

離岸堤による砂浜変形の特 性

篠 原 謹 爾*・池 田 茂**

1. 緒 言

波による砂浜の変形に関する実験により、その結果から実際の海岸形状を推定する時、問題となるのは実験では一定の初期条件から出発するのに対し、実際海岸では来襲する波の特性の変化によって条件がたえず変わっていることである。

したがって履歴効果ということを一応吟味しておかねば実験結果の実際への適用は疑わしい。

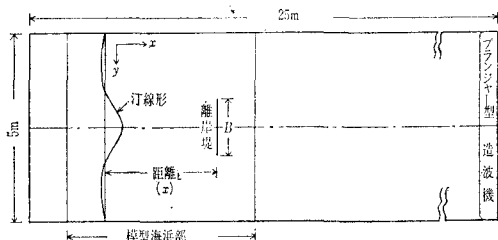
たとえば著者らがかって実験した砂浜の平衡形状については、ある1つの波に対してつくられた平衡形状の砂浜に他の特性の波をおくった場合に履歴効果がおこる場合と、あまり影響がない場合とがあることが知られた。

したがって離岸堤による砂浜の変形に対して初期の形状がいかなる影響を与えるものであるかということに、二、三の検討を加えたものである。

2. 実験装置と方法

実験を行なった平面水槽は図-1に示すように、長さ25 m、幅5 m、深さ0.4 mであって、その一端に砂浜模型をつくり、他端に設けられたプランジャー型造波機によって海岸に波をおくようにしたものである。

図-1 実験水槽図



砂浜に用いた砂は平均粒径0.3 mmで、波高は電気容量型水位計とネオン型多点水位計とを併用して測定し、砂面の形の測定にはタッチゲージを用いて計測している。なお実験水深は25 cmとした。

実験波の特性は沖波値に換算して、

正常海浜波 $T=0.922 \text{ sec}$ ($L_0=133 \text{ cm}$) $H_0=2.56 \text{ cm}$

$\delta_0=0.0192$

暴風海浜波 $T=0.922 \text{ sec}$ ($L_0=133 \text{ cm}$) $H_0=6.14 \text{ cm}$

$\delta_0=0.0461$

の2種類である。

離岸堤は厚さ4.5 mmの鋼板を用い波のあたる側には碎石を積みあげて反射波を消すようにした。離岸堤の天端は水面上に十分出ているので越波はしない。

海岸の初期勾配は1/15の砂面で、この砂面に $\delta_0=0.0192$ の波(正常海浜波)では8時間、 $\delta_0=0.0461$ の波(暴風海浜波)では15時間波をおくって形成された砂面を平衡形状とし、これを離岸堤設置前の基本の海浜形状とした。図-2および図-3にこれを示す。また電気容量型水位計による実験波の記録を図-4に示している。

図-2 $\delta_0=0.0192$ 基本断面図

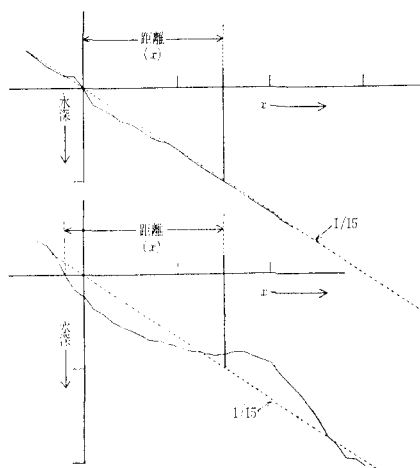


図-3 $\delta_0=0.0461$ 基本断面図

いま x を基本海浜形状の汀線から離岸堤設置地点までの距離、 B を離岸堤の幅とすると、実施した実験範囲は表-1のとおりである。表の第1行には実験番号、第2行は実験波の波形勾配の沖波値、第3行は離岸堤の幅を示している。初めの地点に離岸堤を設置して所要の波形勾配の波をおくり、この条件での最終汀線形ならびに水の中での堆積、浸食部の計測をした後、離岸堤を他の地点に移設してさらに4時間から8時間の波をおくって履歴現象の状態について実験を行なった。これについて同表の第4行から第6行に各項目を示している。

* 正会員 工博 九州大学教授 工学部水工土木学科

** 九州大学文部教官 工学部水工土木学科

表-1 実験範囲

No.	波形勾配 (δ_0)	離岸堤の巾 cm (B)	汀線から離岸堤までの距離 x (cm)	x/B	波おくり時間	付 図
			初めの地点→移設後の地点			
1	0.0192	150	75	0.5	8h00'	図-10
2	0.0192	150	150	1.0	5h30'	図-7
3	0.0192	150	262.5	1.75	8h00'	図-5
4	0.0192	75	37.5	0.5	8h00'	図-12
5	0.0461	150	75	0.5	6h00'	図-11
6	0.0461	150	150	1.0	5h00'	図-9
7	0.0461	150	262.5	1.75	7h20'	図-8
8	0.0192	150	375 → 262.5	2.5 → 1.75	6h00'	図-5
9	0.0192	150	300 → 262.5	2.0 → 1.75	5h00'	図-6
10	0.0192	150	375 → 150	2.5 → 1.0	5h30'	図-7
11	0.0461	150	375 → 262.5	2.5 → 1.75	5h20'	図-8
12	0.0461	150	75 → 150	0.5 → 1.0	4h00'	図-9
13	0.0192	150	150 → 75	1.0 → 0.5	8h00'	図-10
14	0.0461	150	150 → 75	1.0 → 0.5	4h00'	図-11
15	0.0192	75	75 → 37.5	1.0 → 0.5	5h00'	図-12
16	0.0461	150	375 → 262.5 → 75	2.5 → 1.75 → 0.5	5h20' 5h00'	図-13
17	0.0192	75	37.5	0.5	5h00'	図-14

舌状に張り出した汀線形状で、さらに離岸堤の設置点を基本汀線から遠ざけて $x/B=2.0$ 或は $x/B=2.5$ の地点に設置すると扁平な台形型（二つのカスプ状のピークをもつこともあるが）の汀線形状を形成する（図-6、図-7 に破線で示す）。

つぎに波形勾配が $\delta_0=0.0461$ で $B=150$ cm の時は

3. 実験結果の考察

離岸堤が実験番号 No. 1～No. 7 の条件の場合の汀線形状は図-5～図-13 の各図の中に太い実線で本来の形状として表わしている。これを見ると $\delta_0=0.0192$, $B=150$ cm で $x/B=0.5$ の時は図-10 にみるように、なめらかな曲線の2つの山形の汀線形状となっている。つぎに $x/B=1.0$ と $x/B=1.75$ の時は図-5～図-7 のごとく

図-4 実験波の記録波形

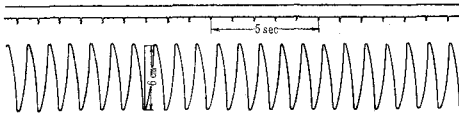


図-5

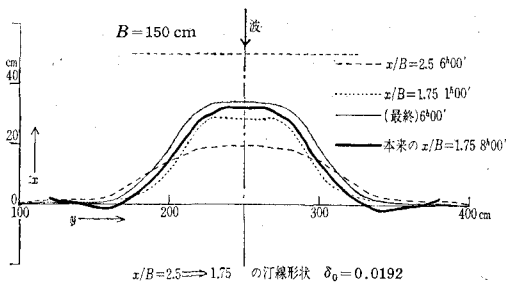


図-6

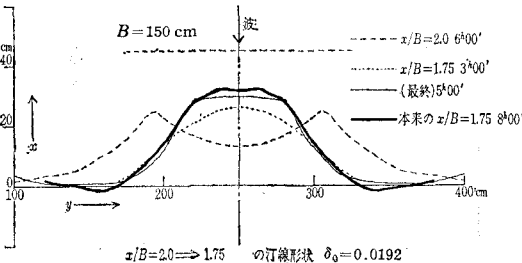


図-7

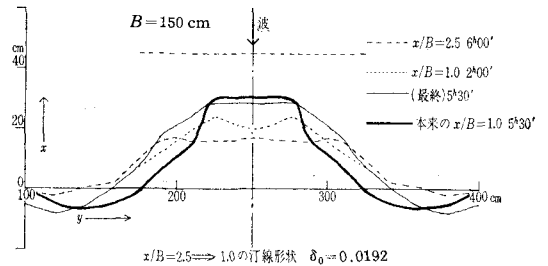
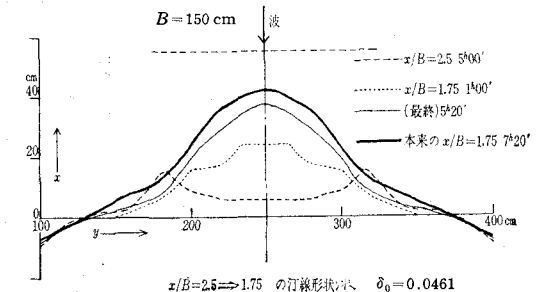


図-8



$x/B=0.5$, $x/B=1.0$, $x/B=1.75$ の三者とも図-11, 図-9, 図-8 のように舌状に張り出した汀線形状であるが $x/B=1.75$ の場合、やや扁平にみえる。離岸堤設置位置を $x/B=2.5$ にした時の汀線形状は図-8 に破線で示すように二つのカスプ状のピークがある扁平な形を形成する。

以上のように $B=150$ cm の時の基本平衡形状に2種の波形勾配の波をおくって各離岸堤位置における新しい平衡形状を形成した後、さらにその設置点から汀線の方へ離岸堤を近づけて移設し再び波をおくり、前歴の影響を調べた。

$\delta_0=0.0192$, $B=150$ cm の場合の履歴現象をみると実験 No. 8 (図-5 参照) では離岸堤を $x/B=2.5$ ($x=375$ cm) の地点より, $x/B=1.75$ ($x=262.5$ cm) の地点に, 浜側へ 112.5 cm 近づけて移設し, 再び波を 6 時間おけた後形成された汀線形状を図中細い実線で表わしている。すなわち破線は初めの設置点 $x/B=2.5$ の時, 細い点線は移設後 1 時間波をおくって変形した汀線形状で, さらに続けて 5 時間波をおくって大体変動が停止したと観測される形状で, いわゆる最終汀線形状である。

図中本来の $x/B=1.75$ で形成された汀線形状 (太い実線) と, 移設後形成された汀線形状 (細い実線) とを比較してみると, ほとんど両形状に差はないものと考えてよいであろう。すなわち履歴効果はないということになる。

つぎに実験 No. 9 (図-6 参照) では離岸堤を $x/B=2.0$ ($x=300$ cm) の地点より, $x/B=1.75$ ($x=262.5$ cm) の地点に浜側へ 37.5 cm 近づけて設置し, さらに波を 5 時間おけた時に形成した汀線形状を図-6 に細い実線で示している。前実験の時と同じように破線は初めの設置位置 $x/B=2.0$ の時, 細い点線の形は離岸堤を $x/B=1.75$ に移設して波をおくり始めてから 3 時間経過後の汀線形状を表わし, 続けて 2 時間即ち波おくり開始後 5 時間で大体おちついた形の最終汀線形状が求められた。

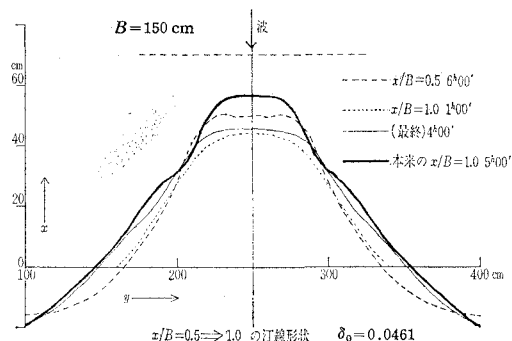
この場合も実験 No. 8 の場合と同じように, 本来の $x/B=1.75$ の時の形状 (太い実線) と, 位置を移してから形成された汀線形状 (細い実線) とはほとんど一致していて, 前歴の影響はない。

実験 No. 10 (図-7 参照) においては, 離岸堤を $x/B=2.5$ ($x=375$ cm) の地点より, $x/B=1.0$ ($x=150$ cm) の位置に移設して 5 時間 30 分波をおくって実験した結果であるが, 図-7 にみられるように舌状突出部は大体同じ位の汀線形状であるが, 突出部の両側に若干前歴の影響がのこっているようである。

つぎに $\delta_0=0.0461$, $B=150$ cm の場合の履歴現象を調べてみると, 以下ようになる。

実験 No. 11 (図-8 参照) では, 離岸堤を $x/B=2.5$ の位置より, $x/B=1.75$ の地点に浜の方へ 112.5 cm 移して設置し, 引続き波を 5 時間 20 分おくって形成された汀線形状を同図中に細い実線で示す。前実験の時と同様に破線は初め離岸堤を $x/B=2.5$ に設置して波をおくって形成された汀線形状で, つぎに $x/B=1.75$ の地点に移設して波をおくと 1 時間目には細い点線のような形となり, 最終的に細い実線のような汀線形状が形成される。図-8 の中に本来の $x/B=1.75$ の場合の汀線形状を太い実線で表わしているが, 両汀線をくらべると, 本実験はいわゆる暴風海浜波で砂の移動も相当大きいにもかかわらず若干の履歴効果はあるようだが大体において同一形状となっている。

図-9



つぎに実験 No. 12 (図-9 参照) では $x/B=0.5$ の場合から, $x/B=1.0$ の地点に 75 cm だけ沖の方へ遠ざけて 4 時間の波おくりをしたものである。この場合は初めの $x/B=0.5$ の時の汀線形状の破線と, 波おくり経過時間 1 時間 (細い点線で示す) を経て 4 時間目の最終汀線形状 (細い実線) と, 本来の $x/B=1.0$ で形成された汀線形状とを比較してみると舌状の突出部の先端付近で少し形が違うが, その両側では大体に一致している。すなわちこの条件の場合も前歴の影響は少ないものと考ええる。

以上の $\delta_0=0.0192$ (正常海浜波), $\delta_0=0.0461$ (暴風海浜波) の両者ともに実験 No. 8~No. 12 では履歴現象は大体においてないものとみなされた。

しかし離岸堤が正常, 暴風の両海浜の基本汀線に近接して設置され, これに各波形勾配の沖波をおくと非常に違った汀線形状を形成してくる。

いま $\delta_0=0.0192$, $B=150$ cm での実験 No. 13 (図-10 参照) では始めに $x/B=1.0$ の地点から $x/B=0.5$ の位置に 75 cm だけ浜側へ近接して設置しさらに波をおくり, この結果を図-10 に示すと, $x/B=1.0$ の時を破線で, 移設してから 8 時間後の汀線形状を細い実線で, 本来の $x/B=0.5$ の形を太い実線で表わすと, 前者は鋭い舌状となる。後者はなめらかな曲線の二つの山形のある汀線形状となることは前に述べた。図中の細い点線は移設後 1 時間経過した時の汀線形状である。これらの形

図-10

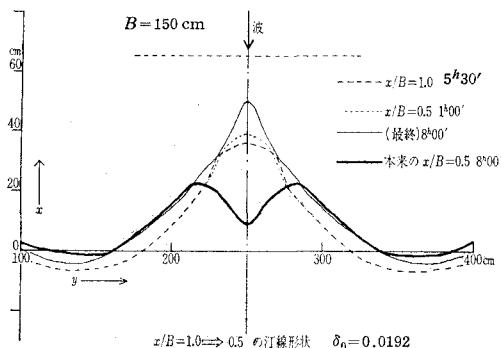


図-11

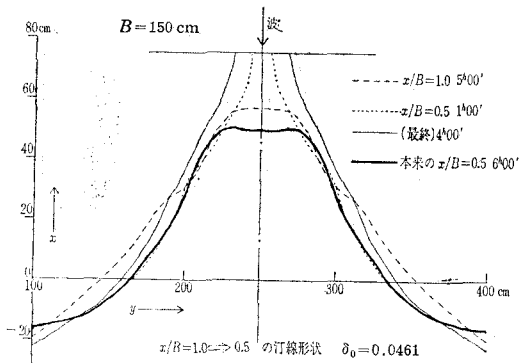
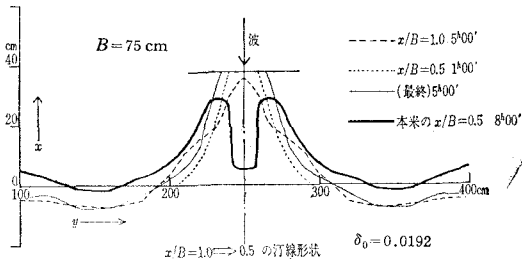


図-12



からわかるように $x/B=1.0$ から $x/B=0.5$ に移設した場合とはじめから $x/B=0.5$ においた場合では水面下の砂移動の状態がことなる。

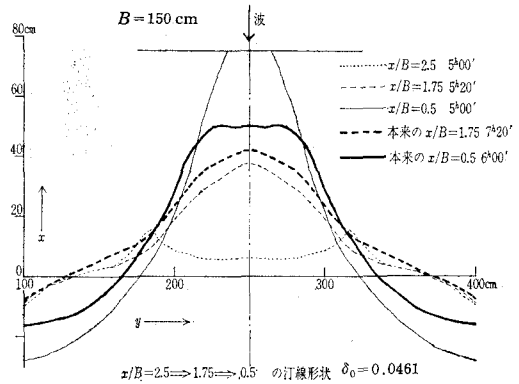
すなわち、始めから $x/B=0.5$ として波をおくと、時間の経過につれて汀線形の二つの山の先端から離岸堤の両はしに向って徐々に堆砂を生じ、この堆砂が離岸堤の背後に回りこむ波を阻止し、ついには水面下の両堆砂部の間が死水領域となって汀線変動が停止するからであろう。

この状態は $\delta_0=0.0192$ (正常海浜波) で $B=75$ cm の実験 No. 15 (図-12 参照) の場合で $x/B=1.0$ ($x=75$ cm) から $x/B=0.5$ ($x=37.5$ cm) の地点へ移設して5時間波をおくって形成された汀線形状を見ると死水領域の影響による汀線形の形状がなめらかな二つの山でなく鋭く突きだした二つの山をもつ形になっているのが一層はっきり示されている。

つぎに $\delta_0=0.0461$, $B=150$ cm での実験 No. 14 (図-11 参照) では実験 No. 13 と同じ方法で波をおくり実験したものであるが、移設後僅か1時間経過するとすでに離岸堤まで堆砂部が延びて、引続き3時間、のべ4時間の波おくりによってさらに多量の堆砂部が離岸堤までおよんでいるのがわかる。

つぎに $\delta_0=0.0461$ (暴風海浜波), $B=150$ cm での実験 No. 16 (図-13 参照) では、まず $x/B=2.5$ (細い点線) から $x/B=1.75$ (細い破線) に移設して5時間20分波をおくってその汀線形状が形成された後、さらに $x/B=0.5$ の地点に移して引続き波を5時間おく

図-13



て、その汀線形状 (細い実線) が形成された結果を示すものである。

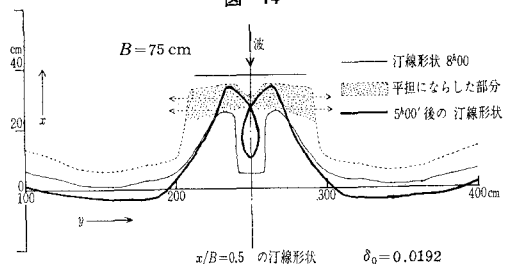
図にある本来の $x/B=1.75$ の形状 (太い点線) と5時間20分の破線, $x/B=0.5$ の汀線形 (太い実線) と続けて5時間波をおくって形成された細い実線の形状とをそれぞれ比較してみると, $x/B=1.75$ の時はほとんど履歴効果はないが, $x/B=0.5$ の時は実験 No. 14 の結果と同じように堆砂部が離岸堤にまでおよんでいる。

以上の実験 No. 13, No. 14, No. 15, No. 16 を総合してみると、離岸堤が初めに設置された地点と汀線との間のしゃへい域内、特に水面下に堆砂している部分で、離岸堤を汀線に近接して移設し再び波をおくったので、しゃへい域内の両側から中央に向って移動し、その結果中央部の堆砂が進行して、ついには汀線が離岸堤にまでおよぶことになったのである。

離岸堤設置位置によって生じた回折波により、汀線形や水の中での堆砂現象の変動を生じ、汀線付近からしゃへい域内の水面下にわたって堆砂が進行すると、回折波および屈折波の形によって平衡形状を形成してゆくものである。このようにして形成された最終形状を汀線の平衡形状ということができよう。それでこのような問題を取り扱う場合には汀線付近の変形の特性のみでなく水面下の堆砂の状態をもあわせて考慮する必要がある。

前に述べた死水領域のことにについて、さらに検討するために $\delta_0=0.0192$ (正常海浜波), $B=75$ cm の実験 No. 17 (図-14 参照) で、始めに $x/B=0.5$ ($x=37.5$ cm) に離岸堤を設置して8時間波をおくと 図-14 に

図-14



細い実線で表わしたような汀線形状となる。つぎに汀線の突出部の前面しゃへい城内の図中で陰影で示した水中の堆砂部分を平坦にならし、離岸堤の背後に十分波が回りこむようにして引続き5時間波をおくって形成された汀線形状が太い実線で示す形である。この結果をみると死水領域がなくなると中央部に堆砂を生じ、汀線が進行している状態が一層はっきり示されている。

4. 結 言

平均粒径 0.3 mm の砂を用い $\delta_0=0.0192$, $\delta_0=0.0461$ の平衡形状模型砂面に幅 150 cm の離岸堤(一部幅 75 cm も使用)を初期汀線から種々の位置に設置して波をおくり、砂浜変形の履歴効果による汀線形の特性を調べた。

これを要約するとつぎのようである。

汀線形の形成についての履歴効果は離岸堤を汀線のごく近くに設置した場合を除いてはほぼ無関係とみなされ、その時の離岸堤の設置位置と来襲する波の波形勾配によって定まる。

離岸堤が汀線のごく近くに設置された場合には履歴効果を生ずる。これは離岸堤の背後に死水領域が形成されて、回折波、屈折波の形状が複雑に変ぼうするためであろう。

なお実験に当って天本肇、丸山栄、百武安祐、中野八寿則、村山豊子の諸氏の熱心な協力をうけたことを述べて感謝するものである。