

清水（静岡）海岸の侵食防止工法（1 私案）

豊 島 修*

1. ま え が き

静岡海岸では、昭和40年代に入ってから徐々に汀線が後退する傾向を見せ始め、昭和52年3月には、低気圧に伴う風浪によって浜川河口東側の海岸護岸が531mにわたって欠壊したり。

その後、この海岸護岸欠壊は年々東側へ伝播し、昭和57年には静岡市の区域をこえて清水市へと移り、現在なお進行中である。この結果護岸の欠壊は6年間に6km進行し、毎年1kmの速さで東側へ波及したことになる。

ここでは、静岡、清水両海岸の海岸侵食過程に着目し、それぞれの類似点と相違点について分析し、清水海岸の今後の汀線後退を防止する対策法について検討した結果を報告する。

2. 静岡海岸の侵食特性

昭和52年3月の浜川河口付近から始まったこの海岸の侵食は、その汀線後退や被災の状況をよくしらべてみると、同じような経過をたどっているように見えて、実は次に述べる清水海岸とはかなり大きな差があると考えられる。すなわち、静岡、清水海岸とも、汀線の大幅な後退や海岸護岸の欠壊が年々西から東へと次第に伝播して行ったことは共通しているが、詳細にみると、両者の間には相違する点が少なくない。

静岡海岸では、昭和44年2月以来、毎年1回以上深淺測量が続けられて来ている。これらの成果から汀線位置の平面的変化に着目してみると、汀線の後退が必ずしも西から東へと順序よく移動している訳ではない。

第1回測量の昭和44年2月当時、静岡海岸の各測点位置における汀線距離（護岸前面から汀線までの距離をこうよぶことにする。なお汀線位置はT.P. ± 0 mの位置）は、西側約半分の区域（測点No. 30~60付近）が約60~70mあって、東側の半分の区域（No. 0~30付近）では50~60mと逆にやや短かったが、その後昭和50年3月の測量では全区間がほぼ50m程度となり、

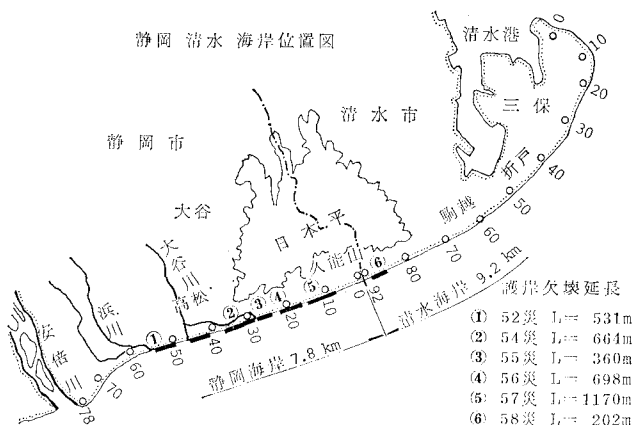


図-1 静岡、清水海岸位置図

20~10m 程度平均的に汀線が後退していた。

昭和52年3月の測量では、浜川河口東側約500mの区間について汀線が一気に10~20m程度に後退し、砂浜の一部が消失し、その後間もなく来襲した低気圧による風浪によって護岸531mが欠壊した（上図の①）。

このような汀線の急激な後退とこれに続く護岸の欠壊というパターンはその後毎年のように続き、毎年3月前後に実施される深淺測量で汀線距離が10~20m程度まで急激に後退した区域を中心にして海岸護岸が大きく欠壊する事例があい次ぐ結果となった（上図の②~⑤）。

しかし、この汀線の大幅な後退や護岸の欠壊箇所は、必ずしも西から東へ連続して発生した訳ではなく、年によっては1km以上離れた東側の地点で急に欠壊が生じたり、また一方で、一度は被災を免れた中間の区域もその後1~2年おくられて被災し欠壊に至るといった事例も少なくなく、現在では旧コンクリート護岸が被災しないままに残っている区域ははかなり少なくなっている。

なお、上図に示した護岸欠壊の箇所及び延長は、それぞれ各年災の被災の中心的位置と、数箇所にもたがって被災欠壊した護岸の合計延長が示してあるもので、各年災が1箇所集中している訳ではない。なお、53災は被災延長が100m未満であったので省略してある。

被災し欠壊した旧護岸は、前に報告した¹⁾ように、異

* 正会員 工博 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科

形ブロックのり面被覆工に変更して災害復旧並びに災害復旧助成事業により施工されて来ているが、その後の度重なる台風や風浪の際にも再度災害を受けることなく現在に至っており、この工法はこの現場に関する限り一応成功した形となっている。なお、両側が被災してブロック張りに変更復旧された中間部のコンクリート旧護岸の区域は、その前面の異形消波ブロックによる消波工がほぼ同程度の状態にありながら、護岸とこの消波工の間の部分が洗掘される例が少なくなく、ブロック張りで復旧された部分が次第に砂利で埋まっていくのと好対照を示している。

3. 清水海岸の侵食特性

静岡海岸の下手にあたる清水海岸でも、昭和 50 年代に入って汀線の後退が顕在化し始め、静岡海岸と同様に西から東へと伝播して行ったが、清水海岸では西から東へ順々に連続して汀線が後退して行く点が静岡海岸と大きく異なっている。

さらに、静岡海岸では、汀線が急激に後退し護岸が欠壊した区域の下手側も多少汀線が後退気味であったのに対し、清水海岸では今までのところ、上手の西側で汀線が後退すると東側の下手の汀線が前進するというパターンをくり返して来ている点が両者の大きく異なる点である。

右の図-2 を見て頂きたい。

横軸は清水海岸の測点番号で、右が西側、左が下手の東側に相当し、図-1 の測点番号に対応している。

縦軸は汀線距離で、紙幅の都合で 0 点位置をオーバーラップして整理してある。

これによると、まず汀線距離が非常に長いところが少なくなく、100 m 未満は測点 No. 70~72 は付近から西側の 2 km 区間で、これより下手の東側はなお 100 m 以上の広い砂浜が現存している。この広い砂浜は、これから三保半島の先端吹合岬まで、例の有名な羽衣の松がある三保の松原付近を含めて約 7 km に及んでいる。

図中の (1) の汀線変化の原因は駿河湾沿岸一帯に甚大な被害を与えた昭和 54 年 10 月 14~15 日の台風 20 号による漂砂移動の結果と考

えられるが、西側の汀線後退に見合う程度に下手側の汀線が前進している点が注目される。

その後昭和 57 年に入ると、(3)、(4) と静岡海岸に接した清水海岸の西端部で次第に汀線が後退し始め、部分的に一時砂浜が消失したが、消波工が設置されたために護岸欠壊は免れた。なお、この時点でも No. 72~76 付近では汀線は前進している。

58 年に入ると、汀線後退区域は更に東へと拡がり、59 年 3 月までに測点 No. 76~86 にわたる 1 km 区間において大幅な侵食が見られるが、58 年中には、5 月 16~17 日の風浪および 8 月 15~16 日の台風 5 号、6 号によって、No. 87~89 区間の 200 m の護岸が初めて欠壊し、清水海岸にも本格的な海岸侵食被害が発生するところとなった。なお (6) の No. 90~92 間の汀線前進は、消波工設置に伴う見掛け上の汀線位置の前進であるので念の爲。

清水海岸の侵食が本格的になり始め、かつ未だ護岸が

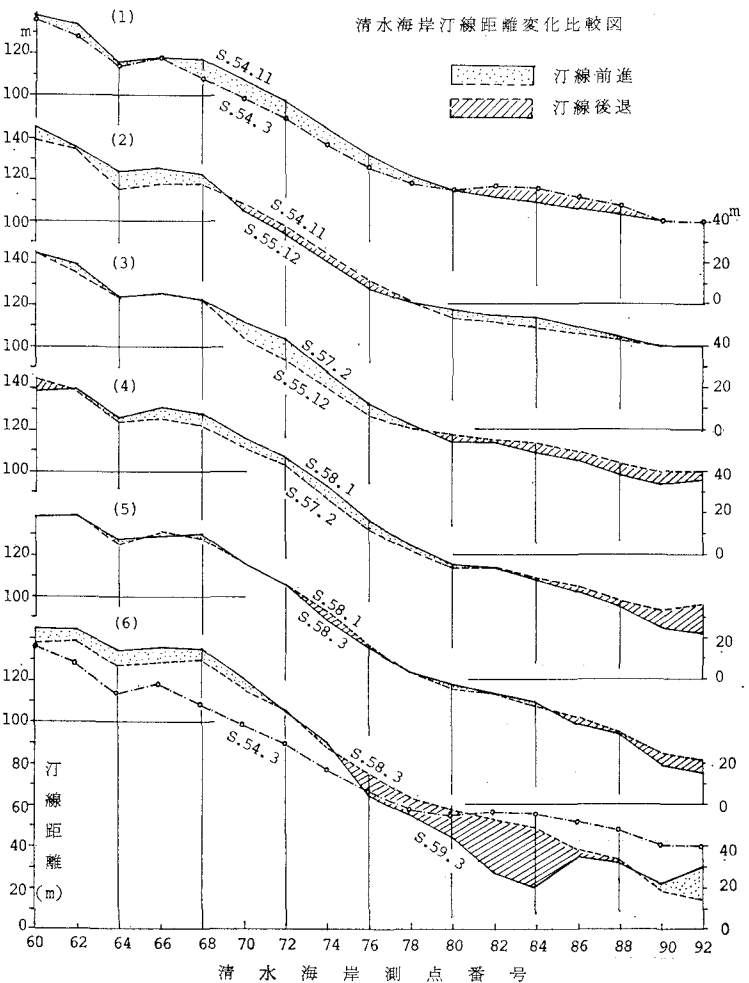


図-2 清水海岸汀線距離変化比較図

欠壊しない時点, すなわち昭和58年3月における清水海岸の各測点横断面図を重ね合わせてみたのが右図である。

測点が東へ行く程, 各測点ごとに見事に汀線位置が前進しており逆にみれば, 西へ向かう程確実に汀線が後退している様子がうかがわれる。前にも述べたように, この点がこの清水海岸と静岡海岸の大きく異なる点の1つである。

海底部は水深-8mでほぼ各測点とも同程度の海底勾配となり, これより深い部分ではある範囲まで平らな海底が連なっていると考えられる。この点については静岡海岸とほぼ同様である。

図-4は, これからさらに1年経過した昭和54年3月時点の横断面図を, 図-3の昭和58年3月のそれと比較してみたものである。僅か1年間の侵食の異常な大きさがうかがえると思われる。

この2枚の横断面図を注意深く眺めてみると, 汀線付近にある特長が見出される。すなわち, 汀線距離が十分長い堆積性の区間の汀線付近の浜勾配はやや急で凸型をしているのに対し, 汀線距離が短くすでに侵食を受けつつある区域の汀線の浜勾配はやや緩かで, 形も直線形からむしろ凹型になっていることである。

今まで静岡海岸の横断変化について調査して来た段階では, ほぼすべての断面が凹型又は直線形であったので汀線周辺の形や汀線浜勾配について特段の検討を行ったことはなかったが, 侵食の区域が清水海岸にまでひろがるに及んで, 静岡県において清水海岸における既往

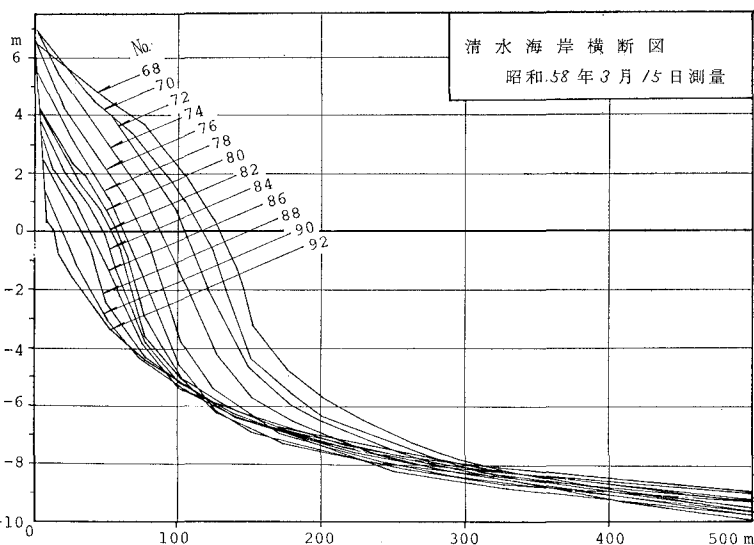


図-3 清水海岸横断面図の重ね合わせ

の横断面図を調べ始めたところ, 汀線距離が100mをこえるひろい砂浜の汀線の浜勾配が一様に凸型で急になっている事実気付いた次第である。

このことに気付いてから, かねてから頭を去らなかった清水海岸の侵食をどこでくい止めるか? という命題に対し, 汀線さえ確保できれば, 沖合の離岸堤などの構造物によらずに, 海底斜面の侵食も含めて海岸侵食をある程度防止できるのではないかと考えるようになった。

4. 汀線位置の浜勾配

このような考え方にたって, 静岡海岸における被災前および被災後の海底横断変化を調べてみることにした。

前に述べた静岡海岸で初めて大規模な侵食と護岸の欠壊を生じた西高松の測点 No. 51 (図-1の①の地点) について, 被災前から最近までの全部の測量成果を用い

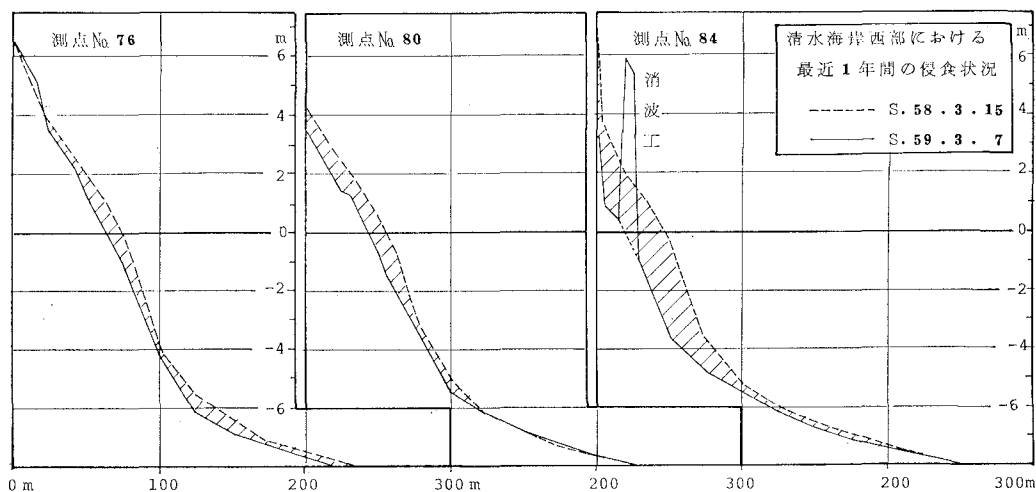


図-4 清水海岸西部における最近1年間の横断形変化

横断面を重ね合わせて比較し、汀線・海底横断変化の推移を調べてみた。図-5, 6 は、これらの中から代表的な断面を選んで示したものである（全断面を示すと判定困難になるので代表的断面に止めた）。

図-5 によれば、昭和 44 年、49 年、51 年と、被災する前ではやや凸型汀線形を示していることが注目される。しかし、侵食が進むにつれて、やや直線形に近くなり、被災直前の 52 年 3 月の断面では明らかに凹型になり、海底勾配も緩かになっている様子がうかがわれる。このことは、侵食された結果では汀線付近の後退が最も大きいことを意味している。

次に図-6 を見てみよう。

護岸が欠壊したのが昭和 52 年 3 月末であり、その後、先に述べたようにのり面を異形ブロックで被覆（のり勾配は 1:1.5 と変らず）し、前面には消波工が設置された。

復旧工事は 1 年で完成したが、復旧後も毎年風浪や台風による高波に襲われ、下手の地区では次ぎつぎと被災欠壊があい次いだが、この区域は、これらの厳しい条件下にもかかわらず年々着実に堆砂が進行し、最近では図にも見られるように、消波工の前面に 10m 以上の砂浜が再現するまでになった。

この測点 No. 51 の東側の付近には大谷川河口があり、その西側には右岸導流堤がのびている。またその東側約 1km の区間には海岸保全事業で離岸堤が計画され、西側から順次施工されていて、一部施工済みの個所にはトンボロも発生しているので、これらの下手の条件がこの No. 51 の汀線の前進にかなり好影響を与えていることは否めないが、他のブロック被覆工法による復旧個所についても多少の堆砂傾向が認められることから、No. 51 の堆砂効果の一部はブロック被覆工法の効果と考えてもよさそうである。

以上のような点を考慮に入れて、その堆砂効果が多少大きく目に出ているとしても、図-6 における 53 年と 58 年の海底横断形と汀線位置の浜勾配を見ると、それは凹型から直線形に変わりつつあって、海底斜面にくらべて汀線から上の方がかなり大幅に堆砂し断面が拡大しつつあることを示していることは明らかである。

このことは、先に清水海岸の海岸特性のところで述べたのと全く同じ傾向を示していることになり、侵食される時は先ず汀線付近から後退が始まるし、逆に堆積する時には先ず汀線が前進するというのができよう。

そうだとすると、侵食防止対策工法としては、必ずし

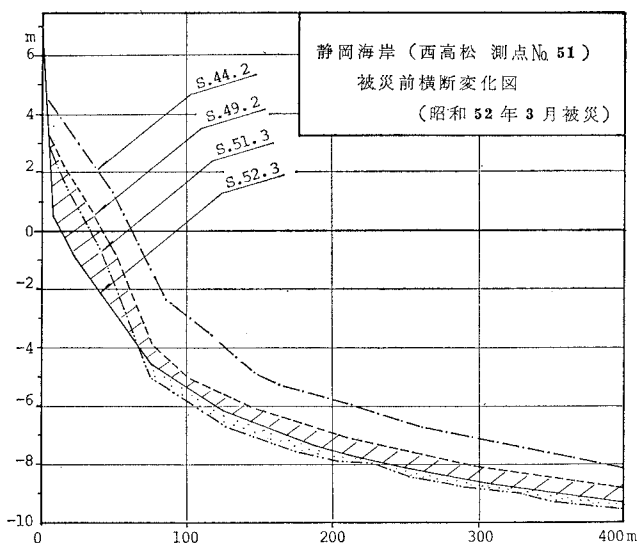


図-5 静岡海岸（測点 No. 51）被災前横断変化図

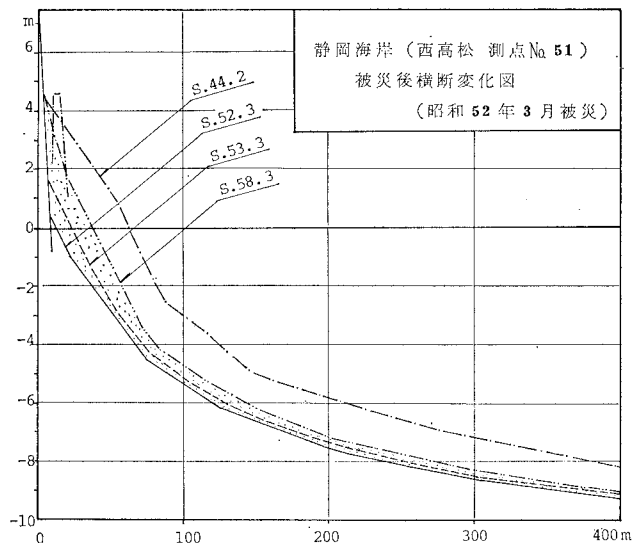


図-6 静岡海岸（測点 No. 51）被災後横断変化図

も沖合に構造物を設置しなくても、汀線位置に設置して汀線が後退しないような構造物を開発すれば、侵食防止が可能ということになる。

5. 汀線被覆工法

今までに汀線に設置されてきた構造物といえば「消波堤」がある。この工法は筆者の記憶では、昭和 30 年代末頃から建設省海岸課を中心に、渥美半島など崖海岸の侵食対策や天然海岸の波浪対策として試行され始めたもので、その後離岸堤が多用されるようになり始めた頃から汀線付近の海底勾配が著しく急で離岸堤が施工困難な場合に「汀線前方式」と称して筆者が陸上からの設置を原則にした離岸堤の変型として提唱し、その機能や効果

は必ずしも明確ではないが、他に適当な手段もなく、現地は放置できない状況にあるとして、多くの現場で試験的に施工されて来たものである。

北陸沿岸や、富士海岸、駿河海岸など主として急深な海岸の汀線位置に多く用いられ、それなりに効用を発揮して来たと考えられる。すなわち、この消波堤を設置することによって、大幅な汀線後退が一応停止し、その後前面海底が僅かではあるが堆積傾向にあるという事例は決して少なくない。このことは、前節で述べた「汀線位置確保」のための構造物としてすでに 20 年の実績があることを意味し、その効果は派手ではないが十分評価に価するというべきではなかろうか。

問題は、海岸をとりまく環境問題である。従来のこの種の消波堤は、異形ブロックの 2~3 段積みが大部分であるが、これらの工法は渚において陸と海との間に大きく立ちはだかり、大きな障壁となっているため、海水浴地引き網、舟あげなど海岸利用面からの不満が多く、効用の割にはあまり評価されていない。そこで筆者は、新しい工法として、汀線被覆工法を提唱することとした。

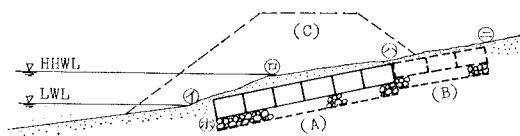


図-7 汀線被覆工法

この工法は上図に示すように、原則として LWL から HHWL の間を新型ブロック³⁾ (右上 図-8) で空張りするもので、図の○のように年間何回も襲来する波のうちあげ高くらいまでは張り立てた方がよい。海底勾配が急で常時○の位置をこえるような場合は○~◎間に(B)を追加すればよいと思われる。

④の先端部分は原則として LWL 程度とし、ブルドーザーで床堀りしただけで施工可能な範囲に止める。前面が多少洗掘されても次第に追従していくのがこの工法の目指すところで、矢板締切や水替えまでして基礎を深く入れる必要はない。

基礎は栗石を 50 cm 以上敷き、砂地盤の所はその下に砂利、碎石、クラッシャーラン等を敷く。勾配は緩であるからフトン簀は用いない方がよい。

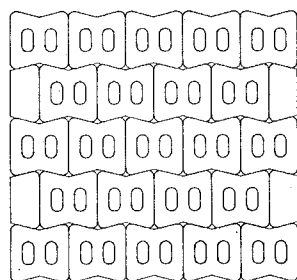


図-8 新型ブロック敷設図 (平面図)

④の先端に何か捨石でも入れなくてよいか? という考え方もあると思うが、先端のブロックも上図に示すように両脇をそれぞれ隣のブロックから抱きかかえられている形になっているので、容易に前にのめり出すことはなく、このままでよい。ただし先端の半割ブロックは用いなくてよい。

この工法を清水海岸に適用するに当り考慮すべき 2 面がある。その一つは、まだ十分に下手に浜が浅っていて汀線勾配が凸型の所で、将来の侵食に備えておくとする場合で、いま一つは現にすでに汀線が侵食を始めつつあって、この時点でこれ以上の汀線後退を何とか防止出来ないかという場合である。前者としては、図-2 からみて、測点 No. 68~70 付近が相当すると考えられ、後者の場合は No. 74~76~78 付近がこれに該当すると思われる。

清水海岸では現在も急激な速度で侵食が進行中であるが、静岡海岸とちがってまだ十分の浜が残されている。消波堤のような環境上問題の多い工法を止むを得ず施工する以前に、本工法のような天然海岸に近い形の汀線後退防止工法を試行するのも一つの意義があろう。現地での変化は予想以上に速い。試行錯誤の好機ともいえるのではなかろうか。(資料はすべて静岡県のご好意による)

参 考 文 献

- 1) 豊島 修・高橋 彌・鈴木 勲: 静岡海岸の侵食特性について, 第 28 回海講演集, pp. 261~265, 1981.
- 2) 豊島 修・斎藤 晃・小菅 晋・煙山政夫: 7920 台風による駿河湾沿岸の海岸災害について, 第 27 回海講演集, pp. 552~556, 1980.
- 3) 豊島 修: 新しいのり面被覆工法の開発, 第 28 回海講演集, pp. 579~583, 1981.