三浦半島秋谷海岸における養浜礫の挙動

THE BEHAVIOR OF GRAVEL IN BEACH NOURISHMENT WITH GRAVEL ON AKIYA COAST IN THE MIURA PENINSULA

小林正博¹・村上義隆¹・田村貴久¹・泉正寿²
Masahiro KOBAYASHI, Yoshitaka MURAKAMI, Takahisa TAMURA, Masatoshi IZUMI

¹神奈川県横須賀土木事務所 (〒238-0022 神奈川県横須賀市公郷町1-56-5)

²正会員 博(工) 国際航業株式会社 環境・エネルギー事業部
(〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1)

The Akiya coast on Kanagawa Prefecture is located in the west coast of the Miura peninsula where it faces the Sagami bay, and is a coast like the pocket beach of the coastline extension about 1.2km. The countermeasures against erosion were examined in the conference that consisted of the local inhabitants, the fishermen, the coast users, and the administration, etc. from 2003, the beach nourishment with gravel was planned, and the gravel beach nourishment of about 40,000m³ was executed from 2007 to 2010. The median grain size was about 15mm and the amounts of the plan beach nourishment were about 80,000m³. The monitoring survey results suggested that gravel moved longshore at the speed more than the expectation, but hardly flowed out to 1m in depth offing, and roundness of gravel which was shown by the standard deviation of width and thickness to the major axis and the major axis length became almost 0.3.

Key Words : beach nourishment with gravel, the Akiya coast, countermeasures against erosion, roundness of gravel

1. はじめに

秋谷海岸は、相模湾に面した三浦半島の西側に位置する延長約1.3kmのポケットビーチ状の海岸である(図-1参照)。海岸前面の岩礁帯にはアサメ・カジメ等の海藻が生育し、様々な水産資源が生息している。また、かながわの景勝50選に選ばれた長者ヶ崎に連なる風光明媚な海岸であり、散策・磯遊び・サーフィン等、多種多様な利用が行われている。近年では海岸侵食の進行による砂浜幅の減少によって、高波浪時には背後地への越波が生じ、背後の国道134号や民有護岸の被災が懸念されており、豊かで優れた資源の維持とともに、地域の安全を確保していくための海岸防護を図りながら、適正な海岸づくりを進めていくことが求められている。

これらの現状に鑑み、神奈川県は平成15年10月に学識経験者・住民・利用者・漁業者・行政による「秋谷海岸(久留和地区)保全計画協議会」を設置、平成18年2月までの間に10回の協議会を開催し、平成18年4月には「秋谷海岸(久留和地区)保全計画協議会 提言」が作成された。現在、この提言に基づき礫養浜による海岸づくりが進められている。

平成19年から22年にかけて、中央粒径約15mmの礫養浜約4.2万m³が実施された。計画では、今後総量

で約8万m³投入する予定である。

図-1 秋谷海岸の位置

本研究は、毎年1月から3月に実施されてきた礫養浜とその前後のモニタリング調査結果から、養浜礫の挙動を報告するとともに今後の礫養浜の基礎資料とすることを目的とした。

2. 侵食の状況

秋谷海岸の侵食の状況を図-2に示す。これは、1973年と2005年の航空写真の汀線位置の変化を示したものであるが、最大で約25mの汀線後退となって

図-2 秋谷海岸の侵食の状況

いる。秋谷海岸は、久留和漁港と長者ヶ崎に挟まれたポケットビーチになっており、久留和漁港の防波堤が1973年から1983年にかけて延伸されたため、その遮蔽域に土砂が堆積し侵食となったことがこの図から読み取れる。L字堤は1998年に土砂の吸い込みを防ぐために建設されたものである。

3. 礫養浜の基本断面

養浜の基本断面を図-3に示す。粒径は、沖へ流出しないよう①バームと沿岸砂州の発生区分（武田・砂村¹⁾）、②前浜の堆積・侵食の区分（宇多ほか²⁾）、③海浜の侵食・堆積の区分（堀川ほか³⁾）を満足する $d_{50}=9.7\text{mm}$ を考慮し、県内で調達可能な $d_{50}=\text{約}15\text{mm}$ とした。前浜勾配は、宇多・石川⁴⁾）から1/3とし、後浜高はかつて砂浜があったと思われる痕跡、現地ヒアリング結果および年数回程度来襲波浪のうちあげ高を満足するT.P.+3.0mとし、浜幅は30年確率波浪によるうちあげ高と越波量を満足する浜幅として現況汀線（平成18年6月）から11mとした。ただし、海浜の利用を考慮して1:11の勾配を設けた。

図-3 養浜の基本断面

4. モニタリング調査

平成19年1月から3月にかけて第1回養浜工事が実施され、毎年、ほぼこの時期に工事が行われている。表-1に養浜工事の実施時期と養浜量を整理した。養浜箇所は図-4に示す。

養浜礫の沖への移動状況から礫の粒径の妥当性、

沿岸方向への移動速度から安定汀線形状の評価および生物への影響を把握するため、表-2、図-5に示すモニタリング調査を実施している。この中で生物調査は、周辺環境による変動と礫養浜の影響を区別するため、礫養浜の影響を受けないと考えられる図左端の久留和漁港より左岸側に対照地点を設けている。モニタリング調査の結果は、10月に実施される協議会のメンバーが中心となった意見交換会に報告され、意見交換でその年度に実施する養浜工事方法等の了解を得て、翌年の1月から3月に工事を行っている。

表-1 礫養浜の実績

項目	施工内容		
	施工期間	粒径	投入礫量
第1回(H18年度)試験施工	H19. 1. 22 ~H19. 3. 2	5~25mm	約7,600m ³
第2回(H19年度)試験施工	H20. 3. 12 ~H20. 4. 9	同上	約6,600m ³
H20年度施工	H21. 1. 19 ~H21. 3. 11	同上	約13,700m ³
H21年度施工	H22. 2. 18 ~H22. 4. 16	同上	約13,600m ³
計			約41,500m ³

図-4 養浜礫投入範囲

表-2 モニタリング調査項目

項目	調査内容	実施時期
地形測量	深浅測量(20~40m間隔)	夏季
	汀線測量(20~40m間隔)	夏季、養浜工事前
底質調査	粒度分析(33地点)	夏季
	底質写真撮影(33地点)	
	化学分析(7地点) (COD、強熱減量、硫化物)	
生物調査	底生生物(7地点)	夏季
	付着生物(6地点)	
	魚卵・稚仔魚(2地点)	
	ライン観測(5測線)	
定点写真観測		7~10回/年
漁業者ヒアリング		随時

図-5 モニタリング調査位置図

図-8 測線L-1付近(平成22年7月, 潮位T.P. -0.6m)

5. 養浜礫の挙動

平成18年度から21年度にかけて投入した礫約4.2万 m^3 に対し、歩留まりは地形測量の結果、平成22年7月現在約90%である。歩留まりの計算範囲は、沿岸方向は目視で礫が到達した範囲とし、岸沖方向は有意な断面変化が生じている範囲とした。歩留まりは、測量結果に反映されない沿岸方向へ薄く広がった量や消波ブロックの間に埋もれた量を考慮するとほぼ全量が歩留まっていると考えられる。

(1) 断面変化

図-6に測線L-1の断面変化を示す。さらに、測量時期に合わせた写真を図-7および図-8に示す。L-1は直接養浜が行われていない箇所であるが、養浜された礫が沿岸漂砂によって運ばれ、1/5程度の勾配で堆積し目標断面に近づきつつあることがわかる。写真は潮位が異なるものの消波ブロックが礫に埋没し前浜が前進しているようすがわかる。

図-6 断面変化図(養浜範囲外)

図-7 測線L-1付近(平成21年8月, 潮位T.P. +0.4m)

図-9に測線L-2の断面を示す。この付近は第1回養浜の平成19年から第3回の21年のそれぞれの1月から3月の期間に養浜が実施された区域である。養浜の経過とともに前浜が前進し、前浜勾配が1/3に近づきつつあるようすがうかがえる。下段の平成21年7月から22年7月にかけての期間に養浜は実施されていないが、断面に大きな変化はみられず安定状態にあるようすがうかがわれる。

断面変化から、測線L1, L2ともに礫は水深T.P. -1.0mより沖側へ移動していないことがわかる。沖方向への移動がないことは、ダイバーの目視観察によっても確認している。

養浜礫の中央粒径は、設計波に対して「3. 礫養浜の基本断面」で示した3つの指標を満足し、調達可能な約15mmの礫を採用している。養浜礫には、粒径10mm以下の礫が約30%含まれているが、沖向きの土砂移動は生じない結果となった。

図-9 断面変化図(養浜範囲内)

(2) 沿岸移動

年度毎の養浜範囲とモニタリング調査によって把握した養浜礫の分布状況を図-10に示す。第1回の平成19年1月22日から3月2日にかけて沿岸方向に約100mの範囲で投入した礫は、5ヶ月後には左右ほぼ均等に沿岸方向約500m幅へ広がった。その後平成22年7月にかけては、当初に比べると移動速度は小さくなっている。移動速度は礫端部位置の変化量とし

程式による波浪変形計算を行ない、湾内発生波は、平塚沖波浪観測塔の風資料からSMB法により秋谷海岸沖の波浪を推算し、モデルに用いる波浪条件を整理した(表-3)。入射角は海岸線中央部に直角に入射する角度を0°として、時計回りの角度で示した。これらから、秋谷海岸へは冬季は南向きに作用する、その他の季節では、ポケットビーチ状の地形から、長者ヶ崎よりでは南向き、久留和漁港よりでは北向

図-10 養浜礫の沿岸方向移動状況

た。礫の沿岸方向の移動速度を海岸中央部からの距離で表すと図-11のようになり、中央から遠ざかるに従い移動速度は小さくなり、左岸側では500m付近、右岸側では400m付近で止まることが推測される。これは、計画断面で養浜を行った場合、養浜礫は海岸中央付近を中心に延長900m程度広がり安定に達することを示しており、延長1,333mの保全区域全体で計画断面を満足させるためには、養浜を計画断面より海側へ前出して行い、計画養浜量より多くの量を行う必要があることを示唆している。

図-11 養浜礫の移動速度

安定汀線の形状を養浜礫の移動状況をもとに汀線変化予測モデルを構築して予測した。

秋谷海岸へ作用する波浪は、相模湾の外から進入する外洋波と湾内で風により発生する湾内波に分けられる。外洋波は、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)大島波浮港を用いてエネルギー平衡方

きに海岸線へ作用する。

表-3 エネルギー平均波

波浪区分	諸元	春期～秋季	冬季
外洋 到達浪	波高(m)	0.88	1.07
	周期(s)	7.9	7.3
	入射角(°)	3	7
	年間作用日数	143	57
湾内 発生波	波高(m)	0.92	1.13
	周期(s)	3.2	3.4
	入射角(°)	3	18
	年間作用日数	56	9

汀線変化予測モデルの計算条件を表-4に、汀線変化の再現結果を図-12に示す。再現計算は養浜後の汀線変化量を再現目標として淡い実線で、再現計算結果を再現結果として実線で示した。

表-4 汀線変化予測モデル計算条件

項目	設定値
格子数	115(沿岸)
格子間隔	10m
Δt	360秒
漂砂係数(小笹・ブランプトン)	$k1=0.0025, k2=0.0$
境界条件	左岸側(久留和漁港) 閉境界 右岸側(長者ヶ崎) 閉境界

養浜前の一部自然海浜が残っていた平成13年1月

から平成16年2月の汀線変化を再現した際の漂砂量係数は、 $kI=0.0020$ であった。今回の再現計算の漂砂量係数 $kI=0.0025$ と比較すると礫養浜後の係数が25%大きい結果となった。これは、養浜直後の礫は締めり具合が小さいうえに、養浜により突出した地形を形成しているためと考えられる。

図-12 汀線変化再現結果

このモデルを用いて、計画養浜量8万 m^3 を投入した場合の将来の安定汀線形状を予測した(図-13)。この結果から、計画汀線に足りない箇所が出てくるが、養浜量を増やして全体的に汀線を前出するか、計画汀線より前進している箇所からサンドリサイクルを行う等の維持管理を含めて意見交換会で協議し事業を進めていく予定である。

図-13 安定汀線

(3) 台風の影響

平成21年10月8日午前には神奈川県に再接近した台風18号は、午前6時に気象庁石廊崎観測点で有義波高10.5m、有義周期14.5秒を記録した。これは、秋谷海岸の計画波浪の波高7.78m、周期13.4秒を大きく越えるものであった。

台風18号による養浜礫の断面変化を図-14、15に、この内、測線No. 72+160付近の写真を図-16に示す。No. 72-160で断面積が増加し、No. 72+160で減少、No. 72+240では変化が小さいことから、No. 72+160付近の礫がNo. 72-160、すなわち久留和漁港側へ輸送されたことが分かる。また、養浜礫は沖側への移動は認められないが岸側に打ちあがることが分かる。

図-14 断面変化位置図

図-15 台風前後の断面変化図

図-16 台風による礫の打ち上げ

6. 養浜礫の円磨度

養浜直後の礫には角があり、素足で歩くと痛い等利用上の課題になると考えられるため、養浜後の円

磨度の変化を調べた。汀線部から後浜にかけて礫を採取し（図-17に二重丸で示すNo. 72-320, No. 72, No. 72+400の3地点），長辺の長さ l ，長辺に対する幅および厚さを計測し，これらの標準偏差 s を求め，長辺の長さ l と標準偏差 s の関係を図-18，図-19に整理した。図の下段は採取地点の断面形状を，写真は汀線部のサンプルを示している。採取日は平成22年12月である。養浜は場所を変えて行っているため，採取した礫が養浜後どれくらい経過したか正確に把握することは困難であるが，測線No. 72+400は，図-10から平成21年7月時点では礫が到達しておらず，平成22年2月から4月に投入された礫が到達したと考えられ，経過時間は養浜後約8ヶ月，No. 72-320は養浜が行われておらず初期に養浜された礫が約3年6ヶ月かけて堆積したものと，直近の平成22年2月から4月に養浜された約8ヶ月経過した礫が混在したものと考えられる。図-18，図-19から，平坦部に比較的粒径の小さな礫が集積し，斜面では大きくなること，ただし最も岸側の平坦部では礫が打ち上げられるため，粒径が大きくなっている様子が認められる。また，No. 72-320はNo. 72+400に比べて時間が経過しているため，長辺の長さ l に対する標準偏差 s が小さく，かつ0.3程度に落ち着くことがうかがわれる。このことから，礫が丸みを帯び，長辺に対する厚さ，幅と長辺の長さの標準偏差は0.3程度になることが示唆される。

図-17 円磨度調査地点

図-18 養浜礫の形状 (No. 72+400)

図-19 養浜礫の形状 (No. 72-320)

7. まとめ

- ・武田・砂村(1983)のバームと沿岸砂州の発生区分，宇多ほか(1989)の前浜の堆積と侵食の区分，堀川ほか(1975)の海浜の侵食・堆積の区分の3つの指標から安定と評価される粒径の礫で養浜した結果，沖向きの土砂移動は生じていない。
- ・養浜直後の礫の沿岸方向への移動速度は比較的早い。中央粒径約15mmの礫で養浜した結果，汀線変化予測モデルの漂砂量係数は，自然海浜時の1.25倍であった。養浜の計画に際しては，粒径の粗い養浜材を用いた場合でも自然海浜時以上に早く養浜材は沿岸方向へ移動する可能性のあることに留意する必要がある。
- ・養浜礫は6ヶ月から3年6ヶ月で円磨され，長辺に対する厚さ，幅と長辺の長さの標準偏差は0.3程度になるという結果が得られた。

参考文献

- 1) 武田一郎・砂村継夫：砂浜海岸の堆積過程における地形変化，第30回海岸工学講演会論文集，pp. 254-258，1983。
- 2) 宇多高明，小俣 篤，竹淵 勉：前浜地形変化の支配要因とバームの形成過程，土木学会論文集，No. 411/II-12，pp. 227-236，1989。
- 3) 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田 滋：波による2次元汀線変化に関する一考察，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 329-334，1975。
- 4) 宇多高明・石川仁憲：実務者のための養浜マニュアル，第3章，養浜の設計，pp. 74-78，社団法人土木研究センター，2005。