

お台場海浜公園の海浜変形と その保全に関する一考察

BEACH CHANGES IN ODAIBA COASTAL PARK AND SHORE PROTECTION

石川仁憲¹・芹沢真澄²・三波俊郎³・古池 鋼³・

宇多高明⁴・清野聡子⁵・渡辺宗介⁶

Toshinori ISHIKAWA, Masumi SERIZAWA, Toshiro SAN-NAMI, Kou FURUIKE,
Takaaki UDA, Satoquo SEINO and Syusuke WATANABE

¹正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ(株) 港湾部 (〒206-8550 東京都多摩市関戸 1-7-5)

²正会員 海岸研究室(有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉 1-22-208 ロイヤル若葉)

³海岸研究室(有)

⁴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)

⁵正会員 農修 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科助手 (〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1)

⁶東京大学大学院総合文化研究科

Beach changes of the artificial beach made in Odaiba Coastal Park of Tokyo located deep in Tokyo Port were investigated by field observations. The shoreline of this artificial beach was made in a L-shape due to the limitation of land usage in the park and predominant waves are incident obliquely at a large angle at one part of the beach. This causes shoreline recession at that site due to the action of longshore sand transport toward the inner side of the bay beaches. Shore protection using seawall made of wood was adopted, but beach erosion advanced to fail this seawall. Some measures to solve further beach changes were proposed and compared.

Key words : Beach changes, Odaiba Coastal Park, seawall, beach nourishment

1. まえがき

東京湾湾奥部には近年お台場海浜公園が東京都によって建設された。この公園は都心から近いために多くの人々の利用に供されている。公園内には逆L字形の汀線形状を有する人工海浜があり、東京湾内での数少ない砂浜として有名である。海浜公園の汀線は逆L字形に曲がっているが、水域形状が南西側に広いためにこの方向からの入射波浪が卓越し、波が大きく斜め入射する区域では養浜砂の移動が生じ、一部侵食区間では海岸の景観を損ねるまでに至っている。

ところで、入り組んだ海岸線形状を持った湾内の海浜(人工海浜を含む)や湖浜では、外海・外洋に面し、直線的な海岸線を有する海岸と比較して入射波のエネルギーレベルが低いために、地形変化の生じる水深は小さいものの、海(湖)岸線への入射波の斜め入射角度が著しく大きくなることがしばしばあり、そのため長い海岸線では観察されないような砂州(砂嘴)の発達が顕著に見られることがある。それらの実例としては、北海道東部に位置するサロ

マ湖の例¹⁾や、茨城県北東部にある涸沼の例²⁾などがあげられる。上述のお台場海浜公園の人工海浜もこうした条件下にあることから、砂移動とその結果としての海浜変形については他の例と比較しつつ調べるのが有効である。そこで、1998年6月26日と8月26日にお台場海浜公園の人工海浜の現地踏査を行った。ここではこれらの現地踏査時のデータをもとに海浜変形の要因分析を行うとともに、今後の海浜保全手法について考察する。

2. お台場海浜公園内の人工海浜の概要と問題点

写真-1はお台場海浜公園の計画図である。逆L字形の部分には人工海浜であって、埋立地の隅角部にある公園の前面に養浜された人工海浜である。この人工海浜は、海岸線の南西端を突堤で、北東側をお台場公園の埋立地でそれぞれ区切られている。水域はお台場・埋立地と2つの人工島で囲まれ、南西側が開いたコの字型の形状を有し、南西に長いフェッチを有している。このため南西側からの風波が卓越しやすい条件にある。逆L字形の汀線のうち、本研究

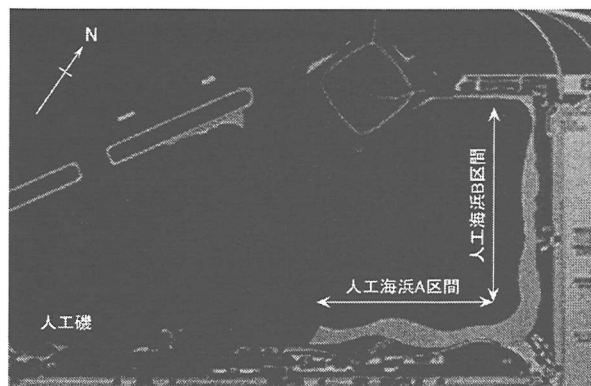


写真-1 お台場海浜公園の計画図



写真-4 南西端部の突堤と手前側に形成されたフック状汀線

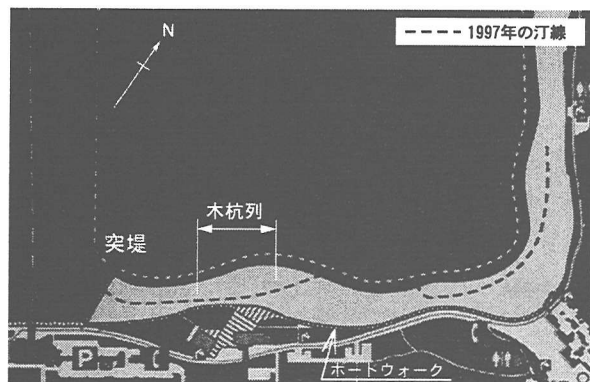


写真-2 A区間の拡大図及び木杭列の位置と1997年の汀線

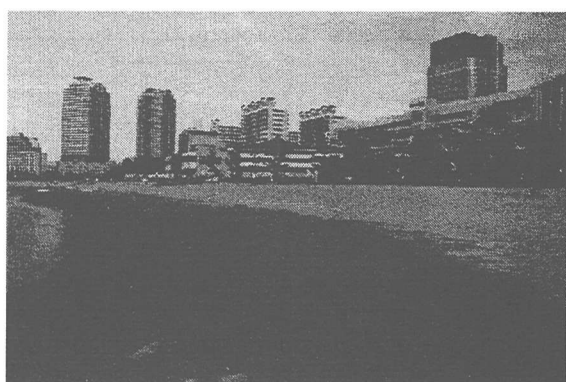


写真-5 突堤上から北東側のフック状汀線を望む

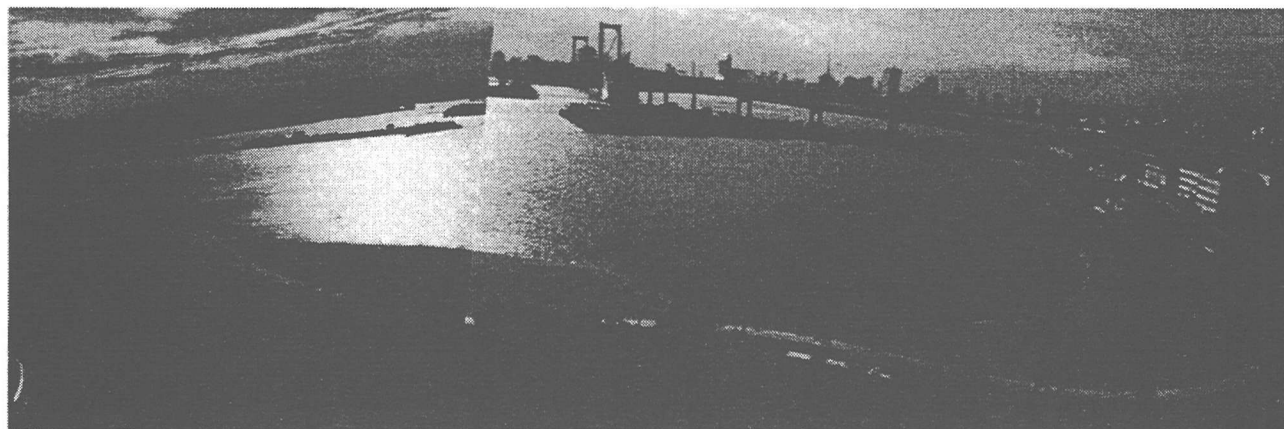


写真-3 マンション上から見た海岸の全景

では南側のほぼ東西方向に伸びる区間をA区間、東側のほぼ南北方向に伸びる区間をB区間と呼ぶ。また逆L字形の人工海浜の南西側には人工磯がある。写真-2はA区間の拡大図である。計画図によれば、A区間の汀線はS字形の形状を持った親水護岸（ボードウォーク）の前面で護岸線とほぼ平行に養浜し、護岸前面にほぼ均等な砂浜幅が取れるよう全体に緩やかに波うった海岸線形状をイメージした設計がなされている。しかし1997年のA区間の汀線（空中写真より作成）はこの計画汀線とかなり大きく異なっている。写真-3は現地踏査時の海岸の状況を示すもので、近くのマンション上から撮影した全景写真である。海岸線背後の護岸と汀線の間関係を見ると、

護岸が沖側に突出した部分では汀線が岸側に後退して護岸前面の砂浜幅が狭く、護岸が凹んだ部分では逆に汀線が突出して砂浜幅が広い。ちょうど汀線と護岸線の波形が逆位相になっているように見える。

3. 海浜の現地調査（第1回）

6月26日は西風が強く、西側からの風浪が立っていた。A区間の南西端から北東方向に踏査を行った。まず写真-4は、A区間の南西端にある突堤と、その基部の砂浜状況を撮影したものである。突堤の手前側では汀線が凹状に湾入している。写真は干潮時に撮影されているが、満潮時汀線付近の勾配は急



写真-6 侵食された木杭列の南西端部



写真-7 木杭列による防護区間北東端に積み上げられた土嚢

で、一部には浜崖も形成されている。これに対して現況の干潮時汀線付近は緩勾配となっており、粗粒の海浜材料が海浜表面を覆っている。これは養浜砂のうち細粒分が流出し、粗粒分が残されてアーモークコートが形成されているためと考えられる。同様に写真-5は写真-4と逆に北東方向を望んで海浜状況を撮影したものである。突堤の北東側の汀線が凹状になっていることがよく分かる。写真-2の計画図の通り養浜がなされたとすれば、突堤の先端近くまで砂浜があるはずである。しかし、実際には写真-4,5に示すように汀線は突堤先端よりずっと岸側にあり、突堤の付け根を中心として汀線がフック状に後退している。突堤の北東側が侵食されたのは西側からの入射波によって養浜砂が北東向きに移動した結果と考えられる。その証拠に、写真-4,5に示した汀線状況は、沿岸漂砂を阻止する突堤状構造物の沿岸漂砂下手側で見られる典型的な海浜状況³⁾であるからである。

ところで写真-5において、写真左端付近にある2棟の高層ビルの前面付近では、護岸線が沖に張り出し砂浜幅が狭まっている。この付近の背後地はボードウォークと芝の広場となっていて行楽客が最も多く集まる場所であるが、その前面で砂浜幅が非常に狭いことは海岸利用上望ましくないことである。

写真-6は護岸の最突出部である。護岸前面の砂浜の侵食を防ぐために、木杭列とその裏側に板柵が設



写真-8 木杭列から北東側に伸びる海浜の状況



写真-9 A区間北東部の砂州先端付近の前浜と斜め入射波置されている。しかし木杭列の端部では裏側の海浜砂が波の作用で削り取られているのが観察される。この木杭列は背後の盛土を守る上では効果があるものの、景観上望ましいものではない。

写真-7は木杭列の巻き込み部の状況である。階段基部の砂浜が削り取られたために、多くの土嚢が積み上げられている。突出した木杭列の北東側隣接部は、南西側からの沿岸漂砂の流入量が小さいために汀線の後退が最も著しく現れる場所であるから、写真-7に示すような対策が行われたことにはそれなりの理由があることである。しかしこれらの木杭列と土嚢は海浜公園の景観を明らかに台無しにしている。

木杭列は突堤のように沿岸漂砂移動を著しく阻止するものではないから、北東向きの沿岸漂砂は今後も存在し続け、その結果ここより南西側の海浜が侵食されることになる。また、木杭列の基部の砂浜地盤高が低下すると、木杭列の下部から土砂流出が起こり、その結果木杭列が倒壊する可能性がある。これと全く同じ木杭列を用いた護岸の被災が茨城県の潤沼親沢鼻砂嘴周辺で観察されている²⁾。

写真-8は、護岸突出区間の北東側の海浜を望んだものである。砂浜は広くなり、汀線が沖に突出して



写真-10 砂州の北東側で湾入する海浜



写真-12 突堤の南西側の人工磯区間を南西端から望む



写真-11 A区間とB区間の境界部



写真-13 土砂が流出した人工磯の岸側の状況

砂州をつくっている。しかし地表面の一部に粘性土が表れていることから、この大部分は人工的に造られたものと推定される。この一帯は汀線の突出とは逆に護岸線が岸側に凹んでいるため後浜は広い。砂州の汀線は大きく沖に突出したあと、今度は岸側に凹んでいく。写真-9は砂州の突出部付近であるが、前浜はふっくらとした膨らみをもち、砂が堆積してできた地形であることがすぐわかる。

写真-10は突出した砂州を回り込んだ位置の海浜状況である。汀線が岸側に大きく湾入している。また、汀線の湾入部では、砂州の突出部とは対照的に前浜も狭い。これは突出した砂州が突堤と同様な沿岸漂砂阻止機能を発揮したため、そのすぐ下手側で汀線が大きく後退したのである。これと同じように波が海（湖）岸線と平行方向から入射するため、砂州（砂嘴）自身が波を遮蔽し、それによって砂州（砂嘴）は益々発達し、その下手で浜崖侵食が生じる例は、北海道のサロマ湖湖浜でも観察されている¹⁾。

写真-11はA、B区間の境界部の海浜状況である。ここでは汀線はなだらかな湾入形態となっている。

4. 海浜の現地調査（第2回）

（1）突堤の南西側の人工磯区間

第2回現地調査は1998年8月26日に行った。この時の気象条件は晴れで南西の風が吹く条件であ

った。この調査は、第1回調査の範囲に含まれていなかった突堤南西側の人工磯まで調査範囲を広げて実施した。まず写真-12は南西端にある栈橋から撮影した人工磯区間の全景である。捨石を並べた傾斜護岸があり、護岸より内陸側には松林と芝が見える。この区間では緩勾配の護岸のうち、ほぼ護岸天端から現況の水面までのほぼ半分までが黒ずんで見えることから、その高さまでが通常波の作用を受けていることが分かる。この高さと比較して護岸高は充分高いため、波浪の侵入は防がれている。しかし、写真-12の護岸の中央付近では写真-13の状況が観察された。ここでは護岸背後の地盤高が護岸天端より低くなっており、ポールの右側の平坦な地盤面と比較すると、護岸背後地盤の土砂の一部が越波により流出したと見られることである。この護岸は、同じ捨石製ではあるが写真-12の場合と比較して天端高が低いために天端を越えて海水が侵入し、捨石間から細粒の土砂が流出したと考えられる。そのため越波が起きた場所では砂礫が多く残されたと考えられる。

（2）人工海浜区域

写真-14は木杭列の南西端付近の状況である。6月26日には写真-6に示したように木杭列の端部が侵食されていたが、その対策として多数の土嚢が新たに設置された。土嚢は木杭列の端部だけでなく、その前面に沿っても連続的に設置された。このこと



写真-14 木杭列の南西端部



写真-16 木杭列端部の土嚢による防護状況



写真-15 木杭列の北東端部とそれより北東側の海浜状況

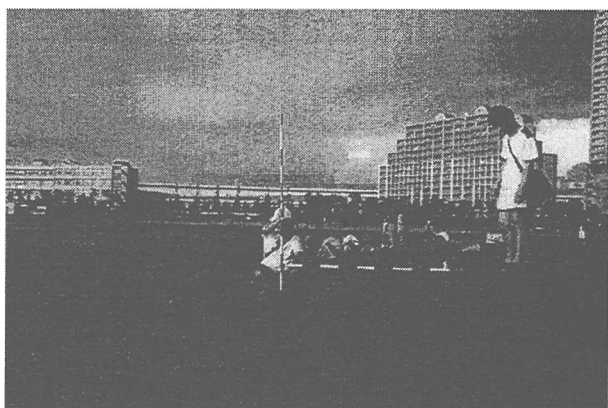


写真-17 突出した砂州の先端部

からこの木杭列周辺では侵食が問題視されていることが明らかである。写真-15 は木杭列の北東端とその先の突出した砂州の汀線の全体状況を示す。木杭列の端部のほぼ中央に黒っぽく満潮時汀線が写されている。この汀線と比較して木杭列は大きく沖側に突き出ている。このことは、木杭列が北東向きの沿岸漂砂移動をかなり阻止していることを示している。写真-16 は、木杭列の端部の状況である。写真-7 とほぼ同じ位置から撮影されている。6 月 26 日には土嚢の上に砂が被さっており、また土嚢の左端では急勾配ではあるが砂浜であった。しかし、写真-16 によれば土嚢端部の砂浜では侵食が進んで浜崖が形成されている。このように 2 カ月間で木杭列の端部ではさらに侵食が進んだことが分かる。

写真-17 は突出した砂州の先端部の海浜状況である。ここでも海浜勾配が約 1/7 の急勾配となっており、全体に上に凸状であって、堆積域の海浜縦断形の特徴を示す。

写真-18 は突出した砂州とその東側で生じた浜崖侵食域を同時に示したものである。砂嘴状に砂州が突出して沿岸漂砂が連続的に流れないために、突出した砂州の北東側では汀線が後退して浜崖侵食が進んでいることがよく分かる。この特徴は、沿岸漂砂の卓越した海岸に造られた突堤の漂砂下手側で観察される海浜状況とよい一致を示す。ここでは砂嘴状に突出した砂州が突堤の役割を果たしている。



写真-18 突出した砂州の北東端部

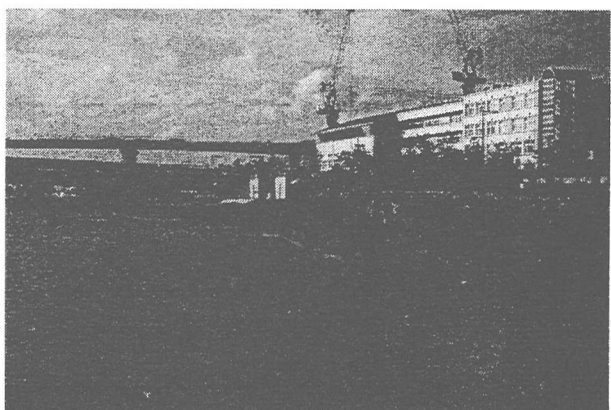


写真-19 B 区間の海浜状況

写真-19 は B 区間の海浜状況である。緩やかに凹状に湾曲した海岸線ときれいなバームが形成されている。

5. 考察

A 区間では、養浜後北東向きの沿岸漂砂に伴う砂移動によって海浜変形が生じたことは間違いない。ここでは波状の法線形状を持った護岸前面での砂浜幅が場所的に大きな変動を示し、砂浜幅の狭い所では護岸が今にも波に洗われそうな状況にある。現在は木杭列や土嚢によりかろうじて護岸が防護されているが、侵食は現在も進行中である。このままではやがてこれらの防護施設も壊れることになる。一連の地形変化は、北東向きの沿岸漂砂によって南西側の海浜から順に砂浜が消失し、B 区間に堆積するというもので、卓越波向が A 区間の汀線に対して平行方向である以上不可避な変化である。究極的には A 区間の砂が全て B 区間に移動しきるまで侵食が続くことになろう。

A 区間の砂浜を維持するためには何らかの対策が必要である。その場合、突堤などの構造物により沿岸漂砂を阻止することで対処する方法もあるが、この海岸の場合そうした構造物を造るのはそぐわないと考えられる。これは多くの突堤群が建設された京都府の天の橋立を思い起こせばよい⁴⁾。

A 区間の突出した砂州の周辺は砂浜がふっくらとしていて、湾曲した汀線は魅力的である。そこに斜め入射した波が次々と砕波している様子も美しい。そのためか、砂州のまわりには水遊びをする家族がたくさん集まっているのが目を引いた。当海岸は人工海岸とは言え都心近くでは数少ない砂浜であり身近に自然が乏しい都会の人々に親しまれている。したがってこの砂浜は構造物のない自然に近い状態を保持するのが望ましいと考えられる。

沿岸漂砂の移動を許し、構造物を造ることなしに海浜を安定化する方法としては、漂砂の上手側から人工的に砂を補給する方法がある。その場合下手側に堆積した砂を上手側に運んで供給するサンドリサイクルが考えられる。この海岸における沿岸漂砂量は、水域の遮蔽度が大きいために、外洋に面した海岸に比べれば著しく小さく、小規模な湖内の漂砂量と同じ $10^2\text{m}^3/\text{yr}$ のオーダーと考えられる。したがって工費的には安くすむ。問題は、お台場海浜公園は常時多くの人々に利用されているため、B 区間に堆積した砂を運び出し、それを上手側から投入する工事が可能かどうかである。工事が困難な場合、上手側での土砂投入のみを行うことも考えられるが、その場合には最終的に沿岸漂砂が流れつく B 区間の前浜幅が広くなりすぎて、冬季における飛砂が問題化する可能性が大きい。

一方、人工磯の捨石の陸側で起きた侵食に対しては、さらなる侵食防止のためには粒径の大きな砂礫を投入すればよいと考えられる。なお、沿岸漂砂

量の推定精度を高めるには、海浜縦断形を測量によって調べるとともに、底質採取を行って中央粒径の大きく変化する水深を調べればそれらから推定が可能である³⁾。

お台場海浜公園の人工海浜では緩やかに波うった海岸線形状をイメージした景観設計が行われているが、これは養浜砂が移動しないことを前提にしていると思われる。なぜなら波の作用を考えれば、そのような形は保持し得ないからである。実際には水域は限られているとは言え、その水域で発生した風波や船舶の航跡波が海浜に作用すればここで示したようにかなりの漂砂移動が起こり得ることから、このような人工海浜の設計においては例え水域は限られていたとしても、漂砂移動について十分な配慮が必要と言える。

6. あとがき

2 回の現地踏査により東京湾お台場海浜公園内の人工海浜の変形実態について調査した。この海浜は東京湾の湾奥に位置しており、都心からわずかな距離にあるため、四季を通じて多くの人々が利用している。作用波は低いものの、海浜のよさを手軽に味わえる点で優れている。この意味で、都市から離れた場所における自然海浜の保全にも増して、人工的ではあるが良好な環境条件で砂浜が保全されることは望ましいことである。この場合、作用波浪のエネルギーレベルは低いものの、漂砂現象としては他の海岸で起きているのと同様な海浜変形が生じていることが注目される。今後は、他の海岸で得られた知見を最大限利用して、良好な砂浜環境を維持・保全していくことが必要である。

参考文献

- 1) 宇多高明・古池 鋼・三波俊郎・芹沢真澄・川森 晃・山上佳範・鈴木将之・神田康嗣・加藤憲一: サロマ湖湖浜における砂嘴群の発達と原生花園地の護岸との関係、海洋開発論文集、Vol.14, pp.221-226, 1998.
- 2) 宇多高明・小菅 晋・松田 勝・篠崎 剛: 台風 26 号に起因する湖水位の上昇と風波による涸沼親沢鼻の護岸の被災、海洋開発論文集、Vol.11, pp.61-66, 1995.
- 3) 宇多高明: 日本の海岸侵食、山海堂、442 p, 1997.
- 4) 矢島道夫・上藺 晃・矢内常夫・山田文雄: 天橋立におけるサンドバイパス工法の適用、第 29 回海岸工学講演会論文集、pp.304-308, 1982.

(1999. 4. 19 受付)