

浜崖の形成機構に関する一考察

A note on formative process of scarp

宇多高明・芹沢真澄**

Takaaki Uda and Masumi Serizawa

Formative process of scarp due to waves was investigated by field observation at the Oarai coast in Ibaraki Prefecture. On this coast construction of headlands are under way. Due to the field observation scarp was found on the south side of each headland, whereas on the northern side of each headland berm was formed, inferring that formation of scarp strongly relates to longshore sand movement in a area separated by structures obstructing longshore sand movement. Formation process of scarp is summarized and the difference with the beach changes due to on-offshore sand movement is clarified.

Keywords : scarp, headland, longshore sand movement, field observation

1. まえがき

海岸侵食が進む場合、しばしば浜崖の形成が見られるが、陸域の土砂が直接的に削り取られるという意味において、浜崖侵食は注目すべき現象の一つである。宇多（1994）は、全国各地の海岸の実態データをもとに、浜崖は沿岸漂砂が阻止された条件下において沿岸漂砂阻止構造物の下手側でしばしば形成されることから、浜崖の形成は沿岸漂砂による土砂移動により強く支配されるとした。一方、服部・掛川（1994）や西・佐藤（1994）は、2次元実験に基づき、冲向き漂砂の生じる場での浜崖の形成について論じている。宇多（1994）の考え方は、実態論的に見れば有効性は高いものの、浜崖基部での流体運動は岸沖モードが卓越し、そこで強い沿岸流が発達するとは考えにくいことから、浜崖より崩落した砂が直接的に沿岸漂砂により運ばれるとの推定はやや難がある。そしてまず浜崖基部が波に洗われてその土砂が汀線付近まで運ばれ、その後沿岸漂砂によって運び去られるとする考え方の方が合理的と考えられる。一方、服部・掛川（1994）や西・佐藤（1994）ではいずれも冲向きに運ばれた土砂はバーを形成して沖合に堆積し、波浪減衰を促進させる結果となるが、現地海岸では2次元実験より自由度が高く土砂が沿岸方向に流出しうるので、これにより現地海岸における浜崖形成の機構を十分説明できるかどうか疑問が残る。以上の点より、浜崖の形成機構については、より詳細な検討を必要とするのが現状である。そこで、本研究では茨城県東部の大洗海岸において、浜崖の現地踏査を実施して多少の考察を加える。併せて海岸の現場における有効な写真撮影の方法について述べる。

2. 調査区域の概要

現地踏査は茨城県の鹿島灘北部、大洗海岸の南側の海岸において1994年12月23日に実施した。この付近の海岸状況は三村ほか（1991）や宇多・山本（1994）に詳しい。近年、大洗港の沖防波堤（堤長800m）の建設に伴って波の遮蔽域が形成され、大洗港より南側約5kmの範囲の土砂が循環流の作用により防波堤の遮蔽域へと移動し、激しい侵食にさらされた。そのため災害復旧工事として護岸が造られるとともにその前面に消波工が設置されてきている。またその南側の区域ではヘッドランドの建設が進められており、現況では約50mの突堤部分が完成している。これらのヘッドランド周辺では典型的な浜崖が形成されている。以下、写真をもとにそれらの特徴を調べてみる。なお、ヘッドランドは便宜上、大洗港（北）側より1、2・・・号堤と呼ぶこととする。

3. 現地状況

3.1 ヘッドランドと離岸流の発達

この地域のヘッドランドは現在建設途中にあるため、現況では突堤状である。このため波が斜め入射する条件では波の入射側で強い離岸流が生ずる。写真-1は2号ヘッドランドの北側側面の状況であるが、ヘッドランドの側面に沿って強い離岸流が生じていた。離岸流は非常に強いためヘッドランドの隣接部では碎波がほとんど生じていない。離岸流は汀線よりヘッドランドの側面に沿って流れたあと、ヘッドランドの先端部では反時計回りの

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川管理総括研究官（〒305 茨城県つくば市大字旭1番地）

** 正会員 海岸研究室（有）

方向に流れ、全体として左回りの循環流が形成されていることが観察された。一方、同じヘッドランドの南側隣接部ではこのような離岸流は見られなかった。このことは、少なくとも写真撮影時（1994年12月23日13時頃）、ヘッドランドの中心軸に対しやや左方向、現地では卓越波向であるNE方向より波が入射していたことになる。

3.2 ヘッドランドの堆砂効果

ヘッドランドの堆砂効果や漂砂の移動状況を現地海岸で調べるには空中写真撮影が有効であるが、現地でこれらの特性をはるかに容易に調べる方法がある。それはヘッドランド上からの写真撮影の方法を工夫することである。2号ヘッドランドの天端上より、それぞれ北側、南側を望んだ写真-2、3を参照されたい。これらの写真は、ヘッドランド上の同一点において、写真の撮影方向のみを180°回転して撮影したものである。一般には撮影方向と撮影位置両者を変えた写真が多くとられるが、その場合写真上に現れた映像の変化が写真撮影の方向と撮影位置の変化のいずれによるものかの判断ができなくなる。



写真-1 2号ヘッドランドの北側側面における
離岸流の状況



写真-2 2号ヘッドランドの北側の海浜状況



写真-3 2号ヘッドランドの南側の海浜状況



写真-4 3号ヘッドランドの北側の海浜状況



写真-5 3号ヘッドランドの南側の海浜状況

一方、写真-2、3の場合には岸沖方向の撮影位置は変えておらず、撮影方向が逆転したのみとなっている。このためヘッドランドを挟んだ汀線の非対称性が明瞭に識別可能となる。写真-2に示すとおり北側では前浜が広く、しかもヘッドランドに近づくほど前浜幅が広がっている。これに対し写真-3、すなわちヘッドランドの南側では汀線が大きく湾入していることが明らかであって、このことからヘッドランドが南向きの沿岸漂砂を阻止していることがわかる。しかも2枚の写真とも焦点は遠方の汀線であって、写真上ほぼ同じ位置にあるから、両者の比較により写真-2の汀線付近が写真-3では数十cmの水深と深くなっていることも推定できる。以上のようにわずか2枚の写真でも撮影方法を工夫すればかなり有効な結果を得ることができる。

ヘッドランドは沿岸方向に約1km間隔で配置されている。一方、沖合からの入射波の場合はそれよりはるかに大きなスケールで変化している。したがって写真-2、3に見られたようなヘッドランドの漂砂阻止効果は2号堤の南側の3号堤の周辺でも観察されるはずである。このことから3号堤上より写真-2、3とまったく同様な方法により写真撮影を行った。結果を写真-4、5に示す。これによると、ヘッドランドの位置は違うものの、2、3号堤の北側を撮影した写真-2、4と、同じく南側を撮影した写真-3、5とがその特性から見て非常に一致を示す。このことから、写真-2～写真-5は、ヘッドランドの法線に対しやや反時計回りの方向（北側）から波が入射し、そのため南向きの沿岸漂砂が発生し、これがヘッドランドにより阻止された地形変化を表しているものと言える。さらに写真-1に示したように、2号堤の北側側面では強い離岸流が発生していた点は、写真-2～写真-5に表されるような地形変化をひき起こしている入射波が、海岸線への法線に対して反時計回りの方向からであったことを示しており、両者は矛盾しない。

3.3 浜崖の形成

前出の写真-3および写真-5によれば、それぞれヘッドランド2、3号堤の南側海浜には浜崖の発達が見られる。これらの浜崖は、いずれの場合もヘッドランドよりある短い距離南側で発達し、ヘッドランドより十分距離が離れると消失するという特徴を有している。写真-6は2号堤南側の浜崖の状況を示す。中央に立てたポールより、浜崖の高さは約1.1mと読める。浜崖の前面には消波工が設置してあったが、それらの大部分は砂浜に沈下しており、消波効果はほとんど失われている。この浜崖の基部を拡大したのが写真-7である。浜崖の表面には層状の砂層が見られ、またその基部には深さ約20cmほどのノッチが形成されている。上部の砂層は粘着性をもたないから、ノッチがある程度発達すると上部が崩落し、浜崖侵食が進む。浜崖前面の勾配は約1/10である。この浜崖が過去にできたとすると、その後の風雨の作用で浜崖ののり面が崩壊し、その土砂が安息角を保ちつつ三角形に堆積するはずである。しかし写真-6、7に示すようにそのような土砂堆積は見られず、逆にノッチの形成が見られることから、この浜崖は形成されてからあまり時間が経過していないと判断される。



写真-6 2号ヘッドランドの南側隣接部における
浜崖形成状況

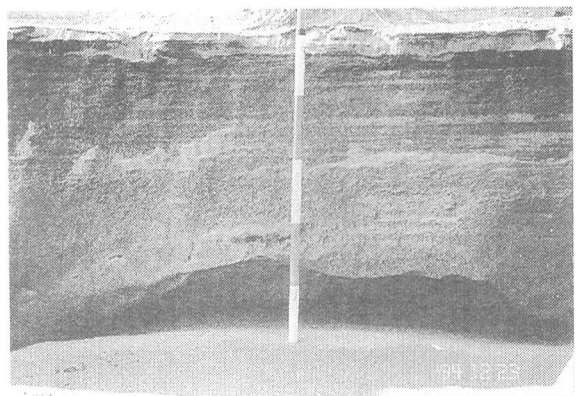


写真-7 浜崖基部に形成されたノッチ

写真-8はこの浜崖を南側より望んだものである。浜崖はヘッドランドからの距離が増すにしたがいその比高は低くなる。写真-8にはヘッドランドとその南側の汀線も写されているが、汀線は浜崖の形成が著しい部分では湾入し、それより南側になると前浜幅が広がる。これと同時に浜崖の比高が低下している。

写真-6～8に示す浜崖が一般的性質を有しているかどうかは、2号堤の隣の3号堤周辺での調査において、両者が同様な特徴を示すかどうかにより判断できよう。浜崖が形成されている点は既に写真-5から明らかなので、ここでは3号堤の南側地区での浜崖形成の詳細調査を行った。まず、写真-9はヘッドランド側から南向きに浜崖付近を撮影したものである。この付近では背後の緩傾斜護岸の建設時に基礎工として使用されたと見られるサンドバッグがいくつか砂浜に見られる。写真-10には浜崖の表面状況を示すが、浜崖の比高は約1.1mであって、2号堤の南側の浜崖の高さと同じである。さらに、写真-11は浜崖を南側より望んだ写真である。浜崖の高さは南側に離れると低くなり、途中で浜崖は消える。

以上に見たように、2、3号堤の南側の浜崖の形成状況は非常に一致をみる。ヘッドランド上から南北方向に撮影した写真より、ヘッドランド2、3号堤では沿岸漂砂の阻止効果はほぼ同等であり、同じ形で南向きの沿岸漂砂が阻止されていることは既に述べた。以上のことから、今回の現地踏査で見られた浜崖の形成の主要因には不透過構造物による沿岸漂砂の阻止が重要であることがわかる。

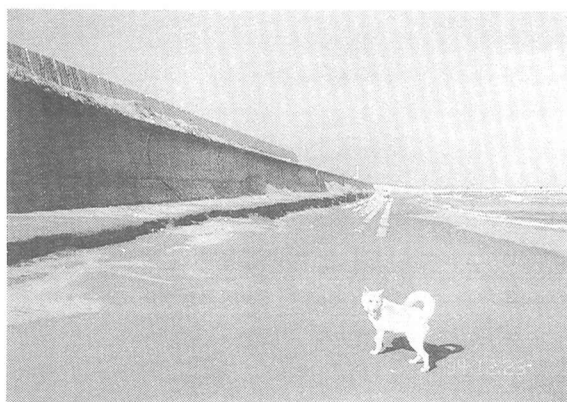


写真-8 2号ヘッドランドより南側に向かって次第に低くなる浜崖



写真-9 3号ヘッドランドの南側隣接部における浜崖状況



写真-10 浜崖の詳細状況



写真-11 3号ヘッドランドより南側に向かって次第に低くなる浜崖

4. 考察

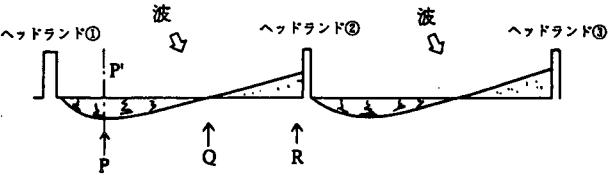
大洗海岸での浜崖形成の観察結果は、図-1に要約される。図-1(a)が今回の観察結果である。ヘッドランド（突堤）などが沿岸漂砂を阻止するため、それぞれの構造物の下手側に浜崖が形成される。波の回折効果のために、浜崖の高さは構造物より下手側に少し離れたP点で最も高く、下手側に距離が増大しQ点に近づくと次第に減少する。さらに下手側のヘッドランドの上手側に隣接するR点では、浜崖のような侵食地形の代わりに、砂の堆積が見られる。以上のように、沿岸方向に汀線方向に歩きながら観察したとき、その高さや形成範囲が変化するのが特徴であり、観察結果は、沿岸漂砂により土砂が運び去られたとき浜崖が形成されるものであることを示している。

一方、もし高波浪の作用により砂が2次元の意味で沖に移動して浜崖が形成されたとすれば、図-1(b)のように沿岸方向のかなり広い範囲においてほぼ一様な形状をもった浜崖が形成されるべきであるが、そのような現象は現地海岸で観察されることはまれである。図-1(a),(b)において、図のP-P' 測線の海浜縦断面形を比較すると、(a)では、浜崖から削り取られた砂は沿岸漂砂により運び去られ、沖には堆積しない（図-2(a)）。このことは、土砂が堆積する結果沖合が浅くなり、これにより浜崖への波の作用が弱まるという安定化機構は働かないことになる。一方、(b)の場合には、浜崖からの侵食土砂が沖に堆積するから、安定化機構を内在的に有している（図-2(b)）。

以上のことから、浜崖の形成機構を2次元的に検討することは問題があり、それでも2次元実験で行う場合には、この相違について良く考える必要があると考える。

本研究では、ヘッドランド上からの、互いに方向が180° 違うのみの写真が、ヘッドランドによる砂の堆積状況や、沿岸漂砂の阻止効果を調べる上で効果的であることを示した。このような観察の考え方は、さらに図-3のように応用ができる。いまヘッドランド①の左右の方向でイ、ロの写真撮影したとする。この場合、波浪場が当該区域で大きく変わらなければ、下手側のヘッドランド②からイと同じ方向に撮影したハでもほぼ同様な結果が得られることを意味する。また、逆に、イ、ハがほぼ同様な結果を示すとき、その海岸では図示する方向の沿岸漂砂が卓越することになる。したがっていくつかの海岸構造物周辺での写真撮影でも沿岸漂砂の卓越方向など、かなり有益な情報を得ることができる。

(a)沿岸漂砂の卓越する場合



(b)沖向き漂砂の卓越する場合

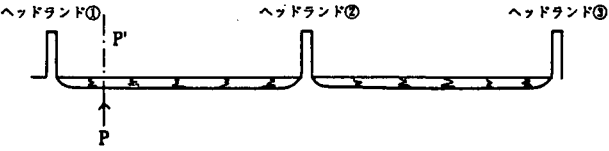
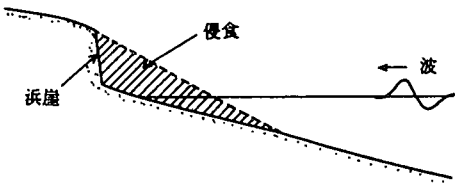


図-1 浜崖形成に関する概念図

(a) P-P'断面（図-1の(a)の場合）



(b) P-P'断面（図-1の(b)の場合）

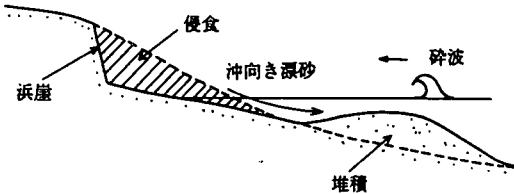


図-2 海浜縦断面形の比較
(図-1(a),(b)のP-P' 断面の模式図)

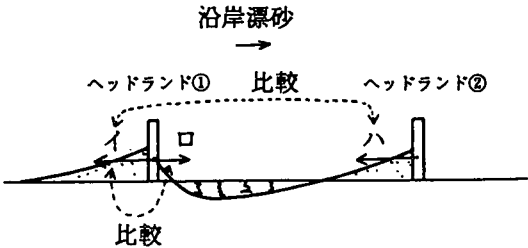


図-3 海岸状況写真の比較法

5. あとがき

大洗海岸での浜崖の観察結果にもとづき多少の考察を行った。その中で、特に、海岸の現場での写真撮影とその利用法について述べた。最近では、物事の判断を計算に頼り過ぎるきらいがあり、海岸の現場に足を運ぶことが少なくなっている。また、折角現場に出かけても観察すべきこと、あるいは観察法の理解が不十分なため、折角の機会が有効に活用されないことが多いと思われる。その意味で本研究のような考え方が多少とも参考になれば幸いである。

参 考 文 献

宇多高明（1994）：現場のための海岸Q&A選集，（社）全国海岸協会，p.236.

宇多高明・山本幸次（1994）：鹿島灘沿岸の海岸変形特性と沿岸漂砂量の鉛直分布の算定，土木技術資料，Vol. 36, No. 3, pp. 58-63.

西 隆一郎・佐藤道郎（1994）：砂丘－海浜系の侵食に関する現地観測と数値実験について，海岸工学論文集，第41巻，pp. 541-545.

服部昌太郎・掛川友行（1994）：浜崖の形成過程と発生条件，海岸工学論文集，第41巻，pp. 546-550.

三村信男・加藤 始・角田義紀・宮本英明・伊佐治 進（1991）：大洗における港湾構造物の建設に対する海岸地形の応答，海岸工学論文集，第38巻，pp. 401-405.