

堤防設置による海浜変形について

細 井 正 延*

1. 緒 言

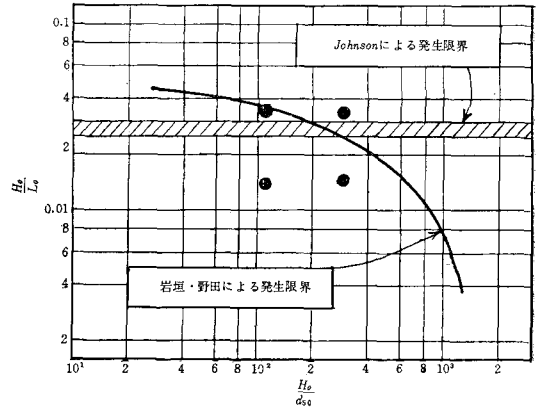
大きな波浪が来襲するような海岸に堤防を設置する際に、堤防の破壊を防止するためにその位置を汀線より陸側の海浜上に定めることが多い。このような所では堤防前面に多量の砂礫が堆積する現象が方々で認められており、昭和41年26号台風時にも駿河湾吉原海岸で同じ状態が生じ、越波による被害との関連性が問題になった。砂礫の堆積によって適上波が変化をうけたり、あるいは堤防上が道路になっている場合には路面に砂礫が堆積して自動車交通に支障をきたすことがあり、また反対に堤防のり先の洗掘に対する安全性という点ではかえって好都合である。堤防設置によって起こる海浜変形に関する従来の研究は、佐藤・田中・入江¹⁾、榎木・川崎²⁾らの研究があるが、いずれも堤防が汀線より海側に設置された場合に限られている。そこで著者は、汀線より陸側に堤防がある場合について、堤防位置と前面海浜の変形の関係を明らかにするために実験を行ない、その結果については土木学会第22回年次学術講演会³⁾で発表した⁴⁾が、その後に行なった実験結果を含めてここで詳細な報告をする次第である。

2. 実験的考察

(1) 実験装置と方法

実験に用いた水槽は、長さ27.5m、幅0.6m、高さ1.2mで、一端にピストン型造波装置がついており、他端には同時に2種類の砂の実験が行なえるように、長さ8.5mの鉄製の隔壁を設け、模型海浜をつくった。海浜構成砂の粒径は、 $d_{50}=1.2\text{ mm}$ 、 0.42 mm の2種類で、水槽水平部の水深は、 $h=39.8\text{ cm}$ 、または 43.5 cm で

図-1 沿岸砂州の発生限界



ある。用いた波は、沖波波高 $H_0=12.4\text{ cm}$ 、周期 $T=1.57\text{ sec}$ (沖波波長 $L_0=384.5\text{ cm}$)、および $H_0=12.4\text{ cm}$ 、 $T=2.37\text{ sec}$ ($L_0=876.2\text{ cm}$) の2種類である。すなわち $H_0/L_0=0.032$ および 0.014 であって、岩垣・野田⁴⁾の沿岸砂州の発生限界に関する研究結果(図-1)によれば、 0.014 では $d_{50}=1.2\text{ mm}$ 、 0.42 mm いずれの場合でも正常海浜の領域にはいり、 0.032 では $d_{50}=0.42\text{ mm}$ の場合だけ正常海浜で、 1.2 mm では暴風海浜と正常海浜の境界領域にはいつている。しかし著者の実験によれば、 $H_0/L_0=0.032$ では両粒径ともに完全な暴風海浜形状を呈し、 0.014 は完全な正常海浜形状を示した。まず海浜勾配 $1/10$ の斜面に砂を敷いて、上記の波をあてて平衡海浜形状をつくった。つぎにその上にのり面勾配が 1 割または鉛直の堤防模型を、汀線から陸側へいろいろの位置に置いて、堤防のり先の砂面高の変化、汀線の前退・後退量、海浜全体の堆積量・浸食量を測定し、それらの量と堤防位置、堤防のり面勾配等との関係を検討し

表-1 実験に用いた波、水深、粒径等

実験番号	波 高 H_0	波 長 L_0	周 期 T	H_0/L_0	d_{50}	H_0/d_{50}	h	X_b	堤防勾配 θ
1	12.4 cm	384.5 cm	1.57 sec	0.032	1.2 mm	103.3	39.8 cm	208 cm	鉛 直
2	"	"	"	"	1.2	103.3	"	208	1 割
3	"	"	"	"	0.42	295.5	"	129	鉛 直
4	"	"	"	"	0.42	295.5	"	129	1 割
5	"	876.2	2.37	0.014	1.2	103.3	43.5	109	鉛 直
6	"	"	"	"	1.2	103.3	"	109	1 割
7	"	"	"	"	0.42	295.5	"	89	鉛 直
8	"	"	"	"	0.42	295.5	"	89	1 割

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 土木工学科

た。波高の測定は電気抵抗式波高計と電磁オシログラフを用いた。実験に用いた波、水深、堤防勾配等の諸元は表-1のとおりである。表の中で、 X_b は無堤時の平衡海浜における汀線と砕波点との距離を表わす。

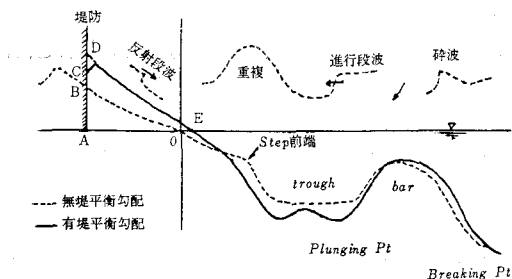
(2) 実験結果とその考察

汀線より陸側へ x の距離の所に堤防のり先を置いた場合に、堤防のり先の砂面高の変化量を ΔH 、汀線の前・後退量を ΔT とすると、 $H_0, L_0, d_{50}, x, X_b, \theta, \Delta H, \Delta T, t, T$ の間には、次元解析によってつぎのような関係が成立する。

$$\frac{\Delta H}{H_0}, \frac{\Delta T}{H_0} = \phi \left(\frac{x}{X_b}, \frac{t}{T}, \frac{H_0}{L_0}, \frac{d_{50}}{H_0}, \theta \right) \quad (1)$$

図-2 において、 $OE = \Delta T$ 、 $OA = x$ 、 $BC = \Delta H$ 、 $BD = \Delta H'$ 、 T : 波の周期、 t : 波の作用時間である。

図-2 海浜変形と波



堤防前面の地形は、波の作用時間の経過とともに変化し、ほぼ5時間後には安定状態に達する。したがって変形量を問題にする場合には、安定状態になったときの最終的な量と、最大量(波の作用時間の途中に現われることがある)とを考えねばならない。また堤防から海側の全体的な変形と、堤防のり先のごく近くの状態とを区別して考えねばならない。すなわちのり先では、遡上波が堤防に衝突して流れの一部分が下向きの渦となって、砂面高がごく局部的に低くなるからである。

a) 暴風海浜の場合 $H_0/L_0=0.032$ の場合の実験結果について、横軸に x/X_b 、縦軸に最終堆積高 $\Delta H/H_0$ および $\Delta H'/H_0$ をとり図示すると、図-3 および 図-4 のようである。図-3 は $d_{50}=1.2\text{ mm}$ で、図-4 は $d_{50}=0.42\text{ mm}$ である。(A) 曲線は $\Delta H/H_0$ を、(B) 曲線は $\Delta H'/H_0$ を表わし、また実線は鉛直堤防を、破線は1割堤防の場合である。両図からわかるように、 $x > 0$ すなわち堤防のり先が汀線より陸側にある場合には、堤防を置いたことによってほとんど全部堆積が行なわれており、また x/X_b のある値の所で $\Delta H, \Delta H'$ の最大値が現われる。ただし粒径が小さい方が堆積の最大値が現われる x/X_b の値が大きくなり、粒径の大きな場合に比べてとくに堤防が汀線の近くに置かれた場合には堆積が生じにくい傾向が見える。また堤防勾配が1割の場合には ΔH は $\Delta H'$ よりわずかに小さいだけであるが、鉛直堤

図-3
($d_{50}=1.2\text{ mm}$, $H_0/L_0=0.032$)

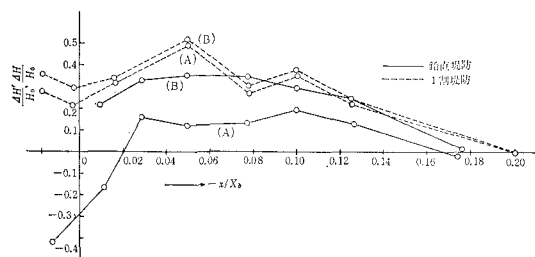
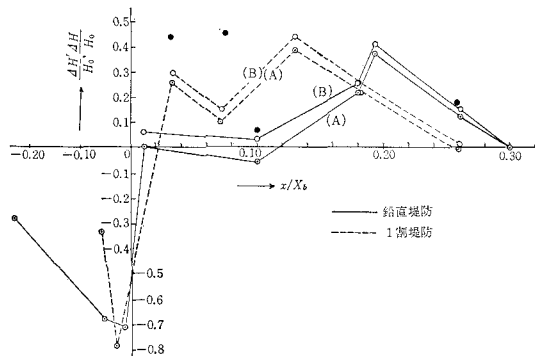


図-4
($d_{50}=0.42\text{ mm}$, $H_0/L_0=0.032$)



防の場合とくに粒径の大きな方ではこの差がかなり大きい。すなわち後者の方が下向きの渦が生じやすいことと、堤防に衝突してうちあげられた水塊が落下してのり先を洗掘しやすいことによるものと思われる。図-3, 4 の中の●印は最大堆積高を表わしているが、これについても最終堆積高とほぼ同じ傾向を示している。いま図-3 の実験値を用いて、横軸に x/X_b を、縦軸に $(\Delta H' - \Delta H)/H_0$ をとって図示すると 図-5 のとおりで、堤防位置が陸側に後退するほど局部的洗掘量が小さくなるこ

図-5 のり先洗掘高

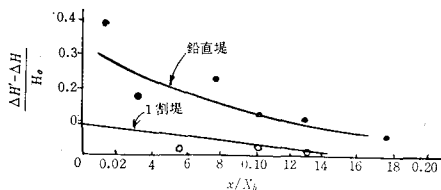
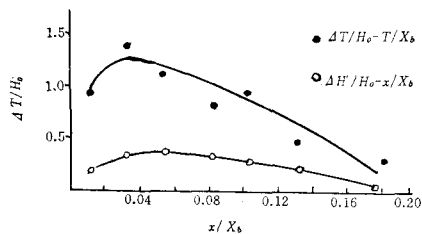


図-6 汀線変動量



とを示している。つぎに 図-6 は、 $d_{50}=1.2\text{ mm}$ 、鉛直堤の状態では $\Delta T/H_0 \sim x/X_b$ の関係を ● 印でプロットし、同時に ○ 印で $\Delta H'/H_0 \sim x/X_b$ の関係をプロットしたものである。これからわかるように、堆積高と汀線変動はほぼ同じ傾向を示しており、1割堤の場合および $d_{50}=0.42\text{ mm}$ の場合もこれと同様の状態を示している。

上記のように堆積高が底質粒径の大小によって差異が生じているのは、粒径の大きい方は掃流状態で、小さい方は掃流と浮遊によって砂が輸送されること、および無堤時の平衡海浜形状が粒径によってすでに異なっているという点に原因があると考えられる。すなわち前者については、粒径が小さい場合には、遡上波によって砂が掃流および浮遊の状態では運ばれ、水流が堤防に阻止されたときに掃流砂は堆積するが、浮遊砂は戻り流れによってふたたび沖へ輸送されるからである。後者については、初期の海浜形状が粒径によって異なっているため、同じ沖波をあてた場合でも碎波点の位置が違い、また汀線より陸側の海浜勾配が異なるために、遡上波および戻り流れの性質がそれぞれ相違しているからである。つぎに堤防前面に堆積が行なわれる場合に、その砂の供給源がどこにあるかを観察してみると、図-2 に示すように碎波後の進行状段波と、陸岸への遡上波が堤防に衝突して生じる反射段波とが重複して、この付近の海底砂が陸岸および沖側へ輸送されるが、これらのうち陸岸方向へのものが堆積砂となっている。

b) 正常海浜の場合 $H_0/L_0=0.014$ について

同様の実験を行なったが、それらの結果は 図-7, 8 に示すとおりである。粒径の大きな 図-7 の場合には、図-3 とほぼ同じ傾向を示しているが、汀線に堤防を置いたときにもすべて堆積を生じており、また 1割堤防の場合にはのり先の局部的洗掘は全く見られない。粒径の小さな 図-8 の場合には、1割堤防で $x/X_b=0.079$ を除いてすべて洗掘領域にはいっており、図-4 の場合にくらべるとかなり著しい差異が認められる。しかし 図-7, 8 いずれの場合も、鉛直堤防にくらべて 1割堤防では堆積が生じやすく、あるいは洗掘が起こりにくく、またのり先の局部的波掘も起こりにくいことがわかる。

海浜構成砂の粒径の相違による海浜変形状態の差は上記のようであるが、これらの関係は式 (1) によれば d_{50}/H_0 の値によって定まるはずである。そこで著者は $H_0/d_{50}=103.3$ 、 $H_0/L_0=0.032$ を一定にして 2 種類の波高 H_0 について、堤防を設置しないで波を作用させて平衡海浜をつくり、碎波点から陸側の縦断形状を比較してみたが、両者の間には式 (1) を満足するような関係は見いだされなかった。したがって堤防を置いた場合にも

図-7
($d_{50}=1.2\text{ mm}$, $H_0/L_0=0.014$)

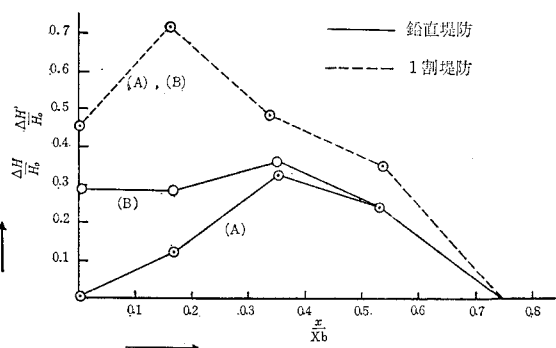
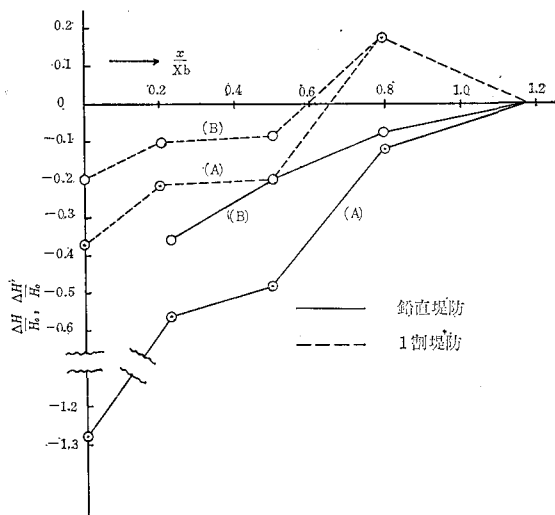


図-8
($d_{50}=0.42\text{ mm}$, $H_0/L_0=0.014$)



式 (1) は成り立たないはずであって、相似性の点が重要な問題となるわけである。理論的取扱いは非常に困難であるが、著者は Freeman-Le Méhauté の遡上波の理論式から汀線より陸側の dry bed 上における場所的および時間的な流速分布を求め、これから dry bed 上の流砂量を計算し、この値と、遡上波が堤防に衝突して生じる反射段波による冲向きの流砂量とを等しいと置けば、平衡勾配の値が求まるものと考えている。さらに碎波後の進行状段波と反射段波とが重複してできる新しい段波によって、岸向きの流砂量の増加分がわかれば、上記の平衡勾配と合わせて平衡縦断形状を求めることができるわけである。これについては後日の機会に発表する予定である。

3. 結 論

(1) $H_0/L_0=0.032$ の場合には、粒径の大小 ($d_{50}=1.2\text{ mm}$, 0.42 mm) にかかわらず、陸側から汀線にむかって堤防を設置していくと、最終堆積高、汀線変動距離

とも最大値をもつ曲線となる。

(2) $H_0/L_0=0.014$ の場合には、 $d_{s0}=1.2\text{ mm}$ では(1)と同じ状態が見られるが、 $d_{s0}=0.42\text{ mm}$ ではほとんどすべて洗掘状態が現われる。

(3) いずれの波形勾配の場合でも、粒径が大きい方が堆積しやすい。

(4) 鉛直堤防より1割堤防の方が堆積しやすい。

(5) 堤防のり先の洗掘は1割堤防の方がかなり少ない。

(6) 堆積機構は、進行段波と反射段波とが重複して砂輸送を促し、この砂が堆積する。

以上の研究は、文部省科学研究費(特定研究)によるものであることを付記しておく。

参 考 文 献

- 1) 佐藤・田中・入江：直立壁堤脚部の波による二次元洗掘実験，第13回海岸工学講演会講演集，1966.
- 2) 榎木・川崎：海岸堤防堤脚部の洗掘について，京大防災研究所年報第4号，昭和35年.
- 3) 細井・石田・松野：海岸堤防付近の海浜変形に関する実験的研究(1)，第22回年次学術講演会，昭和42年.
- 4) 岩垣・野田：Laboratory Study of Scale Effects in Two Dimensional Beach Processes, Proc. 8th Conference on Coastal Engineering, 1963.