

空中写真による沼津牛臥海岸のヘッドランド周辺の海岸調査

Aerial observation of the shoreline around a headland built on the Numazu-Ushibuse coast

宇多高明*・戸塚昌久**

Takaaki Uda and Masahisa Totsuka

On the Numazu -Ushibuse coast located south of Numazu City a headland was built as a measure against beach erosion and beach nourishment was carried out at the updrift side of the headland. Beach changes after the completion of the construction of this headland was observed by aerial photographing and characteristic beach changes around the headland was studied. A part of the nourished beach was largely deformed by littoral drift. A method which reduces further beach changes is proposed.

Key words: Headland, beach changes, aerial photograph

1. まえがき

近年、全国的に海岸侵食が激化するとともに、侵食対策として自然の砂浜のもつ消波効果をできる限り活かすとともに、良好な環境条件を保ちつつ消波を行う工法としてヘッドランド（人工岬）工法が各地で進められるようになった。ヘッドランド工法は不透過構造物により漂砂の移動を止め、それにより海浜をポケットビーチ化することに主眼がある。したがって少ないとは言え、もともと連続的な漂砂移動のある海岸でこの工法の適用を図ると、漂砂の下手側では汀線の後退を招く。また、ヘッドランドの長さが一定の場合、卓越波の入射角に依存して漂砂の上手側の堆積域の広さが決まるから、かなり広い範囲で前浜を復元したいような場合には、その適用性について予め十分検討しておくことが必要とされる。

静岡県沼津市の南側に位置する沼津牛臥海岸では、近年汀線が後退傾向にあったため、侵食対策としてヘッドランドの施工が進められ、養浜も一部行われた。このとき生じた海浜変形を調べると、上述の問題点が含まれていることが判明した。ヘッドランドの工事は現在まだ完成した訳ではないが、現況で生じた海浜変形について検討しておくことは当海岸の将来計画を考える上で有効と考えられる。そこでヘッドランドが概成した1994年3月10日に撮影した空中写真をもとに多少の議論を加える。

2. 沼津牛臥海岸の概要

沼津牛臥海岸は、駿河湾の湾奥、狩野川河口の南東側に位置する砂浜海岸である。図-1に示すように海岸の北西側端部には牛臥山が突出し、岬状の地形となっている。一方、南東側端部では瓜島に連なる静浦漁港の防波堤が伸びている。そ

して中央部には沼津御用邸記念公園（以下、公園と略す）が位置する。狩野川河口から流出した土砂は牛臥海岸へと流入するが、当海岸の東部にある静浦漁港の防波堤により沿岸漂砂が阻止されるため、その北側に砂浜が広がる（宇多，1994）。図-1によると、海

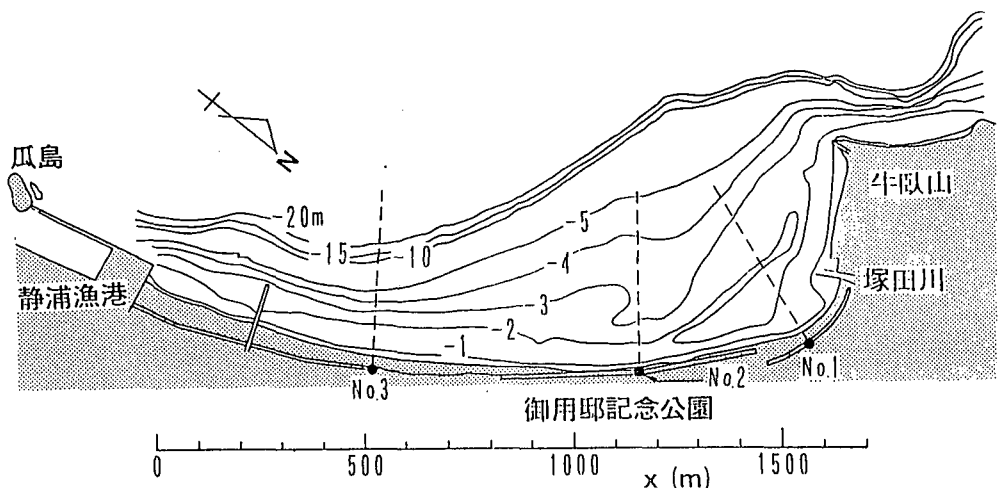


図-1 沼津牛臥海岸の海底地形（1988年7月測量）

* 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）
 ** 静岡県土木部河川課利水・海岸係

この海岸の静浦漁港の北側には前浜が広がっているが、漁港の防波堤の漂砂阻止効果が表われているのは公園の中央付近までで、残りの部分に前浜を創出するには下手端に漂砂を止める施設が必要である。そこで、延長約1.6 kmの海岸線をほぼ2分する位置にヘッドランドが設置されることになった。また、海浜を速やかに創出するために、養浜工が計画された（図-2参照）。さらに、将来的には護岸からの越波防止を図るため沖合の-3 m付近への人工リーフの設置が計画されている。

図-2 沼津牛臥海岸の計画模式図

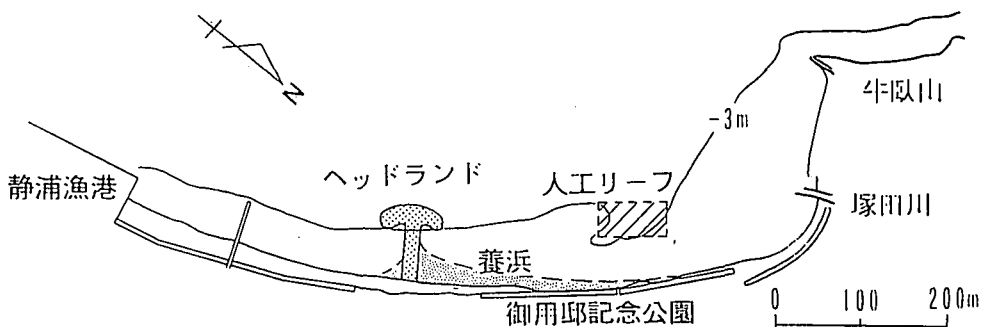


図-2 沼津牛臥海岸の計画模式図

3. 空中写真の判読

沼津牛臥海岸に流入する塚田川の上空よりヘッドランドを望む斜め写真を写真-1に示す。塚田川の河口には平行導流堤が伸びている。この海岸では全体として南向きの沿岸漂砂が卓越している。このため狩野川河口より流下する土砂が河口へ流入し、河積の阻害要因となるために、河口では浚渫により土砂堆積が防がれている。写真に示すように左岸導流堤の隣接部の汀線が突出するとともにその沖が浅くなっているのは浚渫土砂が投入されているためである。導流堤の東側で大きく湾曲した汀線は公園前面の護岸へと続く。護岸の背後の松の生育状況より判断すると、護岸法線は明らかに海側へと前出しされており、このため汀線が護岸ののり先とちょうど一致するまで南向きの沿岸漂砂を止めていること、そしてそれより過剰な土砂は南側へ流出していることが推定される。護岸の前面が大きく洗掘されることなく、のり先と汀線とがほぼ一致していることものり先で連続的な土砂移動があることを示している。一方、護岸の南側ではヘッドランドにより漂砂移動が阻止されているために再び砂浜が続く。このとき、ヘッドランド～護岸間の汀線と塚田川～護岸間の汀線をそれぞれ滑らかに延長しても、両者は一本の滑らかな汀線とはならず、塚田川～護岸間の汀線は海側に突出した状況を示す。

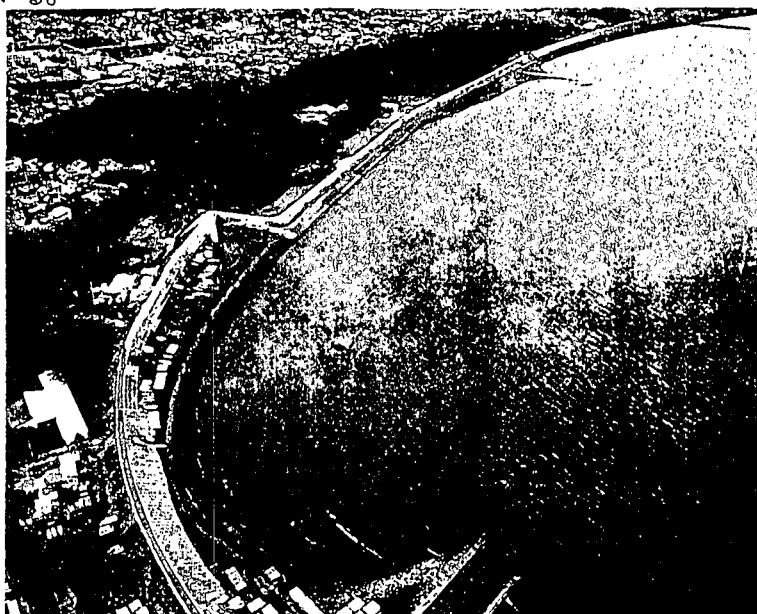


写真-1 塚田川河口上空よりヘッドランドを望む斜め写真

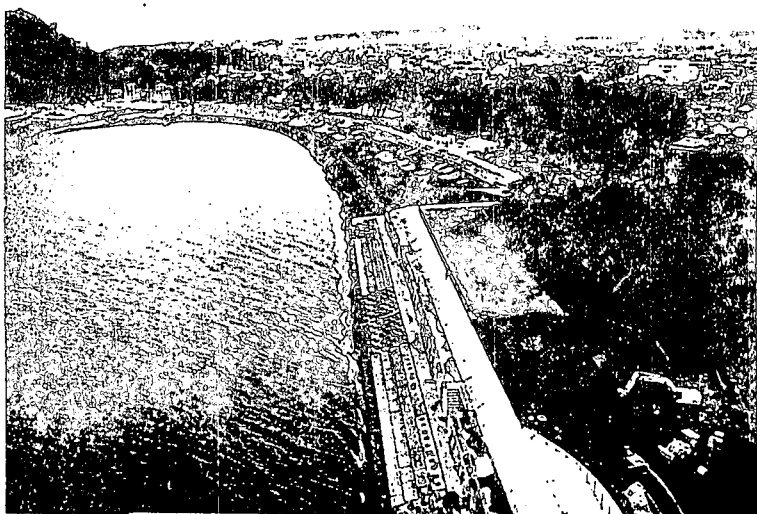


写真-2 公園前面の緩傾斜護岸の状況

線は、護岸ののり先に滑らかに接しており、少なくとも写真-2に示す範囲内では護岸ののり先に緩やかな勾配で砂浜が広がっている。さらに、護岸の北端部での白濁した碎波線と護岸ののり先との距離は、写真下部と比較して明らかに広い。このことは、過剰な土砂が護岸前面を通過して南側へと流出していることを示している。

写真-3には、公園前面の護岸と南側の砂浜状況を示す。写真上方には狩野川と牛臥山が見える。公園の護岸は、写真ほぼ中央部でその向きが変わり、北（上）部で海岸へ突き出ている状況がよく分かる。このため法線が突き出ている部分では前浜はほとんどなく、護岸ののり先を波が洗っている。しかも図-1に示したようにこの部分の沖合には深みがあるために、高波浪時には越波が激しい。

ヘッドランドとその北側の海浜状況を写真-4に示す。この地区ではヘッドランドの延長工事が概成した1994年に5,000 m³の砂（千葉県産の山砂、 $d_{50} \approx 0.2\text{mm}$ ）が護岸の前面に投入された。養浜後、投入土砂は北端部では削られて浜崖が形成され、ヘッドランドの基部では大きく前進し、片トンボロが形成されるに至った。満潮時の波のうちあげ部には浮遊物が連続的に堆積しているが、養浜区域の北端部ではそれが切れ、その前後の模様を結ぶ線より前浜が突出しているように見える。これは養浜時前浜の標高が高かったために、そこには波はうちあがらず、逆に浜崖が形成されたことを表わしている。以上に述べた海浜変形は、南向きの沿岸漂砂により養浜部の北部を中心として侵食され、侵食土砂がヘッドランドの北側になだらかに堆積したものであることを表わしている。

海側、陸側より見たヘッドランドと周辺の海岸状況をそれぞれ写真-5、6に示す。ヘッド部の堤長は約40m、護岸からヘッド部先端までの長さは約60mである。ヘッドランドの北側（写真-5では左側、写真-6では右側）では汀線が大きく湾曲しており、ヘッド部にまで汀線が到達している。これと比較すると南側での砂州の発達はいくつか。特に、ヘッドランドの北側では満潮時の波のうちあげりに浮遊堆積物が明瞭に見られるのに対し、南側では北側ほど明瞭ではない。以上の点はこの地点では南向きの沿岸漂砂が卓越しており、そのため



写真-3 公園前面の緩傾斜護岸と周辺の汀線状況



写真-4 ヘッドランドとその北側に広がる砂浜

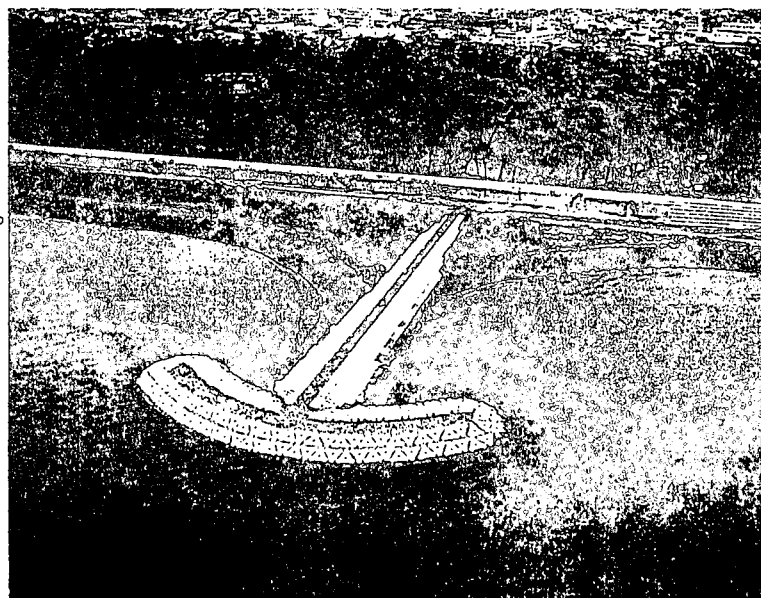


写真-5 海側より見たヘッドランドと周辺の海岸状況

ヘッドランドの中心線に対して左右非対称形の汀線形状になったことを表わしている。

また写真－5においてヘッドランド側面の緩傾斜護岸の前面の状況を比較すると、北側ではなだらかに砂浜が広がって浅くなっているのに対し、南側では前面が深く、反射波が発生している。また常時波の作用を受けているために汀線と接するコンクリートブロックには海藻が付着して足がすべり易い状況となっている。ヘッドランドのヘッド部の消波効果があるためにヘッドランドの基部では汀線は突出しているものの、全体としては南向きの漂砂があるため土砂量が減少傾向にある。さらに、写真－5、6においてヘッドランドの南側、ヘッド部先端と同じ距離の汀線付近には沿岸方向の波高変化が著しい部分が見て取れる。これはヘッドランド南側側面での反射波と入射波との干渉により波高の場所的変動が生じていることを表わすと考えられる。

ヘッドランド南側の海岸状況を写真－7に示す。海岸線に沿って階段状の緩傾斜護岸が造られている。この護岸の法線形と比較すると、砂浜の汀線はヘッドランドを境にして大きく屈曲している。いま、ヘッドランドの南側の汀線形に着目すると、ヘッドランドの端部で突出したあと大きく湾入しており、ヘッドランドの北側の汀線が海へ突き出ているのと著しい違いを示す。またヘッドランドの付け根より約50mほど南側には浜崖が形成され、しかもこの浜崖はヘッドランドの付け根に近づいても、またここより遠ざかっても次第に明瞭ではなくなる。以上の点もまた、この地点では南向きの漂砂が卓越し、そのためヘッドランドの南端部付近で汀線が後退したことを表わしている。浜崖下部の満潮時の波のうちあげ線には漂流物が連続的に堆積しているが、海岸護岸とこの線との距離はかなり狭くなっている。

ヘッドランドと静浦漁港の間の砂浜状況を写真－8に示す。ヘッドランドと静浦漁港の間の汀線はなだらかに湾曲し、ポケットビーチ化しつつある。しかし、汀線と海岸堤防との間の前浜は、静浦漁港の隣接部で広く北側の公園前面では狭い。

4. 具体的対策案の検討

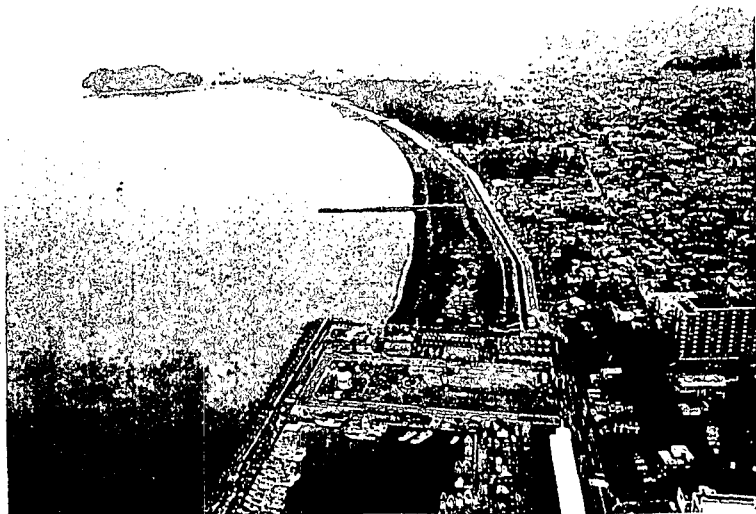
公園の護岸前面には前浜はなく、のり先を波が洗っている状況を呈しており、海浜



写真－6 陸側より見たヘッドランドと周辺の海岸状況



写真－7 ヘッドランドの南側海浜の状況



写真－8 静浦漁港とその北側の海浜状況

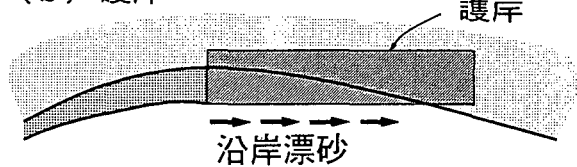
利用上あまり望ましくない。このため養浜等を行って前浜を広げたいとの計画がある。この場合の基本的な留意点について考えてみる。図-3の模式図を参照したとき、(a)は無施設時の海浜状況である。沿岸漂砂は南向きに連続的に流れるのみであって、汀線変化は何も起こらない。北端部が海へ突出するが、南端は汀線付近となる護岸が建設されると、この護岸の北側では最初漂砂が阻止されて前浜が広がり、十分な土砂が堆積したあとは護岸ののり先を通過して南側へ土砂が流出する。(b)は現況条件である。護岸の漂砂阻止効果は(c)のように置き換えられる。すなわち、北端部に突堤を造り、北側で堆砂が進んだあと過剰な土砂を南側へサンドバイパスすることである。次に養浜により前浜を広げる工夫を考える。(b)の状況では護岸前面で養浜しても投入土砂はただちに南側へ流出してしまい、養浜効果は出ない。そこで(d)のように、護岸の南端部付近に小ヘッドランド、または小突堤を造り、その北側で養浜することである。この場合、この構造物の上手側には三角形の前浜をつくり出すことができる。構造物の長さは $x = l \cdot \theta$ で与えられる。ここに、 l は三角形形状の前浜の長さ、 θ は碎波波向であり、護岸法線と下手側の平均汀線とのなす角である。

前述のように、ヘッドランドの南側隣接域では前浜幅が狭いから、ここで養浜を行って前浜を広げたいとの議論がしばしば行われる。この場合の注意点は、ヘッドランドの南側隣接部に土砂を投入してもその土砂のほとんどは投入地点に止まらず、静浦漁港方面へと移動して土砂投入地点と静浦漁港の間の延長約1.0kmの範囲で全体的に汀線が前進してしまうことである。この場合、汀線後退域の長さ比べて汀線前進域の長さは非常に長いので、汀線後退量に比較して前進量は非常に小さくなってしまふ。したがってそれでもなお養浜により前浜を広げたいのであれば十分な量の養浜土砂を確保することが必要である。

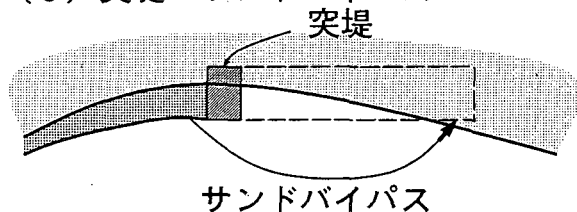
(a) 無施設



(b) 護岸



(c) 突堤+サンドバイパス



(d) 対策工

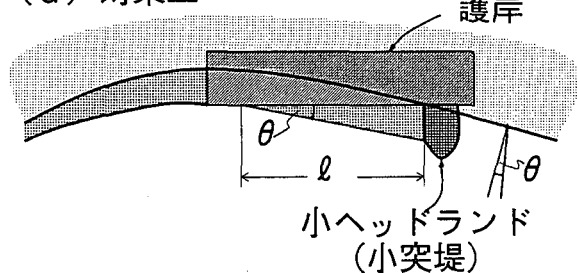


図-3 公園前面の護岸と養浜

5. まとめと今後の検討課題

沼津牛臥海岸の空中写真をもとにヘッドランド周辺の海浜変形について多少の考察を行った。これにより明らかになった点と、今後の検討課題をまとめると以下ようになる。

- ① 養浜土砂は南向きに移動し、沿岸漂砂の卓越方向が南向きであることが改めて確認された。これは従来の知見とよく一致する。
- ② ヘッドランドの北側での養浜により、ここでは前浜の拡幅が可能となったが、南側では南向きの漂砂により一部浜崖が形成された。この部分の汀線は最近ではかなり安定状態に近づいていると思われるが、今後とも汀線の後退に注意を払う必要がある。
- ③ 公園前面の護岸の前に前浜を創出するには、その上手・下手側の汀線の角度の変化を調べるとともに、沖合の深みが波の屈折に及ぼす影響について検討する必要がある。これには護岸やヘッドランドの工事前の垂直写真を利用して汀線形状の変化を調べるとともに、波の屈折計算を行うことが望まれる。
- ④ 測線間隔50mまたは100m間隔で前浜～浅海部の深浅・汀線測量を行い、特に②で述べた地形変化について十分調べる必要がある。この場合、浜崖の位置や形状を正確に測定するため、岸沖方向の測点間隔は十分狭くし、地形の変化点は必ず測定する。一方、水面下は水深2m程度まででよい。

【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、240p.