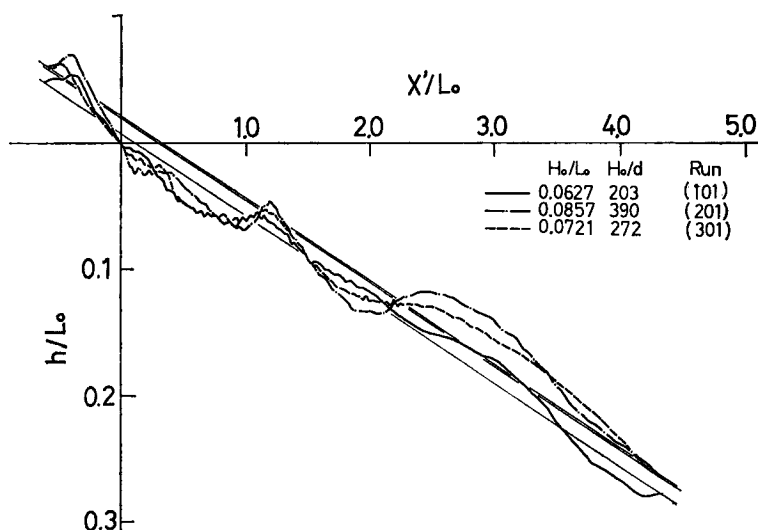


Fig. 7 (a) Dimensionless expression of equilibrium beach profiles in the case of $d=0.21$ mm.

Fig. 7 (b) の場合、沿岸砂州の発生位置については、Run 202 と Run 302 との間でかなりの相違がみられるが、前浜の形状および沖側の規模の大きい沿岸砂州の形状はよく類似したものといえる。また、汀線の移動や沿岸砂州の頂部水深については、Run 202 と Run 302 との間でかなり異なっており、波形勾配あるいは波高の影響が大きいものと思われる。なお、Fig. 7 (a) と Fig. 7 (b) とを比較した場合、海浜の断面形は両者の間で非常に異なっている。とくに、沖側の沿岸砂州の形状は、前者の場合、比較的平坦なものであるのに対して、後者の場合、顕著な盛り上がりを示している。また、前浜の形状についても同じことがいえる。

つぎに、風波によって得られた平衡断面形と規則波によるものとの比較を行なおう。Fig. 8 はその一例であり、図中太い実線および破線は、それぞれ風波の特性として有義波 (s.w.) および平均波 (m.w.) を用いて表示した平衡断面形であり、細い点線および一点線は、風波に近い特性をもつ規則波によって得られたものである。なお、図中一点線は、篠原ら⁴⁾の実験結果であり、初期勾配が他のものと異なっている。この図より、風波によって得られた断面形と規則波によるものとの間にはかなりの相違があることが指摘され

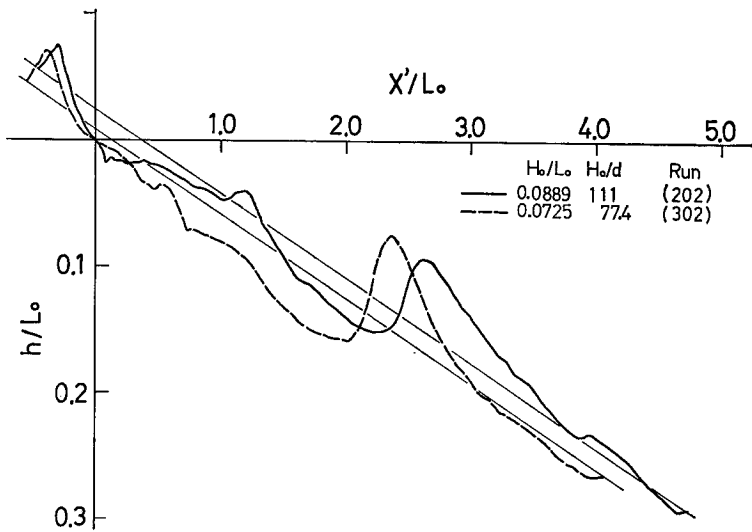


Fig. 7 (b) Dimensionless expression of equilibrium beach profiles in the case of $d=0.73$ mm.

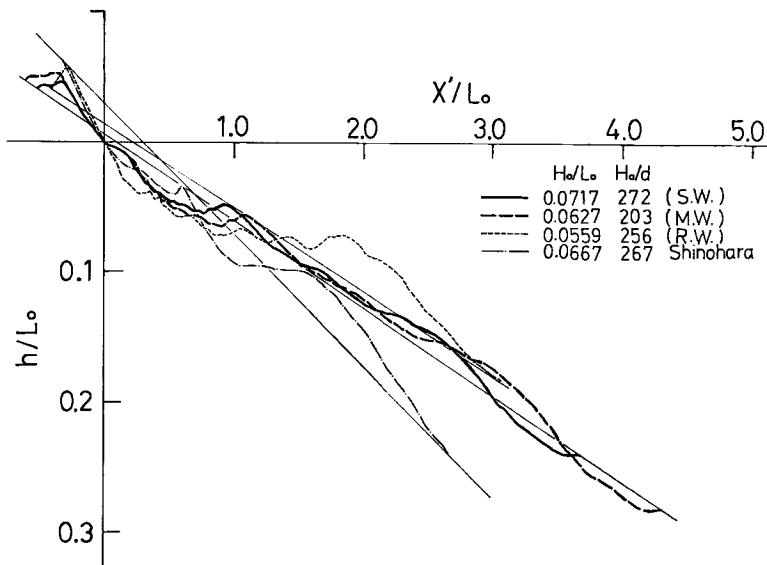


Fig. 8 Comparison of equilibrium beach profiles by wind waves and regular waves.

る。とくに、沿岸砂州の発生位置および規模に相当の相違がみられる。これは、砂州の発生およびその発達には碎波現象が密接に関連しており、しかも風波の場合と規則波の場合とでは異なった碎波の特性をもっているためと考えられる。すなわち、規則波の場合は碎波点が比較的明確であるのに対して、風波の場合には碎波点の位置にある分布をもっているということが観察された。この沿岸砂州の相違、さらには海浜断面形の相違に関して厳密な議論を進めるには、波の特性、底質および初期勾配などを全く一致させたより詳細な

実験を行なって検討すべきであろう。

3.3 沿岸砂州の発生限界

海浜の平衡断面形は沿岸砂州の有無によって、一般にそれぞれ暴風海浜 (storm beach, winter-type beach) および正浜常海 (normal beach, summer-type beach) に大別されることが J. W. Johnson⁵⁾ によって示され、その発生限界に関して、彼のほかに岩垣^{1), 2)} および最近では、I. V. Nayak⁶⁾ によって提案されたものがあり、Fig. 10 中の斜線、太い実線および細い実線がそれぞれに対応するものである。暴風海浜と正常海浜の典型的な例が Fig. 9 に示されているが、沿岸砂州に関して明確に定義されたことはなく、したがって海浜断面形の分類に際して主観の入る可能性が多分にあると考えられる。そこで、著者らは海浜断面全体にわたる砂の移動方向および移動量に注目した判定基準を与えた。すなわち、前浜部における砂の堆積量が沖浜

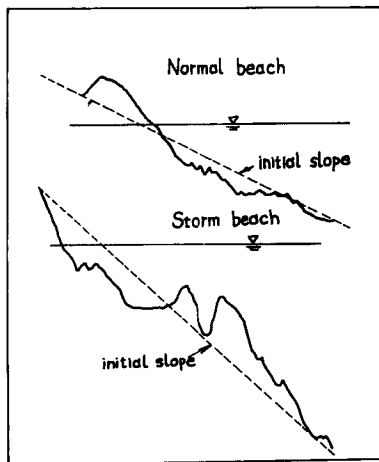


Fig. 9 Schematic drawing of normal beach and storm beach.

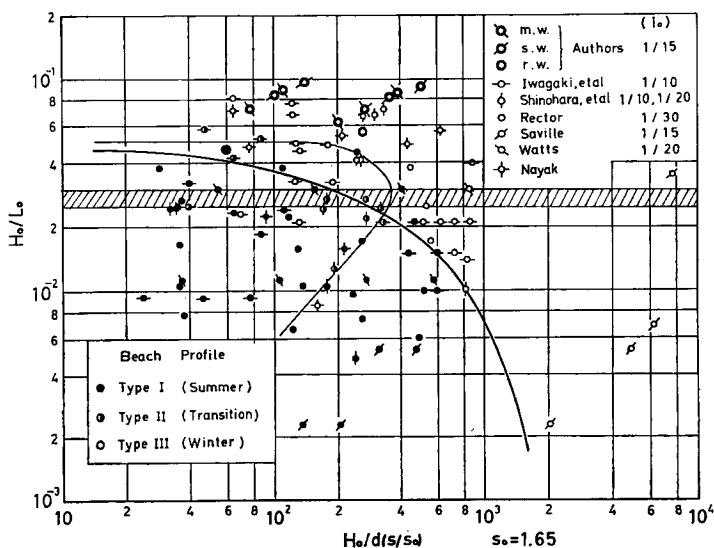


Fig. 10 Criterion for generation of longshore bar.

部におけるものに比べて著しく多い場合を正常海浜 (type-I), 反対に後者が前者に比べて著しく多い場合を暴風海浜 (type-III) とし, 前者と後者がほぼ等しい場合を中間型 (type-II) とするものである。この判定基準に従って従来の実験結果および著者の実験結果を分類したわけであり, それらは Fig. 10 に示される。図の横軸 $H_0/d(s/s_0)$ は, 砂の輸送形式を支配するパラメータであると考えられる。ここに, H_0 は前述したように沖波波高, d は底質の代表粒径 (とくに指定しないかぎり, 底質の中央粒径を表わす), s は底質の水中比重を表わし, s_0 は 1.65 なる定数とした。この s_0 の値は多くの場合, 海浜砂の平均的な水中比重の値である。

さて, Fig. 10 において, Nayak⁸⁾ による実験結果は, 具体例の示されている海浜断面形を著者らの判断で分類したものであり, これらに対しては彼の提案した限界曲線が妥当なものであると考えられる。しかし, 他の数多くの実験者による結果から判断するならば, 多少のばらつきはあるが, 岩垣ら^{1), 2)} によって提案された限界曲線の方がむしろ妥当であろう。このように, Nayak による実験結果と他の研究者による実験結果とが顕著に相違しているが, それに対して 1 つの興味ある事実を提供しよう。すなわち, 後者の場合, 初期の海浜断面形としてすべて一様な勾配 (初期勾配 i_0) を与えているのに対して, 前者の場合, 特定の一様な初期勾配を用いたのではなく, 任意の海浜断面形を与えている。このことは, 海浜の変形を実験的に考察する場合, 初期の海浜断面形がかなり影響するであろうということを暗示するものである。

また, Fig. 10 において, 著者らの風波による実験結果は有義波および平均波で示されている。本実験で得られた風波は, 吹送距離に制約があったために, 波形勾配が大きく, いずれも沿岸砂州をともなった暴風海浜の特性を示しており, 図に示したいずれの限界曲線をも満足するものである。したがって, 風波を用いた場合の沿岸砂州の発生限界に関して検討するには, さらに波形勾配の小さい風波を得ることが必要である。しかし, 著者らの用いた数十 m の風洞水槽では, 十分に発達した, 波形勾配の比較的小さい風波を得るには, 風速をかなり小さくする必要があるが, その場合には当然波高も小さくなり, scale effect の点で底質の選択が困難になる。もっとも, 風波の高周波部分を問題にしないかぎりでは, 風洞の途中にフィルターを入れて, その高周波成分を減衰させることによって, 波形勾配の小さい風波を得ることができる。

3.4 前浜部の特性

海浜の平衡断面形において汀線より岸側のいわゆる前浜部の特性として, ① 前浜の平均勾配 i_f および ② 前浜頂部の静水面からの高さ Z_c に関して若干考察を行なう。

a) 前浜の平均勾配 この前浜の平均勾配を支配するパラメータとして, 沖波の波形勾配 H_0/L_0 , 沖波の波高と底質の中央粒径との比 H_0/d および海浜の初期勾配 i_0 が考えられる。Fig. 11 は, 初期勾配のそれぞれ異なった, Saville⁷⁾, Watts⁹⁾ および Rector⁸⁾ らの実験結果をプロットしたものである。Saville の実験結果より, H_0/d がほぼ 100 以上の場合, H_0/L_0 の増大にともなって, 前浜勾配はわずかに増大する傾向がみられるが, 底質粒径の影響はほとんど現われていない。Watts の場合, Saville の実験結果と同じく, H_0/L_0 の増大にともなって前浜勾配は増大しているようである。この例で最も特徴的な傾向は, H_0/d がほぼ 100 を境にして, 前浜勾配が顕著に変化するということである。すなわち, H_0/d が 100 より小さい場合の前浜勾配は, H_0/d が 100 以上の場合におけるものよりも著しく大きなものとなっている。この傾向はつぎの Rector の実験結果においてもみられることである。ただ, この Rector の例では, H_0/d の比較的大きい部分で H_0/L_0 の影響が顕著にみられないことが, 前 2 者と異なっている。また, これらの例から, 前浜勾配に関しては, 初期勾配の影響は顕著に現われていない。

以上の考察にもとづいて, 他の実験結果および著者らの実験結果をプロットしたのが, Fig. 12 である。この図はデータがかなりばらついていることを示しているが, おおのこの H_0/d の範囲に対してはほぼ平均的な i_f をとったものが図中の曲線群である。この図においてもなお, H_0/d が 100 を境にして, 前浜勾配の値が顕著に異なるという傾向が明らかに現われている。このことは, 前浜部における砂の移動形式が $H_0/d = 100$ 付近を境にして, 異なっていることを暗示するものであらうと思われる。また, 前浜勾配に及ぼす波

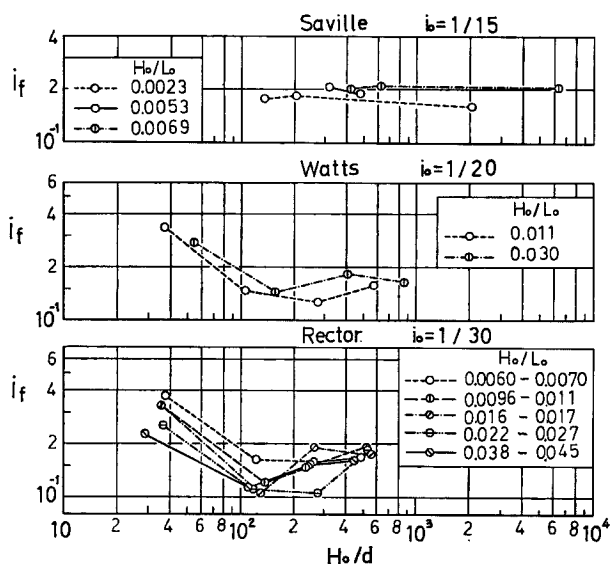


Fig. 11 Relation between foreshore slope and ratio of deep water height to sand size.

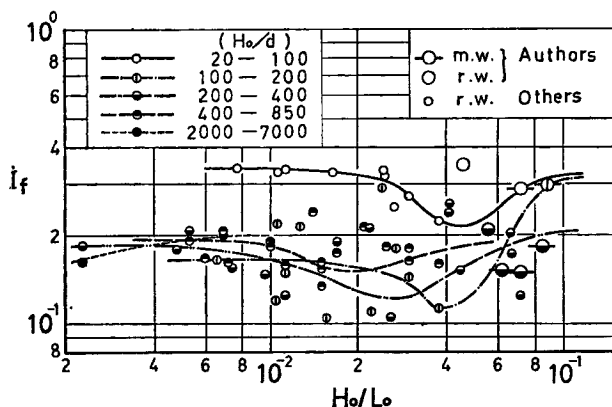


Fig. 12 Relation between foreshore slope and deep water wave steepness for various values of H_0/d .

形勾配の影響は、 H_0/L_0 が 0.03 より小さい場合には顕著なものではないが、ここに興味ある傾向として、つぎの事実をあげることができよう。すなわち、図中の i_f を表わす曲線群はそれぞれ極小点をもっているということであって、しかもその極小点は、Fig. 10 における岩垣ら^{1), 2)}の沿岸州発生限界曲線付近に位置づけられるものである。

著者らの風波による実験結果は、風波の特性として平均波を用いて示されており、規則波によるものとの比較を行なった。比較の対象となるものは非常に数少ないが、たとえば H_0/d が 200~400 の場合、規則波によるものと顕著な差はなく、また H_0/d が 20~200 のものに対しても、従来の規則波による実験結果の傾向を表わす曲線上にあるといえよう。

b) 前浜頂部の静水面からの高さ 砕波後の波によって形成される前浜頂部は、勾配とともに前浜部を代

表する１つの特性であって、その高さ Z_c は波の遡上高さと密接な関連があると思われる。そこで、固定床における波の遡上現象と比較するために、前浜勾配 i_f をパラメータにして、その高さ Z_c をプロットしたのが Fig. 13 である。図中の曲線は、Saville⁹⁾ の固定床における波の遡上高さに関する実験曲線である。この図より、前浜の高さは波形勾配の増大にともなって、図においてほぼ一様な減少を示しており、その変化は固定床の場合とよく対応しているものといえよう。しかし、勾配による Z_c の変化は、固定床の場合ほど顕著には現われておらず、また、前浜勾配が比較的大きい場合 ($i_f=0.15\sim0.38$) の実験結果の多くは、固定床における遡上高さを示す実線曲線よりも下方にプロットされていることが指摘されるであろう。これは、移動床の場合、ripple などの局所的な海底形状によって底面摩擦が大きく現われ、また、波による砂の輸送という現象が付加されることや浸透作用によって波のもつエネルギーが固定床の場合よりも大きくなっていることなどが考えられる。

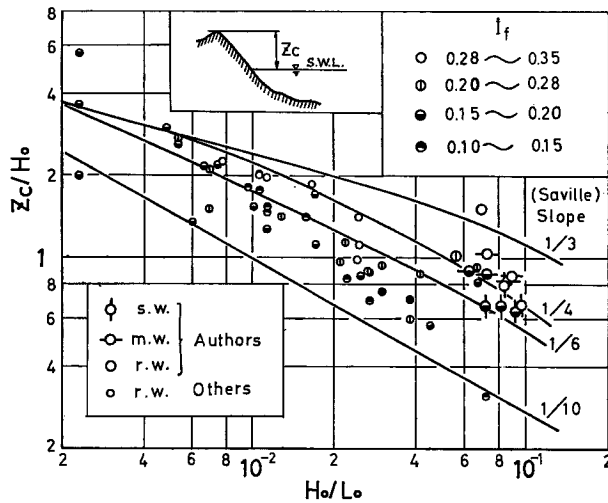


Fig. 13 Relation between elevation of berm crest above still water level and deep water wave steepness for various values of foreshore slope.

著者らの風波による実験結果は、風波の特性として有義波および平均波を用いて図に示されているが、既往の規則波によるものとの対応は有義波の方が良好であると思われる。

3.5 外浜および沖浜部の特性

ここでは、平衡断面形の汀線より沖側のいわゆる外浜 および沖浜部において特徴的な水深である ① 沿岸砂州頂部の水深 h_B および ② 変形限界水深 $h_{C.L.}$ について考察を行なう。

a) 沿岸砂州頂部の水深 暴風海浜における特徴的にみられる沿岸砂州は、碎波点近傍に発生するということが知られており、移動床における碎波特性を考察する上での１つの手がかりとなる。そこで、この沿岸砂州の頂部水深が入射波の碎波水深を与えるものかどうかを検討し、かつ固定床における碎波現象との比較を行なえば、つぎのとおりである。

Fig. 14 は、沿岸砂州の頂部水深 h_B を沖波の波形勾配に対してプロットしたものであるが、前述したように、沿岸砂州は１つだけ存在する場合ばかりでなく、むしろ数個発生する場合の方が多い。しかし、第１次的な碎波現象と密接に関連するものは、沖側の規模の大きい沿岸砂州であると考えられるので、図中縦軸の h_B には、この沖側の沿岸砂州頂部の水深を与えた。また図中の曲線は、合田¹⁰⁾ によって整理された碎波指標であり、海底勾配が 1/30 および 1/10 の場合の固定床における碎波水深に関する実験曲線である。し

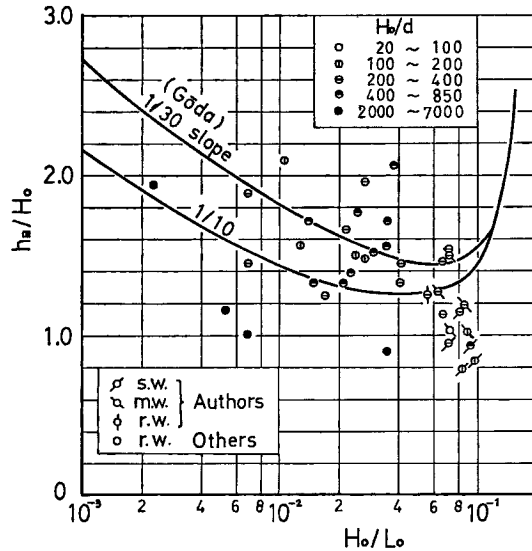


Fig. 14 Relation between depth at longshore bar crest and deep water wave steepness for various values of H_0/d .

たがって、移動床の場合も、沿岸砂州より沖側のいわゆる沖浜部における代表勾配をパラメータにすべきであって、著者らはその代表勾配に関して種々の定義を行なう試みをしたが、非常にばらつきが激しく、なんらの傾向もみられなかったため、ここでは波高・粒径比 H_0/d をパラメータにしたものである。

実験データは、固定床における碎波水深を与える曲線のまわりに、かなり広範囲にばらついている。しかし、碎波現象は非常に不安定であって、固定床におけるデータもかなりばらつくものであることを考慮するならば、この沿岸砂州頂部の水深は、固定床における碎波水深の曲線とほぼ対応しているといえよう。また、著者らの風波による実験結果は、風波の特性として有義波および平均波を用いて示されており、それによると、有義波で評価した砂州頂部の水深はかなり小さい値をもつことになり、平均波で評価したものの方が碎波水深とのよりよい対応が得られるようである。

b) 変形限界水深 この変形限界水深 $h_{c.L}$ は、海浜断面が初期の形状から変化した部分と変化しない部分との境界より定めたものであり、それは比水深 $h_{c.L}/L_0$ の形で Fig. 15 に示されている。この図には、従来の規則波による実験結果もプロットされているが、それらは初期勾配が明示され、しかも変形の限界点はその初期勾配上にあるものに限定したために、非常に数少ないものとなっている。しかし、それらはかなりまとまった傾向を示している。すなわち、この変形限界水深は、波形勾配の増大にともなって顕著に増大している。とくに、波形勾配の大きい範囲ではその傾向が著しく、また底質粒径によっても少し変化する。

図中の曲線は、波高・粒径比 H_0/d が 150~500 および 50~140 に対して、規則波による実験結果の平均的な値を示すものであり、著者らの風波による実験結果を風波の特性として平均波で評価した場合、この規則波の実験曲線よりもかなり上方にプロットされることになり、有義波で変形限界水深を評価するのが妥当であると思われる。

Fig. 16 は、Fig. 15 で考察した変形限界水深が、Ippen ら¹¹⁾ のいわゆる “Null point” とどう関連するかを考察したものである。図中、 H, L, c, h および w は、それぞれ波高、波長、波速、水深および砂粒子の沈降速度を表す。Ippen らによって行なわれた勾配 1/15 の固定床における実験結果は、図中の直線近傍にかなりまとまって存在しているが、著者らの実験結果はすべて “Null point” を示す直線からかなり離れた

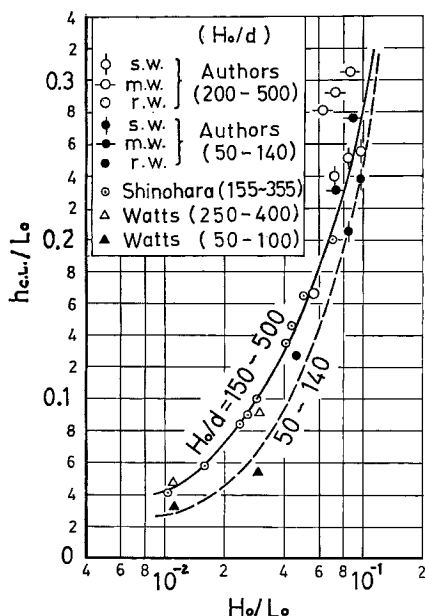


Fig. 15 Relation between depth of configuration limit and deep water wave steepness.

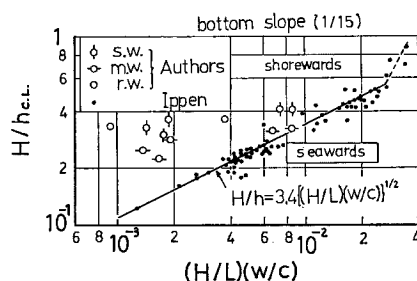


Fig. 16 Comparison between configuration limit point and "Null point".

ものとなっている。この原因として、Ippen らの実験は固定床で行なわれたものであって、単一の砂粒の変位のみに注目しており、そこに砂粒の相互作用の影響が含まれていないことや底面の粗度に相違があるものと思われる。また、浸透作用が考慮されないため、上述したような相違を生じたものと考えられる。

4. 結 語

以上、著者は風波を用いた海浜変形の実験を行ない、その結果を主として平衡断面形について、従来の規則波によるものとの比較のもとで考察した。その結果を要約すると、つぎのようである。

1) 海浜断面形における沿岸砂州の発生にともない、次第に漂砂量分布形に山が現われるようになり、しかもそれらの山は沿岸砂州の頂部と場所的によく一致した。

2) 風波によって得られた平衡断面形は、規則波によるものとはかなり異なっており、とくに沿岸砂州の発生位置や規模に顕著な相違が認められた。

3) 本実験で得られた風波は、波形勾配が非常に大きく、その風波によって得られた海浜断面形は、すべて沿岸砂州のともなった暴風海浜の様相を呈したものとなり、風波による沿岸砂州の発生限界を明らかにすることはできなかった。

4) 前浜の平均勾配は、波高・粒径比 $H_0/d=100$ を境にして顕著に異なる傾向がみられ、平均波を用いて示された風波による実験値は、規則波によるものと著しい差はなかった。

5) 前浜頂部の静水面からの高さは、波形勾配による変化が固定床における波の遡上高さとよく対応し、また風波の特性として有義波を用いれば、既往の規則波によるものとの対応が良好である。

6) 沿岸砂州の頂部水深は、固定床における碎波水深にはほぼ等しいものを与え、また風波による実験値は、平均波で評価したものが碎波水深とよく対比できることがわかった。

7) 変形限界水深は、とくに波形勾配によって顕著に変化し、風波の場合、有義波で評価するのが妥当であることがわかった。

以上、海浜の平衡断面形に関して種々の興味ある事実を提供したが、本実験は波形勾配の非常に大きいものに限られており、今後波形勾配の小さい風波を発生させて、さらに広範囲にわたる検討を加えるつもりである。

最後に、実験の遂行や図面の作成に熱心に助力していただいた防災研究所海岸災害研究室の芝野照夫助手をはじめとする関係諸氏に謝意を表明したい。

参 考 文 献

- 1) 岩垣雄一・野田英明：海浜変形に及ぼす scale effect の研究，京都大学防災研究所年報，第 4 号，1961, pp. 210-220.
- 2) Iwgaaki, Y. and H. Noda, : Laboratory Study of Scale Effects in Two-Dimensional Beach Processes, Proc. 8th Conf. Coastal Eng. 1963, pp. 194-210.
- 3) Watts, G. M.: Laboratory Study of Effect of Varing Wave Periods on Beach Profiles, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No. 53, 1954, pp. 1-19.
- 4) 篠原謹爾・椿東一郎・斉藤 隆：漂砂と波の特性に関する研究，第 5 回海岸工学講演会講演集，昭 35, pp. 61-64.
- 5) Johnson, J. W.: Scale Effects in Hydraulic Models Involving Wave Action, Trans. Amer. Geophy. Union, Vol. 30, 1949, pp. 517-525.
- 6) Nayak, I. V.: Equilibrium Profiles of Model Beaches, University of California, Tech. Rep. HEL-2-25, 1970.
- 7) Saville, T. Jr.: Scale Effects in Two Dimensional Beach Studies, Proc. 7th General Meeting, I. A. H. R., Vol. I, A, 1957, pp. 1-10.
- 8) Rector, R. L.: Laboratory Study of Equilibrium Profiles of Beaches, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No. 41, 1954, pp. 1-38.
- 9) Saville, T. Jr.: Wave Run-Up on Shore Structures, Proc. A. S. C. E. Vol. 82, 1956.
- 10) 合田良実：碎波指標の整理について，土木学会論文報告集，第 180 号，昭 45, pp. 39-49.
- 11) たとえば，応用水理学，中 I，昭 35, pp. 114-116.