西湘海岸の大磯地先における礫の堆積状況調査

Field Measurements of Deposition of Gravel on Foreshore in Oiso Area on Seisho Coast

下山陽平¹·小林昭男²·宇多高明³·石川仁憲⁴·遠藤将利⁵

Youhei SHIMOYAMA, Akio KOBAYASHI, Takaaki UDA, Toshinori ISHIKAWA and Masatoshi ENDO

Field observations of grain size distribution of the foreshore and backshore material were carried out in Oiso area on the Seisho coast on July 30 and September 4, 2009 immediately after the storm waves due to Typhoon 0911 to investigate the sorted deposition of gravel and sand. The foreshore and backshore material was sampled along with the grain size analysis. After the storm waves with the significant wave height of 2.1 m medium and coarse sand was found to be re-deposited on the backshore over the berm composed of gravel.

1. はじめに

2007年9月6日,小田原に上陸した台風9号では高波が 西湘海岸に作用し,海岸が著しく侵食された(宇多ら, 2008). この時前浜は短時間で削り取られたが、その後 の通常波浪の作用により侵食された前浜の一部では復元 が進んだ.細砂海岸では波浪の強弱による海浜の季節変 動がしばしば観察されるが、西湘海岸では汀線付近は径 数cmの礫により構成され、前浜勾配も1/10程度と急な ため、細砂海岸とはその変形特性が異なると考えられる. さらに西湘海岸では汀線付近は礫で覆われているもの の、それより陸側は中砂粗砂が堆積している。海浜に高 波が作用した場合, 汀線付近を覆う礫と, 後浜に堆積し ている中砂や粗砂の移動特性は異なり、単一粒径土砂か らなる海浜とは応答特性も異なると考えられる.しかし 従来このような視点からの研究は行われていない. そこ で本研究では、2009年7月30日に西湘海岸の大磯地先に おいて海浜構成材料を採取して粒度分析を行い、それを もとに混合粒径材料からなる海浜の変形について考察し た. さらに2009年8月31日には台風11号による有義波高 2.1mの高波が作用した結果,前浜~後浜では新たな砂礫 の堆積が生じた.そこで2009年9月4日には台風時の砂 礫の堆積状況について粒径も含め詳細調査を行った.

2. 調査地域の概況と調査方法

調査区域は,西湘海岸の大磯港から西に0.7kmから 1.8kmまでの間であり,この間にNo.1からNo.4の4測線

1		修(工)	鹿島建設(株)
2	正会員	工博	日本大学教授理工学部海洋建築工学科
3	正会員	工博	(財)土木研究センター常務理事なぎさ
			総合研究室長兼日本大学客員教授理工学
			部海洋建築工学科
4	正会員	工修	(財)土木研究センターなぎさ総合研究室
5	学生会員	修(工)	日本大学大学院理工学研究科海洋建築工
			学専攻



図-1 西湘海岸大磯地先における調査測線の配置 (空中写真は2008年3月撮影)



を配置した(図-1参照).図-2には4測線における縦断形 変化を示す.No.1では後浜が侵食され土砂が沖合へ移動 堆積したが、2009年3月までには一部前浜の回復が進ん だ.No.2では最も顕著な縦断形変化が見られ、陸上部が 凹状に削り取られ、標高6m付近まで侵食が進んだ.そ の一方、+2m~-6mでは堆積が進んでいる.No.3での縦 断形変化もNo.2のそれとよく類似し、後浜部分が大きく 削られ、その土砂が沖向き漂砂によって運ばれ、沖合で 堆積している.同じ状況がNo.4でも見られる.このよう に4測線のいずれにおいても砂丘地の斜面のり先から後



浜付近が著しく侵食され,沖合ではほぼ-8m以浅で堆積 したことから,台風9号時大磯地先では高波浪により沖 向き漂砂が起きたことが明らかである.

海浜構成材料の粒度調査は2009年7月30日に行った. 縦断測量では勾配変化点で標高を測定し,海浜材料は測 点間の中点のみならず粒径変化が見られる任意点でも採 取した.1地点の採取量は約200gである.採取前には海 浜表面における砂礫の堆積状況を写真に記録した.田島 ら(2008)の行った台風9号後の遡上高調査によれば,4 測線での遡上高はいずれもT.P.7mであり,以下で述べる 粒径調査地点は完全に水没する条件にあった.さらに 2009年9月4日には台風11号による有義波高2.1mの高波 の作用に伴う後浜~前浜の地形変化を調べるために縦断 測量を行うとともに,7月30日と同一地点で砂の採取を 行い粒度組成の変化を調べた.

3.7月30日における現地調査の結果

(1) 海浜縦断形と d50の分布

図-3は、測線No.1の海浜縦断形と海浜構成材料の中央 粒径d₅₀の岸沖分布を示す.海浜構成材料は、汀線から後 浜背後の砂丘地に至るまで23点で採取した.汀線は、砂 丘上に定めた原点から沖向きに65mに位置する.海浜断 面は勾配の相違によりほぼ3区域に区分される.砂丘地 のY=0~9mではほぼ1/2勾配と急であるが、Y=9~23m



図-6 測線No.2における海浜構成材料の粒度組成

では1/6と緩くなり、さらに後浜から前浜(Y=23m~汀 線)では1/15勾配となる.このような勾配の変化がある が、d₅₀は前浜で最大値16mmが出現した後、Y=40mでは d₅₀=0.8mmとなり、そのままの値を保って砂丘地まで同 じ粒径の砂が分布している.この分布より、大磯付近で は汀線付近を観察すると海浜表面には礫が堆積している が、礫の堆積域は岸沖方向に約20mの帯状区域に限られ、 それより陸側は砂で覆われていることがわかる.

海浜構成材料の粒度分析の結果から、細砂(0.075~ 0.25mm), 中砂 (0.25~0.85mm), 粗砂 (0.85~2mm) および礫(2mm以上)の分類に従い、それぞれの粒径の 含有率の岸沖分布をまとめたのが図-4である.図-3の縦 断形と比較しつつ特徴を調べると、まずd50が大きく礫が 見出されたY=44~57mの7地点では礫が平均で71%を占 め、とくにY=50mでは礫が100%出現している.また Y=50mより沖側でも礫の含有率は高いが、Y=59mでは礫 の含有率が急激に低下しほとんど0となる.岸側も同様 で、Y=40m付近を境に礫の含有率が極端に減少している。 一方,Y=40m付近で礫の含有率が大きく減少した後,そ れより陸側の海浜材料は大部分が中砂と粗砂で構成され る. また粗砂の含有率はY=32mで最大値43%を取る. またY=30m付近を除けば礫と粗砂の和は陸向きに増大 し、砂丘の海側ののり尻 (Y=10m) ではほぼ50%を占め る、Y=0~40m区間での平均含有率は、礫が12%、粗砂



が30%であり,また細砂はほとんど含まれていないこと が分かる.

図-5は、測線No.2の海浜縦断形と中央粒径 d_{50} の岸沖 分布を示す.この測線では、汀線から後浜背後の砂丘地 まで21点で海浜構成材料の採取を行った.測線No.2も全 体に凹状の縦断形である点は測線No.1と類似している. この測線の海浜勾配は陸から海に向かい、1/2 (Y=0~ 6m)、1/3 (Y=6~13m)、1/20 (Y=13~54m) となり、最 後にY=54~71mで前浜勾配が1/10となる.この測線に おいても、 d_{50} はバーム頂付近でピークを示し、最大12.8 mmの礫が出現するが、岸側では急激に粒径が小さくな り、Y=46mより陸側では d_{50} = 0.7mmとなる.礫で覆わ れた帯状区域の陸側では粒径が極端に小さくなることが 特徴である.

図-6は、図-2と同じく各粒径の含有率の岸沖分布を示 す.図-5においてd₅₀がピークを示した区域では礫の含有 率が高く、とくにY=54mでは97%と高い含有率であり、 前浜堆積物のほとんどが礫で占められる.同時に礫で覆 われた区域の陸側では、礫の含有率が急減し、海浜は粗 砂と中砂で覆われている.とくにY=46mより陸側の比較 的緩い勾配の区間は平均で中砂の含有率が70%、粗砂の 含有率が27%であって、この付近の海浜変形は礫の移動 ではなく、中砂・粗砂の移動により大きく支配されてい ると考えられる.



図-7は、測線No.3の海浜縦断形と中央粒径d₅₀の岸沖 分布を示す.No.3の海浜縦断勾配は測線No.2とほぼ同一 である.測線No.1,2では礫の堆積域は前浜上で単一のピ ークを有していたが、No.3では3ピークが明瞭に区別さ れる.それらの位置は、汀線側から順にY=58m、49m、 37mであり、また図-8に示す粒度組成の岸沖分布によれ ば、礫の含有率は92% (Y=58m)、80% (Y=49m)と低 下し、第3ピークではピーク位置と5mずれるがY=32m で礫の含有率が34%と岸側ほど低下している.しかし Y=30mより陸側では海浜はほとんどが中砂で構成されて いる.図-2に示したように台風9号時にはこの付近が大 きく侵食されたが、その侵食では中砂成分が主に運ばれ たと考えられる.

図-9は、測線No.4における海浜縦断形と中央粒径d₅₀ の岸沖分布を、対応する粒度組成を図-10に示す.この 測線の海浜勾配は陸から海に向かい、Y=0~9mでは1/2 と急であるが、その海側のY=9~37mでは1/25と緩やか になる.しかし前浜のY=37~64mでは再び1/10と急と なる.この測線ではNo.1、2と同様、d₅₀の分布は一山ピ ークに近いが、No.1と比べてd₅₀の岸沖方向の分布にお ける変動が大きい、Y=32m付近にある小ピークでは礫の 含有率は低いが粗砂の含有率が87%と非常に高くなって いる.



(2) 写真による表層堆積物の変化状況の把握

海浜構成材料のフルイ分け分析の結果, d₅₀と粒度組成 が明らかになったが, 粒度分析では粒径2mm以上を礫と 分類するため2mm以上の粒径の区別はできず, また現地 状況によると礫形状にも違いが認められるもののそれは 粒度分析の結果に現れない.そこで海浜表層の写真撮影 結果をもとにこれらについて検討した.図-3に示したd₅₀ の岸沖分布ではd₅₀の分布を表す上でいくつかの代表的な 点を選ぶことができる.そこで図に矢印a~hで示す Y=20,40,45,50,54,57,59,64m地点を選び,各地点での 海浜表面の堆積物状況を示すのが図-11である.図-3,4を





参照しつつ陸側から順に特徴を調べると、Y=20mでは大 部分が中砂粗砂で構成されるが、径2cm程度の礫が点々 と分布している.Y=40mでも同様に砂層がほとんどを占 めるが、径5cmとY=20m地点よりも大きな径の礫の堆積 が見られる. 図-4に示したように、Y=40mより陸側でd₅₀ が0.8mmとほぼ一様な場所の海浜表面の特徴はほぼ Y=20,40m地点での観察結果に集約される.Y=40mより 海側では海浜表面を覆う礫の占める割合が急に増加し, Y=50mでは海浜表面に中砂粗砂は全く見られなくなり、 径2cm程度の礫のみで覆われる.しかしこの地点から海 側に4m離れたのみのY=54mでは、礫の含有率は78%と 依然として高いものの、礫径が約0.5cmと減少し、よく 磨耗した扁平な礫となる.Y=54mより海側のY=57mで は再び礫の含有率が70%まで上昇し、礫径も1cm程度と 再び増大するが、Y=50m付近で見られた礫径2cmと比べ て相対的に礫径が小さくなっている.Y=59mでは礫の含



有率は2%と激減し、粗砂が98%となるが、実際に海浜 表面はほとんど全部が粗砂で覆われる. 最後にY=64mで は海浜表面は粗砂で完全に覆われ,礫は全く存在しない. このように粒径の大きな礫は礫のみで覆われた場所を含 んで、それより陸側に堆積しており、海側には礫の粒径 が減少するという特性が見られる.

4. 台風11号に伴う高波による前浜~後浜の堆積状況

図-12は、台風11号襲来時における平塚波浪観測所で の有義波高と周期の変化を示す.8月31日には最大で H_{1/3}=2.1m(周期12s)の高波が襲来した.その後静穏な 状態となったが、台風襲来後3日の9月4日に現地調査を 行った.測定は前回調査と同一測線,同一地点で行った が、ここでは前浜で顕著な堆積が生じた測線No.2とNo.3 での測定結果を示す.

図-13と図-14にはd₅₀の岸沖分布と粒度組成の変化を示

す. 縦断形を調べるとY=30~40m間では最大50cm厚で 砂が堆積し海浜地盤高が上昇している。この区間での粒 度組成を図-14から調べると、7月30日には3測点の平均 で粗砂が33%,中砂が63%であったが、台風後には粗 砂の含有率が2%、中砂が92%となって海浜堆積物はほ とんど全部が中砂であったことが分かる. 同様にして測 線No.3に沿ったd50の岸沖分布と粒度組成の変化を図-15 と図-16に示す. この測線でもY=30~40m間で最大60cm の堆積が起きている.この間の3測点の平均で見ると, 台風前の粒度組成は礫が24%,粗砂が41%,中砂が 33%であったが、台風後には礫は1%とほとんどなくな り、粗砂も14%と大きく減少したが、中砂成分は84% と著しい増加を示した.このことから台風11号による高 波の作用では後浜に中砂が戻ったことが分った.

5.まとめ

大磯地先での縦断形変化や海浜堆積物の粒度組成調査 の結果は以下に要約される.

- ①縦断形比較によれば、大磯地先では2007年9月の台風 9号時,砂丘地を含む海浜地が著しく侵食され,土砂 は沖向きに運ばれほぼ水深8m以浅に堆積した.
- ②粒度調査によれば、汀線付近に礫が集積している場合、 海浜表面に礫が集中的に堆積している区間の幅は20m 程度である. また堆積礫の平均礫径は陸側端の礫堆積 域では2cm程度であるが、礫が海側に数列帯状に堆積 する場合には、海側の礫堆積域ほど礫径が減少する. 一方、礫が表面を完全に埋める区域より陸側までも礫 は単体として運ばれるが、その場合陸側に堆積する礫 ほど径が大きい.
- ③礫の堆積域より岸側には粗砂中砂の広い堆積域がある が、台風9号での遡上波によりこの粗砂中砂の堆積域 も著しく侵食された.このことは、①で述べた海浜変 形を論じる場合、礫浜であっても礫の堆積域岸側の粗 砂中砂の移動を考慮しなければ海浜変形を正確に予測 できない可能性が高いことを意味する.
- ④台風11号後の縦断測量と海浜堆積物調査によれば、台 風による有義波高2.1mの波の作用により、後浜には中 砂が堆積したことが明らかになった. このことは2007 年9月の台風9号時後浜から沖向きに運び去られた中 砂成分が再び海浜へと戻ったことを意味する.

考文献 紶

- 田島芳満・佐藤愼司・吉井拓也・細川順一・山田浩次・石川 仁憲・三波俊郎(2008):西湘海岸における2007年台風9 号による被害の集中機構,海岸工学論文集,第55巻,pp. 1386-1390.
- 宇多高明・今井雄二・三波俊郎・石川仁憲・古池 鋼・芹沢 真澄(2008):西湘バイパスの被災原因の検討,海洋開発 論文集, 第24巻, pp.1285-1290.