

Headland による漂砂制御に関する基礎的研究

山本正昭*・間辺木文**

1. はじめに

中小の漁港は、漁業者の集落を中心として発展してきたが、沿岸漂砂の卓越した砂浜海岸に建設された中小漁港では、泊地やけい船岸の拡張に伴い、港内埋没や周辺海岸の侵食が問題になる場合が多く、漁港整備関係者はその対策に苦慮している。現状での主な対応策は、突堤や離岸堤の建設であるが基本的に沿岸漂砂を阻止するという視点にたったこれらの構造物による方法には限界がある。

土屋ら(1982)は、安定な自然の砂浜海岸形状の実測結果に基づいた、砂浜の安定海浜工法を提案し実験的に調べている。すなわち、卓越する波向がほぼ一定な海岸において、その波向に対して離岸堤(Headland と称する)の法線がほぼ直角になるように設置すると安定な海浜が形成されるというものである。そして、Headland の設置水深が浅く、この沖側で沿岸漂砂が存在する場合には、動的に安定な海浜となることを示している。

本研究は Headland による 動的な 漂砂制御を応用し発展させたもので、季節的に卓越波向が変わる砂浜海岸に、Headland を設置することにより漂砂量を制御し、漂砂流の下手側の侵食と港内堆砂の問題を解決することを目指している。図-1 は、その機能を模式的に描いたものである。Headland は、左側への漂砂の大部分を捕

捉して港内埋没を抑制し、波向が逆方向に変化した場合に流下漂砂をある程度流してやり、下手側の海岸侵食を防止する。このような工法の開発を実験的に試みた。

2. 研究の内容と方法

実験には図-2 に示すような幅 10m、長さ 40m、深さ 1m の平面水槽を使用し、そのうち、下流側幅 1m は貯砂用水路とした。実験は海岸線に波が斜めから入射することを想定して、造波機に対して 25° の角度で勾配 $1/20$ の移動床(中央粒径 0.12 mm) 斜面を設置した。模型の想定縮尺は $1/50$ である。

Headland は、図-3 に示した形状で、その構造は捨石式である。これを、側壁と水路の影響の少ない移動床中心付近に 2 基設置した。Headland 中心の設置水深は 5 cm (CASE-2 だけは 6 cm) で、天端高は越波を許さない高さとした。また、汀線に対する Headland 法線のな

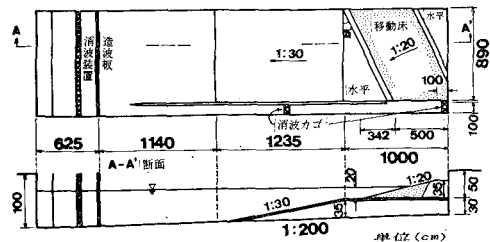


図-2 実験施設

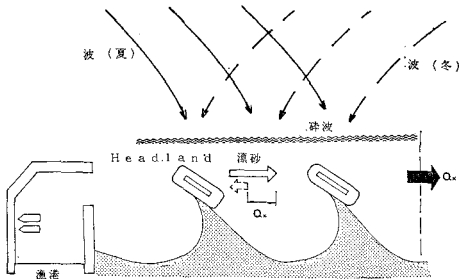


図-1 Headland の機能

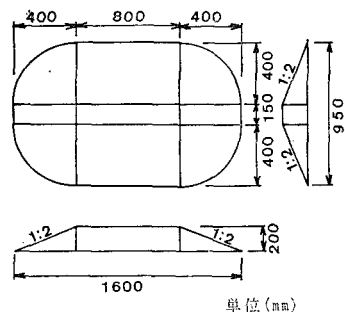


図-3 Headland 形状(捨石式)

* 正会員 工博 水産庁水産工学研究所漁港水理研究室

** 正会員 工修 水産庁漁港部防災海岸課

す角（設置角 α ）を、図-4 に示すように Headland の中心を基準として変化させて実験を行った。＋は季節的な波向の変化に対応する対であり、造波機を固定しているため、Headland の設置角を変えることにより対処している。

実験ケースを表-1 に示す。堀川・砂村ら(1975)による汀線変化の区分けによると、実験で主に用いた波高 6.0 cm の波は $C=7.6$ で侵食と堆積の混合領域に位置し、10.0 cm の波は $C=13$ で侵食領域に属している。碎波波向は汀線の垂線に対してほぼ 20° である。

実験は、漂砂上手の幅 75 cm の区間を、2 時間毎に初期のよう勾配砂面に復元するように給砂しながら行った。まず、Headland の設置角を変えて 8 時間の造波を行い、安定な海浜が形成されるかを確認し、かつその形状を写真から求めた。次に、安定海浜の形成過程と、漂砂量の変化を調べるために、0~8 時間までの 2 時間毎の砂面形状と、初期と安定海浜形成後の波高・流速分布を測定した。比較のために、Headland を設けない場合も行った。砂面は、サーボ式連続砂面計によって 50 cm 間隔で岸沖方向に断面形を計測し、波高は容量式波高計、流速は電磁流速計により測定した。

3. 波向の変化による汀線形状の変化

Headland を設置して造波すると、その背後にトンボロが発達し、Headland 間の汀線は湾入してくる。造波後 4 時間程度でトンボロの発達は顕著になり、先端が Headland に接する。造波後 8 時間では、汀線形状の変化はほとんどなくなり安定海浜となる。このときの汀線形状を無次元化し、入射波向による汀線の湾入の相違を調べた。図-5 に無次元化に用いた座標系と代表長さを示す。

図-6 は、 $\alpha = \pm 40^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ の場合の無次元汀線形状を示している。いずれにおいても、最大湾入点が波向に

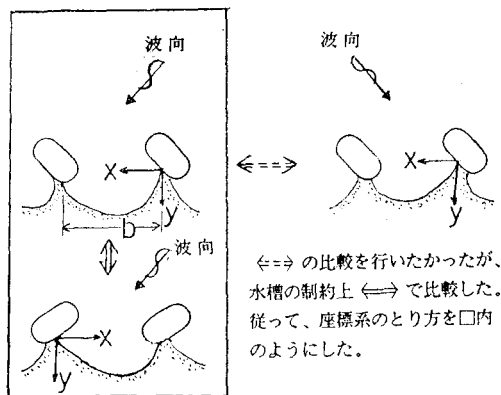


図-5 実験の座標系のとり方

よって左右に偏っており、最大湾入距離は b の 0.2~0.3 倍である。波の周期 1.41 s に対して、 α を $\pm 40^\circ$ にした場合では、波向による最大湾入点の偏りはなかったこ

表-1 実験 ケース

CASE	造波条件		Headland 条件		備 考
	周 期 T(秒)	波 高 H ₀ (cm)	設置間隔 S(m)	設置角度 α (度)	
A	1.41	6.0	4	0	初期及び 8hr 後の砂面のみ測定
B				40	
C				-40	
D				60	
E				-60	
F	0.99	5.9		40	
G				-40	
1	1.41	6.0	無		砂面測定波高・流速測定
2		6.0	3	0	
3		(10.1)		40	
4			4	-40	
5	0.99	5.9	無		

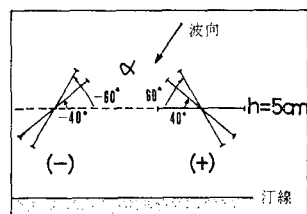


図-4 設置角 α

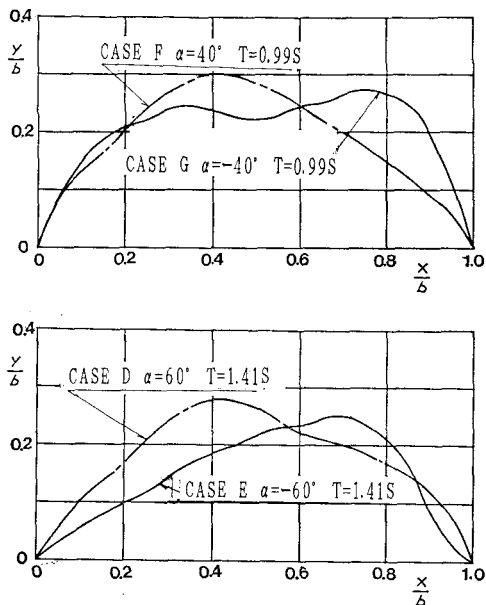


図-6 無次元汀線形状の及ぼす波向の影響
 $H_0=6.0$ cm, $S=4.0$ m

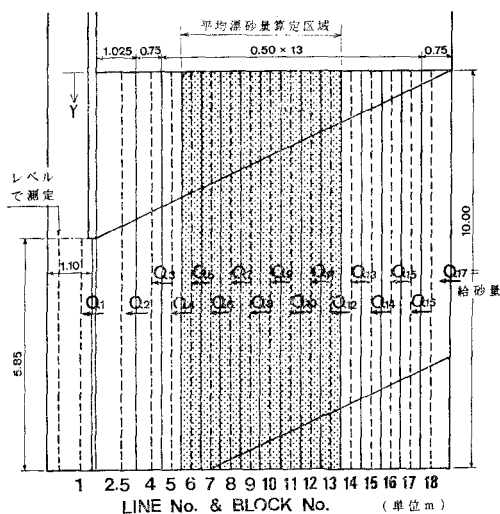
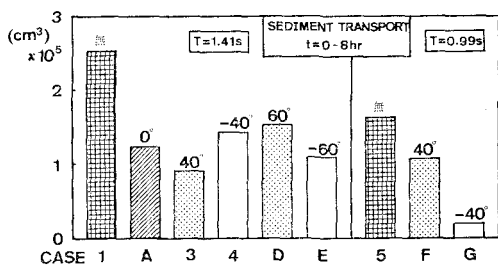


図-7 測線に対応するブロック区分け図

図-8 沿岸漂砂量 ($t=0\sim 8$ hr)

とから、この非対称性は、Headland の設置角が大きい場合や入射波長が Headland の設置間隔に比べて小さい場合に発生すると考えられる。

4. Headland の配置による沿岸漂砂量の変化

漂砂量は、砂面計により測定した砂面データから、経過時刻ごとの海底断面形状を出し、その断面変化量と2時間毎の給砂量とから連続式により算出した。図-7は、砂面測線と分割したブロック及び平均漂砂量算出区域を示している。

図-8は、初期砂面と8時間経過後の2 Headland 間の平均漂砂量を算出したものである。CASE-1, 5は比較のための Headland を設けない場合で、CASE-A は不透過式の離岸堤に相当する。 $T=1.41$ s の場合をみると、CASE-1 の漂砂量が最も多く、Headland を設置すると漂砂量は減少することがわかる。設置角による差異は、 $\pm 40^\circ$ と $\pm 60^\circ$ で調べたが、両者は同じ傾向ではない。 $\pm 40^\circ$ の場合は+のほうが小さく、 $\pm 60^\circ$ の場合は-のほうが小さい。CASE-A はその中位となっている。

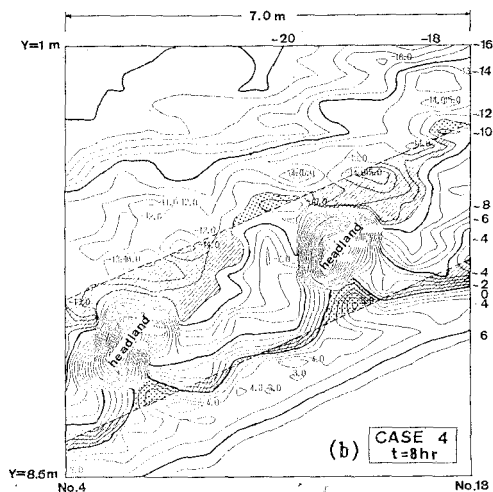
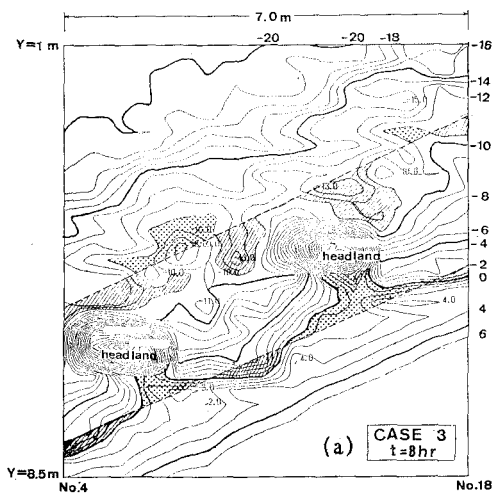


図-9 造波後の等深線

$T=0.99$ s のときは、やはり Headland を設けない場合に最も大きく、設置すると漂砂量は減少し、 -40° の方が小さい。このように Headland の漂砂量を抑制する効果が確認されたが、設置角による差異の傾向が一致しなかったため、8時間後の砂面形状を初期状態と比較してみる。

図-9, 10は、Headland 周辺の等深線図である。破線は、初期の汀線と -11.0 cm または -12.0 cm のコンターを示し、点領域は堆積、斜線領域は侵食を示す。Headland を捨石式としたため、Headland 前面ではこれを設けない場合より洗掘はやや大きい。図-9(a)によると、最大湾入部は初期汀線より 35 cm 程度後退しており、 -10 cm コンターまで比較的密に湾入していることわかる。一方、Headland 背後にはトンボロが発達している。図-9(b)は、 $\alpha=-40^\circ$ の場合であるが、(a)

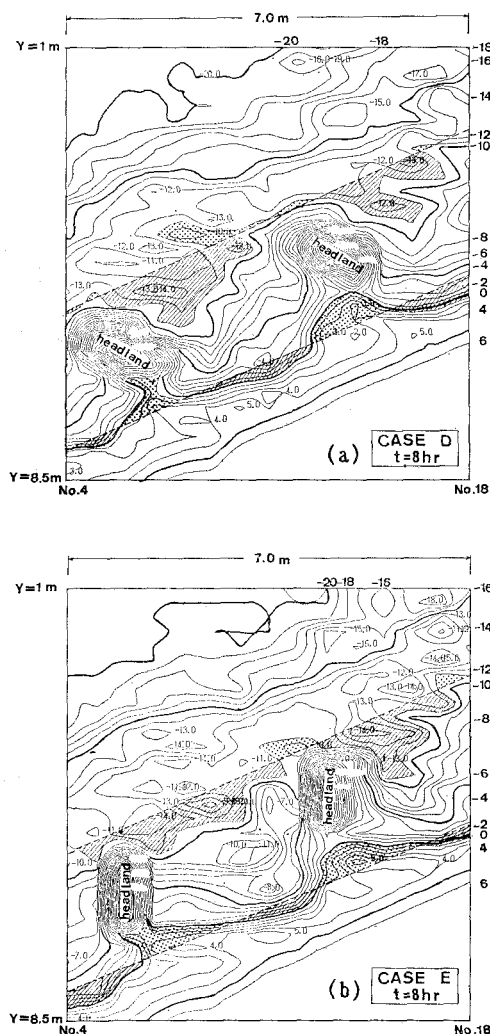
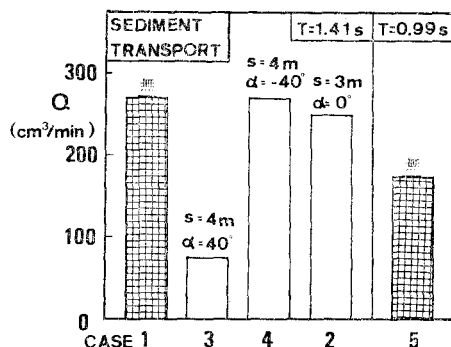


図-10 造波後の等深線

と比較すると、Headland 前面に大きな侵食域があることがわかり、このため平均漂砂量が多くなったと考えられる。図-10は $\pm 60^\circ$ の比較である。Headland 前面の侵食領域は両者にみられるが、(b)では、等深線が波峯線に平行となっており下手側 Headland 右側の等深線間隔は(a)に比べて広く、Headland が突堤のように沿岸漂砂を阻止している。このため、 -60° の方が漂砂量が小さくなったと考えられる。 $T=0.99\text{ s}$ の $\pm 40^\circ$ の場合もこれと同様な傾向であるため、 -40° の方が漂砂量は少なくなっている。

図-8では、初期砂面を基準にして漂砂量を計算したが、造波初期はHeadland 堤内部に多くの砂が侵入すること、1/20の一樣勾配斜面から造波させたため、入射波に対応した海浜形状に移行するまで時間を要することから、ケースを絞って2時間毎に砂面計測を行った。その

図-11 沿岸漂砂量 ($t=4\sim 8\text{ hr}$)

結果、各ケースともに、造波後4～5時間でトンボロがHeadland に設置していること等から、4～8時間の2 Headland 間の平均漂砂量により海浜安定後のHeadland の機能を比較することとした。

図-11は、縦軸に1分あたりの4～8時間後の平均漂砂量をとっている。CASE-3では、漂砂量はHeadland を設けない場合に比べてかなり減少しているが、設置角を -40° としたCASE-4では、設けない場合とほとんど変わらない。 -40° の場合には、6～8時間後の漂砂量が多く、Headland 前面付近は平衡状態を保っていないかと思われる。波向が季節的に変化する海岸において一方の季節の卓越方向に対して、この $\alpha=40^\circ$ のように直角に近くなるようにHeadland を設置すると、それによる沿岸漂砂量を抑制し、もう一方の季節には逆向の沿岸漂砂を発生させることができ、所期の漂砂制御の可能性があるとわかった。CASE-2は通常の離岸堤タイプであるが、Headland を設けない場合に比べ、地形安定後は漂砂量はほとんど減少せず、 40° 傾けた場合の優位性が明瞭である。また、CASE-5は検証のために行ったものであるが、周期が短くなると漂砂量も減少していることがわかる。

8時間経過後から1時間にわたり、侵食性の波高10 cmの波をかけ、安定海浜の変化を調べた。全般的に侵食が発生しトンボロが削られるために、堆積量の大きい場合に漂砂量が大きくなる。しかし、トンボロは消失しなかった。

5. 波高及び流速の変化

波高分布の一例として、図-12にCASE-3の場合を示す。初期状態の(a)と安定海浜形成後の(b)を比較すると、(b)では湾入に伴って、等波高線も湾入していることがわかる。

図-13は、電磁流速計により計測した造波後6～8時間の平均流速分布である。(a)はHeadland を設けない場合で、20 cm/s以上の流速が発生している。一方、(b)

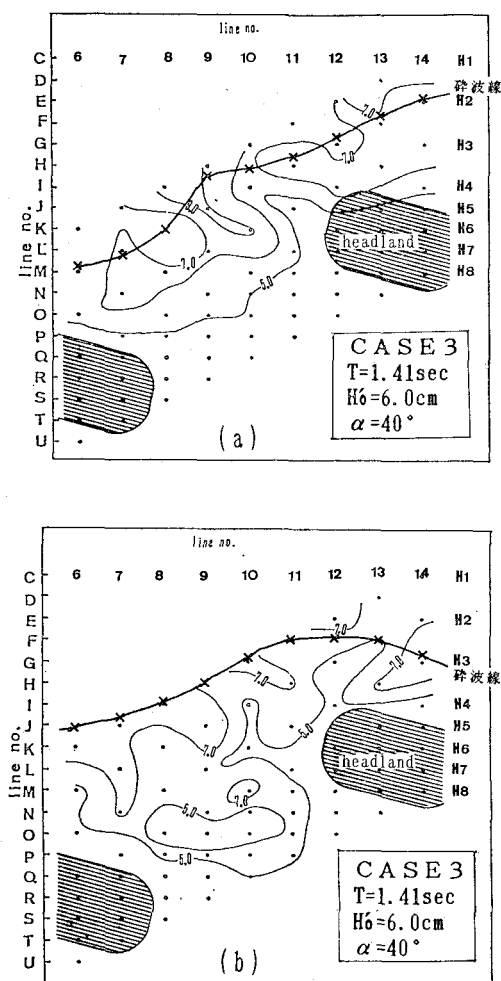


図-12 波高分布

は CASE-3 で、Headland 間の流れは 10 cm/s 程度以下にとどまっていることがわかる。また、(c) は、CASE-4 であるが、全般的に流速は大きく、下手側 Headland の前面に沖出しの流れが発生していることがわかる。このことは、図-9 (b) の等深線図の侵食域の説明になると思われる。さらに漂砂量の差異とも符合する。

6. おわりに

本研究により、Headland の設置角を波向にたいして適切な角度にすると、離岸堤に比べ漂砂量を効果的に抑えることができると同時に、波向の変化に対して、発生する沿岸漂砂量が非対称になる可能性があることがわかった。しかし、当初は、波向が変化するとトンボロが消失し、沿岸漂砂量は著しく増加するのではないかと類推したが、堤体を捨石で法勾配 1:2 で作成したため方向による遮蔽率の違いが小さく、予想より波向による差異

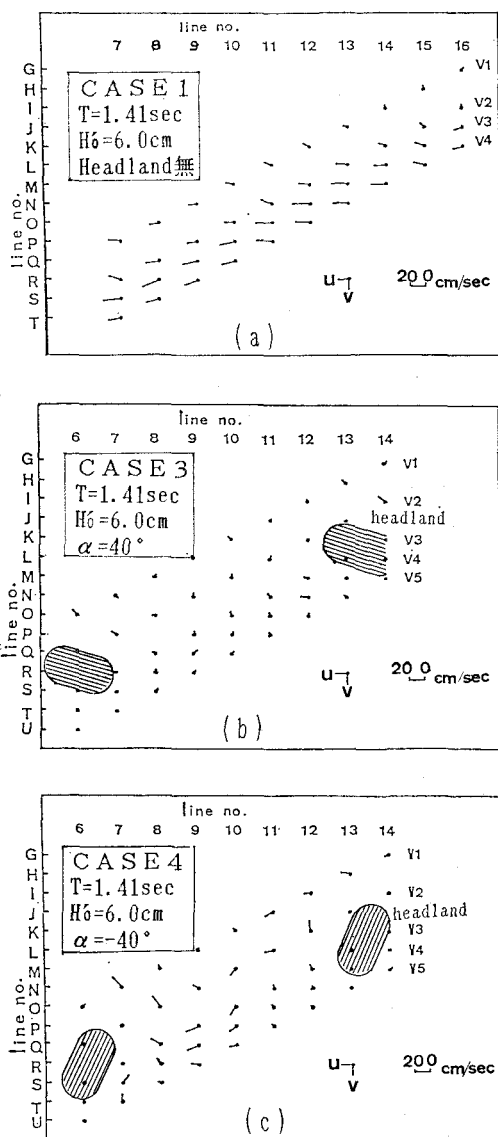


図-13 流速分布

は小さかった。今後は、実験手法を再度検討するとともに Headland の天端高や構造について検討を加えたい。

最後に、実験を積極的に推進してくれた長岡技術科学大学大学院の吉永一義君、元東海大学学生川崎真弘君に感謝の意を表します。

参考文献

- 土屋義人・芝野照夫・西島照毅 (1982): 安定海浜の形成に関する実験的研究, 第 29 回海講演文集, pp. 274~278.
- 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田 滋 (1975): 波による二次元汀線変化に関する実験的研究, 第 22 回海講演文集, pp. 329~334.