

# 天竜川河口に隣接する 浜松五島海岸東端部の海浜変形

宇多 高明<sup>1</sup>・原田 太輔<sup>2</sup>・伊藤 祐介<sup>3</sup>・八木 裕子<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 正会員 (一財) 土木研究センターなぎさ総合研究所兼日本大学理工学部海洋建築工学科  
(〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4)

E-mail: uda@pwrc.or.jp

<sup>2</sup> 静岡県交通基盤部河川海岸整備課 (〒420-8601 静岡県静岡市葵区追手町9番6号)

E-mail: kasen@pref.shizuoka.lg.jp

<sup>3</sup> 静岡県浜松土木事務所沿岸整備課 (〒430-0929 静岡県浜松市中区中央1丁目12番1号)

E-mail: hamado-engan@pref.shizuoka.lg.jp

<sup>4</sup> 正会員 (株) 東京建設コンサルタント海岸・海洋事業本部

(〒170-0004 東京都豊島区北大塚 1-15-6)

E-mail: yagi-h@tokencon.co.jp (Corresponding Author)

天竜川河口の右岸砂州の後退と連動した浜松五島海岸東端での侵食を防ぐために、河口右岸と浜松五島海岸の境界付近に2015年から突堤を建設中である。また突堤西側の砂浜幅が狭い場所において、2012～2020年には天竜川の河床堆積砂礫7.3万 m<sup>3</sup>を用いた養浜も行われてきた。突堤は、現在では先端水深0.5 mより陸側の長さ168 mが完成している。この間、浜松五島海岸では深淺測量やUAV撮影など、様々なモニタリング調査が行われてきた。当初計画では、この突堤の先端水深は、粗粒材が主に堆積している水深帯の沖端水深4.0 mとされており、海側残区間の整備が必要とされている。まず、集積されたモニタリングデータの解析を行い、突堤周辺部での地形変化について調べたところ、養浜を始めとする対策が効果を発揮しつつあることが確認された。

**Key Words :** Tenryu River mouth, Hamamatsu-Goto coast, groin, beach changes, shoreline changes

## 1. まえがき

過去、天竜川河口右岸に位置する浜松五島海岸では侵食が進み、右岸近傍にある浜松市の西遠浄化センターを防護する海岸堤防前面の浜幅が大きく狭まった。この結果、2013年には越波により堤防背後の自転車道に被害が生じるとともに、堤防の安全性が損なわれる危険性が増した。この理由として、既往研究<sup>1)</sup>では、天竜川の流出土砂量が減少した条件下で、沿岸漂砂により河口から土砂が運び去られた結果右岸河口砂州が後退し、これに伴って堤防前面の浜幅が減少したと推定された。これを受けて、河口右岸砂州の後退と連動した浜松五島海岸東端での侵食を防ぐために、河口右岸と浜松五島海岸の境界付近に2015年から突堤を建設中である。また突堤と浜松五島海岸東端の間の砂浜幅が狭い場所において、2012～2020年には天竜川の河床堆積砂礫7.3万 m<sup>3</sup>を用いた養浜も行われてきた。突堤は、現在では先端水深0.5 mより陸側の長さ168 mが完成している。この間、浜松五島海岸では深淺測量やUAV撮影など、様々なモニタリング調査が

行われてきた。当初計画では、この突堤の先端水深は、粗粒材が主に堆積している水深帯の沖端水深4.0 mとされており、よって海側残区間の整備も必要と考えられるが、現在までに起きた地形変化のもとで残区間の整備の妥当性について検討することが必要となった。そこでまず既往調査データや、新たに集積されたモニタリングデータの解析を行い、突堤周辺部での地形変化について詳しく調べた。

## 2. 浜松五島海岸に関する既往の知見

三波ら<sup>2)</sup>は、天竜川河口右岸の浜松五島海岸に関し、1962～2012年の空中写真の比較より、2012年には浜松五島海岸の離岸堤端から東向きに伸びる右岸河口砂州の規模が縮小し、フック状の汀線が形成されたとした。また、に示すNarrow Multi-Beam (NMB)測量結果より、2011年8月には浜松五島海岸の離岸堤沖に9 mに達する細長い深みが形成され、2011年12月までにこの深みがさらに

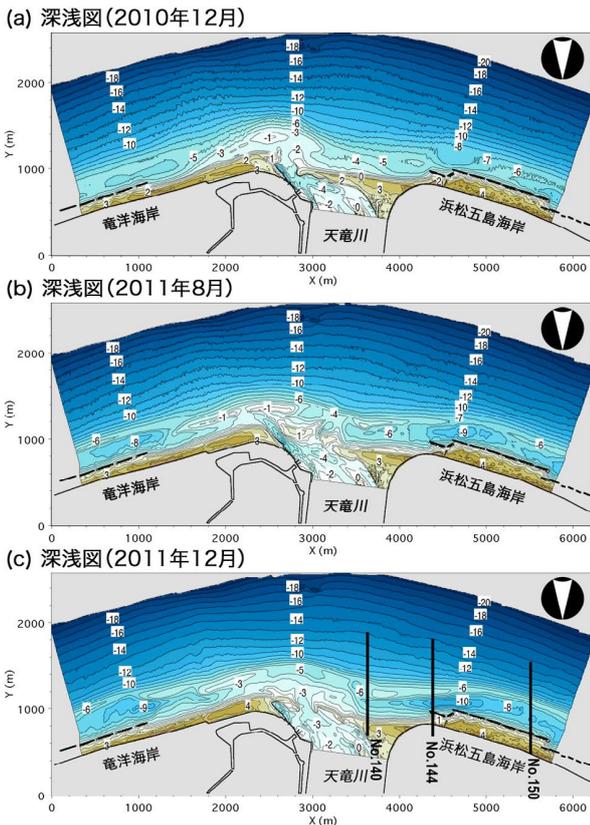


図-1 浜松五島海岸のNMB 測量結果<sup>1)</sup>

東向きに伸びたとした。また、浜松五島海岸の離岸堤沖から河口沖へと入り込んだ深みは、砂が離岸堤沖を通過して西向きの沿岸漂砂によって運び去られたため形成が進んだと推定した。しかしこの推定は、天竜川河口の西側ではいずれの場所でも西向きの沿岸漂砂が卓越するという前提条件下での推論であって、その妥当性は確認されておらず、浜松五島海岸での漂砂の方向については再考の余地が残されていた。

一方、宇多ら<sup>2)</sup>は浜松五島海岸の西側に隣接する浜松篠原海岸（後述の図-3参照）での粗粒材養浜後の地形変化解析を行うことにより、浜松篠原海岸の漂砂特性について調べた。浜松篠原海岸では天竜川の河床堆積物92.9万 $m^3$ を用いた粗粒材養浜が行われたが、この投入土砂はT.P.+3 m~2 m間において4.8万  $m^3/yr$ の速度で西向きに運び去られたと述べている。これより、浜松五島海岸に隣接する浜松篠原海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越していることが確認できるが、それと同様な漂砂が浜松五島海岸でも生じているかどうかは不明である。なお、浜松五島海岸への作用波については、天竜川河口左岸沖の竜洋観測所で行われている波浪観測結果が参照できる。観測波の波高・波向別エネルギー頻度分布を図-2に示す。卓越波向はS~SSWであり、離岸堤群区間の汀線にほぼ直角方向から入射する条件である。また、高波浪については、2019年10月12日に襲来した台風19号時には、最大有義波高7.42m、周期12.5sの波浪が作用している<sup>3)</sup>。

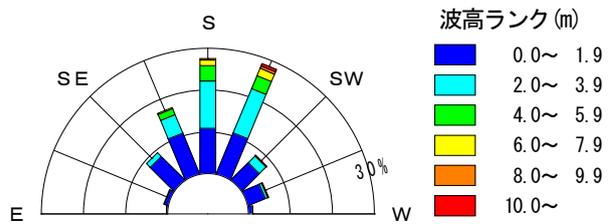


図-2 波高・波向別波浪エネルギー頻度分布 (1998~2020年、竜洋観測所)

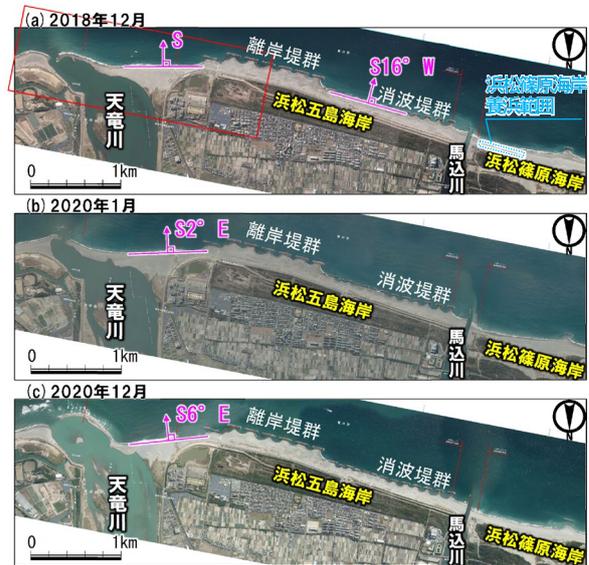


図-3 浜松篠原・五島海岸の空中写真 (2018年と2020年)

### 3. 天竜川河口砂州と浜松五島海岸の広域地形変化

図-3は天竜川河口と浜松五島海岸の2018年と2020年の空中写真を示す。浜松五島海岸では天竜川河口側から堤長150 mの離岸堤が6基、その西側には14基の消波堤が設置されている。いま、図-3において天竜川河口右岸において汀線への法線を引き、その方向角を求めると、法線方向角はS (2018年12月), S<sup>2</sup>° E (2020年1月), S<sup>6</sup>° E (2020年12月)となる。2020年12月では洪水に伴う河口砂州の変動に伴い汀線が左回りに大きく傾いていたが、他の2時期の方向角の変化は小さく、平均の方向角はS<sup>1</sup>° Eである。これらの時期、河口砂州の西側は浜松五島海岸の離岸堤群により、東側は沖向きに突出した天竜川の河口砂州により挟まれていたから、河口右岸砂州の汀線はほぼ閉じた漂砂系内で入射波の方向と直角になっていたと推定され、したがって波の平均的な入射方向はほぼS<sup>1</sup>° Eと推定できる。

次に、浜松五島海岸において、図-3(a)に示すように浜松五島海岸の消波堤群のほぼ中央において海岸線に法線を立てると、その方向角はS<sup>16</sup>° Wとなる。したがって平均的な波の入射方向S<sup>1</sup>° Eに対し、この付近では左回り

に17° の方向から波が入射することになり、西向き漂砂を発生させる。この結果は、宇多ら<sup>2)</sup>で述べた浜松篠原海岸での西向き沿岸漂砂の発達と調和的である。図-3によれば、浜松五島海岸の離岸堤や消波堤の設置区域の海岸線はほぼ直線状に伸びているから、直線状の海岸線に設置された施設の沖では上記の左回りに17° の方向からの波の入射となって西向きの沿岸漂砂が発生していると考えられる。しかし、離岸堤群の東端近傍では海岸線の向

きが左回りに回転しているから、平均的な波の入射方向とのなす角は小さくなり、西向きの沿岸漂砂は起こりにくくなると考えられる。

次に、浜松五島海岸の深淺測量の結果より地形変化について調べた。図-4には2016、2019、2020年の深淺図を示す。これらより離岸堤沖の海底形状を調べると、いずれの時期においても浜松五島海岸の6基の離岸堤のうち、東端から3基目の離岸堤を横断する測線ABを境に海底形状が東西で対称的な姿となっている。すなわち離岸堤沖の水深6 m付近では、測線ABを中心に両側から細長いトラフが入り込んできており、あたかも測線AB付近が分水嶺のような地形形状となっている。これより測線ABを境に沿岸漂砂の向きが変化していることが示唆される。浜松篠原海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越しているので、測線ABの西側での東向きに細長く入り込んだ深みは、西向きの沿岸漂砂により砂が運び去られたため形成されたと考えられる。一方、測線ABの東側では、離岸堤沖の等深線が東側ほど後退していることから、これと逆に東向きの沿岸漂砂による地形変化が起きたと考えられる。

浜松五島海岸の離岸堤群は西向きの沿岸漂砂を阻止していると見られ、その場合、河口砂州の西端は沿岸漂砂の出入りがない固定境界に近い条件を有している。一方、河口左岸の竜洋海岸近傍では、天竜川の流路が左岸側に偏っているため洪水による砂州変動が著しく、また、河川からの流出土砂が河口沖テラスに堆積して著しい地形変化が生じている。これを考慮し、図-3に矩形で示すように、河口左岸側から浜松五島海岸の離岸堤の一部に至る区域の空中写真を基に地形変化を調べた(図-5)。2008年3月では河口砂州は直線状の汀線であったが、2020年12月ではその直前の2020年7月7日に天竜川で時間最大流量6,050 m<sup>3</sup>/sの出水が発生したため砂州は大きくフラッシュされた。この結果、河口左岸近くで半円形状の細長

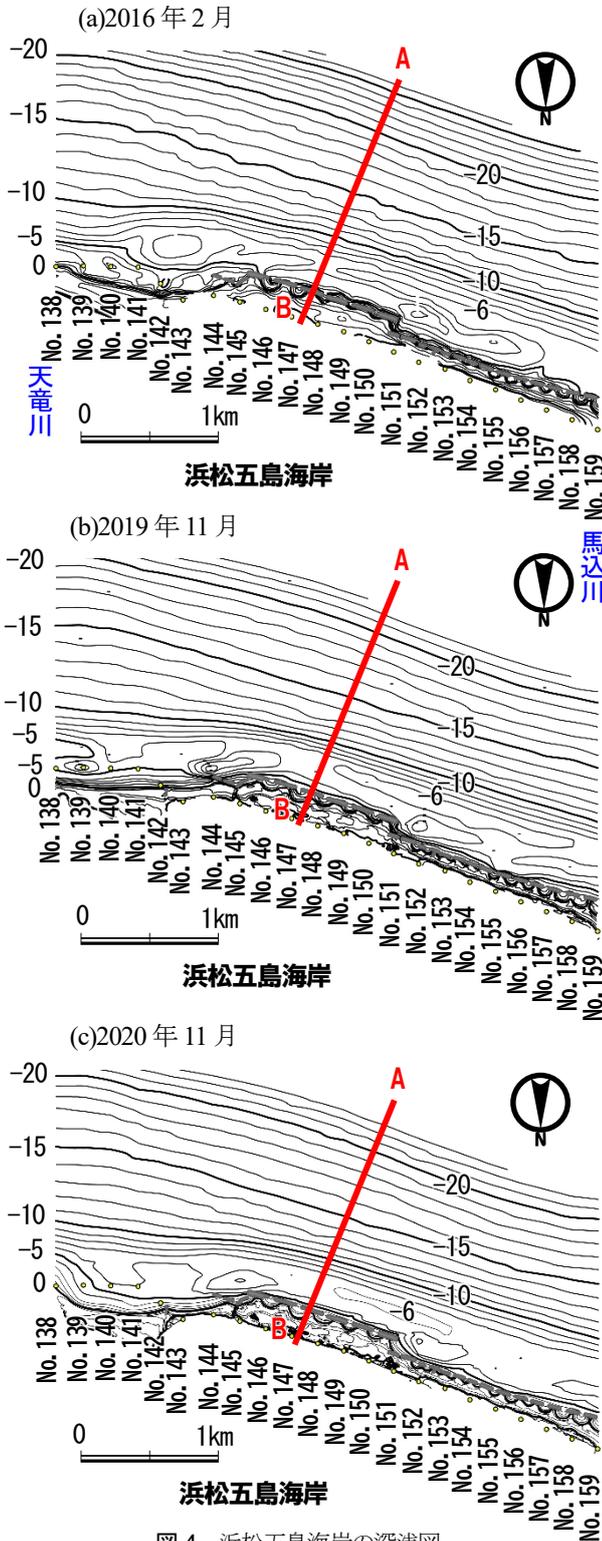


図4 浜松五島海岸の深淺図



図5 天竜川河口の垂直空中写真

い砂州が形成され、河口左岸から中央部へと汀線が大きく後退した。このように天竜川の河口砂州は洪水起源での砂州の地形変動が大きい。砂州変動に伴い測線No.140ではその影響を強く受けているが、その影響は西向きに減少し、No.142付近ではその影響も小さくなっている。したがって現況の浜松五島海岸では、天竜川の洪水起源の地形変動を直接受ける状態にはないといえる。

#### 4. 浜松五島海岸東端部の局所的地形変化

浜松五島海岸に設置された突堤周辺の地形変化について

て詳しく調べるために、測線No.142と離岸堤東端部の矩形区域を選び、2008～2020年の空中写真を切り出して図-6に示す。まず、2008年3月ではNo.143とNo.144間では汀線が凹状であったのと対照的に、海岸堤防が半円形に突き出しており、このためNo.143とNo.144の midpoint で堤防前面の浜幅が最も狭まっていた。一方、No.144にある消波堤の東側ではフック状の汀線が形成され、消波堤背後の砂州幅はかなり広がった。2012年にもほぼ同様な状況が見られたが、No.144にある消波堤背後の砂浜幅が狭まり始め、それと連動してNo.143とNo.144の midpoint の前浜幅の減少が始まった。このような侵食はその後も続き、2013年1月では堤防前面の浜幅が大きく狭まった。一連の堤防



図-6 突堤設置箇所周辺の垂直空中写真

前面の浜幅の減少により堤防からの越波が起こったことからその対策が求められた。浜幅が著しく狭まった区域の西側は、浜松五島海岸の消波堤および離岸堤により区切られているので、この期間に起きた海浜変形は東向きの沿岸漂砂により砂が運び去られたことによると考えられる。

その後、2014年には浜松五島海岸の東端に位置し、沈下が著しかった消波堤の高上げ復旧工事が始まり、これにより2016年1月には消波堤背後の舌状砂州の規模が増した。なお同じ時期にNo.142での突堤の建設工事も始まった。さらに2020年1月では、No.142とNo.144の間で養浜が行われたため、堤防前面に約50mの浜幅が確保され、現在に至っている。

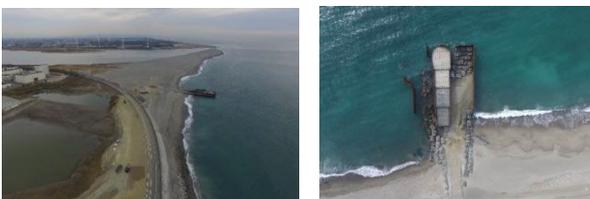
図-6に示したものと同様な空中写真より、堤防前面(No.143とNo.144の中間地点)の浜幅を読み取り、浜幅の経時変化をまとめたのが図-7である。この地点での浜幅は2008年には48 mであったが、時間経過とともに減少し2016年には20 mまで狭まった。しかし2016年以降、浜幅は急速に増加し、2020年1月には74 mまで広がり、2016年から2020年での浜幅の増加量は54 mに達した。また、2012年以降、No.142とNo.144の間の区域では天竜川の河床堆積砂礫7.3万 m<sup>3</sup>による養浜も行われてきているので、堤防前面の浜幅の増加にはその効果も含まれている。

突堤建設区域周辺ではUAV（ドローン）による斜め写



図-7 突堤西側の浜幅変化 (空中写真判読による)

(a) 2016年1月12日



(b) 2020年1月16日



図-8 浜松五島海岸の UAV 画像

真と垂直写真も撮影された。そこでこれらの画像より、図-7に矢印で示すように、浜幅が狭かった2016年と浜幅が広がった2020年の画像より海浜状況の変化を調べた。図-8には2016年1月12日と2020年1月16日撮影の天竜川河口を望む斜め写真と垂直写真を示す。2016年には堤防前面の浜幅は図-8(a)のように狭かったが、突堤の垂直写真によれば突堤西側の汀線が東側より沖側に位置していた。これより2016年1月には汀線付近で東向きの沿岸漂砂が起きていたことが分かる。しかし2020年1月には浜幅が広がり、汀線が突堤先端にまで前進した。2020年1月の斜め写真において、遠方に望める天竜川の河口砂州の最突出点の西側では、フック状の汀線が形成されていることから西向きの漂砂が生じていたことが分かる。このため突堤の東側では汀線が前進した。一方で、突堤の西側では養浜が行われたことにより汀線と平行に前浜が広げられた。以上の効果が重なって起きた結果、図-8(b)に示す状況になったと考えられる。

## 5. 深浅測量データに基づく汀線と縦断形の変化

浜松五島海岸で行われてきた深浅測量データより、測線No.142, 143, 144を選んで各測線上の汀線変化をまとめたのが図-9である。既に空中写真から読み取った浜幅は図-7に示したが、浜幅は2008年から2016年まで減少した後、2020年まで急速に広がった。これと対応させると、No.142の汀線は2016年までに64 m後退し、その後元の水準に戻っており、浜幅の変化と連動した変動が見られる。No.143でもNo.142と同様、ほぼ2016年頃までに汀線は後

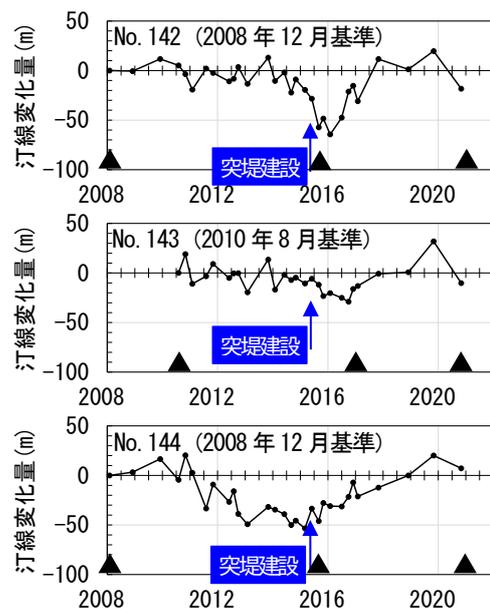


図-9 突堤周辺の汀線変化 (深浅測量)

退し、その後再び汀線が前進しており、この測線でもまた浜幅と連動した動きが見られる。しかし浜松五島海岸の消波堤を横断するNo.144では、汀線は2013年まで著しく後退し、2016年を境に前進傾向に変わっている。No.144での汀線変化はその東側に位置するNo.143, 142より先立つ時期に起きている。この理由として、No.144にある消波堤は2014~2016年に嵩上げ復旧が行われたから、嵩上げに伴い消波堤の波の遮蔽効果が増してNo.143, 142より早期に汀線の前進が起きたと考えられる。

図-10は、No.142, 143, 144での汀線変化（図-9）と対応させた海浜縦断形の変化を示す。いずれの断面でも-5 mより沖ではバー・トラフの移動に伴う地形変化が大きく、地形変化の系統立った解釈は難しい。よって以下では-5 m以浅での地形変化に着目すると、No.142にあっては2008~2015年に汀線が後退し、その後2020年までに再び前進したが、その際、汀線付近では標高3~-5 m間の断面が岸沖方向にきれいに平行移動していることから、沿岸漂砂に起因する地形変化が起きたことが分かる。これに対し、No.143の縦断形変化では岸沖方向の変動のみ大きく、No.142ほど顕著な傾向を示していないが、これは図-9に示す汀線変化においても顕著な特徴が見られないことと対応している。

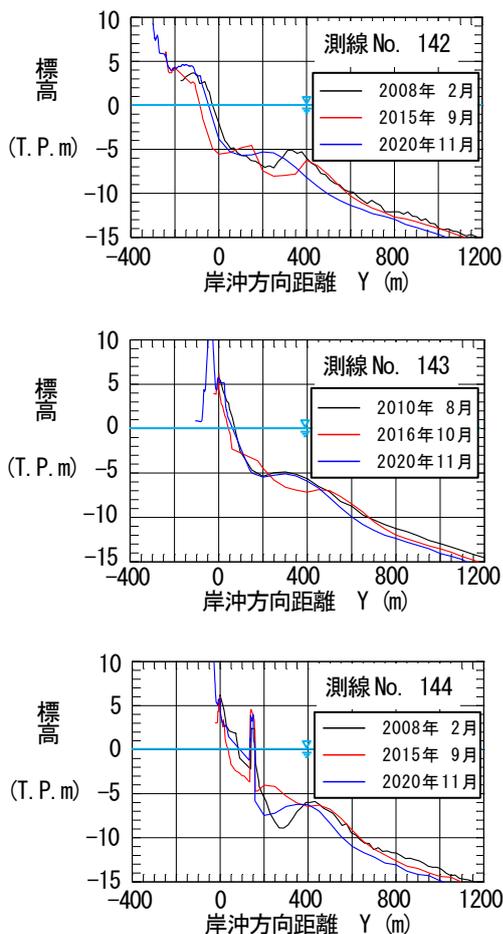


図-10 突堤周辺の縦断形比較

No.144では、2008~2015年に消波堤の岸側で侵食が進んでいたが、沈下した消波堤が2016年1月までの嵩上げ復旧後、消波堤の陸側で堆積が著しく進み、2008年当時の縦断形に近づいた。消波堤の設置水深は5 m付近であり、この水深はNo.142において海浜断面が平行に前進した範囲の沖端水深と一致している。図-6の垂直写真に示したように、No.143とNo.144の midpoint では2016~2020年に浜幅が広がったが、この結果と図-10に示すNo.143での断面積の増加は調和的な結果である。しかしNo.143の東に200 mに位置するNo.142では、No.143より断面の前進量が大きいことから、消波堤の嵩上げ復旧に伴う汀線の前進効果はNo.142までは及んでおらず、No.142は河口砂州の変動の影響が残されていると考えられる。

結局のところ、浜松五島海岸東端部で起きた地形変化は、消波堤の嵩上げに起因した消波効果の増大による周辺部での汀線前進と、養浜による土砂量増大によって生じたものと考えられる。

## 6. まとめ

浜松五島海岸東端部での地形変化は、天竜川の洪水に起因した河口砂州の変動を受けつつも、長期的には東向きの沿岸漂砂により砂が流出することにより進んできている。その対策として、浜松五島海岸の東端部に突堤が伸ばされた。現況ではその先端水深が0.5 mと小さいため、水深5 m以浅で活発な沿岸漂砂の阻止効果は顕著な形では見られないが、図-8(a)に示したように、前浜での沿岸漂砂の阻止上一定の効果があることは確認できた。一方、No.144に設置されている消波堤については、2014~2016年に嵩上げ復旧が行われ、これによって消波効果が高まったため、消波堤背後での堆砂が進み、東側隣接海岸の汀線をも前進させる上で著しい効果が出ており、これによりNo.144とNo.143の間の浜幅が狭い区間では汀線の前進が図られた。さらにこの区間では2012年以降、天竜川の河床砂礫7.3万 m<sup>3</sup>を用いた養浜が行われたことも汀線の前進に寄与している。

以上のように、消波堤の嵩上げによる消波効果の回復に伴う堆砂と、養浜によりNo.143とNo.144の間の浜幅は2008年当時の水準までほぼ回復しているが、将来的には再び2013年当時のような著しい侵食が起こることもあり得る。したがって今後予定されている突堤の海側残区間の整備については、汀線変化状況を十分モニタリングした上で突堤の最終形状を決めることが望ましいと考えられる。

## REFERENCES

- 1) 三波俊郎, 宇多高明, 石川仁憲, 大井戸志朗, 遠藤和

- 正, 佐藤純一郎: 天竜川河口右岸の浜松五島海岸で進む集中的な侵食の実態, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I\_646-I\_650, 2013.[San-nami, T., Uda, T., Ishikawa, T., Oido, S., Endo, K. and Sato, J.: Rapid and severe erosion of Hamamatsu-Goto coast west of Tenryu River mouth, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 69, No. 2, pp. I\_646-I\_650, 2013.]
- 2) 宇多高明, 内藤慎也, 袴田充哉, 八木裕子: 粗粒材養浜後の浜松篠原海岸の海浜変形の実態, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.77, No.2, pp.I\_601-I\_606, 2021. [Uda, T., Naito, S., Hakamata, M. and Yagi, H.: Beach changes on Hamamatsu-Shinohara coast after beach nourishment using coarse material, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 77, No. 2, pp. I\_601-I\_606, 2021.]
- 3) 宇多高明, 貝沼征嗣, 袴田充哉, 八木裕子: 通常と逆向きに発達した沿岸漂砂による竜洋海岸の侵食, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.76, No.2, pp.I\_541-I\_546, 2020. [Uda, T., Kainuma, M., Hakamata, M. and Yagi, H.: Erosion of Ryuyo coast due to longshore sand transport reversed from normal condition, *Transaction of the Japan Society of Civil Engineers B2 (Coastal Eng.)*, Vol. 76, No. 2, pp.I\_641-I\_546, 2020.]

(Received February 9, 2023)

(Accepted May 11, 2023)

## BEACH CHANGES AT EAST END OF HAMAMATSU-GOTO COAST NEXT TO TENRYU RIVER MOUTH

Takaaki UDA, Taisuke HARADA, Yusuke ITO and Hiroko YAGI

At the Hamamatsu-Goto coast next to the Tenryu River mouth, a groin has been constructed and beach nourishment was carried out between 2012 and 2020 using  $7.3 \times 10^4 \text{ m}^3$  of the riverbed material of the Tenryu River to widen the foreshore at a narrow beach in front of the seawall, where once wave overtopping occurred. Monitoring surveys of the beach changes, such as the bathymetric surveys around the groin and UAV measurements, were conducted after the extension of the groin to evaluate the most appropriate depth of the groin. In this report, the intermediate results of the monitoring surveys were reported. It was found that the beach width has increased owing to the beach nourishment as well as the recovery work of the detached breakwaters and the construction of the groin.