

離岸堤の及ぼす海浜変形に関する一考察 (4)

久 宝 雅 史*・戸 巻 昭 三**

1. 概 説

海浜地形の変化は、波、底質粒径、海底地形等の関連性から非常に複雑であるため実験などによりその機構の解明が行われている。Johnson は海岸形状と波形勾配とによる bar の発生限界について示し、岩垣・野田¹⁾はさらに底質粒径の影響を加えて研究している。

最近に至って、海浜変形に関して玉井^{2),3)}は cups の形成について、碎波点付近を中心とする大きな循環流の発生によるものとしており、堀川ら^{4),5),6)}は波による二次元的海浜変形について実験的に汀線並びに海浜形状に関する定量的な研究を行っている。また豊島ら⁷⁾は現地観測資料から離岸堤背面の堆積砂の量とその周辺海域の土砂量の変化および海底変化について検討した結果を示している。

一方、著者ら^{8),9)}は、前回までに示した北海道留萌沿岸小平(おびら)海岸において、離岸堤工事に関連した現地調査結果に基づいて、離岸堤背面の tombolo の形状、汀線水面以上の堆砂量を波による変動などから考察をしてきた。しかし今回は、以上の研究とはやや違った観点から離岸堤による海浜変形について (10⁴×t・m/m) 調査結果をまとめるために、前回と同じく北海道留萌沿岸の小平海岸における離岸堤を選び、その前面における海底変形、とくに trough, bar などについての観測結果から離岸堤の関連性について考察をしたものである。

2. 海象変化

この海岸から南 7 km の留萌港で 1 日 12 回観測した波高資料¹⁰⁾より、昭和 44 年 5 月より 46 年 1 月までの波向別深水波の全エネルギーを計算して、図-1 のような結果を得た。観測値は月の途中で欠測されている場合もあるが、この図よ

り WSW の波のエネルギーが卓越し、WNW がそれに続き、さらに N 方向となっている。また前回に示したように、44 年 4 月より 46 年 3 月までの波向別波高出現率¹¹⁾は、全波の約 55% が W 方向、WNW 方向 15%、N 方向 10%、WSW が 5% となっている。これとエネルギー的考察によるものとは若干の差があるが、ほぼ汀線に直角でやや S 寄り (WSW) の波が卓越していることがわかる。ただ、波向は屈折によって汀線に直角になろうとし、さらに留萌港と小平海岸とは位置も相違するが、概して汀線に直角方向よりやや S 寄りの波による海岸変形と考えられる。これらは 46 年 4 月に CM-2 型流速計による沿岸流調査¹²⁾、前回発表¹³⁾した等深線図その他からも明白であろう。ただ、沿岸流がある程度の循環流をなすことから、小区域における地形的な変動量の差は生ずるが、ここではかなりマクロ的に、trough や bar などについて述べることにする。

3. 調査概要

この小平海岸調査は 44 年から開始したが、45年に離岸堤 4 基 (1 基の形状は、延長 80 m、開口幅 30 m、護岸

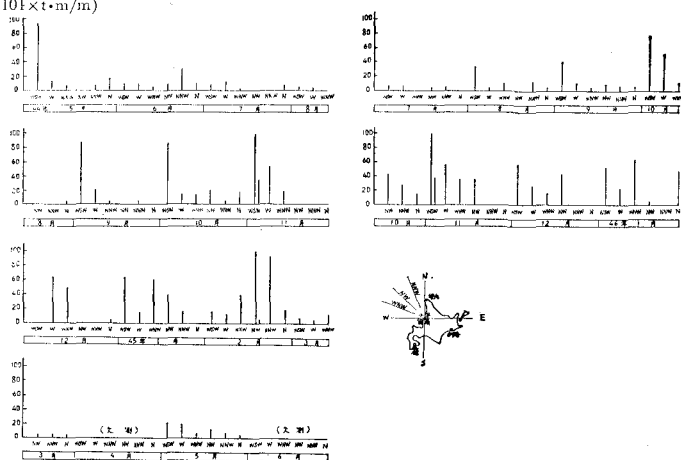


図-1 留萌港における月別、方向別の深水波の全エネルギー配分図

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科

** 正会員 北海道庁土木部

法線より 35 m の位置) を設置した。ここに示す調査は、波形勾配のかかなり差のある 44 年 8 月と 45 年 1 月、45 年 8 月と 46 年 1 月の年 2 回における深浅測量に基づくものである。深浅測量は汀線幅 1 200 m の区間で、沖へ 600 m、護岸法線に直角に 100 m 間隔で行った。それらの結果は 図-2、図-3 に示したとおりである。

これらの測量の結果から、まず沖側 600 m の距離の間に汀線より沖へ向かって、次のような場合が認められる。

明らかに

- (1) trough と bar (t-b)
- (2) step, trough と bar (s-t-b)
- (3) trough, bar, trough と bar (t-b-t-b)
- (4) step のみ (s)

にわけることができ、これを各測点別に示すと表-1 のとおりになる。

この表で、44 年 8 月と 45 年 1 月は突堤および離岸堤 4 基が施工されていない場合で、45 年 8 月と 46 年 1 月は測点 300 の位置に突堤、測点 400~700 の位置に離岸堤 4 基が施工された後の状態に関するものである。また表の中で、沖側の bar の位置をそろえて示したのは、この表で沖側にはほとんどすべての測点で、trough と bar が生じていたからである。また卓越風向による波の成分や流れはこの海岸では前述のように、測点 -200 から 1 300 の方向 (すなわち南より北) へ生ずるものとい

える。また表中の同じ s-t-b, t-b-t-b などの型のものは棒で囲んで、離岸堤がない場合と、それが施工された後の差、変化などを判然と示そうとしたものである。

また 図-2、図-3 には trough の深いところ、bar 頂部をつらねた線を示し、同時に 44 年 8 月と 45 年 1 月、および 45 年 8 月と 46 年 1 月の汀線 (L.W.L) を示したものである。

4. 離岸堤による海浜変形

(1) 汀線の変化

図-2 は突堤および離岸堤が施工される以前の 44 年 8 月と 45 年 1 月との汀線を重ねて示したもので、汀線はほぼ平坦であり、No. 400 から No. 600 にわたり浜が侵食されたので、これが離岸堤施工の直接の動機となったものであるが、この重ねた図から明らかに、No. 700 から北側は浜が堆積の傾向を示し、すなわち、その南側の侵食砂が北側へ移ったような状況を示している。

次に 図-4 は、突堤 (1 基) および離岸堤 (4 基) が施工される前の 45 年 1 月と施工後の 45 年 8 月の汀線を重ねて示したもので、突堤部分は予想に反して侵食し、離岸堤部分には tombolo を生じて堆積し、その堆積の影響のためと推定されるが、沿岸流 (左から右、南から北) によって、その北側 No. 700 より No. 1 300 の間は侵食をしている。これにより、離岸堤による構造物の効果を示された。またこの tombolo を生じない区間の

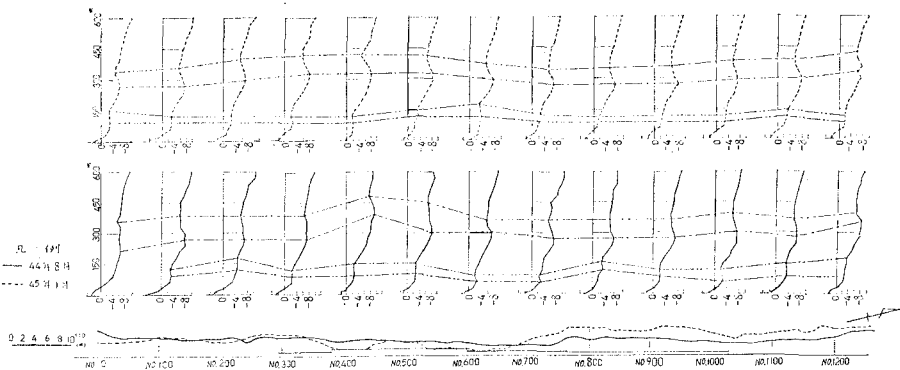


図-2 横断測量図 (44 年 8 月と 45 年 1 月)

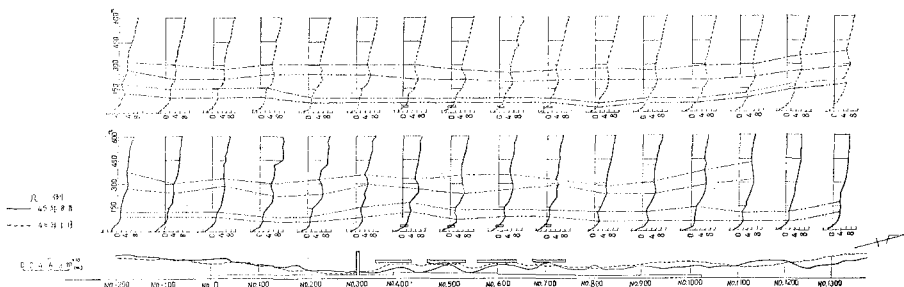


図-3 横断測量図 (45 年 8 月と 46 年 1 月)

表—1 断面の形

測 点	観 測 年 月				摘 要
	昭 44.8	昭 45.1	昭 45.8	昭 46.1	
-200			t-b-t-b	t-b-s	流れ方向 ↓
-100			t-b-t-b	t-b-t-b	
0	t-b	t-b-t-b	s-t-b	s-t-b	
100	t-b-t-b	s-t-b	t-b-t-b	s-t-b	
200	s-t-b	t-b-t-b	s-t-b	s-t-b	突 堤
300	s-t-b	t-b-t-b	t-b-t-b	s-t-b	
400	s-t-b	t-b-t-b	t-b-t-b	s-t-b	
500	s-t-b	t-b-t-b	t-b-t-b	s-t-b	
600	t-b-t-b	t-b-t-b	t-b-t-b	t-b	離岸堤4基
700	t-b-t-b	s-t-b	t-b-t-b	t-b	
800	t-b-t-b	t-b	t-b-t-b	t-b	
900	t-b-t-b	t-b	t-b-t-b	t-b	
1 000	t-b-t-b	t-b	s-t-b	t-b	s; step t; trough b; bar
1 100	t-b-t-b	t-b	t-b-t-b	t-b-t-b	
1 200	s-t-b	s-t-b	s	s-t-b	
1 300			s-t-b	s-t-b-t-b	
突堤・離岸堤なし		突堤・離岸堤施工後			

汀線の平面形状はかなり平らになっている。

次に離岸堤施工後の45年8月と46年1月との汀線を重ねて示したものが図—3である。この図では突堤より南 (No. -200~300) の区域は若干侵食の傾向にあり、その北側 (No. 300~1 200) は侵食と堆積区域とが入りまじってやや平衡状態になっている。しかし、その離岸堤の背後の汀線は tombolo の形態から、むしろ砂浜化していて、堆積が離岸堤全面に接したようになっている。すなわち、沿岸流による南 (左) から北 (右) への漂砂を考えると、その南の漂砂が離岸堤背面にほぼ飽和するまで堆積し、その残りの漂砂が離岸堤の北 (No. 800 より北) へまわり、やや堆積したり、侵食して、ほぼ平衡状態になったものと推定される。

しかも、もちろんその間に生じた波や流れによって漂砂の移動が変化し、侵食や堆積の状態が違うが、大体において上述のことがいえるであろう。

(2) step, trough などの変化

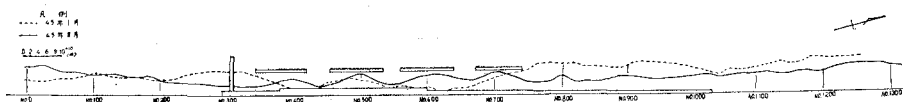
水面以下の漂砂移動が、結果的にはこの汀線および砂

浜の形態の変化を示すことになるはずであるので、これについては、図—2 (離岸堤施工前)、図—3 (離岸堤施工後) の横断測量の比較によって考察をしてみよう。

まずその形態として、表—1 に示したように44年8月 (施工前) には、浜から沖へ step-trough-bar または、step のところに小さい trough と bar を生じ、trough-bar-trough-bar という横断型を示し、45年1月 (施工前) には、表—1 に示すように、trough-bar-trough-bar と、沖側の trough-bar とが、もっとも汀線の侵食を受けた No. 700 を境界にして、その南と北とに生じている。いいかえると、44年8月に step であったところが trough-bar に侵食され、浜側の trough-bar であったところが単なる海底斜面になっている。すなわち、浜の近くまで侵食されている部分があり、これが離岸堤設置の動機となったわけで、先に述べた汀線変化と対応することになる。

しかし、離岸堤が設置された後の45年8月には、離岸堤付近では表—1 に示すように、(浜) trough-bar-trough-bar (沖) の区域がきわめて多くなり、No. 300~No. 900 の区域に生じている。これらはいずれも離岸堤の沖側の海底状態を示すものであるから、なんらかの変化が離岸堤によって、その沖側にも生じたものとするところができる。しかし、それも次の46年1月になると、離岸堤4基のほぼ中央部の No. 500~600 を境界にして、その北は沖側の trough-bar のみ、南側は step-trough-bar を生じている。これは平面図形の汀線のところで述べたように、浜側の trough-bar が堆砂によって step に変化したところと、浜付近の侵食によって浜側の trough-bar がなくなり海底が単一斜面に変ったところが存在していることがいえる。いいかえると、汀線の侵食と堆積とによる後退と前進とは、このような浜側の trough と bar、あるいは浜側の step における侵食と堆積とによるもので、単なる汀線変化だけでなく、前浜における step, trough-bar との相関関係によって形成されているものといえる。

また、一方この海岸のように沿岸流が若干南より北へ生ずるところでは、離岸堤によって、その下流側の前浜の step, trough-bar が侵食されて単一の浜勾配になろうとする傾向が生ずる。これは前から考えられているとおりであって、明らかに沿岸流が発達した海岸では離岸堤の上流側には tombolo が生ずるが、下流側にはその発達できわめて遅いといわれていることと一致する。しかも



図—4 汀線変化図 (45年1月と45年8月)

これに対して、図-9 の trough の底の深さ h_2 については、上記の bar の高さに関する離岸堤の効果よりさらに明らかで、離岸堤施工後は、この海岸全域において trough が浅くなっている。もちろん波の性質にもよることであろうが、離岸堤によって bar より沖の土砂がこの trough を埋めるような傾向があるといえるであろう。

6. 海底土砂量

離岸堤の及ぼす海底地形の変化を trough および bar 等の形態から考察したが、その海底地形の変化にともなうどのように堆積土砂が増減してゆくものであろうか試算をしてみた。

漂砂移動量に関しては、実態がなかなか把握できないので、従来から堆積されていたものも含めて水深 -7.5 m がほぼ沖合 600m の間に形成されている trough の底の最深部に相当するので、これより以浅および護岸堤脚部までの間に堆積している土量を、離岸堤がなかった44年8月、45年1月と、施工されたあとの45年8月、46年1月について、測点 No. 0 から No. 1 200 (延長 1 200m) 間で、離岸堤の設置予定および設置区間の測点 No. 300 から No. 800 (延長 500 m) その南側測点 No. 0 から No. 300 (延長 300 m)、および北側測点 No. 800 から No. 1 200 (延長 400 m) の3区間にわけて堆積総土量を積算したのが 図-10 である。

これより明らかなことは、堆積量の変動は離岸堤のなかった場合では、各区間における堆積総土量とも44年8月より45年1月の場合が多く、そのうち距岸 50 m から 200 m までの 150 m 区間と、測点 No. 300 から No. 800 の距岸 400 m 付近だけがとくに多くなっているのは、この地点の漂砂移動のはげしいことを示している。しかし離岸堤が施工されると、距岸 50 m および測点 No. 300 から No. 800 の距岸 300 m 付近の堆積量の変化が45年8月より46年1月のほうが大きくなっている以外は、波形勾配の小さい45年8月のほうの堆積量が上まわっている。これは離岸堤施工前とは全く逆現象

であって、このことから 4. (2) で述べたように、離岸堤は海底地形の変化がかなり堆積量にも影響をあたえているものといえる。

特に堆積変化の最大となっている個所は、trough ~ bar と考えられる地点で、離岸堤が施工されたことによってその移動量が顕著にあらわれはじめ、離岸堤の設置区間の No. 300 から No. 800 ではその傾向がますます大きくなり、下流側 (No. 800 ~ No. 1 200) では小さく、ついに step 形状を呈するようになってきていることは、明らかに南からの漂砂の移動によったものと考えられる。

また堆積量の増減も、距岸 600 m 付近で0あるいは僅少となっていることから、漂砂の主なる移動の均衡はほとんどこの範囲内でとられているものと思われる。しかしながら離岸堤設置区間および下流側の45年8月の場合には、距岸 600 m でもその堆積量があることが示されており、これは明らかに上流側からの移動はもちろん、bar の沖合からの移動によったもので、波形勾配の小さい波のほうが大きい場合よりもその傾向がやや大きくあらわれているようである。

このように離岸堤施工により、沖側の bar の高さも高くなり、trough が埋められ、浜側には海底に step を生じ、沖側の trough 幅が狭くなることは、透過式離岸堤が若干の沿岸流のある場合にも、漂砂堆積の効果があるものと考えてよいであろう。

7. 結 語

卓越風の関係から、この小平海岸では若干南から北への沿岸流があるにもかかわらず、離岸堤が漂砂堆積に効果が大きいことが明らかになった。その堆積は、単に浜上の堆砂だけではなく、特に沖側の bar の高さが高くなり、その浜側の trough を埋め、trough の幅が狭くなり、汀線が前進し、浜側の小さい trough が step になる側向を示すことがわかった。こうして離岸堤はその背後だけでなく、沖側の海浜変形に影響のあることが明白になった。ただ、その波が浅水域の海底変化と相関があるの

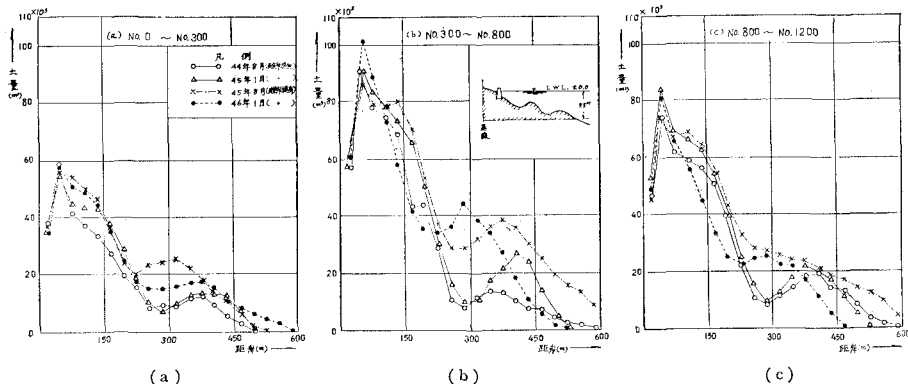


図-10 堆 積 土 量 の 変 動

で、定量的に表現することが現在ではかなり困難であるが、離岸堤によって漂砂堆積と波との好循環がなされているように思われる。

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，京大防災研究所年報，第4号 pp. 210~220, 1961.
- 2) 玉井佐一：カスピの形成に関する研究，第21回海岸工学講演会論文集，pp. 115~120, 1974.
- 3) 玉井佐一：海浜カスピの形成機構に関する研究，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 135~139, 1975.
- 4) 堀川清司・砂村継夫・鬼頭平三：波による海浜変形に関する一考察，第20回海岸工学講演会論文集，pp. 357~363, 1973.
- 5) 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右：波による二次元海浜変形に関する実験的研究，第21回海岸工学講演会論文集，pp. 193~199, 1974.
- 6) 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田 滋：波による二次元汀線変化に関する一考察，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 329~334, 1975.
- 7) 豊島 修・定道成美：皆生海岸におけるトンボロと海底変形，第21回海岸工学講演会論文集，pp. 167~172, 1974.
- 8) 久宝雅史・戸巻昭三：離岸堤の及ぼす海浜変形に関する一考察，第28回土木学会年次講演会，pp. 94~95, 1973.
- 9) 久宝雅史・戸巻昭三：離岸堤の及ぼす海浜変形に関する一考察，(3)，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 15~19, 1975.
- 10) 北海道開発局編：波浪観測台帳.
- 11) 久宝雅史・戸巻昭三：留萌沿岸小平海岸における漂砂に関する若干の考察，第19回海岸工学講演会論文集，pp. 1~5, 1972.
- 12) 前出 11)
- 13) 前出 9)