

湘南海岸における台風7号、9号による侵食災害の現地踏査

Field observation of beach erosion caused by Typhoons 9707 and 9709 on Shonan coast

宇多高明*・内田 剛**・高橋由貴***・西村 晋****・福山慎一****

Takaaki Uda, Takeshi Uchida, Yuki Takahashi, Susumu Nishimura and Shinichi Fukuyama

Field observation was carried out on beach erosion of the Shonan coast caused by Typhoons 9707 and 9709. This coast is located in Sagami Bay and therefore usually relatively calm waves are incident. However in 1997 unusual, high waves and long period waves generated by several typhoons attacked this coast. Beach was eroded away and high scarp was formed by the combination effect of high waves and longshore sand transport induced by obliquely incident waves.

Key words: beach erosion, field observation, scarp, typhoon.

1. まえがき

現地海岸においては、台風などの高波浪と満潮とが重なった場合、通常時よりもはるかに著しい海浜変形が生じ、護岸などの海岸保全施設が被害を被ることもしばしばである。高波浪によりこのような災害が起こると、海岸管理者は被災構造物周辺で調査を行い、波浪の作用によって海浜の地盤高が低下し、構造物の基礎部分が壊れた状況を見たのみで、被災原因が高波浪による冲向き漂砂にあると即断してしまうことが非常に多い。しかし、実際にはその構造物周辺だけでなく、被災区域を含む広域の現地踏査を行うと、構造物の被災原因は冲向きに砂が移動したためではなく、沿岸漂砂によって著しい地形変化が生じたことに起因する場合がほとんどである（宇多、1997）。このように沿岸漂砂に起因する地形変化の場合、沿岸漂砂阻止構造物の漂砂下手側には一般に浜崖が形成され、それが漂砂の卓越方向を判断する上でよい指標となる（宇多、1997）。したがって、被災構造物のごく近傍だけでなく、かなり広い海岸域を踏査することが望まれるが、実際に現地踏査を行う場合、どのような視点で、またどのような範囲で調査を行うべきか迷う場合が多い。

1997年6月20日、湘南海岸では台風7号による高波浪が来襲し著しい海浜変形が生じた。この台風では、満潮と台風による気圧低下などに起因して潮位がT.P.+1.28mまで上昇すると同時に、有義波高4.2m(周期10.0s)の高波浪が来襲した。その後、7月26日には湘南海岸に再び台風9号に伴う高波浪が襲来し、台風7号よりもさらに著しい海浜変形が生じた。このような湘南海岸で生じた著しい海浜変形を現地踏査により調べることは、上述の問題点について検討するための非常によいケーススタディとなると考え、それぞれの台風の来襲直後の7月3日と8月7日に現地踏査を行った。これらの現地踏査の調査結果は、すでに個々にとりまとめを行った（建設省土木研究所ほか、1997）が、本研究ではそれらを相互に比較しつつ総合的な検討を加え、海岸災害時の現地踏査のあり方について考察する。

2. 広域における海岸現地踏査の必要性

図-1に示すように、湘南海岸の茅ヶ崎漁港とヘッドランドに挟まれた茅ヶ崎地先ではBMSの試験工事が行われている（平野ら、1997）。この地区は、元々前浜が非常に狭く海浜勾配が急なために、背後の自転車道・遊歩道から海浜地へと下りるため階段が設置されていた。しかし、1997年6月20日に来襲した台風7号によって、写真-1に示すように階段の裏側まで侵食され、階段の通行が不可能となった。また階段の前方（東側）にはテラスブロックが設置されていたが、これらも傾動した。波浪の作用前にはこのテラスブロックの下から2段目までは砂が覆っていたが、

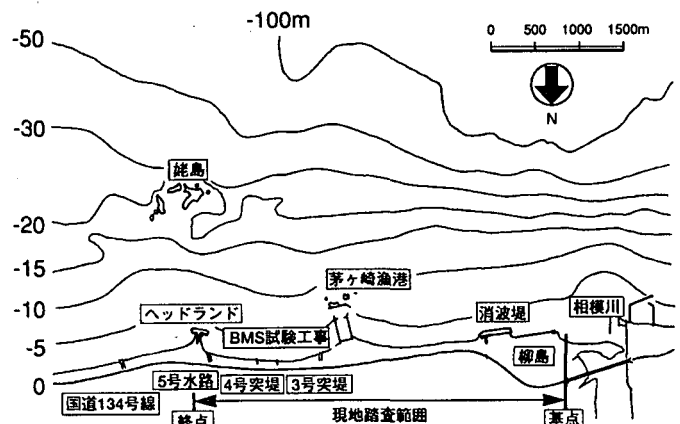


図-1 湘南海岸の現地踏査区域と主な施設

* 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番地）

** 正会員 前神奈川県湘南なぎさ事務所 海岸砂防課長

*** 神奈川県湘南なぎさ事務所 海岸砂防課

**** 正会員 財団法人土木研究センター 研究開発一部

その部分が侵食され、基礎が露出することによってブロックが傾動したものである。このような状況のみを観察すると、緩傾斜護岸の前面が洗掘されているから、これらの施設の被災防止の検討では例えば2次元移動床模型実験などを行って洗掘原因を追求したくなる。しかし、写真-1は侵食の結果を示すにすぎないから、砂が沖向きに移動したのか、あるいは沿岸方向に流出したのかどうかを写真から直ちに判断することはできない。沿岸漂砂によって土砂が運び去られたにもかかわらず、2次元実験による検討を行ったとすると、「砂が沿岸方向に流出した」、という最も本質的な部分についての再現ができなくなる。したがって現地踏査においては、写真-1の周辺のみを見るのでは問題解決に当たって最も重要な点を見失う危険性が大きい。このことから、以下では湘南海岸を対象としてこのような問題について考察することとし、その際の海岸現地踏査のあり方について検討する。



写真-1 茅ヶ崎海岸のBMS試験施工区域における侵食による階段の被災状況 (1997年7月3日撮影)

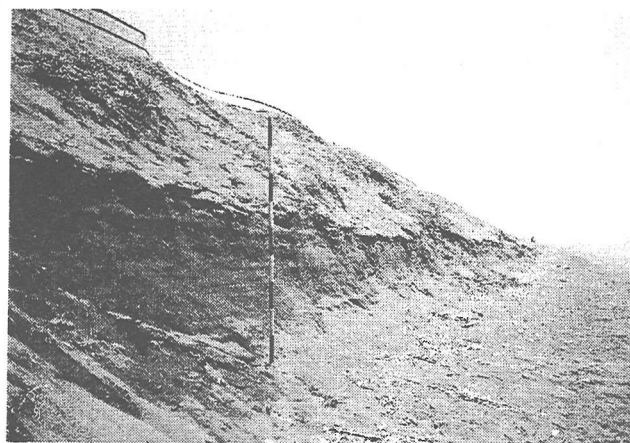


写真-2 柳島地先の消波堤の東側隣接部で観察された浜崖 (1997年7月3日撮影)

3. 海岸現地踏査範囲の選定と来襲波浪の条件

現地踏査区域は、図-1に示したように湘南海岸の相模川河口から茅ヶ崎のヘッドランドまで延長約4kmの範囲である。前浜付近の海底勾配がかなり急な海岸において、沿岸漂砂の移動を阻止する突堤や防波堤などの施設が存在する条件下で、波が斜め入射すればその施設の沿岸漂砂の下手側では浜崖が形成される (宇多、1997)。したがって浜崖の形成の可否を観察することが沿岸漂砂の卓越度を判断する上で非常に有効である。さらに、浜崖は多くの場合沿岸漂砂の下手側に形成されるから、現地海岸において波の卓越方向の判断が可能となる。このような点に注目して現地踏査を行うにしても、海岸構造物の形状・規模は様々なことから、現地調査では海岸にあるいくつかの施設の周辺を対象として、海岸構造物の漂砂下手側における浜崖の形成が繰り返し起きていることを確認する必要がある。このことから、ここでは相模川河口に隣接する消波堤を西側の基点とし、東側は茅ヶ崎のヘッドランドまでを踏査範囲として選んだ。

台風7,9号来襲時における波浪条件として、科学技術庁防災科学技術研究所の平塚沖波浪観測所での波浪観測結果は図-2に示すようである。有義波高・周期および潮位の変化を示す。6月20日の台風7号では満潮と台風による気圧低下などに起因して潮位がT.P.+1.28mまで上昇したと同時に、有義波高4.2m (周期10.0s) の高波浪が来襲した。また、台風9号では7月26日13:00に最大有義波高3.8m (周期14.5s) を記録した。台風7号と比較して波高はやや低いが、14~15sと長周期波が継続したことが特徴である。

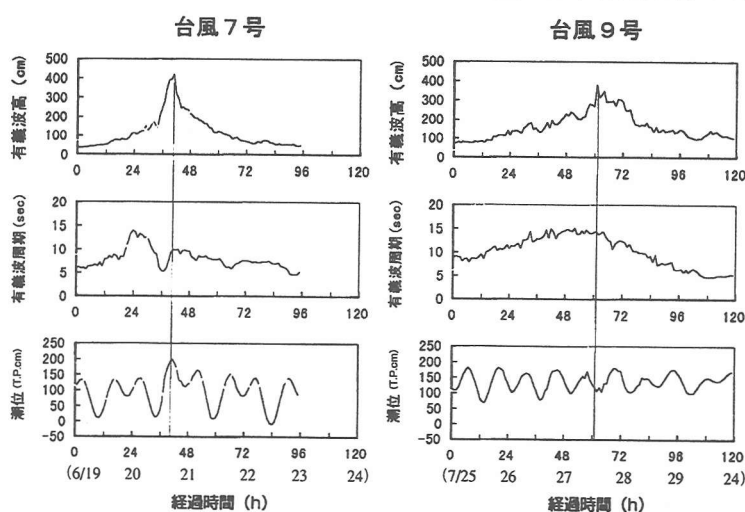


図-2 平塚沖波浪観測所における台風7,9号時の波浪観測結果

4. 現地踏査

(1) 沿岸漂砂による浜崖形成

写真-2は、相模川河口の右岸に隣接する柳島地先にある消波堤の東隣で1997年7月3日に観察された浜崖の状況である。消波堤による波の遮蔽域となる、その付け根から東側に少し離れた位置で最も高い浜崖が形成され、そこから東側では浜崖の高さは次第に低下する。写真-2は、最も高い浜崖が形成された部分である。台風7号では満潮と高波浪とが重なったため、通常時では波の作用がまずは及ばない砂丘の付け根までが侵食され、浜崖が形成された。写真-2によれば浜崖の高さは約1.4mはあり、また浜崖の露頭に水平な地層が観察されることから、この

浜崖は天然の砂丘を切って形成されたものであることがよく分かる。このように高い浜崖が高潮位に加えて高波浪の作用によって土砂が沖向きに移動したことによって形成されたとするならば、空間的に見た波高の沿岸方向の一様性から見て、浜崖は沿岸方向に連続的に形成されなければならない。しかし、この浜崖は消波堤の付け根では形成されておらず、また写真-2のさらに前方では写真-3に示すように次第に高さを減じ、約1mとなる。さらに写真-3の前方では浜崖はほぼ消失していた。このことは、写真-2,3に示す浜崖は、東向きの沿岸漂砂が発達する条件下で、消波堤が沿岸漂砂の移動を阻止したためその東側隣接部で形成されたものであることを意味する。



写真-3 写真-2よりわずかに東側における浜崖の状況
(1997年7月3日撮影)



写真-4 柳島地先の消波堤の東側隣接域に形成された高さ約3mの浜崖
(1997年8月7日撮影)

1997年7月3日には上述の状況を示していた柳島の消波堤の東側区域では、8月7日の現地踏査によれば浜崖侵食が非常な勢いで広がったことが発見された。写真-4は、写真-2とほぼ同じ位置における浜崖の形成状況を示すものである。写真-2,4において、汀線背後の飛砂防備柵の湾曲面がほぼ同じ位置に見える。写真-2での浜崖の高さは約1.4mであったが、写真-4では約3mに達し、著しく侵食が進んだことが分かる。写真-2では砂丘上に植生が残されていたが、写真-4ではこれらの植生も削り取られ、根が露出している。

写真-5は、写真-3とほぼ同じ場所の浜崖形成状況である。写真-3では浜崖は約1mの高さであったが、浜崖は約2mとここでも侵食が進み、ブロック状の固まりをなして前浜へと土砂が落ち込んでいる。そしてブロック状に土砂が落ち込んだ部分ではほとんど直角、ないしはオーバーハング状に切り立った断面が形成されている。また、崩壊したブロック状の土砂がほぼそのままの形で残されていることから、この浜崖はいまだ侵食が継続していたことが分かる。しかし、この地点よりもさらに東側では写真-6のように浜崖の高さは約1.4mと低下する。



写真-5 写真-4のさらに東側地区における浜崖形成状況
(1997年8月7日撮影)



写真-6 写真-5の東側における浜崖形成状況
(1997年8月7日撮影)

以上のように、1997年7月3日段階では柳島の消波堤よりわずかに東側で高さ約1.4mの浜崖が形成され、沿岸方向東向きに次第に高さを減じていた点は、この浜崖侵食が西寄りの入射波条件のもとで、東向きの沿岸漂砂が柳島の消波堤によって阻止されたために生じたものであること強く示唆している。このような状態において台風9号が来襲し、浜崖は高さを増すと同時に形成範囲が東側へと広がった。このことから、台風9号の波浪もまた西側から作用し、東向きの沿岸漂砂が発達したことが推定できる。

(2) 植生の倒伏状態から波の作用方向を推定する方法

台風7号の来襲時、浜崖の形成範囲の東端部からわずかに東側の区域では写真-7に示すように後浜植生の最下

部が洗掘されて低い浜崖が形成され、植物の根が砂浜上に広がる状況が観察された。このような状況で植生が生育してきたとは考えられないから、砂丘の基部が侵食されて植物の根が洗い出されたことは間違いない。その場合、洗い出された植生状況を注意深く観察すると、写真-8に示す横たえたポール左端から約0.5m付近と、右端付近の植生の状況に明かなように、植生が右回りに絡みながら全体として右（東）方向に傾いている。このことはこのような侵食を引き起こした波の入射方向がやや西側であったことを示している。



写真-7 後浜侵食により形成された低い浜崖と植生の状況
(1997年7月3日撮影)

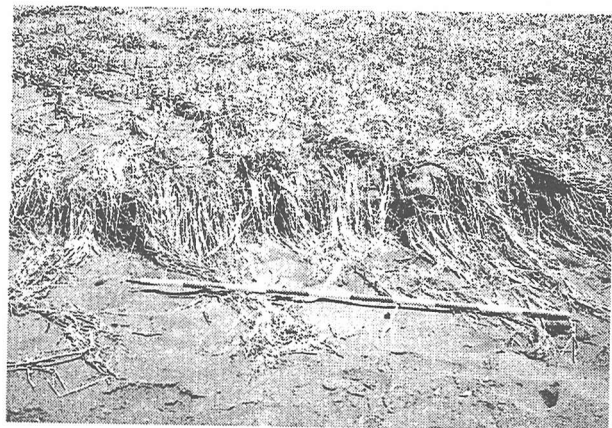


写真-8 侵食されて露出し、東向きに流されたと考えられる植物の状況 (1997年7月3日撮影)

写真-9は、同じ場所における後浜植生帯の状況である。写真には、手前側、すなわち東向きに流れがあって、植生の葉や露出した根が東向きに流された形跡が明瞭に現れている。これもまた7月3日の現地踏査時の観察結果と同一である。さらに、水平なポールの先端は、塩分によって植生が変色していた点を示すが、これより遡上高の測定が可能になる。一般の海浜測量ではこのような点はしばしば見逃されてしまうが、現地踏査を注意深く行えば、高波浪の遡上に関する新たな情報を得ることができることが明らかである。



写真-9 侵食されて根が露出した植生帯と波の遡上高
(水平ポールの先端) (1997年8月7日)

(3) 茅ヶ崎漁港の防波堤による沿岸漂砂の阻止

写真-10は、台風7号来襲後における茅ヶ崎漁港の防波堤による沿岸漂砂の阻止効果の現れている部分の海浜状況である。もともと非常に広い前浜があったが、そこにバームが形成された。

写真-11は、台風9号の来襲直後における茅ヶ崎漁港の西側隣接域における土砂堆積域の写真である。こんもりとした高いバームが形成されている。このバームは沿岸方向にほぼ同一の高さを有しており、海浜を歩くと靴が数cm海浜地にめり込むような海浜状況であって、波の作用で砂がうちあげられたばかりの状況を呈していた。また、バーム頂からその背後へと海水が流れたため、非常になだらかな後背斜面が形成されている。

以上のように、台風7、9号の来襲時、柳島の消波堤の東側隣接部での異常な浜崖侵食と同時に、茅ヶ崎漁港の防波堤の西側隣接部ではバームの形成が進んだことは注目に値する。なぜならば、海浜変形の原因が沿岸漂砂に



写真-10 茅ヶ崎漁港の西側隣接部において土砂堆積により形成された幅広いバーム (1997年7月3日撮影)



写真-11 茅ヶ崎漁港の西側におけるバームの形成状況
(1997年8月7日撮影)

よるものであること、そしていずれの場合にも東向きの沿岸漂砂が発達したことが明らかになるからである。

(4) 突堤背後での沿岸漂砂の流出

写真-12は、BMSの設置区域の東側に位置する5号突堤の陸側端の状況である。突堤背後には砂丘があったが、そこが大きく侵食され、砂丘の端部と突堤の間に長さ約5mほどの平坦部が形成された。突堤の背後には飛砂防止のための柵があったが、その前面には写真-12に示すような浜崖が形成された。この浜崖は、突堤の手前側（西側）でのみ形成されており、突堤の東側では不明瞭となり侵食を受けてはいない。すなわち、突堤を挟んで東西の海浜形状の相違が非常に明瞭に出ている。写真-13は、飛砂防止用の柵の前面を撮影したもので、柵の下部にはまだ砂が付着している。観察者が指さしているのは、柵の裏側の地盤面である。ここでは約1.6mも地盤高が低下したことが分かる。

以上のように、突堤の西側では高い浜崖が形成されたのに対して、突堤の東側隣接部では浜崖の形成が見られない点は、突堤背後における侵食が、西側からの入射波条件のもとで、突堤の裏側を抜ける流れと同時に土砂が運び去られたためと推定される。

写真-14は、BMSの試験施工区域の東側を区切る4号突堤の背後部での浜崖形成状況である。台風9号では5号突堤より西側に位置する4号突堤の背後で5号突堤周辺とまったく同様な侵食が発生した。突堤背後には砂丘があったが、そこが大きく侵食されて浜崖が形成されたことから、突堤背後における土砂の流出が著しかったことが分かる。

写真-15は、写真-14の観測者背後の砂丘上から突堤の背後部を西向きに撮影したものである。突堤の陸側端部と急勾配の浜崖の間に水路跡が見られる。この水路跡は、突堤端に立つ2人から右側、やや白い浜付近ではバームができていたためやや小高くなっているが、そこから開口部へ向いて下り勾配となり、突堤の裏（東）側へと抜けている。また、突堤背後に形成された浜崖は、突堤の背後で最も高く、西向きに次第に高さが低くなっている。

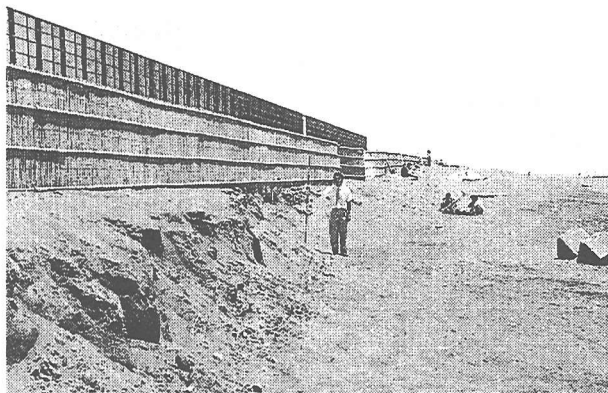


写真-12 5号突堤の取り付け部に形成された浜崖（1997年7月3日撮影）

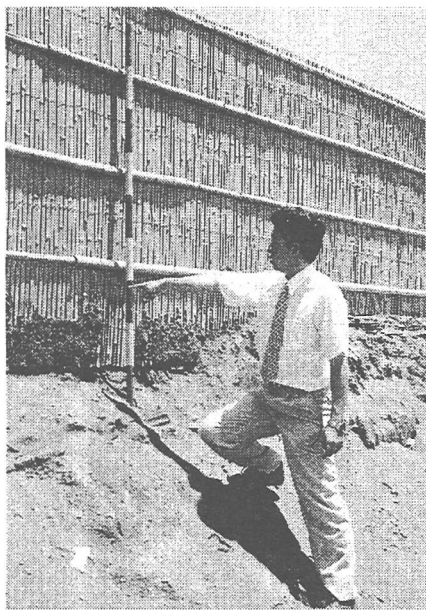


写真-13 浜崖と背後の飛砂防止柵の裏側の地盤（1997年7月3日撮影）



写真-14 侵食により形成された4号突堤背後の水路跡（1997年8月7日撮影）



写真-15 4号突堤背後の水路跡を西向きに望む（1997年8月7日撮影）

写真-16は、突堤背後の砂丘上から突堤の先端方向を望んだ写真である。突堤背後に形成された浜崖の上部を連ねる線は、突堤の中心線に関して右（西）側で広く、左（東）側で狭くなっており、明らかに突堤中心に関して左右非対称である。また、突堤右側の砂面の地盤高が高い。これらの点は、突堤右側の区域でうちあがった波が突堤の背後を回り込んで東側へと流出し、このとき突堤背後を大きくえぐったことをよく表している。突堤状構造物が海岸線に伸ばされた場合の周辺海岸への影響については、その定量的予測もなされているが、上述のように突堤の陸側端を沿岸漂砂が抜けるという問題は全く新しい問題であり、今後予測モデルの構築が必要であろう。

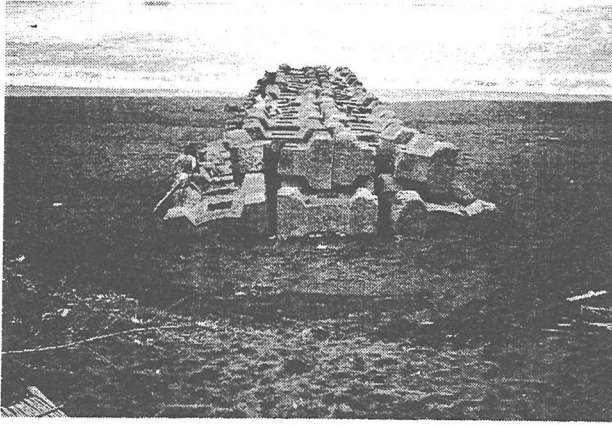


写真-16 突堤背後の砂丘上から突堤の先端を望む



写真-17 5号水路の河口導流堤間の土砂堆積状況

(5) 河口導流堤内での土砂の堆積

写真-17は、茅ヶ崎のヘッドランドの背後に位置する5号水路の河口導流堤間の状況である。台風7号直後の現地踏査時には河口には大量の土砂が堆積し、完全閉塞状態にあった。しかし詳細に観察すると、右岸導流堤の付け根では河口内への堆積土砂が導流堤の先端からわずかな距離で止まり、しかも波が遮蔽されることから安息角に近い急勾配をなして堆積しているのに対して、左岸側では勾配が緩く、かつ河道内深く土砂が侵入している。河口導流堤の中心を境にして左右非対称で、左岸（東）側が河口内深く土砂が侵入していることから、ここでもまた西寄りの入射波が卓越したことが分かる。

5. 考察

7月3日の台風7号来襲直後における湘南海岸の現地踏査の結果は次のように要約される。

①調査区域の西端の柳島地先の消波堤の東側隣接部では、突堤の付け根から東側にやや離れた場所において高さ約1.4mに達する浜崖が観察されたが、この浜崖は沿岸方向東向きに次第に高さを減じていた。②浜崖の形成地区のわずかに東側では後浜の植生帯が侵食され、低い浜崖が形成されるとともに、波に洗われて露出した植物の根が海岸線と直角方向ではなく、やや東に傾いて残されていた。③茅ヶ崎漁港の西側隣接部では海浜で堆積が進み、幅広いバームが形成された。④BMSの試験施工区域の東側を区切る突堤の取り付け部では、その背後の西側では高さ約1.6mに達する浜崖が形成されたが、突堤の東側では浜崖は形成されておらず、遡上波が突堤の裏を抜けて東側へと流出した可能性が大きい。⑤茅ヶ崎のヘッドランド近傍の5号水路の河口導流堤内には大量の土砂が堆積したが、その土砂の堆積状況として、右岸（西側）導流堤の裏側では土砂が安息勾配をなして堆積したのに対して、河道の左岸側では上流方向に奥深く土砂が堆積していた。

以上のように、3kmにわたる海岸線の5カ所で見られた現象は西側から高波浪が斜め入射したと考えることにより調和的に説明できる。すなわち潮位が高まるとともに、西寄りから高波浪が入射し、この条件で発達する東向きの沿岸漂砂が不透過性の構造物によって阻止された場合にはその構造物の東側隣接域で浜崖が形成されること、また陸側の取り付け部における天端高が低い突堤では突堤の岸側の取り付け部を抜けて沿岸漂砂が流出したことが明らかになった。このように海岸線で観察されたいくつかの現象を調和的に説明できることが、海岸構造物の被災原因を正確に推定する上で重要なことである。

6. あとがき

湘南海岸における台風7号来襲直後の海岸現地踏査は、台風9号の来襲を予見して行われた訳ではない。しかし、台風7号において観察された様々な現象が台風9号では全て強調した形で現れたことは注目される。すなわち、入射波が西側から大きく斜め入射する条件の下で、侵食・堆積に関して全く同種の現象が海浜地で観察され、もともと侵食傾向にあった場所はさらに侵食が激しく、堆積傾向にあった場所ではさらに著しい堆積をみたのである。このことは、日頃から現地海岸で生じている現象の観察を注意深く行っておくことが、より強い波浪エネルギーが作用した場合の海浜変形の推定にも役立つことを意味している。

参考文献

宇多高明（1997）：日本の海岸侵食、山海堂、p.442.

建設省土木研究所・神奈川県・（財）土木研究センター（1997）：なぎさを歩く-湘南海岸の現地踏査-、pp.1-20.

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.