

離岸堤群式ヘッドランドの漂砂制御効果の現地実測

宇多高明* ・鈴木忠彦** ・大石守伸***
山本吉道**** ・板橋直樹*****

1. ま え が き

沿岸漂砂の卓越した海岸における侵食対策では、原則として漂砂の下手側より対策構造物を設置すべきとされているが、実際にはこの条件を満足させることはかなり難しい。なぜなら、漂砂の上手側で激しく侵食された箇所を放置したまま、下手側の砂浜幅の比較的広い区域から工事を進めることには周辺住民の理解が得られにくいからである。また、科学的根拠は高くても、現在の我が国の海岸災害に対する法的根拠がそのような投資に対して十分でないからである。かくして、漂砂の上手側に位置する災害箇所より復旧が行われることになり、侵食域は次第に拡大することになる。このような事例は全国に数多くあり、早急な改善が求められている。そして法的問題は別にしても、問題解決の具体的方法を明らかにすることが必要とされている。そのために、近年ではヘッドランド群の急速展開法が提案されている(住谷ら, 1988)。

ヘッドランド工法には種々の形態があり、海岸侵食の激しい静岡県清水海岸では、侵食対策として離岸堤群式ヘッドランド(離岸堤群を広い間隔で設置してトンボロを形成させ、これによりヘッドランド群を急速に形成させる工法)が建設されつつある(宇多ら, 1990)。本研究では、清水海岸の激しい侵食状況を明らかにするとともに、この方式の漂砂制御効果を明らかにする。

2. 清水海岸の概要

清水海岸は駿河湾西岸に位置する三保松原砂嘴の外縁に沿って延びる砂礫海岸である(図-1)。駿河湾の湾口は南に開いており、高波浪は南側より来襲するため、清水海岸では北向きの漂砂が卓越している。三保松原砂嘴は、安倍川からの流出砂礫や、一部久能山の下部より削られた土砂が、北向きの卓越沿岸漂砂により運ばれ形成されたものである。久能山の崖侵食は海水準が高い時代

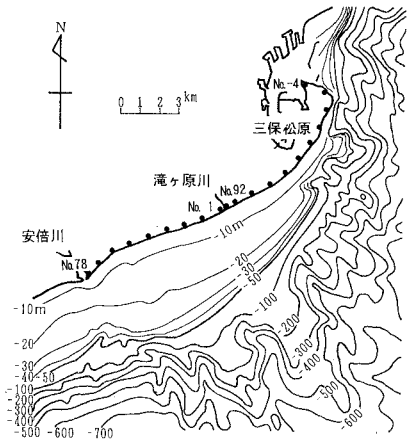


図-1 清水海岸、三保松原砂嘴および測線配置

に生じたものであり、現在唯一の土砂供給源は安倍川である。1968年以前に安倍川では広範に砂利採取が行われた。このために流出土砂が激減して、海岸での漂砂バランスが失われ、安倍川河口に近い静岡海岸において海岸侵食区域が0.5~0.8 km/yrの速さで広がっていった(宇多ら, 1991)。現在、激しい侵食区域は北側の清水海岸へ広がっており、また北上する沿岸漂砂の大部分は三保松原砂嘴の先端部にある海底谷へと落ち込んでいる(宇多ら, 1993)。

3. 清水海岸の汀線変化

1993年3月の測量より得られた等深線距離の沿岸方向分布を図-2に示す。基準点は海岸護岸法線に設定しており、図中の縦軸はこの基準点からの岸沖距離である。したがって、汀線までの距離は護岸前面の砂浜幅を表わす。また、沿岸方向距離の基点(No. -4)は三保半島先端に設定しており、No. -4~No. 92が清水海岸であり、その右(南)側のNo. 0~No. 78は静岡海岸、No. 78は安倍川河口である。特に清水海岸の海浜特性に注目すると、No. 70~No. 92付近は砂浜幅が非常に狭い。この付近は激しい侵食を受け、消波堤が次々と設置された地区

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長
** 静岡県土木部河川課長補佐
*** 静岡県土木部河川課主査
**** 正会員 工博 (株)アイ・エヌ・エー海岸環境部
***** 正会員 工修 (株)アイ・エヌ・エー海岸環境部

である。ここより北側の No. 65 と No. 58 付近で汀線が鋭角状に突出しているのは、そこに置かれた離岸堤群式ヘッドランドにより沿岸漂砂が阻止されているからである。その北隣りでは砂浜幅が再び最大 164 m まで広がるが、三保松原前面では約 100 m と狭くなる。そして、No. 33 付近から沖合の等深線が汀線へ接近し非常に急な海底面が変わっている。このことは、三保松原の南側から運ばれてきた砂礫が最終的に砂嘴の先端部付近より海底谷へと落ち込むという、構造的に見て対策が非常に難しい海岸であることを意味している。

図-2 と同一範囲において、1990年3月と1993年3月の汀線比較を行うと図-3 となる。2組の離岸堤群式ヘッドランドの下手(北)側に著しい汀線後退が見られる。この期間の No. 80 以北の前浜面積の減少量は $14.2 \times 10^4 \text{ m}^2$ で、減少割合は約 $4.7 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{yr}$ となる。清水海岸において現在砂浜がほとんど消失している No. 70 以南の護岸と消波堤間の幅は約 30 m である。したがって、消波堤を設置した場合のこの幅 30 m を三保松原と No. 58 の間の前浜面積から除いた面積は $2.2 \times 10^5 \text{ m}^2$ となり、上述の侵食速度で除すと、三保松原前面の前浜が完全に消失するまでの期間は約 4.7 年となる。しかも、前浜の消失面積と比較して汀線の前進域の面積はごくわずかである。これは侵食された土砂が砂嘴先端付近の海底谷へ流出したことをよく表している。

次に、清水海岸の1990年3月以降のほぼ半年おきの汀線変化を図-4に示す。深浅測量の測線間隔は100mであり、本図の右(南)側の離岸堤群式ヘッドランドをA群、左(北)側のそれをB群と呼び区別する。A群の工事の進捗とともに、A群が北向きの沿岸漂砂を阻止して、その背後にトンボロが形成され、A群南隣りの汀線は1990年3月時点より前進するようになり、対照的に北隣りの汀線は後退している。A群北隣りの侵食はNo.62で最大後退量44mを示し、北側へ離れるとともに減少し、500m離れたNo.59付近で0になる三角形分布を示している。B群北隣りの侵食規模はA群のそれよりはるかに大きい。No.56での1990年からの汀線後退量は83mであり、侵食域は約1000m離れたNo.46にまで及び、A群北隣りの侵食域と比較して最大汀線後退量と侵食範囲は共に2倍程度である。この理由は、A群は下手側のB群により汀線が固定されているのに対し、B群は下手側に汀線を固定しうる施設が何も存在しないためである。

4. 海浜断面変化特性

図-4に示した汀線変化図において、離岸堤群式ヘッドランド周辺の海浜変形を最もよく表す6断面を選び、海浜断面形の変化特性を調べる。

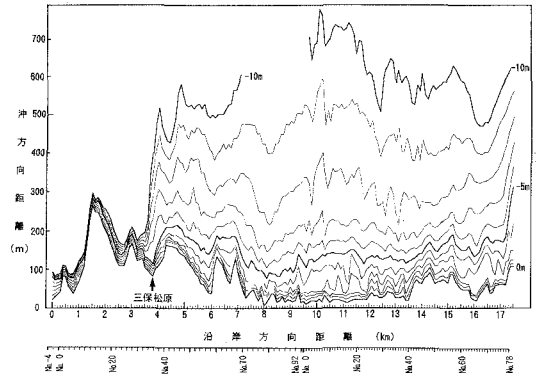


図-2 等深線距離の沿岸分布 (1993年3月)

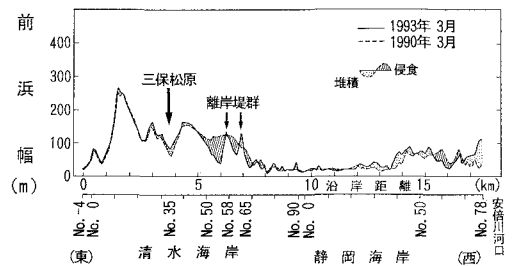


図-3 1990年3月~1993年3月の間の砂浜幅の変化

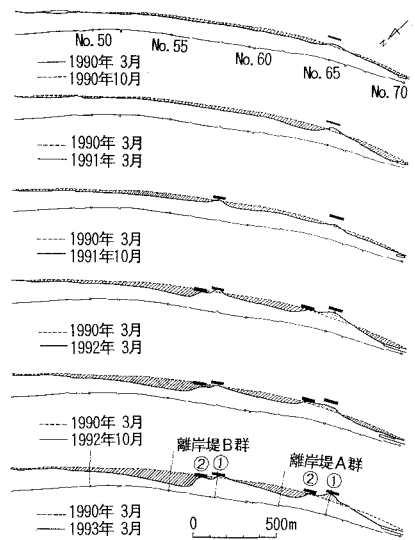


図-4 離岸堤群式ヘッドランド周辺の汀線変化

最初に最も南側の離岸堤を通る No. 65 の断面変化を図-5 (1985年基準)に示す。1985年当時には-5m以浅が上に凸状であって、堆積域の断面特性(宇多・山本, 1992)を示していたが、その後1990年まで汀線が9m/yrの割合で後退すると同時に、ほぼ-5m以浅が著しく削

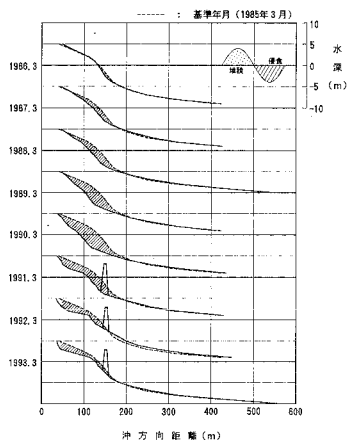


図-5 海浜断面形の変化 (No. 65)

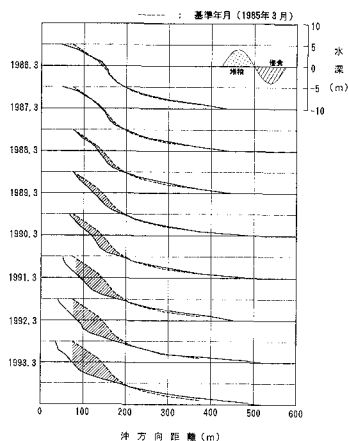


図-6 海浜断面形の変化 (No. 62)

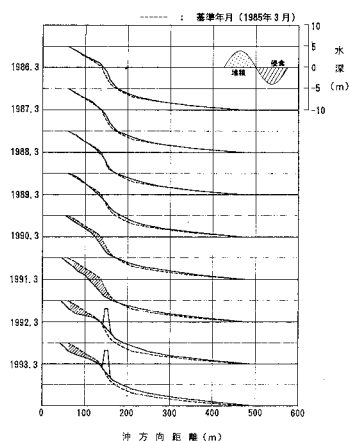


図-7 海浜断面形の変化 (No. 58)

られ、1990年までに沿岸距離100m当り $3.5 \times 10^4 \text{m}^3$ の土砂が消失した。しかし1991年以降離岸堤が設置されると汀線は再び前進し、1993年までには1987年当時の断面までほぼ回復した。また、離岸堤の設置によらず、-5m以深の海底にはほとんど地形変化が見られない。

図-6は、A群の北側の離岸堤より200m離れたNo.62の断面変化である。1985年当時のNo.65と良く似た上に凸形の断面形であったが、その後1990年まで5m/yrの割合で汀線が後退し、侵食断面積が増加した。No.62はNo.65の北側300mに位置しているが、1990年までの断面変化はNo.65の断面変化よりほぼ1年遅れて生じている。このことは、南側からの漂砂供給が絶たれたため、侵食域が300m/yrで広がったことを示している。さらに、1991年に侵食量が急増加している。この急激な侵食は、その発生時期がNo.65に離岸堤が設置されて汀線が前進した時期と一致していることから、上手側に設置された離岸堤により北向きの沿岸漂砂が阻止されたためと考えられる。また、侵食限界の水深はNo.65と同じ-5mである。

図-7は、A群の700m北側のB群離岸堤を通るNo.58の断面変化である。1989年までの海浜断面は安定していたが、1990年～1991年にかけて著しく侵食された。このためA群より1年遅れて離岸堤が設置された結果、一度侵食された場所で堆砂が進み、1993年には後浜部を除いて1985年当時の断面形まで戻っている。同様に離岸堤を通るNo.65(図-5参照)では1986年より侵食が激化したのに対し、No.58では1989年以降侵食が激化した。No.65～No.58の間は700m離れていることから、侵食域は233m/yrの割合で下手へ広がったと考えられる。

図-8は、B群の漂砂下手(北)側に位置し侵食の激しいNo.55の断面変化である。この断面も1989年までは汀線付近が上に凸状で安定していたが、1990年以降侵食

が進み、1993年には著しく侵食され、汀線後退量は86mに達した。1992年以降に侵食量が極端に大きくなった理由はA群の場合と同様、漂砂の上手側に離岸堤が設置され漂砂が阻止されたためである。No.65とNo.55の間の距離が1000mで、この間の時間遅れが4年であることから、侵食域の広がり速度は250m/yrとなる。図-8において特に注意される点は、同様に離岸堤群の下手側であるNo.62(図-6)とNo.55とを比較したとき、No.55では離岸堤設置2年後の侵食量ははるかに大きいことである。このことは、No.62では下手側にB群があってその位置で汀線が固定されているのに対し、No.55の下手は自由境界となっているため汀線後退が止まらないことを表している。

図-9は、汀線が最近後退し始めたNo.50の断面形である。この測線では、1991年まで-6m以浅で堆積傾向を示していたが、それ以降侵食が始まっている。この付近での侵食状況は、No.50より1.5km南のNo.65において1986年頃に見られた状況とよく一致を示していることから、侵食域は5年間で1.5km広がったと考えられ、年間の広がり速度は300m/yrとなる。

以上の断面比較より、4種類の侵食域の広がり速度が求められたが、それらをまとめると表-1となる。侵食伝播の平均速度は271m/yrである。現在、侵食域の北端はNo.46にあり、三保松原前面はNo.34付近であるから、両者の距離は約1200mとなる。これを侵食伝播の平均速度で割ると、三保松原前面へ侵食が及ぶのは約4年後となる。

最後に、三保松原北側のNo.30の断面変化を図-10に示す。この断面は水深-1～-6mの間が1/5と非常に急な斜面で、上に凸な典型的な堆積断面形状を示している。この測線では汀線は安定しており、1990年以降水深-10～-20mの間で経年的に堆積が進んでいる。この

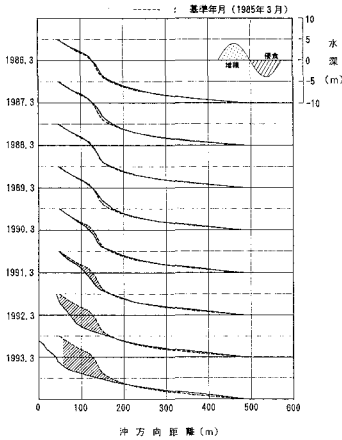


図-8 海浜断面形の変化 (No. 55)

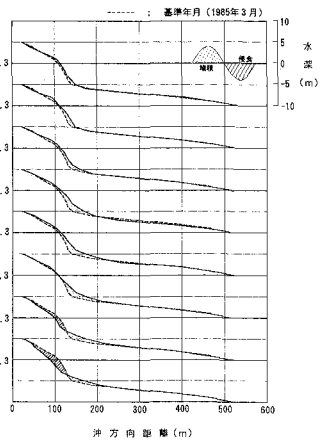


図-9 海浜断面形の変化 (No. 50)

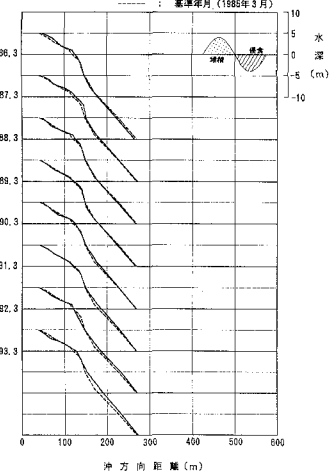


図-10 海浜断面形の変化 (No. 30)

水深は漂砂の移動限界水深と見なせる-5~-6mに比べて十分深いことから、上手側から運ばれてきた漂砂が汀線付近に止まらずに、沖合に落ちて堆積していることを表している。

5. 海浜土砂量の変化

図-5~9に示した海浜断面に対して海浜断面積の変化量 (ΔA) と汀線変化量 (Δy) の相関を調べると図-11となる。基準年は1990年として1993年までのデータを用い、断面積の積分範囲は、沿岸方向 No. 48~No. 69, 水深方向 T.P.+5m~-7mとした。これによると、 ΔA と Δy の間には相関係数 0.95 で次式が成立する。

$$\Delta A = 7.2\Delta y - 16.2 \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ΔA と Δy の単位は m^2 と m である。両者の回帰係数は漂砂の移動高 (h) に等しいので、この海岸での h は 7.2m となる。

次に、A群とB群を挟む No. 58~No. 64 と、B群下手側の No. 46~No. 57 の各々の区間において、T.P.+5m~-7mの範囲における1985年を基準とする土砂変化量、および前浜面積の変化量を求め図-12に示す。漂砂の上手側に位置する No. 58~No. 64 の区間では、1987年~1991年までに約 $2.5 \times 10^5 m^3$ の土砂が失われ、平均の侵食割合は約 $6.3 \times 10^4 m^3/yr$ となる。しかし、1991年以降に離岸堤群式ヘッドランドが建設されると激しい侵食は止まり、やや堆積傾向に変化した。一方、No. 46~No. 57 では、1990年までは堆積か安定傾向にあったが、1990年以降激しい侵食へと変化した。1990年より1993年までの総侵食土砂量は約 $3.3 \times 10^5 m^3$ で、侵食割合は約 $1.1 \times 10^5 m^3/yr$ に達する。これらのことより、漂砂の下手側に離岸堤等により汀線の不動点を設けてやれば、漂砂量を大きく減少できることが明らかである。

表-1 断面比較より求めた侵食域の広がり速度一覧

測線	侵食域の広がり速度 (m/yr)
No. 65~No. 62	300
No. 65~No. 58	233
No. 65~No. 55	250
No. 65~No. 50	300
平均値	271

6. 考 察

清水海岸での激しい海岸侵食の原因は、静岡海岸側からの供給土砂量がほぼ0となったにもかかわらず、三保半島先端への土砂流出が続くためであり、その対策工法として設置された2組の離岸堤群式ヘッドランドの間では高い侵食防止効果が認められた。しかしながら、この高い防止効果は、下手側のB群が汀線を固定していたからである。逆に、B群の下手側の汀線後退量は相当大きくなっており、漂砂の下手側の適当な位置に離岸堤群を早急に新設して汀線を固定する必要がある。このことは三保松原の全域において、適当な間隔でヘッドランド群を早急に展開しなければならないことを意味する。

また、宇多ら (1993) が示したように、この付近の自然海浜での沿岸漂砂量は約 $13 \times 10^4 m^3/yr$ に達することから、養浜により侵食部の回復を図るには膨大な量の養浜砂の投入が必要となる。そして、無施設のまま養浜しても、養浜砂は砂嘴先端部より沖合へ流出してしまう。したがって、養浜を主とした侵食対策は、補助的な対策、または侵食時間を遅らせ、その間に本格対策を進めるための手法として利用されるべきである。

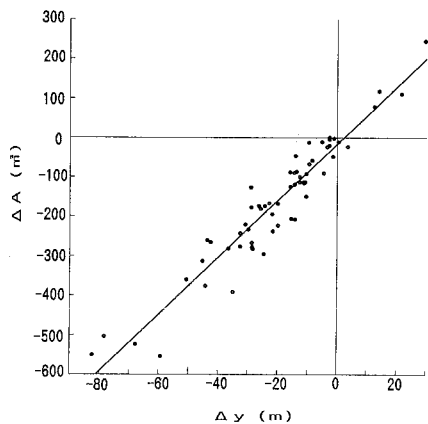


図-11 海浜断面積変化量 (ΔA) と汀線変化量 (Δy) の相関

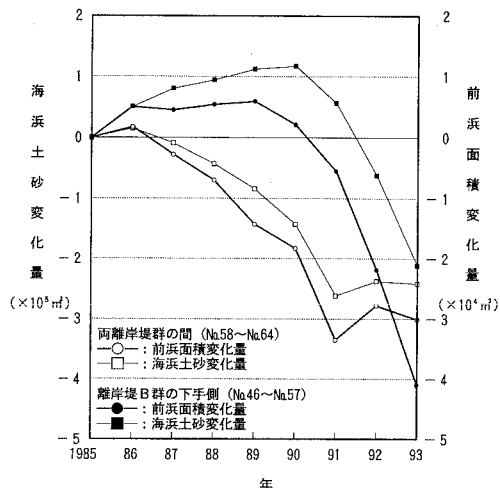


図-12 No. 46~No. 57 および No. 58~No. 64 間の前浜面積および7m以浅の海浜土砂量の経時変化

7. 結 論

本研究の主要な結論は以下の通りである。

(1) 深浅測量データの解析の結果、離岸堤群式ヘッドランドに囲まれた区域では高い侵食防止効果が認められ、本工法が侵食対策として有効であることが確認された。

(2) 清水海岸の侵食域の平均伝播速度は271 m/yrである。本海岸の侵食域の北端は現在 No. 46 にあり、ここより1200 m 下手側に位置する三保松原まで侵食域が及ぶのに要する時間は約4年となる。清水海岸ではこの短い期間に有効な対策を進めることが必要とされる。

(3) 1990年~1993年での前浜面積の消失割合は約 $4.7 \times 10^4 \text{ m}^2/\text{yr}$ であった。現況の最も下手側の離岸堤群と三保松原間の侵食可能な前浜は約 $2.2 \times 10^8 \text{ m}^2$ であるから、三保松原までの砂浜が完全に消失するのは約4.7年後となる。この値は前出の約4年とほぼ一致し、一般の

海岸保全工事に要する年月と比較してごく短い値である。

参 考 文 献

宇多高明・小俣 篤・山本幸次 (1990): 突堤、離岸堤群の沿岸漂砂制御効果に関する実験的検討, 土木技術資料, Vol. 32, No. 9, pp. 46-52.
 宇多高明・山本幸次・河野茂樹 (1991): 砂嘴地形周りの海浜変形—三保松原を例として—, 地形, Vol. 12, No. 2, pp. 117-134.
 宇多高明・山本幸次 (1992): 湖内および湾内に発達する砂嘴地形の変形特性, 土木研究所報告, 第186号, pp. 59-72.
 宇多高明・鈴木忠彦・山本幸次・板橋直樹 (1993): 三保松原の危機的海岸侵食状況, 海岸論文集, 第40巻, pp. 441-445.
 住谷迪夫・園部武正・宇多高明・伊東 隆・猿田正則・横田喜一郎 (1988): 鹿島灘沿岸におけるヘッドランドの建設による海浜の安定化, 第35回海講論文集, pp. 437-441.