

前浜の狭い海岸でのヘッドランド(人工岬)建設に伴って生ずる問題とその解決法～島根県持石海岸を例として～

Soreline recession accompanied with the construction of a headland on its surrounding beaches and its measures -An example of the Mochiishi coast in Simane Prefecture. -

宇多高明*・五十嵐竜行**

Takaaki Uda and Tatsuyuki Igarashi

On the Mochiishi coast in Shimane Prefecture a headland was built as a countermeasure against beach erosion. Original beach width was narrow and the distance from the shoreline to the seawall was less than 20m. After the completion of the headland beach erosion proceeded on the surrounding beaches and wave overtopping above the seawall increased. This paper summarizes this situation and shows further measure to prevent from beach erosion and wave overtopping.

Keywords: Headland, beach erosion, wave overtopping.

1. まえがき

近年、全国的な海岸侵食の激化とともに各種の侵食対策が施されているが、それらの一つに人工岬（ヘッドランド）があることはよく知られている。人工岬は海浜安定化工法として有効であるが、十分広い前浜がある段階での施工であればその原理どおり配置形状を設定できる。しかし実際には、そもそもそのように前浜幅が十分広い海岸では侵食対策を行う理由を財政当局に十分理解させることが難しく、結局のところ侵食されて前浜がかなり狭くなった段階に至ってから人工岬の適用が図られることがしばしばである。この場合、人工岬に止まらず、沖合に設置して消波を行うタイプの消波構造物では、いかなるタイプの構造物であっても新たに形成された静穏域への堆砂が促進される結果、周辺海岸では対策前より前浜幅が狭まって安全度の低下を招いてしまうことになる。そしてこうした問題は現地海岸での対策を考えるときにしばしば直面する点でもある。したがって人工岬等の新しい構造物の現地への適用を考える際にはこうした点について予め十分な検討が必要である。そこで本研究では、近年海岸侵食により浜崖侵食が進んだため緩傾斜護岸と人工岬の建設が進められている、島根県の三里ヶ浜（持石海岸）での事例をもとにこのような問題について考察する。なお、三里ヶ浜は一般に持石海岸と呼ばれてきているため、以下では海岸名を「持石海岸」と統一して呼ぶこととする。

2. 持石海岸の概要

持石海岸は島根県西部に位置し、日本海に面した延長約13kmの砂浜海岸である（図-1）。持石海岸の東部には魚待ノ鼻、西部には鈺崎の岬が突き出ており、その中にいくつかの小さな岬が点在する。この海岸に流入する比較的規模の大きい河川としては、流域面積がそれぞれ1080、110km²の1級河川高津川と2級河川益田川がある。

持石海岸は日本海の南西部に位置するため、北、北東方向に非常に長いフェッチを有している（図-1参照）。一方、西方向は対島海峡を通して朝鮮半島までフェッチが伸びるが、北または北東方向のフェッチに比べるとはるかに短い。ところで、当海岸の全体的な海岸線形に注目すると、東端の魚待ノ鼻側では西端の鈺崎付近よりも海岸線の湾入度が大きく、2つの岬を結ぶ直線の2等分線に関し、東西で非対称であ

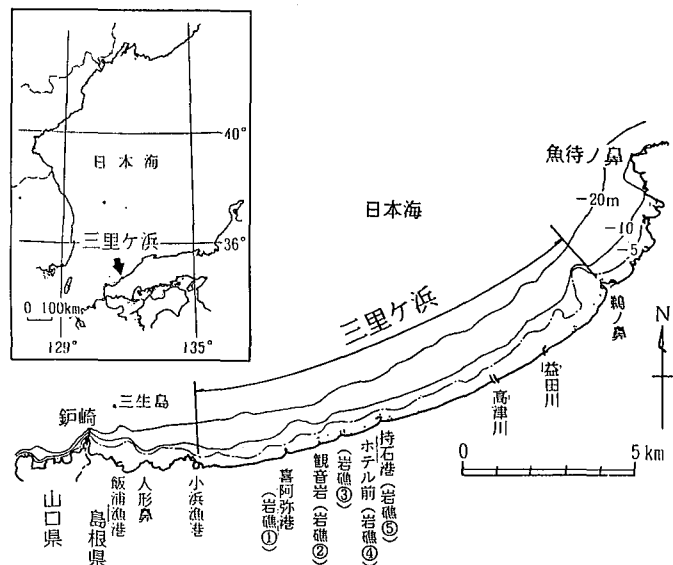


図-1 島根県持石海岸の位置

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室（茨城県つくば市大字旭1番地）

** (株)アイ・エヌ・エー 海岸環境部

る（図－1参照）。このことは、北または北東のフェッチが西側に比べて著しく長く、したがって北または北東方向からの入射波の方が西側からの入射波よりも卓越していることを表わしていると考えられる。

3. 持石海岸における海岸侵食状況と緩傾斜護岸および人工岬の施工

持石海岸では近年海岸侵食が著しく進んできている。そこで、まず広域の侵食状況を空中写真を利用した汀線変化解析により調べてみる（宇多・五十嵐、1992参照）。図－1に示す鶴ノ鼻より小浜漁港の間約13kmの区間について、50m間隔に汀線位置を読みとり、1985年を基準として1988年、1990年および1991年の3年分の汀線変化量の沿岸分布をまとめると図－2となる。

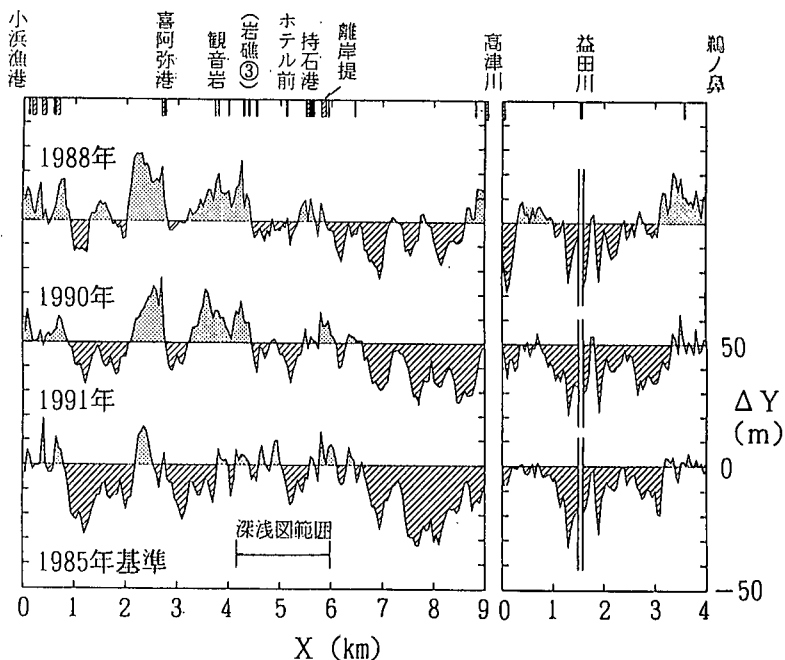
図には港湾構造物、河口導流堤および岩礁の位置を記入してある。導流堤は、高津川と益田川の河口にあり、共に異形コンクリートブロック製の透過型導流堤である。高津川導流堤は先端部がやや時計回りの方向に曲がった平行導流堤であり、1991年現在、汀線から導流堤先端までの長さは左岸堤で230m、右岸堤で210mである。そして左岸導流堤は1962年～1969年に、右岸導流堤は1958年～1974年の間に伸ばされた。また益田川の河口導流堤は1972年までに左岸側にのみ伸ばされており、1991年現在での汀線から導流堤先端までの長さは約150mである。これらはその長さから考えてかなりの沿岸漂砂阻止機能を有している。図－2によれば、いくつかの特徴が見い出される。

第1は、高津川の西側に隣接する6km $\leq$ x $\leq$ 9km区間で汀線が経年的に後退していることである。

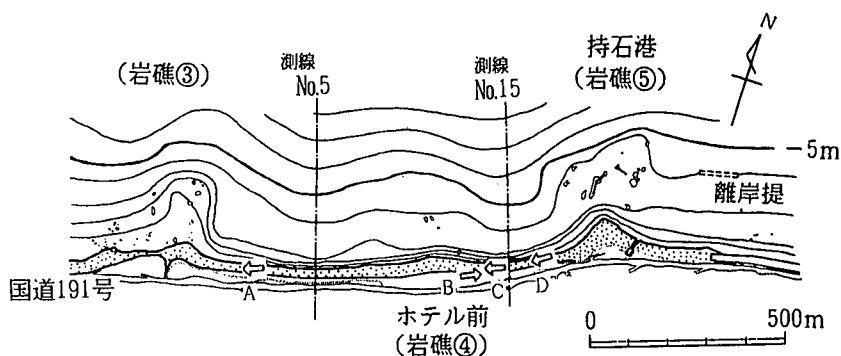
特に1985年より1991年まで6年間の汀線の最大後退量は30mに達した。同様に益田川の河口部を中心とする区域でも汀線の後退が進んできている。さらに海岸中央部の持石港の西側のホテル付近、観音岩と喜阿弥港の間、さらにその西側区域でも経年的に侵食が進んでいる。以上のように、この区域では経年的に著しく侵食が進んできている。しかし、近年の激しい侵食に対し、これに釣り合う形で汀線が前進した区域が一部を除いてほとんどないことが注目される。調査区域の西側には小浜漁港があり、それより西側には岩礁が広がっているため、大量の底質が西側へと流出したとは考えられない。したがって、土砂の欠損原因は浚渫など他の要因に求めなければならないが、正確な原因の特定はできていない。しかし、近年侵食が徐々に進行してきた事実には誤りがない。

図－2に示す持石港より岩礁③までの区間の深浅図を図－3に示す。持石港は岩礁部に造られている。岩礁③と⑤は－3～－4m付近が浅く、そこで入射波が減衰するため、岩礁の背後では舌状砂州が形成されている。二つの岩礁の間では沖合の等深線が2ヶ所で大きく湾入し、さらにその岸側では汀線より－3mまでの等深線が沖合の等深線と同様に湾入し、しかも汀線付近の勾配が急である。すなわち、汀線付近の急勾配な地形は、沖合の等深線が湾入していることに対応している。

図－3に示す範囲では、最近海岸侵食が著しく進んでいる。1990年2月には図－3のホテル前の海浜で激しい侵食が起り、高い浜崖が形成された（宇多・五十嵐、1992）。持石海岸では海岸線に沿って国道191号線が走っており、幅約30mの細長い前浜があるのみである。海岸線は写真－1に示すように単調ではなく、所々に岩礁（写真－1の岩礁③、④、⑤）があり、その背後には舌状砂州が発達している。そして波浪が比較的静穏となる



図－2 鶴ノ鼻より江崎港の区間の汀線変化



図－3 持石海岸の深浅図

舌状砂州の基部に民家が並んでいる。この地区で冬季風浪により著しい浜崖侵食が発生したのである。そして海岸線の背後には国道や民家が迫っていることから、侵食原因の特定は困難であったが、経年的な侵食傾向には誤りがないので、災害対策として海岸線に緩傾斜護岸と、特に民家の集中するホテル前には人工岬（ヘッドランド）が施工されることとなった。前出の写真－１は緩傾斜堤の建設直後の状況を示している。



写真－１ 人工岬建設前における持石海岸の空中写真（1993年4月撮影）

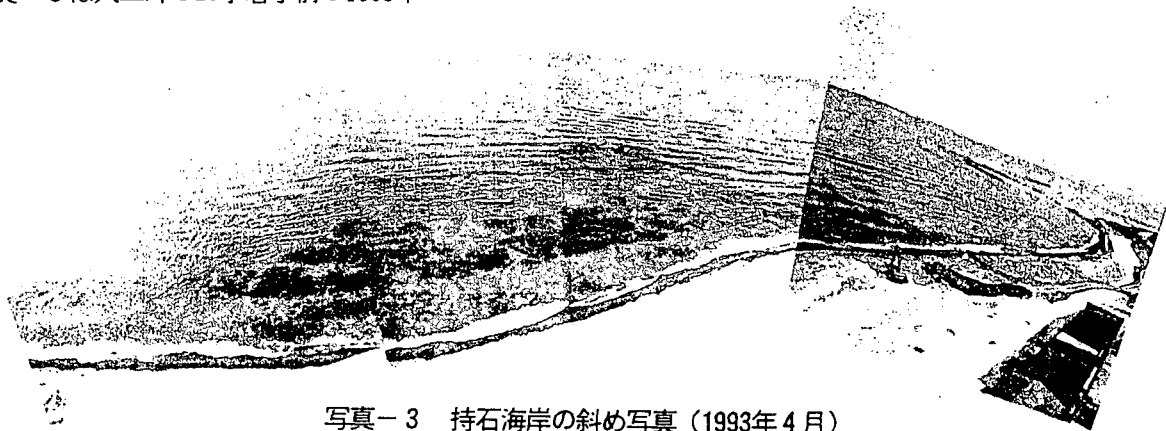
4. 斜め写真による人工岬施工後の海岸状況調査

持石海岸ではT字型の人工岬が造られることとなった。写真－２は施工途中であるが、人工岬の概形が完成した1993年9月の状況である。人工岬の諸元としては、岸沖方向の長さが150m、ヘッド部の堤長が150mであり、コンクリートブロックにより被覆されている。写真－２に示すように、ヘッド部の施工後、ただちに舌状砂州が形成され、民家の前面の前浜は急速に広がって堆砂効果が表われた。

写真－２のほぼ中央部に位置する舌状砂州の基部には5階建てのホテルがあり、その屋上から海岸状況を良好に見渡すことができる。そこで人工岬の工事に伴う海岸線状況の変化を斜め写真により調べた。最初に写真－３は人工岬の工事着手前の1993年



写真－２ 人工岬概成後における持石海岸の空中写真
(1993年9月撮影)



写真－３ 持石海岸の斜め写真（1993年4月）

4月の海岸状況である。この時点では既に海岸線に沿う緩傾斜護岸は完成している。写真右端近傍では護岸前面の前浜は狭いが、それでも護岸ののり先は波に直接洗われていない。同様に写真－４は人工岬の工事が進んだ1993年10月2日の状況である。この段階では既に人工岬のT字型の構造体の概形がほぼ完成するとともに、ヘッド部背後の静穏域には大量の土砂が堆積し、大きな舌状砂州が形成された。一方、写真右端近くの緩傾斜堤部分では前浜が消失し、緩傾斜堤の下部のステップが波のうちあげでぬれた状態を呈する。まったく同様に、写真左

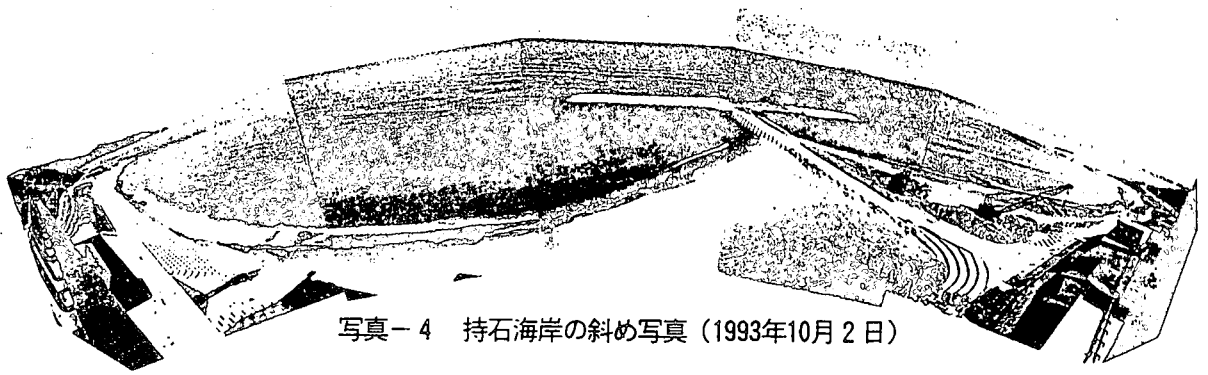


写真-4 持石海岸の斜め写真（1993年10月2日）

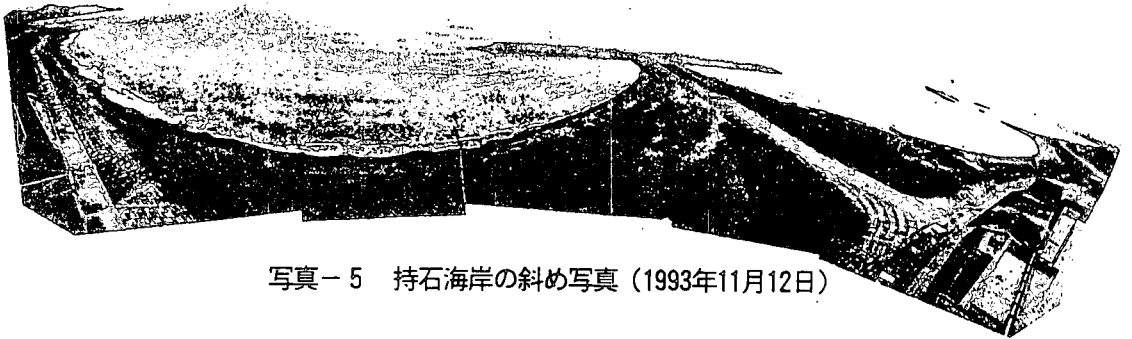


写真-5 持石海岸の斜め写真（1993年11月12日）

端近くの緩傾斜堤でも前浜が消失している。人工岬の建設前には、写真-1に示したように人工岬を挟む両側の緩傾斜堤ではいずれも堤の前面に狭いながら前浜が存在したが、人工岬の建設によりそれらの場所ではいずれも汀線が後退したことが明らかである。写真-5は写真-4と同様な方向角で1993年11月12日に撮影した海岸状況である。10月2日の状況と比較して、ヘッド部背後の汀線がさらに前進し、完全なトンボロとなった。また人工岬の両側の緩傾斜堤で前浜がほとんど消失した部分があることは10月2日の状況と同様である。また、写真-4、5で人工岬の西（左）側の碎波状況を見ると、ヘッド部の背後ではほとんど碎波の白濁部が見られないのに対し、ヘッド部による波の遮蔽域の外側に当る緩傾斜堤の前面では碎波の白濁部が広く、人工岬の存在によって波の遮蔽効果が顕著に表われていることがわかる。

次に、緩傾斜護岸前面での汀線変化についてより詳細に調べてみる。最初に東側地区を取り上げる。写真-6は人工岬の建設前の1993年4月の海岸状況である。写真上部に見える部分では人工岬の建設以前にも緩傾斜堤前面の前浜幅は他の場所と比較して明らかに狭かった。ここでは1993年10月25日には写真-7に示すように波浪も荒いものの緩傾斜堤の前面には前浜は見られず、緩傾斜堤の汀線付近から5～6段目まで海水でぬれており、波のうちあげが激しいことが見てとれる。そして11月12日には写真-8に示すように波浪

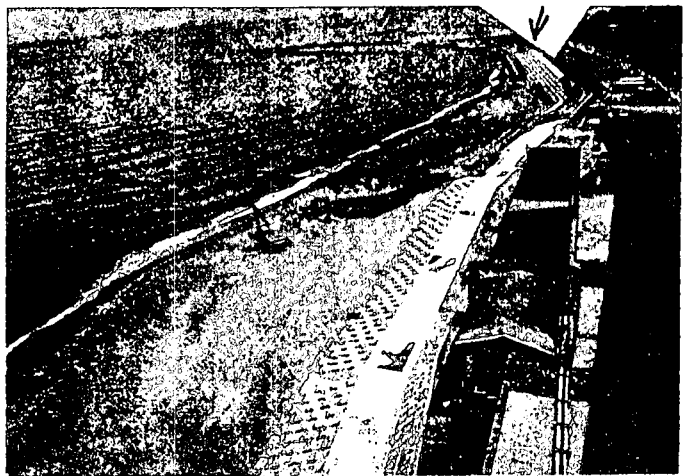


写真-6 ホテル東側の護岸前面の海岸状況の変遷
（1993年4月）



写真-7 ホテル東側の護岸前面の海岸状況の変遷
（1993年10月25日）

が静穏となったため緩傾斜堤へのうちあげ高は低下したものの、護岸前面の前浜が著しく狭い状況には変化が見られない。

同様に西側の緩傾斜護岸の1993年10月25日の状況を写真-9に示す。緩傾斜護岸ののり先には前浜はなく、斜面長のほぼ1/2が波に洗われている。波浪が比較的静穏となった11月12日では写真-10に示すように緩傾斜堤ののり先が汀線となっている。

結局、人工岬の建設に伴い両側の砂浜から人工岬のヘッド部の背後へと砂移動が生じるが、もともと緩傾斜堤の法線が海側へ突出し、前浜幅が狭かった所は波のうちあげや越波が激しいことがわかる。

5. 考察

持石海岸では、特に写真-1のほぼ中央に位置する岩礁④の背後にあるホテルの前面は著しく侵食された。このため災害防止のために緩傾斜護岸と人工岬とが建設されることになった。ところで、写真-1によれば、護岸の法線はほぼ海岸線に沿ってはいるものの、中央より左（西）側の地区では全体に「く」の字型となっており、屈曲点の東西で局所的に前浜幅の狭い部分がある。同様に中央右（東）側の地区でも岩礁⑤に接近すると護岸前面に前浜がほとんどない状況を呈する。そしてこれらの地区ではいずれも前述のように越波が著しい。護岸はできる限り法線を陸側に設定し、その前面の前浜幅を広くとることが望ましい（宇多，1994）が、実際には官民境界や背後地の地盤高との関係で位置の決定はそれほど自由にはならないため、このような問題が生ずるのである。

岩礁④の背後地区は海水浴場としてもよく利用されているために、浜崖侵食の再発生を防止するとともに海浜利用面を考えて、岩礁④の部分に人工岬（ヘッドランド）が造られた。人工岬建設後の海浜変形については既に述べたが、改めて模式図としてまとめると図-4となる。人工岬の建設前は図-4のステージⅠのように護岸前面にはほぼ一定幅の前浜が広がる。人工岬の建設が進むと、図-4のステージⅡに示すように両側の海浜の土砂が人工岬の背後へと移動し、トンボロを形成することになる。これによりホテル周辺の安全度は明らかに向上するが、逆に隣接域での安全度は低下することになる。いくつかの岩礁間に挟まれた区域の土砂量は、長期的に見れば前述のように変化しているものの、人工岬の建設前後という短期間ではほぼ一定である。したがって海岸の一箇所で波浪を静穏にして堆砂を起こさせると、周辺の海岸では海浜の土砂量は減少し、水深が深くなり、越波やうちあげが生じ易くなるのである。

現況は図-4のステージⅡにあるが、これをもとに今後の対策の方向性について考える。人工岬の東西、いずれの側でも起きている現象は同一なので、ここでは西側の区域をモデルとして検討する。具体的な対応策は図-5のようにまとめられる。（a）は現況のままとする案である。現況では緩傾斜護岸ののり先が波に洗われてお

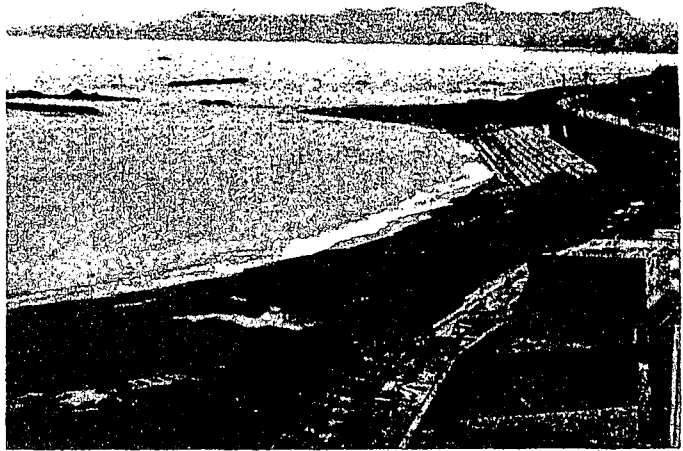


写真-8 ホテル東側の護岸前面の海岸状況の変遷
(1993年11月12日)

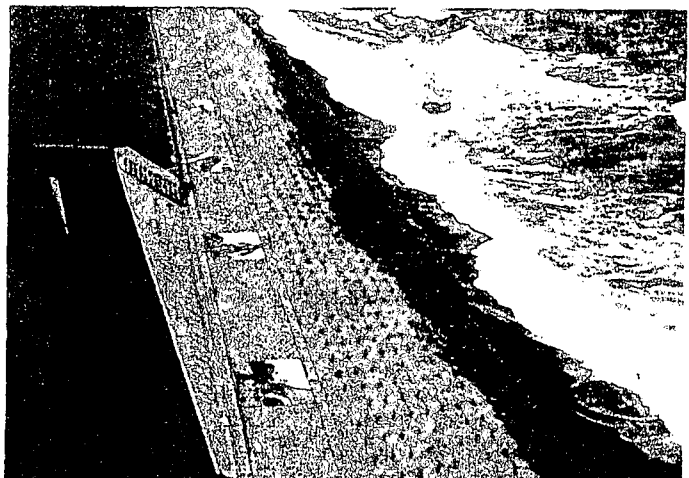


写真-9 ホテル西側の護岸前面の海岸状況の変遷
(1993年10月25日)



写真-10 ホテル西側の護岸前面の海岸状況の変遷
(1993年11月12日)

り、冬季の高波浪時には越波やしぶきの発生が生ずる。人工岬の建設に伴い形成された人工岬背後の静穏域へ向いた沿岸漂砂の移動は初期ほど速く、時間経過とともに小さくなる。そしてトンボロが形成された段階で土砂移動はほぼ終息に近づく。したがって護岸前面に前浜のない区間で今後とも急速に侵食が進むことはない。しかし、そのまま放置しても前浜が復原することは原理的に見てあり得ず、むしろ前面の洗掘に伴い緩傾斜堤の被災が危惧される。

越波やしぶきの発生が問題とされる場合の対応策としては、主として次の5案が考えられる。第1は図-5(b)に示すように護岸前面に消波工を設置することである。しかしこの方法はそもそも緩傾斜護岸を造って環境条件を改良しようとする初期の目的に反するから、合理的な案とは言えない。第2案は離岸堤である。これによれば前浜の狭い部分で部分的に砂浜を広げることができる。このとき離岸堤背後の砂の大部分は再び両側から集められるので、離岸堤の両側では汀線は後退する。第3案は養浜である。養浜は前浜の狭い部分に集中的に行いたくなるが、この場合養浜砂は急速に両側へと流出し、全体的に汀線がわずかに前進するのみである。前浜幅が最も狭い部分に多くの部分が残留してほしいと願っても、海浜変形の原理から見て困難である。第4案は人工リーフである。人工リーフはいわば砂の代りに自然石またはコンクリート塊を入れることに等しい。越波やしぶきの発生防止上効果的であるから、かなり有力な案である。第5案は前浜の狭い部分に比較的規模の小さい人工岬を造る方法である。この場合も養浜を同時に行わない限り、その背後の土砂は両側から集められることになる。したがって養浜を併せて行うことが必要とされる。養浜と併せて行えば海岸全体で前浜の拡幅が可能となる。全体的な評価として、人工岬と養浜、人工リーフが有効であって、環境保全の立場より見ると消波工や離岸堤は望ましくないと考える。

6. 結論

本研究では、前浜の狭い海岸での人工岬の建設に伴って生ずる問題とその解決法について、島根県の持石海岸を具体例として検討した。もともと前浜幅が狭い海岸の一部分を特に守る必要がある場合に人工岬は有効であるが、その堆砂効果が高ければ高いほど周辺海岸の前浜は一層狭くなり、侵食された海岸では越波や安全度の低下が起こる。この場合の対策としてここでは3つの案を提案した。第1案は越波の著しい場所での人工リーフの建設であり、第2案は同じ箇所における比較的小規模な人工岬の建設、そして第3案は養浜である。養浜は第1、2案と同時に行えばより効果的である。第3案の場合、汀線の後退の著しい部分への集中的な養浜を行っても、投入土砂はポケットビーチ全体の汀線を前進させなければならないことに注意すべきである。前浜が広くない海岸で人工岬を建設する場合の実際の施工においては、周辺海岸に上述の問題が生じることを十分理解した上で計画を進めることが必要である。

【参考文献】

- 宇多高明・五十嵐竜行(1992): 島根県三里ヶ浜の海浜変形, 第47回年講講演概要集, pp.1164-1165.
 宇多高明(1994): 現場のための海岸Q&A選集, 海岸協会, p.236.

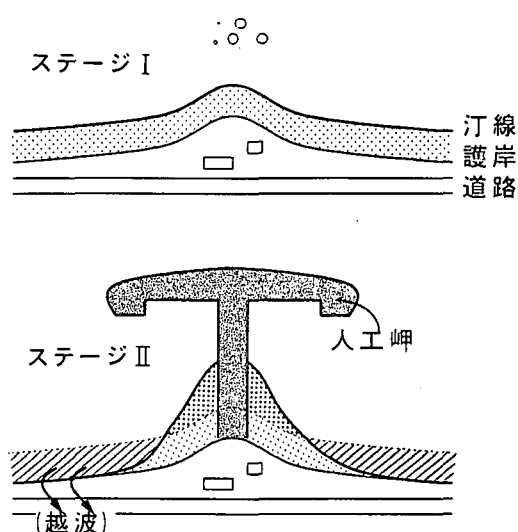


図-4 人工岬の建設前後の汀線変化

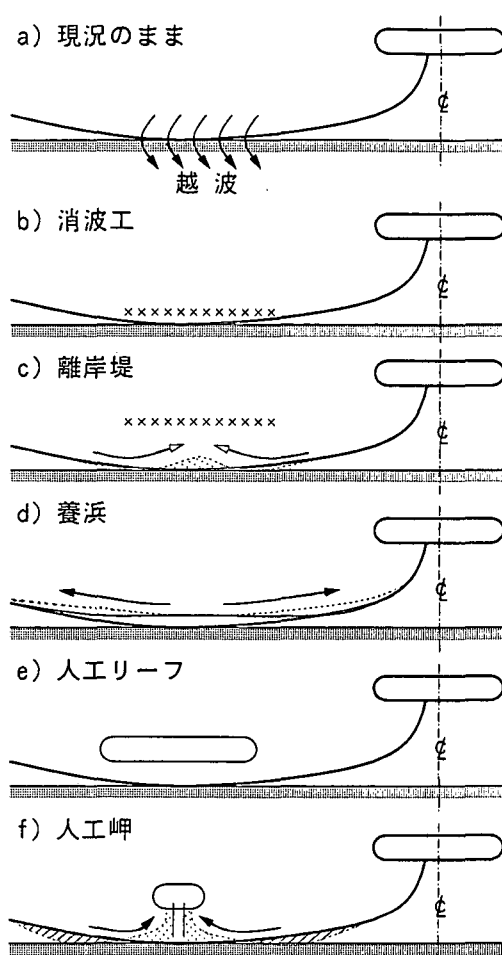


図-5 前浜の消失した緩傾斜堤前面における今後の対策案