

安定海浜の形成に関する実験的研究

土屋 義人*・芝野 照夫**・西 嶋 照 毅***

1. 緒 言

最近の自然環境の変化に伴って海岸侵食が進行し、海岸災害のみならず環境保全の面においても問題となっている。

これまで海岸侵食対策として海岸堤防・護岸・突堤および離岸堤などの各種工法が用いられ、かなりの実際的な成果をあげてきたが、最近の侵食の現状をみると、なお検討すべき点が少ない。このような剛構造物とも言うべき海岸堤防などと相違して、Silvester¹⁾は“how to copy nature”の観点から“headland control”の概念による砂浜海岸の保全工法を提案してきたが、著者ら^{2),3),4)}も、その協同研究として自然海岸にみられる安定な砂浜の形状特性を再検討し、また沿岸漂砂の動態に基づき静的および動的に安定な海浜としてのその考え方を拡張し、安定海浜工法として、その適用性を研究してきた。

本論文では、安定海浜工法による海浜過程を実験的に究明し、とくに波浪の特性とヘッドランドの設置条件との関係を検討する。

2. 安定海浜の形成に関する実験

2.1 実験装置および方法

実験は図-1に示す扇形波浪平面水槽に粒径0.21mmの豊浦標準砂からなる勾配1/10の模型海浜を設置して行った。造波機は水槽半円形部の外壁に沿って移動可能で、任意の波向をもつ周期波を発生することができる。また、模型海浜は、沿岸方向に7m、沖方向に6mの規模であり、構造物として用いたヘッドランドは透過性とし、海浜の変形に適応しやすいように、模型テトラポッドと粒径5mm~10mmの細礫およびサンドマットを用いて作った。

この実験では、安定海浜の形成過程を詳細に検討するために、まず一様勾配1/10の模型海浜に構造物すなわちヘッドランドを設置しない状態で波を作用させて侵食

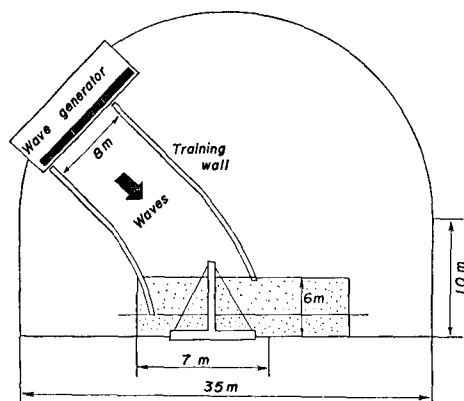


図-1 扇形波浪平面水槽の概略

性海浜を作り、その後、2基のヘッドランドを碎波点付近に設置して波を作用させた。ヘッドランド設置後、その背後にトンボロが発生、発達してヘッドランドに到達するようになると、ヘッドランドによって囲まれた海浜へは上手側からの沿岸漂砂の供給はなく、漂砂源が消滅した場合、すなわち安定海浜の形成時には沿岸漂砂量がほぼ零となり、静的に安定な海浜が形成されることになる。この静的に安定な海浜の形成に関して、とくにその移行過程を検討することにした。

実験波およびヘッドランドの設置条件は表-1に示すとおりであり、また安定海浜の形状は図-2に示す諸量で表示する。

表-1 実験条件

CASE		波高 cm	周期 sec	波向	勾配	水深 cm	b m	θ_h	θ_b
Run 1	1	5.6	0.70	50°	1/10	33.5	2.00	0	33.5°
	2	4.7	1.00				1.65	0	29°
	3	3.8	1.50				2.50	0	23°
Run 2	1	4.4	0.97	40°	1/10	33.5	2.85	30°	22°
	2	4.3	1.46				3.00	25°	17°
Run 3	1	4.0	1.46	40°	1/10	33.5	3.05	25°	15°
	2	4.2	0.70				3.05	—	—

注: b ヘッドランドの間隔, θ_h ヘッドランドと碎波波峰線とのなす角, θ_b ヘッドランド先端を結ぶ線と下手測汀線との角度

* 正 会 員 工 博 京都大学教授 防災研究所

** 正 会 員 京都大学助手 防災研究所

*** 学生会員 京都大学大学院 工学研究科

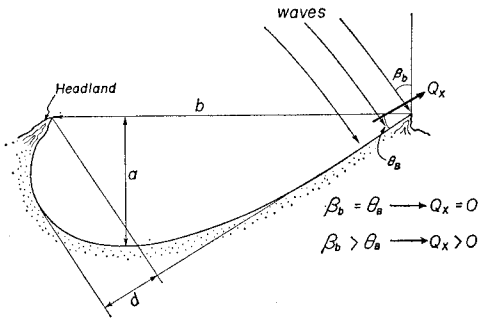


図-2 安定海浜の模式図と記号

2.2 実験結果

安定海浜の形成、とくにその平面形状には、来襲波浪の波向が大きく影響する。ここでは、その関係を知るために、次のように波向に対するヘッドランドの設置角を変化させて実験を行った。まず、第1は侵食性海浜形成時の碎波波向とヘッドランドの設置角を 90° としたもので、この場合ヘッドランドの設置によって海底地形も変化し、それに伴って碎波波向も若干変化する。第2は前者のヘッドランド設置時に波向から少し傾けて設置したもので、この兩者について検討する。

(1) 波向とヘッドランドの設置角が 90° の場合

前述したように、実験はヘッドランドを設置しない状態で波を作用させ、その後ヘッドランドを設置して、海浜変形の過程と安定状態の存在について調べた。まず、図-3 には実験波の周期ごとに表した侵食性海浜の形成時における汀線後退の時間的変化を示す。ただし、これは Run 1 の場合で測定値を沿岸方向に平均して表している。侵食性海浜での汀線は、時間とともにほぼ直線的に後退している。一方、ヘッドランド設置後にはその背後に上手側からの沿岸漂砂が堆積して、トンボロが発生・発達し、汀線の形状は海浜の中央部付近で後退、ヘッドランド付近で前進を示すが、この汀線変化の割合は時間とともに減少して平衡状態に達し安定な海浜となる。

図-4, 5 および 図-

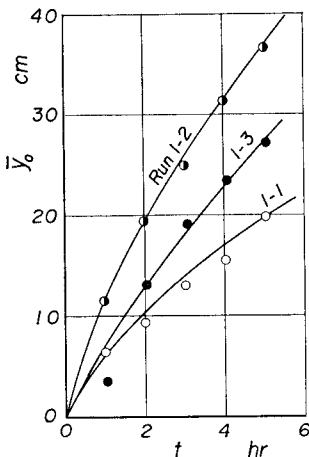


図-3 侵食性海浜における汀線後退の時間的変化

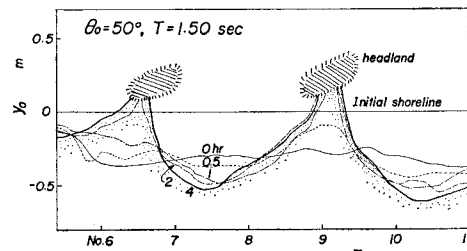


図-6 汀線形状の時間的変化

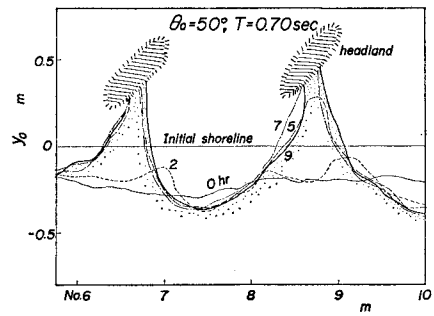


図-4 汀線形状の時間的変化

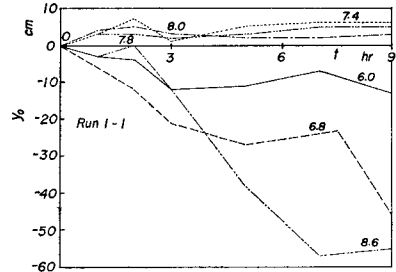


図-5 各測線別の汀線後退の時間的変化

6, 7 はそれぞれ周期 0.7 sec および 1.50 sec の場合の汀線形状の時間的変化と海浜内に設けた各測線別の汀線後退の時間的変化を示したものである。汀線形状の時間的変化からヘッドランド設置後、その背後にトンボロが発生し、下手側ヘッドランド背後のトンボロの発達には、海浜中央部付近の侵食土砂が大きく寄与している。しかし、海浜中央部の汀線後退とヘッドランド付近の汀線の前進は時間とともにしだいに減少して、平衡状態に達し、安定な海浜へと移行していることを示している。また、侵食性海浜および安定海浜の形成後における海浜断面形状を 図-8 に示す。ただし、測線 No. は 図-4 および 6 に示すとおりである。この海浜断面形状からヘッドランド設置前と設置後を比較すると、ヘッドランド前面では侵食性海浜に比べてヘッドランド設置後に土砂が堆積し、トンボロの発達のみならず、ヘッドランド前面付近まで沿岸漂砂が移動している。一方、ヘッドランドに囲まれた海浜中央部の汀線後退領域では、当然のことながら海浜は侵食されるが、その勾配は侵食性海浜とほ

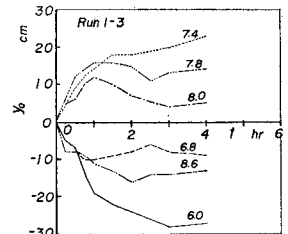


図-7 各測線別の汀線後退の時間的変化

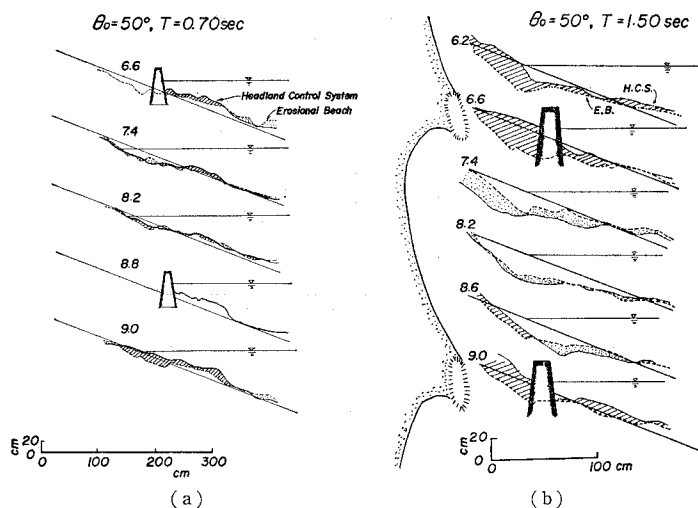


図-8 海浜断面形状

ば同様である。

(2) 波向とヘッドランドの設置角が 90° 以上の場合
前述したように、ヘッドランド設置後には海底

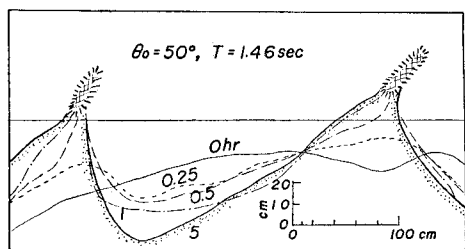


図-9 汀線形状の時間的変化

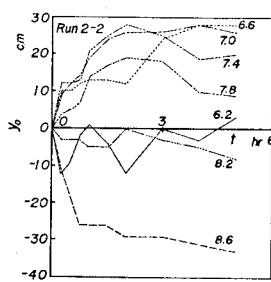


図-10 各測線別の汀線後退の時間的変化

地形も変化し、また砕波波向も変化する。このため、実験結果から得た汀線形状、とくに下手側ヘッドランド付近の汀線方向に一致するように、侵食性海浜の形成時の砕波波向より、約 25° から 30° ヘッドランドを汀線と直角に近くなる方向へ傾けて設置した。

図-9 および 10 は汀線形状の時間的変化および各測線別の汀線後退の時間的変化の1例である。この図から図-4, 5 および 図-6, 7 と同様に、汀線変化は時間とともに平衡状態に近づき、ほぼ安定な海浜に達することがわかる。なお、ヘッドランドの設置角を波向に対して 90° にした場合に比べて、ヘッドランド付近の汀線形状はかなり滑かに接続すること

がわかる。また、海浜断面形状においては、海浜中央部の最大湾入を示す範囲の勾配は緩かになるが、下手側ヘッドランドへ向うに従って若干勾配が急になる傾向を示している。

これら安定海浜の形成時における各時間ごとの海浜の変形状況の観察結果の1例を図-11に示す。ヘッドランド設置後、まずトンボロが発生し、またヘッドランドの上手側にバームがしばしば発達して、海浜全体に浜崖が形成される。

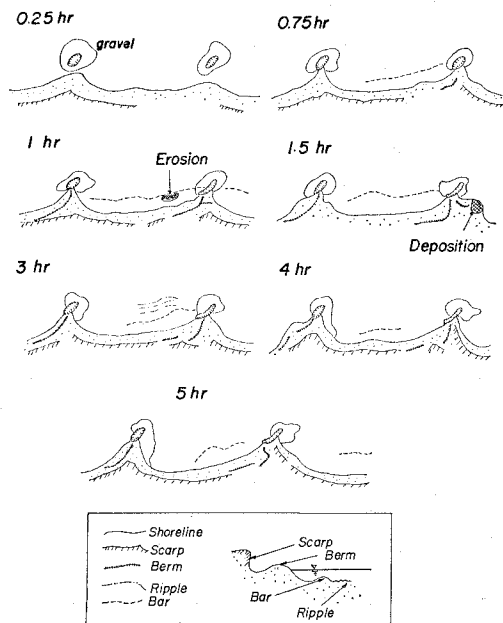


図-11 安定海浜形成過程の観察結果

3. 安定海浜の形成条件

実験によって得られた安定海浜の形状特性について、波浪特性やヘッドランドの間隔などの影響を調べて、安定海浜の形成条件を考察する。

3.1 波浪特性の影響

安定海浜の形成時の汀線形状を無次元化し、波向を一定にして周期ごとの変化を調べると図-12のようになる。これから周期が大きくなるほど安定海浜の湾入が小さくなるのがわかるが、これは波の屈折および回折特

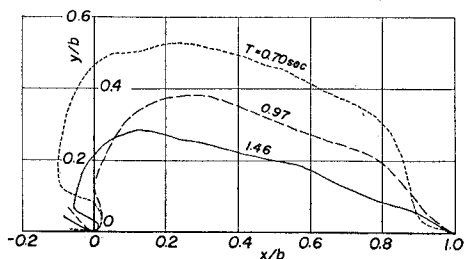
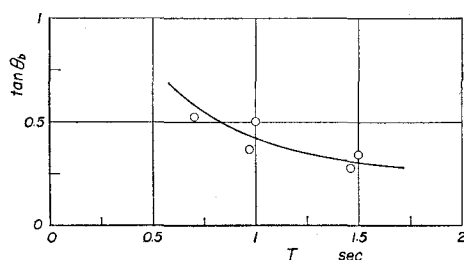


図-12 無次元安定海浜形状に及ぼす周期の影響

図-13 波の周期と $\tan \theta_b$ との関係

性によるものであろう。また、安定海浜両端のヘッドランド先端を結んだ線と下手側ヘッドランド付近の汀線とのなす角 θ_b (図-16 参照) は、図-13 に示すように周期が大きくなるほど小さくなり、海浜の湾入に及ぼす周期の影響を見出すことができる。一方、周期を一定として波向を変化させた場合には、Silvester の結果⁵⁾と同様 図-14 に示すように、波向きとともに海浜の湾入が大きくなる傾向を示す。

3.2 ヘッドランドの間隔および設置角の影響

安定海浜の形状は、波浪特性のみならずヘッドランドの配置にも影響されるものと考えられるので、波向と周期を一定とし、ヘッドランドの間隔を変化させた場合について、無次元海浜形状を 図-15 に示す。これから、同一周期の波であれば、ヘッドランドの間隔と沖波波長との比 b/L_0 が大きくなるほど、安定海浜の最大湾入は小さくなることわかる。このことは波長の長い波ほど屈折作用によって、より汀線に直角に波浪が入射しやすくなることから、ヘッドラ

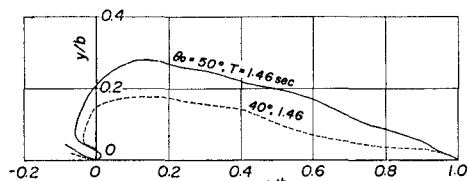


図-14 無次元安定海浜形状に及ぼす波向の影響

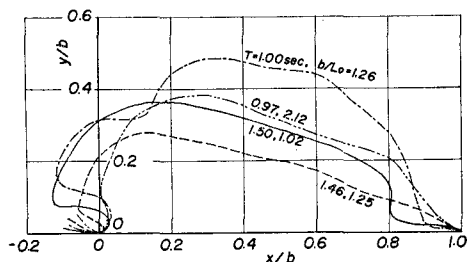
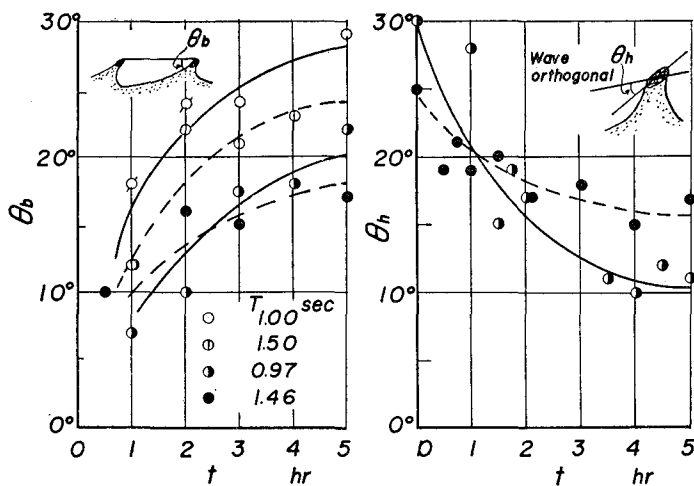


図-15 無次元安定海浜形状に及ぼすヘッドランド間隔の影響

ンドの間隔の大きが大きく影響するものといえよう。さらに、ヘッドランドの設置角を侵食海浜の形成時における砕波波向に直角とした場合とそれより約 $25^\circ \sim 30^\circ$ 大きくして設置した場合とでは、ヘッドランド上手側付近の汀線形状にかなりの相違を確認することができる。すなわち、図-16 は両者の θ_b の時間的変化を示すもので、ヘッドランドの設置角を侵食性海浜の形成時における砕波波向に対して 90° 以上にした方が θ_b の値は小さく、また図中に示す θ_h は時間とともに平衡状態に近づ

図-16 θ_b および θ_h の時間的変化

いている。このことは、ヘッドランドの前面まで漂砂が堆積し、その汀線の方角と波向とが一致ようになることを表し、ヘッドランドと汀線との滑かな接続を可能にしていると考えられる。

3.3 侵食土砂量の変化

侵食性海浜および安定海浜の形成時におけるヘッドランド間内の侵食土砂量を算定し、その時間的変化を 図-17 に示す。これから、侵食性海浜の形成時における侵

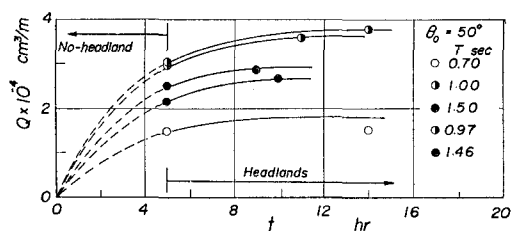


図-17 ヘッドランド間の侵食土砂量の時間的変化

食土砂量に比べて、ヘッドランド設置後、安定海浜に移行する過程の侵食土砂量の変化は小さくなっており、海浜中央部付近の侵食土砂がトンボロの形成に寄与するとともに、海浜外への流失が防止されるためと思われる。

4. 結 語

以上、安定海浜の形成について実験を行ったが、その

成果は次のように要約される。

- 1) 安定海浜の形成には、波向および周期が影響する。
- 2) 安定海浜を形成させるためのヘッドランドの間隔および設置角について検討した結果、波長に関係し、間隔が大きいほど安定海浜の湾入が小さくなること、および侵食性海浜の形成時における碎波波向より設置角を大きくすれば、ヘッドランド上手側付近で漂砂が堆積し汀線は滑かに接続するようになって、安定海浜の形成上有利となることがわかった。
- 3) ヘッドランド設置後の侵食土砂量は、その背後のトンボロの形成に寄与し、海浜外への流失を防止するようになる。

ここで述べた安定海浜の形成に関する実験的研究によれば、海岸侵食制御工法の 1 つとして、安定海浜工法の有効性と問題点とをある程度見出すことができたが、なお、底質特性の影響や波向の変化による海浜の変動など

究明すべき点が少なくないので、今後系統的な実験を行っていきたい。

なお、本研究は文部省科学研究費自然災害特別研究(研究代表者 尾崎 晃教授)による成果の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) Silvester, R.: A new look at beach erosion control, 京大防災研年報, 第 22 号 A, pp. 19~31, 1979.
- 2) 土屋義人・芝野照夫・十河耕一: Pocket beach の平面形状について, 第 25 回海岸工学講演会論文集, pp. 209~212, 1978.
- 3) 土屋義人・R. Silvester・芝野照夫: 安定海浜工法による海岸侵食制御について, 第 26 回海岸工学講演会論文集, pp. 191~194, 1979.
- 4) Silvester, R., Y. Tsuchiya and T. Shibano: Zeta bays, Pocket beaches and headland control, Proc. 17th Conf. Coastal Eng., pp. 1306~1319, 1980.
- 5) Silvester, R.: Headland defense of coasts, Proc. 15th Conf. Coastal Eng., pp. 1394~1406, 1976.