

茅ヶ崎海岸ヘッドランド東側地区での 浜崖形成機構の現地調査

FIELD INVESTIGATION OF FORMATIVE MECHANISM OF SCARP AROUND HEADLAND ON CHIGASAKI COAST IN KANAGAWA PREFECTURE

宇多高明¹・坂本 坦²・田代由貴²・西村 晋³

Takaaki UDA, Hiroshi SAKAMOTO, Yuki TASHIRO and Susumu NISHIMURA

¹正会員 工博 建設省土木研究所河川部長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

²神奈川県湘南なぎさ事務所 海岸砂防課 (〒253-0033 神奈川県茅ヶ崎市汐見台1-7)

³正会員 財団法人土木研究センター 研究開発一部 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

Field investigation of formative mechanism of scarp around headland built on the Chigasaki coast facing Sagami Bay in Kanagawa Prefecture was carried out. Beach nourishment was conducted at this coast against beach erosion and beach changes after the nourishment were measured. Formation of double scarps were found at the lower and upper levels of the beaches depending on eastward longshore sand transport associated with rough waves and westward longshore sand transport generated in calm wave condition.

Key words : Field observation, beach erosion, scarp, longshore sand transport, beach nourishment

1. まえがき

神奈川県茅ヶ崎地先海岸(以下、茅ヶ崎海岸と呼ぶ)では、侵食対策としてヘッドランドが建設された。このヘッドランドは、その西側に位置する茅ヶ崎漁港による東向きの沿岸漂砂の阻止に起因する侵食を軽減し、海浜を安定化させるために建設されたものである。ヘッドランドの建設後、ヘッドランドと茅ヶ崎漁港間では養浜が繰り返し行われるとともに、Beach Management System (BMS) の試験なども行われてきている¹⁾。しかし、1997年には度重なる台風の襲来によりこの区域でも浜崖侵食が進み、遊歩道の一部が壊れるまでの被害が出た^{2), 3)}が、その後、災害復旧が行われ現在は小康状態を保っている。一方、ヘッドランドの東側でも同様に侵食が進んだため、1997年12月までに片瀬地下駐車場工事の発生土砂約27,500m³による養浜が行われたが、1998年9月に来襲した台風5,6,7号に伴う高波浪によって養浜砂は大きく削り取られ、浜崖の形成が進んだ。このことから、1998年10月7日、10月19日、11月5日の3回にわたり現地踏査を行った。これらのうち11月5日の現地踏査では、とくに高位・低位の浜崖が形成されていることが見い出され、その形成機構が単に一方の沿岸漂砂移動の阻止とは異なる原因によると推定され

た。これは従来観察されなかった新しい現象である。そこで、本論文では養浜後の海浜変形と高位・低位の浜崖形成機構について考察するものである。

2. 茅ヶ崎海岸と養浜工の概要

神奈川県の茅ヶ崎海岸は、図-1に示すように相模湾に面し、相模川河口左岸からヘッドランドの東約1kmまでに広がる延長約4.8kmの砂浜海岸である。茅ヶ崎ヘッドランドの東側の菱沼(地先)海岸では、1997年の度重なる台風の襲来^{2), 3)}によって写真-1のように飛砂防止柵の前面まで侵食が進んだ。このため養浜工が計画され、片瀬地下駐車場工事の発生土砂約27,500m³(中央粒径0.21mm)が1997年12月末ま

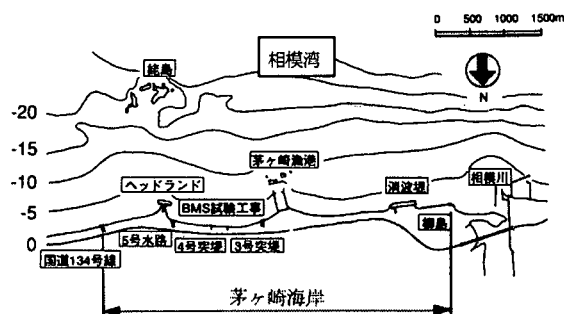


図-1 茅ヶ崎海岸の位置

でに後浜・前浜に投入された。養浜は、図-2 に示す延長 391m にわたって、図-3 に示す断面形（測線 No.5、測線位置は図-2 参照）で行われた。写真-2 には養浜直後の前浜状況を示す。図-3 に示したように、この地先では 1997 年 9 月 19 日に襲来した台風 20 号による高波浪によって著しく侵食が進み、浜崖が形成された（図-3 の 1997 年 10 月の縦断面形参照）。このため、侵食対策として養浜が行われ、図に示すように前浜勾配は 1/5 に均された。しかし、その後 1998 年 3 月、同年 10 月と時間経過に伴い侵食が進み、1997 年 10 月の養浜前の海浜縦断面形に戻った。

3. 茅ヶ崎海岸の BMS 試験区間での海浜変形

茅ヶ崎海岸における BMS の現地実験は、図-4 に示す観測域で行われている。図には平面図と測線配置を示す。観測区域は、東西を突堤（東側：4 号、西側：3 号）によって区分された延長約 200m の海浜である。ヘッドランド東側区域での海浜変形について論じる場合、まず地形変化を引き起こした外力を知ることが必要である。図-5 は国立科学技術防災研究所平塚観測所で観測された波浪観測結果を示す。図には 9 月 10 日以降の波浪条件を示している。これによると、9 月 15 日までは静穏な波浪条件であったが、9 月 16 日には台風 5 号に伴う有義波高 6.6m の高波浪が出現した。また、9 月 21 日には台風 6,7 号に伴う有義波高 3.2m（周期 9.8s）の高波浪が来襲している。このとき、ヘッド



写真-1 侵食後の菱沼海岸の状況 (1997 年 9 月中旬)



写真-2 養浜直後の海浜状況 (1997 年 12 月下旬)

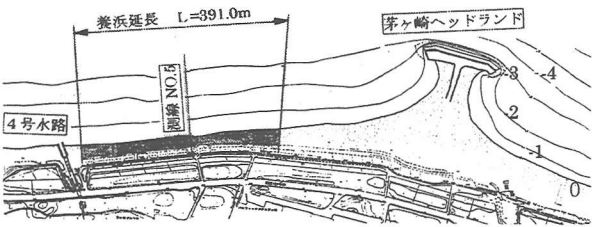


図-2 養浜工の実施範囲

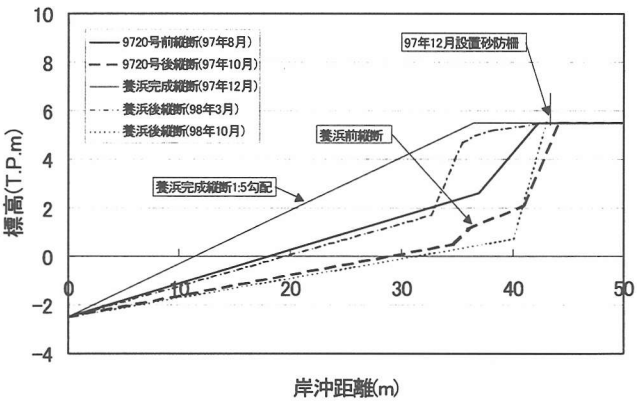


図-3 養浜に伴う海浜縦断面形の変化 (測線 No.5)

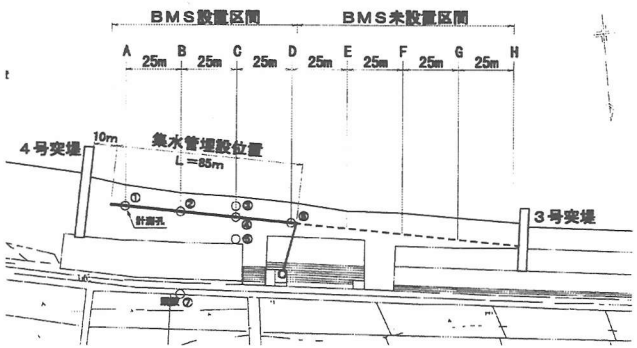


図-4 BMS 試験区間の平面図と測線配置

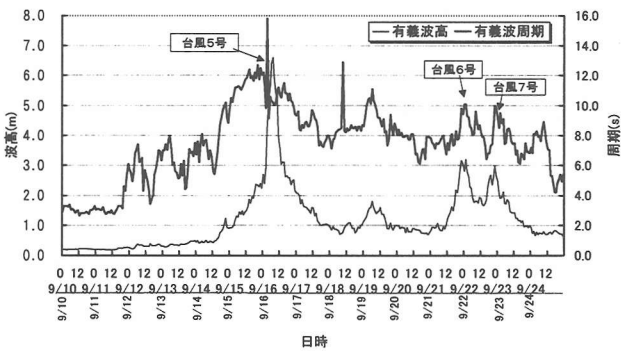


図-5 茅ヶ崎海岸の波浪条件

ランドの東側区域では、激しく侵食が進んだことが海岸管理者である湘南なぎさ事務所の職員により確認されている。

波高・周期の条件は以上の通りであるが、海浜地形変化の原因を検討するには、波向に関する情報が重要である。これについては、波向を直接観測できなくて

も調査区域周辺にある突堤などの構造物周辺での汀線変化データが役立つ。なぜなら、突堤間に挟まれた延長の短い汀線は、その地点への入射波の砕波波向と直角となって安定するので、汀線の方から波の入射方向に関する情報が得られるからである。茅ヶ崎海岸のヘッドランドを挟んで今回の調査区域と反対側に位置する BMS の試験区間は、両側を突堤によって区切られているので、この位置における突堤間の汀線や海浜地盤高データから浜崖侵食が生じた時期の波の入射条件を調べることができる。なお、この区域では、1998 年 7 月 16 日より 9 月 24 日までに延べ 11 回の海浜測量が行われており、図-6 には、汀線とほぼ平行に埋設された BMS 集水管直上の海浜地盤高の沿岸分布を示す。これによると、9 月 11 日から 9 月 24 日の間では海浜中央から西半分で侵食が、東半分で堆積が生じている。このことは台風 5,6,7 号に伴う高波浪が西寄りの入射条件となった結果、東向きの沿岸漂砂が生じたことを意味している。すなわち、この期間には高波浪が来襲しただけではなく、東向きの沿岸漂砂が生じていたと言える。このことから台風時、ヘッドランドの東側区域でも同様な方向の沿岸漂砂が発達していたと推定される。また、9 月 24 日から 10 月 26 日では、中央より西側では約 0.5m の海浜地盤高の上昇が見られたのに対し、東側半分では 0.1m 程度と上昇量は小さい。この間、BMS の運転が行われていたことを考慮すると、この間西向きの沿岸漂砂が発生したのに加えて、BMS により前浜上への堆積が生じた結果、図-6 のような結果が得られたと推定される。したがって、この間には来襲波高は低いものの西向きの沿岸漂砂が生じたと考えられる。

4. 茅ヶ崎海岸ヘッドランド東側隣接域での浜崖侵食

茅ヶ崎海岸での BMS の試験区域では波向の季節変動があり¹⁾、これにあわせて沿岸漂砂の方向も東向き、西向きと変化するが、全体としては東向きの沿岸漂砂が卓越する。このため、茅ヶ崎海岸の侵食は、東向きの沿岸漂砂の移動が妨げられている茅ヶ崎漁港の東側隣接部で最も激しい。このことから茅ヶ崎漁港の東側隣接部では突堤が設置されるとともに養浜が繰り返行われ、さらには侵食をいくらかでも軽減するために BMS の試験が行われている。また、東向きの沿岸漂砂の移動を妨げる意味では、ヘッドランドの東側地区も同様のことが言え、この地区でも全体的には汀線が後退傾向にある。このため、ここでも養浜が行われたが、それでも浜崖侵食が進んできている。以下、この状況を現地写真により調べてみる。

写真-3、4 は 1998 年 10 月 7 日の海浜状況であり、それぞれ浜崖の上部と下部から浜崖の形成状況を撮影したものである。この段階ですでに高い浜崖が連続的に形成されていたことが分かる。その後、10 月 19 日

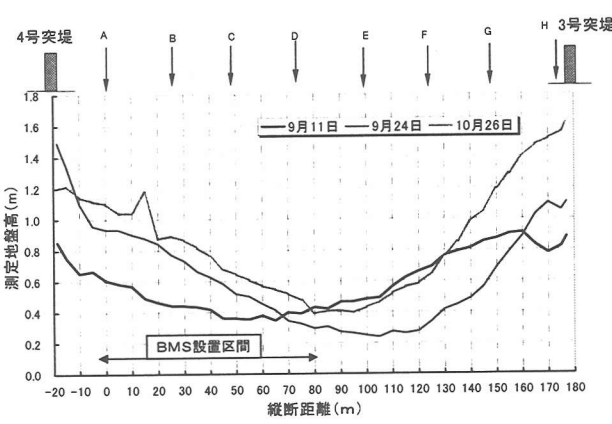


図-6 集水管直上の海浜地盤高の経時変化



写真-3 浜崖上部から見た海浜状況 (1998 年 10 月 7 日)



写真-4 浜崖下部から見た海浜状況 (1998 年 10 月 7 日)

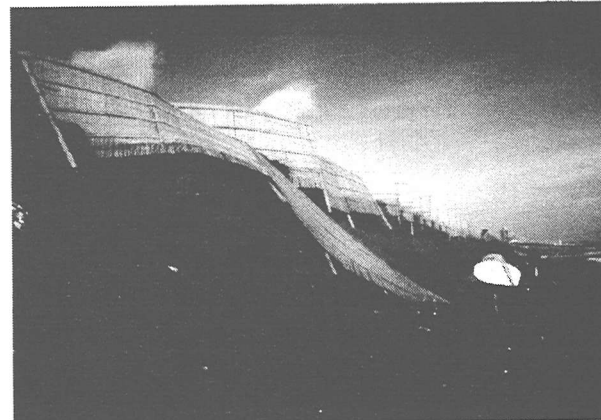


写真-5 倒壊した飛砂防止柵 (1998 年 10 月 19 日)

の海岸状況を示すのが写真-5である。写真-4の右端付近に見える飛砂防止柵が壊れて浜崖の下に落ち込んでいる。ここよりさらに東側の海浜状況が写真-6である。浜崖下部まで波のうち上げがあったことが浜崖より海側の wet beach の状況から見て取れる。その後、11月5日に再調査を行った。写真-7は、前浜の背後に形成された浜崖である。約1.3mの崖が形成されている。崖の上部表面には飛砂による層状構造が見られず、落書きが書いてあることから分かるように、盛土がなされ、その上部に飛砂防止柵が造られたこと、そしてこの盛土が波の作用で削り取られたことが分かる。盛土にはかなり粘着性が高い材料が用いられたために、表面が崩れて安息角をなして崖基部にたまる現象は見られず、ほぼ垂直な崖面が形成されている。しかし、ポール前方の浜崖下部には一部層状構造が見えることから、この上に盛土がなされたと推定される。写真-7の位置から逆方向に撮影したのが写真-8である。この付近では浜崖の高さが増し約2.5mに達する。砂丘が削り取られたために侵食後斜面の崩落が起き、安息角に近い斜面が形成されている。また観測者の背後には新たな崩落の跡が見え、さらに前方には4号水路が見える。写真-9によれば、浜崖は標高の高い位置で形成されていることから、侵食は高波浪時において生じたことは明らかであり、侵食は現地踏査時においてもさらに進んでいることが見いだされた。写真-9は、写真-8に写されている観測者の裏側に見える、新たな崩落箇所の海側で観察された低い浜崖である。写真-6に示したように10月19日段階では、この浜崖は形成されていなかったから、10月19日以降に浜崖が形成されたと考えられ、高さは約0.3mである。この浜崖は、前方の4号水路まで直線状にほぼ連続的に伸び、ポール横の浜崖の面に見られるようにノッチがそのまま残されていることから考えて形成されて間もないことが分かる。そして、この浜崖を境に海側には wet beach が、岸側には dry beach が広がっており、浜崖の上部の砂浜上には波のうち上がりの痕跡も見られる。このことは、写真-7に示したような標高の高い位置に形成された浜崖侵食を受けたあとに、それほど高波浪ではない時期においてもさらなる浜崖侵食が進んでいることを意味している。写真-10は、写真-9で前方に見える飛砂防止柵の崩壊状況である。飛砂防止柵はその下部を侵食されたために、海側へと倒れている。写真-9に示したように、飛砂防止柵付近にまで至る浜崖侵食とは別に、それより海側の標高の低い場所でも浜崖が形成されていたが、写真-10ではこの浜崖は一旦低くなる。写真-11は、写真-10の右端付近で倒れている飛砂防止柵付近で海浜を撮影したものである。砂丘上の飛砂防止柵を固定する杭が露出するとともに、侵食以前には柵の基礎が砂で覆われていたことが明瞭に見て取れる。しかし、それより海側には砂丘の砂が崩落して斜面



写真-6 浜崖とその前面の wet beach (1998年10月19日)



写真-7 ヘッドランドの東側隣接部に形成された浜崖



写真-8 浜崖形成後安定化しつつある斜面



写真-9 写真-8に写されている観測者の裏側に見える新たな崩落箇所の海側で観察された低位の浜崖

勾配が緩くなっている。写真-11の観察者付近では再び新しい浜崖が観察される。浜崖はその高さが約0.5mと上昇し、しかも浜崖の基部には連続的にノッチが見られる。このことは、この浜崖侵食が起きて間もないことを明瞭に表している。写真-11の右端付近にはビルが遠望されるが、それより手前側に黒っぽく見えるのは倒壊した飛砂防止柵である。その手前側の海浜状況を撮影したのが写真-12である。ここでも写真-11と同様、約0.5mの高さの浜崖が連続的に延びており、同時に浜崖の基部には連続的なノッチが見られる。写真-13は、写真-12の撮影地点付近から逆方向、西向きの方角で海浜状況を撮影したものである。砂丘上部にのる飛砂防止柵に至るまでの侵食が先に起き、その後、観察者のいる付近で新たな浜崖形成が進んだことが分かる。



写真-10 倒壊した飛砂防止柵



写真-11 4号水路まで連続的に延びた低位の浜崖



写真-12 連続的に延びる低位の浜崖とノッチ

なぜなら、砂丘上部の侵食と同時に下部の浜崖形成が進んだのであれば、上部の砂丘に形成された浜崖が砂の崩落によって安定化が進み、安息角に近い斜面が形成されたことが説明できないからである。以上のように調査区域では高位と低位の浜崖が形成されており、高位の浜崖はヘッドランドの隣接区域で高く、低位の浜崖は4号水路に近接するほど高くなるのが特徴である。写真-14は4号水路の状況である。水路には砂が堆積し完全閉塞状態にあった。写真に示すように、河口に架かる木橋への取り付けコンクリートが大きく沈下し傾いている。写真-15はその拡大写真である。橋台は海浜の地盤に対しほぼ水平に延びていたことを考慮すれば、橋台の右端付近で約1.0mにも及ぶ海浜地盤高が低下したことが推定される。写真-16は、写真-15に



写真-13 侵食区域を西側向きに撮影

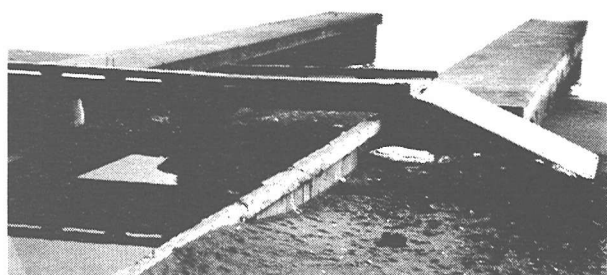


写真-14 4号水路の全景



写真-15 海浜地盤高の低下によって傾いた橋の取り付け部



写真-16 流出したのり枠式海岸堤防の詰石

示す4号水路の左岸側で観察されたものである。蛇かごを基礎としたのり枠堤防の表のり面に敷き詰めてあった碎石が流出し、空洞化が進んだものである。

5. 考察

一連の写真の観察結果は図-7に要約される。まず沿岸漂砂の境界条件を定める施設として、当該区域の西側には茅ヶ崎海岸のヘッドランドがある。この施設は先端水深が約3mなので沿岸漂砂の阻止能力はかなり高い。一方、東側には写真-14に示したように4号水路がある。この水路は長さが短いので沿岸漂砂はその先端を回り込むことができる。しかし、前浜付近での漂砂移動はかなり阻止できる施設である。これらの施設で区切られた弓状の海岸線に対し、まず時計回りの方向（西寄り）から波が斜め入射（波浪①）し、この結果、東向きの沿岸漂砂が生じた。このとき、波高が高くエネルギーレベルが高かったため、ヘッドランドの東側隣接部では東向きに養浜砂が運び去られ、標高の高い位置まで浜崖侵食（浜崖①）が進んだ。同時に、4号水路の左岸側ではのり枠堤防の詰石が流出したと考えられる。しかし、この災害後、浜崖①では図示するように安定化が進んだ。その後、波浪の入射方向が反時計回りの方向からの入射（波浪②）に変化した。この時の波浪条件は、波浪①よりエネルギーレベルが低かったが、西向きの沿岸漂砂が生じた。波高が低かったために4号水路のように短い導流堤が沿岸漂砂の阻止効果を発揮し、導流堤の西側に浜崖を形成したと考えられる。このように考えれば、浜崖の高さが導流堤の隣接区域で0.5mと高く、西側に向かって低くなることが説明可能となる。この場合、低位の浜崖は10月19日には存在せず、11月7日になって始めて形成されたことを考慮すると、西向きの沿岸漂砂は10月19日以降に生じたと考えられる。波浪②では満潮時汀線付近に浜崖が形成された。一方、図-7の断面図に示すように、高位の浜崖は高波浪時に形成されており、その際削り取られた土砂は沿岸方向東向きに流出してしまっている。しかも養浜砂の粒径が小さいことから、

沿岸方向に移動しつつ冲向きにも移動したと推定される。一方、波の入射方向が反転して西向きの沿岸漂砂が生じて、その場合の波浪のエネルギーが低いことから漂砂量は小さく、さらに入射波高が低いために相対的に見て4号水路の導流堤が沿岸漂砂の阻止効果を発揮し、沿岸漂砂がヘッドランド側へと戻りにくい状態になっている。また導流堤を迂回して侵食区域に再び運び込まれたとしても、波のうち上げ高は低いので、堆積時のバーム高は低い。さらに、この付近の海岸への来襲波浪は海岸線への法線に対して右回りの方向からのエネルギーが卓越する。したがって、このような条件下では一連の写真に示したように、波向変動に伴って東向き、西向きの沿岸漂砂移動は起こるものの、ネットでは東向き移動が卓越することになる。このことから、この区域の海浜は時間経過とともに侵食傾向を持ち続けると考えられる。ヘッドランドは現在BMSの試験を行っている場所での侵食を防ぎ、その区域を守る上では効果を発揮しているが、ヘッドランドの東側の海岸から見ればそこで沿岸漂砂の移動を阻止していることになる。さらに茅ヶ崎海岸では海浜形成に役立つような粗粒分の供給の点から見れば、相模川からの土砂流入はほとんど途絶えていること、また茅ヶ崎漁港の防波堤によって東西の海岸が区分されていることから、それぞれの地先ごとに、海浜の動的または静的安定化を考えなければならない状況にある。

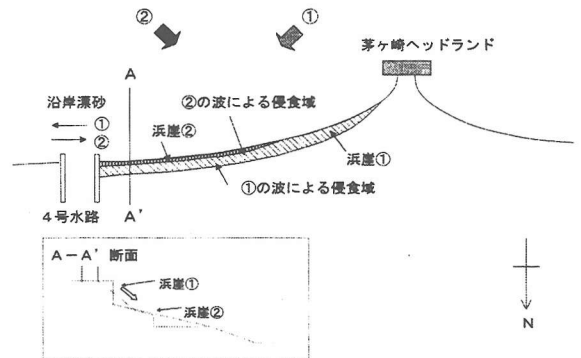


図-7 浜崖侵食機構の模式図

参考文献

- 1) 平野浩一・千田昌平・和田信昭・宇多高明・見附敬三(1997): 茅ヶ崎海岸におけるBMSの被災原因とその改良方策、海岸工学論文集、第44巻、pp.981-985.
- 2) 宇多高明・内田剛・高橋由貴・西村晋・福山慎一(1998) 湘南海岸における台風7,9号による侵食災害の現地踏査、海洋開発論文集、Vol.14, pp.263-268.
- 3) 宇多高明・内田剛・平野浩一・西村晋(1998): 台風9720号による湘南海岸の侵食災害、海洋開発論文集、Vol.14, pp.257-262.

(1999.4.19 受付)