三浦半島西岸に位置する秋谷海岸の侵食機構

EROSION MECHANISM OF AKIYA COAST LOCATED IN WESTERN PART OF MIURA PENINSULA

宇多高明¹・三浦正寛²・芹沢真澄³・三波俊郎⁴・熊田貴之⁵

Takaaki UDA, Masahiro MIURA, Masumi SERIZAWA,
Toshiro SAN-NAMI and Takayuki KUMADA

¹正会員 工博 (財) 土木研究センター審議役なぎさ総合研究室長
(〒110-0016 台東区台東1-6-4タカラビル)

²学生会員 日本大学大学院理工学研究科海洋建築工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

³正会員 海岸研究室(有) (〒160-0011 新宿区若葉1-22 ローヤル若葉208号)

⁴海岸研究室(有) (〒160-0011 新宿区若葉1-22 ローヤル若葉208号)

⁵正会員 博(工) (株) 水圏科学コンサルタント技術部
(〒145-0064 東京都大田区上池台1-14-1明伸ビル)

Beach changes of the Akiya coast located in the western part of Miura Peninsula was investigated through field observations, analysis of aerial photographs and numerical simulation using the contour line change model. One of the causes of beach erosion is due to the longshore sand movement associated with the formation of wave shadow zone of the breakwater of Kuruwa fishing port. The other main cause is the loss of sand due to the northward longshore sand transport, overflowing the foot of Chojagasaki Point located at the north end of the coastline during rough wave conditions.

Key Words : Akiya coast, aerial photographs, shoreline change, contour line change model

1. まえがき

三浦半島西岸は、小規模なポケットビーチや岩礁が連なる風光明媚な海岸として知られている。また相模湾に面しているためにこの地域は温暖である。秋谷海岸はこのような特徴を持った海岸の一つである。秋谷海岸の南部には海浜が発達しているが、北部は長者ヶ崎の海食崖によって区切られている。近年、秋谷海岸では侵食が進んできており、また北部では海岸線近傍を走る国道134号線の海側斜面が崩落の危機に晒されている。このような秋谷海岸の侵食の原因については様々な議論が行われている。このことから、ここでは秋谷海岸の侵食原因を特定し、今後の方策について考える一助となるべく研究を進める。まず過去の空中写真を収集・判読し、秋谷海岸の長期的変遷について調べた。次に2回の現地踏査を行って現地状況の把握を行うとともに、侵食機構の理解を進めるため、等深線変化モデル¹⁾による計算を行った。

2. 空中写真による秋谷海岸の侵食機構の把握

秋谷海岸は、図-1に示すように相模湾に突き出た三浦半島西岸に位置している。このため卓越波は南側から入射し、この結果全体的には北向きの沿岸漂砂が卓越する条件下にある。秋谷海岸では1946～2001年の55年間に、6回の空中写真が撮影されてきている。本研究では、これらの空中写真より同一区

図-1 秋谷海岸位置図

写真-1 秋谷海岸の空中写真(1946年)

写真-2 秋谷海岸の空中写真(1973年)

写真-3 秋谷海岸の空中写真(1980年)

域を切り出し海岸の変遷について調べた。

1946年の海岸線状況を写真-1に示す。戦後まもなくの海岸状況であるために、海岸線には人工構造物は全く存在しない。海岸線には大小4箇所に岬または岩礁が延びている。北西端にあつて最も規模が大きいのが長者ヶ崎であり、南東端に位置する岩礁が現在の久留和漁港である。全体として1946年には海岸線に沿って砂浜が連続的に延びていた。上述の沿岸漂砂特性を考慮すれば、写真-1のように海岸線に沿って連続的に砂浜が発達していた点は、中小河川や海食崖から海岸への土砂供給があり、それらが北向きの沿岸漂砂とバランスしていたことを示している。また、この当時長者ヶ崎の先端沖にある島と長者ヶ崎の間は砂州で繋がっており、長者ヶ崎の北側にはポケットビーチが発達していた。さらに、この写真では現在久留和漁港の立地する付近の沖合の浅海底には、東西方向に伸びた露岩域が広範囲に見える。このことから秋谷海岸の海浜は汀線付近に集中的に発達したものであり、海岸線に沿う砂の移動量は大きくないと推定できる。

写真-2は1973年の海岸線状況である。この時までには久留和漁港の防波堤が117m延ばされた。この結果として、北側に隣接する岩礁背後の舌状砂州先端部で汀線の後退が起きた。しかしこの当時でも、この

写真-4 秋谷海岸の空中写真(1990年)

写真-5 秋谷海岸の空中写真(1996年)

写真-6 秋谷海岸の空中写真(2001年)

岩礁と長者ヶ崎の間には連続的に砂浜が延びていた。一方、長者ヶ崎北側の海岸では、岩礁上に防波堤が建設された。これらの変化はあったものの、秋谷海岸は1946年当時と比較して大きな変化は見られなかった。

1980年の海岸状況を写真-3に示す。久留和漁港の防波堤がさらに伸び、開口部を挟んで総延長が210mとなった。このため久留和漁港の防波堤背後では波の遮蔽域形成に伴う地形変化が生じ、防波堤背後での砂浜幅が広がった。一方、漁港の北側に隣接する岩礁付近では海岸線が後退し前浜幅が狭まった。しかしこの付近から北側の長者ヶ崎に至る区間では、依然として砂浜が残されていた。一方、長者ヶ崎北側の海岸に設置された小規模な防波堤の南側では、防波堤の建設後前浜がやや広がりを示した。

1990年の海岸状況を写真-4に示す。写真は高波浪時に撮影されているため秋谷海岸の沖合には3段の碎波帯の発達が見られる。写真を注意深く観察するといくつかの重要な特徴が読み取れる。第1は、高波浪の碎波により沿岸部で濁りが発生しているが、久留和漁港の背後では漁港の外側から内側へと濁りの分布が延び、防波堤先端から離岸流となって沖向きに流出していることから、防波堤背後に時計回りの循環流が生じていることが読み取れることである。

第2は、長者ヶ崎の先端部を通じて、長者ヶ崎の南側から北側へと濁水が流出し、沿岸に沿って流れた後、長者ヶ崎海岸に建設された小規模な防波堤の先端を越えて北側へと濁水が拡散していることである。写真から判読できるように、長者ヶ崎の北側には高波浪は入射していないので、濁水は長者ヶ崎の南側で発生したことは間違いない。

これは重要な点である。なぜなら秋谷海岸の北端には長者ヶ崎が延びており、写真-1,2から判断する限り、秋谷海岸の北端は沿岸漂砂から見て漂砂の出入りのない固定境界と判断されるが、高波浪時には海水が長者ヶ崎の先端部砂州を越えて流出しうること、したがって通常波浪時には沿岸漂砂に対し固定境界となり得ても、高波浪時には沿岸漂砂が北側へと流出しうる条件にあると推定されるからである。

1996年の海岸状況が写真-5である。1990年と比較して海浜幅は狭くなったままである。この時も沖で一部の碎波が見られることから、やや高い波浪が入射していたと推察される。この写真で注目されるのは、1990年と比較すれば明らかに波高は低い、この時期においてもまた長者ヶ崎の先端を越え、北側の長者ヶ崎海岸へと長者ヶ崎の南側で発生した濁水が運ばれ、濁水の帯が急角度で長者ヶ崎海岸へと流れ込んでいる。このことはまた、長者ヶ崎の先端部の砂州は比較的高い波浪が襲来する条件では、長者ヶ崎の南側から北側へと沿岸流（沿岸漂砂）が流出しうるものであることが分かる。また、この時期までには秋谷海岸では過去に存在した砂浜は非常に狭くなった。久留和漁港では延長された防波堤の先端部が「く」の字型になり、波の遮蔽効果の向上が見られる。

最終の2001年の海岸状況を写真-6に示す。この時期までに秋谷海岸の砂浜はほぼ消失する一方、長者ヶ崎のすぐ南側には護岸が造られた。この時期で見ると長者ヶ崎の先端と沖合の島の間の砂州はほぼ完全に繋がっている。この状態では、少なくとも通常時には沿岸漂砂の移動を阻止する条件下にあると言える。久留和漁港では長さ100mの防砂突堤が伸ばされているが、1996年と比較して防砂突堤の北側では約50m汀線が前進している。南側には防波堤が伸びており沿岸漂砂の供給は絶たれていることから、波の遮蔽域での堆積土砂は北側の海岸から運び込まれたものと判断できる。久留和漁港の北側の岩礁付近には1973年までは前浜が存在したが、2001年には前浜は完全に消失し、護岸に波が直接作用する状態となった。

長者ヶ崎の北側にある小規模な漁港防波堤と長者ヶ崎の間の海浜形状を、1946～2001年の空中写真と比較すると、この間では海浜幅が増加している。この区域の北端には防波堤が伸びており、そこで沿岸漂砂の移動が阻止されていることを考えれば、この区域への堆積土砂は、長者ヶ崎先端の砂州を越えて北側へと流れてきたものと推察され、このことは長者ヶ崎の南側での侵食とよい対応を示す。また島背

後の砂州を越えた沿岸漂砂移動は、写真-4,5に示したように、高潮位・高波浪時における砂州の越流に起因すると考えられる。

3. 深浅図の判読と汀線変化

(1) 深浅図の判読

秋谷海岸の海底地形については、神奈川県が2003年2月に深浅測量を行っている。図-2に秋谷海岸の深浅図を示すが、海岸沖には広大な露岩域がほぼ東西方向に広がっている。この露岩域は、東部の久留和漁港付近では海岸線近傍にあるが、海岸線から斜めに離れて長者ヶ崎の南沖方向へと伸びている。久留和漁港の北西に存在する岩礁もこれらの一部である。久留和漁港と長者ヶ崎の間の海域では、水深6m以浅の等深線が沿岸方向に比較的なだらかに延びている。水深2mを境にして0～2mの等深線間隔と2m以深の等深線間隔とは大きく異なっていることが分かる。このことは、長者ヶ崎では波による地形変化の限界水深が2m程度にあることを意味している。後述の現地踏査によれば、前浜のバーム高さは1.5m程度にあったことを考慮すると、漂砂の移動高は約4m程度と推定される。

図-2 秋谷海岸の深浅図(2003年2月)

(2) 汀線変化と沿岸漂砂量の推定

経年的な空中写真より1946年を基準とした汀線変化を調べたのが図-3である。久留和漁港では、当初北向きの沿岸漂砂の阻止により汀線が後退傾向にあったが、防波堤が建設されてから沿岸漂砂の方向が反転し、波の遮蔽域内へと向かう沿岸漂砂によって汀線が前進した。同時に、防波堤の建設によって漁港の北側約1.5km付近にある岩礁帯周辺までの区域で侵食が進んだ。さらにそこより北側では経年的な汀線の後退が起きているが、この付近は防波堤から十分離れているので波の遮蔽域形成によるものとは考えにくい。このことを考慮して、久留和漁港での沿岸漂砂量を0とし、海浜面積の変化量に等深線形状から推定された移動高（約4m）を乗じて沿岸漂砂量の分布を求めたのが図-4である。この図より、岩礁帯を通過して長者ヶ崎の北側へと流出した漂砂量は4000m³/yr程度と推定される。結局、秋谷海岸では全体として北向きの沿岸漂砂が卓越しており、その海岸において南側に施設が造られたため、施設の北側隣接部が集中的な侵食を受けたと推定できる。

図-3 汀線変化量図

4. 海岸状況の現地調査

現地踏査は2003年11月2日と12月20日に実施した。11月2日の踏査では、海岸線に沿って南側から北側へと進み、最終的に長者ヶ崎の南岸まで約1.5km区間を踏査した。12月20日の踏査では長者ヶ崎先端部の海岸状況を調べた。

写真-7は、秋谷海岸の南端を区切る久留和漁港の防砂突堤上から北側を望みつつ海浜状況を撮影したものである。写真に示された砂浜は、久留和漁港の防波堤による波の遮蔽域に入るために、防砂突堤の隣接部にはきれいな前浜が広がる。しかし防波堤による波の遮蔽域から離れると海岸状況は一変する。北側を望んで海岸を撮影したのが写真-8である。海岸には直立護岸と、その基礎としての捨石が連続的に並べられ海浜は全く存在しない。

写真-9は、一連の直立護岸が終わった区域の北端部から南向きに海岸状況を撮影したものである。写真のほぼ中心に見える白い四角い建物が写真-8の中心に見えた建物である。このことを考慮した上で写真-9を見ると、先に示した直立護岸が海岸線沿いに続いており、直立護岸の区域では前浜が全く存在しないことが明らかである。

一方、一連の直立護岸の端部からはようやく礫浜が始まる。この礫浜を北向きに撮影したのが写真-10である。急傾斜地の海側では崩落防止工事が行われている最中であつた。この防護工の最下段はコンクリートマットにより覆われている。しかしその前面の浜幅は数mとごく狭く、波浪が直接作用していた。拡大写真が写真-11である。切断されたコンクリートマットが沖方向に移動し、コンクリートマットの下部にかなり大きな隙間が見える。この結果、コンクリートマット背後の土砂の流失も生じている。このように現在までになされた急傾斜地防護工はその基礎がすでに破壊されていることから、十分な防護効果が発揮できない状態にあることが明らかである。

一連の防護工事区間の北側では一旦砂浜海岸に変わるが、その先には消波ブロックが設置されている。写真-12は、この消波ブロック上から南向きに撮影

図-4 沿岸漂砂量分布

写真-7 漁港より北側を望む

写真-8 防砂突堤より北側を望む

したものである。コンクリートマットの敷かれた区域の北側区域でも侵食が進み、その結果比重の大きな砂鉄分が海浜表面に多く露出したため海浜が黒く見える。

同様に、北側を撮影したのが写真-13である。連続的に異形ブロックが並べられ、海岸防護が図られているが、現在では急傾斜地の前面には砂浜は全く存在しない。さらに一連の消波ブロックの設置区域の北側にはコンクリート式の直立護岸が遠望できる。

写真-13において遠方に見える岬は長者ヶ崎である。その岬の手前側には直立護岸が遠望できたが、

写真-9 直立護岸区域北端部の状況

写真-10 崩落防止工事の状況

写真-11 中詰めめの流出状況

写真-12 海岸中央部より南側を望む

その北端から南向きに護岸を撮影したのが写真-14である。直立護岸が大きく海に張り出しているが、よく見ると護岸の隅角部を境として、その先では護岸の色が灰色であるのに対し、手前側では護岸の法線が後退するとともに、護岸が白く見える。護岸の色彩の相違は、護岸の建設時期が異なることを示しており、灰色に見える部分の工事が先に行われ、その完成後白く見える護岸が建設されたことを表している。すなわち、護岸は写真奥から手前にかけて建設されてきたことが分かる。

写真-15は長者ヶ崎の先端部の砂州を長者ヶ崎側から撮影したものである。トンボロ上の海浜は、砂州の両側から入射する波の作用を受けているが、島の形状が南北非対称であり、南側（写真左）では岸近くまで島があるのに対し、北側（写真右）では島が離れていることから、北側ほど波の作用を強く受ける。このため北側からの入射波の作用下でバーム頂は砂州中央よりやや北側に位置し、北側で急勾配、

写真-13 海岸中央部より北側を望む

写真-14 海岸北端部の護岸状況

写真-15 先端部の砂州の状況

図-5 等深線変化モデルによる再現計算

南側で緩勾配となっている。砂州の中央部には礫も散在するが植生帯は全く存在しないことから、この砂州が高波浪時には全体として越流が起こる条件下にあると判断できる。また、左端には、風化が進んだコンクリート護岸状の施設が見える。著しく風化が進んでいるが、直線状に並んでいることから、明らかにそれらが人工構造物であることが分かる。この施設の建設目的は不明であるが、その位置は砂州の南側汀線付近に設置されている。またこれらの風化の進んだ施設の間には、右側からの越流により越えてきた水が流れ出る時形成された2本の狭い溝が観察される。このことから、現況においては長者ヶ崎の先端と島の間は沿岸漂砂から見ると固定境界ではなく、条件によっては沿岸漂砂が通過可能な境界となっていると判断される。これらのことは空中写真から観察された現象とよく一致する。

5. 等深線変化モデルによる基本現象の再現

秋谷海岸の侵食機構を調べるために、芹沢ら¹⁾の等深線変化モデルを用いて基本現象の再現を行った。秋谷海岸の久留和漁港から長者ヶ崎間2.5kmを対象とし、展開座標で計算を行った。計算条件として沿岸方向に $\Delta X=100\text{m}$ で領域を分割し、計算時間間隔は1hrとした。初期海浜形状は、前浜付近の平均勾配が $1/10 \sim 1/30$ 程度であることから、 $1/20$ の一樣勾配を設定した。また高潮・高波時を想定して h_s は2.5m、 h_r は2.5mとおいた。また碎波波高は $H_b=2\text{m}$ 、波は直角入射とした。さらに漂砂量係数は $K_x=0.2$ 、 $K_z/K_x=0.2$ とおいた。構造物条件として、長者ヶ崎に天端高1.5mの突堤を設置した。この条件では、1.5m以上では沿岸漂砂の流出が起こる。計算区域の右側には長さ500mの仮想領域を取り、そこでの初期縦断形は、計算領域の縦断形を陸側に100m後退させたものとし、そこでの計算領域の土砂の堆積を許した。

図-5は2000ステップ後の等深線形状である。図-5より、長者ヶ崎によって沿岸漂砂移動が阻止された標高1m以下の等高線と等深線は長者ヶ崎（固定境界）に対し斜めに交差しており、等深線に沿った沿岸漂砂の流出はないが、岸側の等高線が後退するにしがたい海底勾配が緩くなって平衡勾配とのずれが大きくなるため岸向きに砂が運ばれ、長者ヶ崎の付

図-6 汀線変化の再現計算

け根から右側区域へと砂が流出する。この結果、図-6に示すように汀線は時間経過とともに後退する。

以上の予測計算から、長者ヶ崎の付け根を高波浪時に沿岸漂砂が流出すれば、最終的に対象区域全域で侵食が進むことが分かる。

6. 考察

秋谷海岸では、1973年以降侵食が進んできたが、この原因は南側からの沿岸漂砂供給が絶たれた条件下で、高潮位・高波浪条件で長者ヶ崎先端部の砂州への越流が起こり、それによって長者ヶ崎北側へと土砂が流出したためと推定できる。空中写真判読によれば、長者ヶ崎先端の砂州への越流は、6時期のうち1990年と1996年の2回観察された。秋谷海岸では侵食対策として南部から護岸の建設が進められてきているが、長者ヶ崎先端からの沿岸漂砂の流出対策は行われていない。砂州の越流を防止しない場合、数値モデルでも明らかのように、長者ヶ崎と久留和漁港の間の海岸の侵食傾向は止まらない。このことから長者ヶ崎海岸での侵食を防ぐ一つの手段として、長者ヶ崎先端にある老朽化の著しい施設を改築し、高潮位・高波浪条件でも砂州の越流が生じないようにすることが有効と考えられる。

秋谷海岸では長者ヶ崎を境に海岸線がヘアピンのように大きく変化する。このため一見したのみでは連続的な沿岸漂砂移動が起こり得る海岸に見えないが、本研究によれば、島背後のトンボロの砂州高が波の遡上高よりも低いことから、高波浪時には汀線付近を通過して沿岸漂砂が流出しうることが明らかになった。これは天端高が低い突堤を沿岸漂砂が回り込むのと同じ現象であり、それが間欠的に起こることに特徴がある。

謝辞：本研究の実施に際し、神奈川県横須賀土木事務所より秋谷海岸の深淺図を提供して頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 芹沢真澄・宇多高明・三波俊郎・古池 鋼・熊田貴之：海浜縦断形の安定化機構を組み込んだ等深線変化モデル，海岸工学論文集，第49巻，pp. 496-500，2002。