

仙台湾南部海岸におけるヘッドランドの漂砂捕捉率について

槻山 敏昭*・木村 晃**・高木 利光***・橋本 新****

仙台湾南部海岸で建設途上のヘッドランド構造物周辺において、試験養浜と合わせて蛍光砂追跡調査等を実施し、ヘッドランドの沿岸漂砂捕捉率を推定した。対象とするヘッドランド近傍 2 測線での蛍光砂の検出率の差から捕捉率を推定した結果、約 20% の捕捉率を得た。この値は、別途実施した海浜流計算をベースとした沿岸漂砂量計算により求めた捕捉率とほぼ合致する結果となり、蛍光砂から捕捉率を求めることの妥当性が確認された。

1. はじめに

近年、延長の長い砂浜海岸に対する侵食対策として、ヘッドランド工法が多く採用されている。ヘッドランド工法は、沿岸漂砂を捕捉する複数の構造物、すなわちヘッドランドを沿岸方向に配置することにより、ヘッドランド間で大きく湾曲した地形、すなわちポケットビーチを作り出すことで、その間における海浜の安定化を図る工法である。この工法により、従来の突堤工法よりは比較的構造物の間隔を広く設定できることから、海浜の利用や環境に適した侵食対策工法とされている。

しかし、現在日本で実施されているヘッドランド工法は、経済性や周辺海域の利用にも配慮する面から、ヘッドランドの規模を大きくすることができず、そのためある程度沿岸漂砂の通過を許す計画となっている場合が多い。さらに、ヘッドランドの形状として突堤先端部に横堤を付けると捕捉率が高まる結果が得られている（宇多ら, 1994, 1995）ものの、ヘッドランド建設においては横堤部完成までに時間を要することから、施工過程においても適切な海岸管理が必要である。したがって、施工途上も含め、ヘッドランドの沿岸漂砂量の捕捉率がヘッドランドの規模や配置、施工手順を決める上で重要なポイントとなる。

従来、ヘッドランドを計画するにあたっては、汀線変化モデルで汀線変化を予測し、適切なヘッドランド配置を検討する場合が多い（例えば、鳥居ら, 2001）。その場合、ヘッドランドの沿岸漂砂の捕捉効果は、突堤の場合の漂砂捕捉率として、水深方向の沿岸漂砂量分布と、その先端水深で推定するのが一般的である（例えば、高木, 2001）。また、佐藤ら（1998）は、海浜流計算をベースとした漂砂量分布をヘッドランド周辺で求めることで、ヘッドランドの沿岸漂砂捕捉率を求めている。

本研究は、仙台湾南部沿岸で計画されているヘッドラ

ンドについて、その周辺海域の土砂動態を現地観測により把握し、さらに蛍光砂追跡調査結果から、施工途上にある突堤形状のヘッドランドの沿岸漂砂捕捉率を推定し、佐藤らの方法との比較を試み、今後の対策に関する知見を得ることを目的とした。

2. 仙台湾南部海岸の漂砂特性およびヘッドランド

仙台湾南部海岸は、東北地方では数少ない延長 40 km の長大な砂浜を有する海岸である（図-1）。近年、漁港・港湾等の海岸構造物の建設による沿岸漂砂の遮断および阿武隈川を代表とする河川からの供給土砂の減少に起因する海岸侵食が顕在化し、台風等による高波浪時に越波や堤防倒壊等の被災が発生している。そのような厳しい海岸環境の中で、特に侵食の激しい蒲崎海岸、笠野海岸および中浜海岸の延長 13.9 km の区間については平成 12 年度より直轄海岸として、対策が施されてきた。

図-2 に示す汀線変化からもわかるように、海岸から

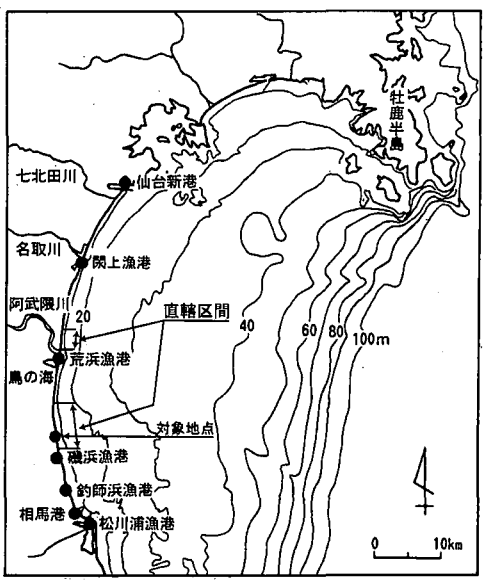


図-1 仙台湾南部海岸位置図

* 正会員 国土交通省岩手河川国道事務所工務第一課(元 仙
台工事事務所調査第一課)
** 国土交通省仙台河川国道事務所調査第一課
*** 正会員 博(工) (株)アイ・エヌ・エー海岸部
**** 水 修 (株)アイ・エヌ・エー海岸部

突出した構造物の南側の汀線が前進する一方、北側の汀線が後退していることから、当海岸は北方向の沿岸漂砂が卓越している。このことは、宇多ら (1990) および田中ら (1995, 1997) の解析結果からも明らかとなっている。

このような沿岸漂砂に起因する侵食を防止するため、当海岸ではヘッドランドおよび養浜計画が立案されている。現時点では、直轄区間 13.9 km の中に、19 基のヘッドランドが計画され、そのうち 5 基が建設中である (図-3)。ヘッドランドの構造は、基本的には鹿島海岸などで建設されている突堤と横堤とが組み合わされたもの (例えば、宇多ら, 1994) を目指しているが、現在では突堤部のみまでが建設されている (図-4)。養浜計画については、ここで示す試験養浜等の結果を基に実施する予定である。

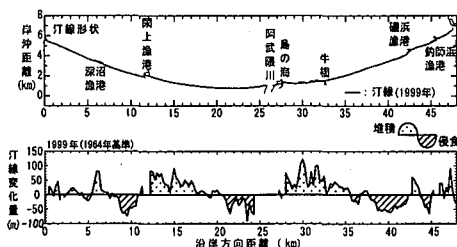


図-2 汀線変化図

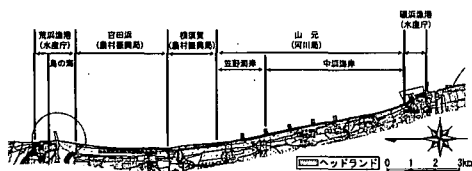


図-3 ヘッドランド現況配置図

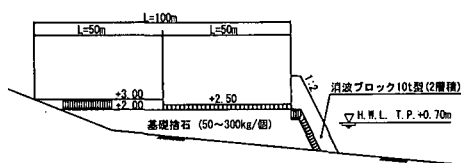


図-4 ヘッドランド現況構造図

3. 現地観測概要

調査は、図-5 に示す 1 号堤と 3 号堤の 2 基のヘッドランド (突堤長 100 m, 1 km 間隔) 周辺を対象とした。ヘッドランド 1 号および 3 号堤は各々 1998 年, 1999 年に建設されている。調査は、3 号堤の南側基部, 延長約 240 m の範囲に実施した試験養浜に合わせて、蛍光砂追跡調査・波浪流況観測, 底質調査および深浅測量調査を実施した (表-1)。

試験養浜に用いた土砂には、対象地点の南側に位置する磯浜漁港港内の浚渫土砂を用いた。養浜土量は約 2 万 m^3 であり、投入直前までは、投入域の背後の汀線位置にある消波堤とその背後の堤防の間に仮置きし、平成 13 年 11 月 8 日より 11 月 20 日までの期間でバックフォーにより、消波堤前面に投入した (写真-1)。養浜砂の粒径は、中央粒径 0.18 mm であり (図-6)、現地における水深方向の中央粒径の分布 (図-7) と比較すると、水深 2 m より深い位置に存在する底質に近いものである。

蛍光砂 (1 色) は、養浜土砂を用いて約 1 m^3 作成した。蛍光砂は、養浜砂投入完了直後の平成 13 年 11 月 22 日に、ヘッドランド 3 号堤南約 50 m (No. 49 付近) の汀線部に投入した。

4. 調査結果

調査期間中の来襲波浪の状況を St.1 (水深 10 m) の結果として図-8 に示す。また、浅海部の流れとして St.2, 3 (水深約 6 m) の平均流の頻度分布を図-9 に示す。波向は海岸線のほぼ法線方向である E が卓越しており、E

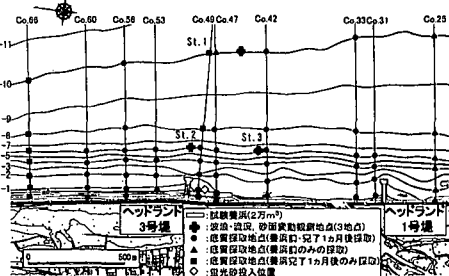


図-5 蛍光砂投入位置・養浜位置および波浪・流況観測位置図

表-1 観測工程

調査	平成 13 年					平成 14 年
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	
1. 波浪・流況観測, 砂面変動観測						
2. 底質調査						
3. 蛍光砂調査						
4. 汀線・深浅測量						
試験養浜						



写真-1 舞浜浜砂投入状況写真

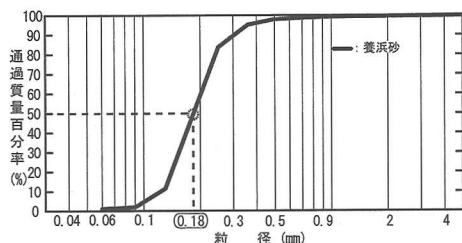


図-6 養浜砂の粒度分布

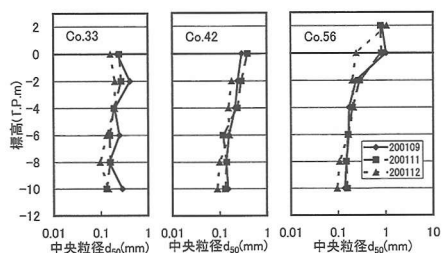


図-7 底質粒径の水深方向分布

を中心に南北寄りの波向がほぼ均衡している。また、水深 6 m 地点の流れは、北向きの流れが卓越しているものの、南向きの流れも存在している。

次に、養浜投入前、直後および投入から約 1.5 ヶ月後の深淺測量から、各々の等深線を比較した結果を図-10, 11 に示す。養浜前後の比較からは、岸沖方向の漂砂移動が見られる。養浜完了後から 1.5 ヶ月の間の変化は、ヘッドランド 1 号堤の北側と南側両側に堆積している様子が伺われることから、南北両方向の沿岸漂砂がヘッドランドに捕捉された様子が伺われる。

蛍光砂の採取は投入後、約 1 ヶ月後になる平成 13 年 12 月 19 日に実施した。検出分布結果 (図-12) から、南北両方向への移動が見られ、特に期間中卓越していた北方向の流れに対応して、北方向への移動が勝っている。また、投入地点に近いヘッドランド 3 号堤に沿った沖合にも蛍光砂が顕著に分布していることから、堤体に沿う沖向き流れで移動したものと推察される。さらに、ヘッドランド 1 号堤北側基部にも検出数が多いことから南向

きの沿岸漂砂が捕捉されていることがわかる。検出された蛍光砂の中央粒径の水深方向分布および投入地点からの距離との関係を図-13 に示す。投入した蛍光砂の中央粒径 0.18 mm より検出された蛍光砂は粒径がやや大きいものの、水深方向および投入地点からの距離には依存していない。

5. ヘッドランドの漂砂捕捉効果

観測期間においては南向きの沿岸漂砂がヘッドランド 1 号堤に捕捉されていたことが、地形変化および蛍光砂の移動状況から確認された。そこで、ヘッドランド 1 号堤の沿岸漂砂捕捉率を推定することとした。1 号堤の漂砂上手側に当る測線で、1 号堤から約 50 m 離れた測線 A と、それよりもさらに 100 m 離れた測線 B の 2 測線

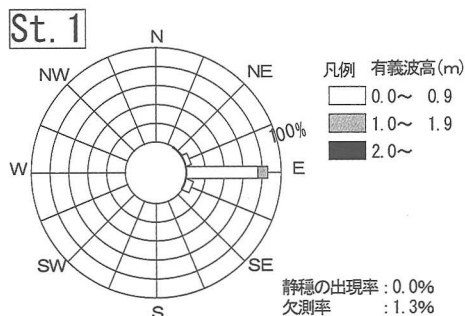


図-8 来襲波浪の波向・波高頻度 (St.1)

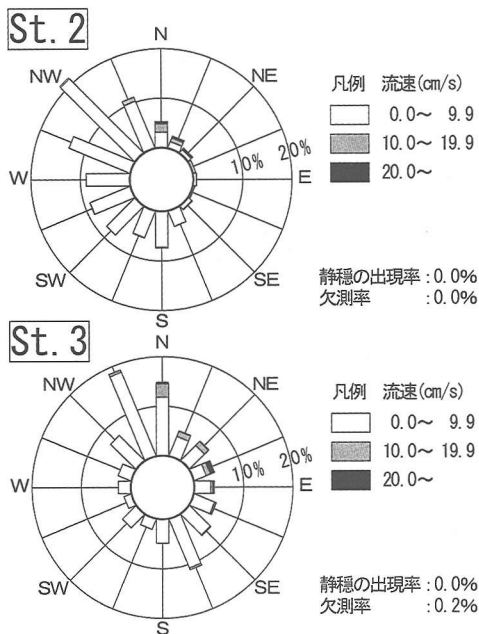


図-9 平均流向・流速頻度 (St.2,3)

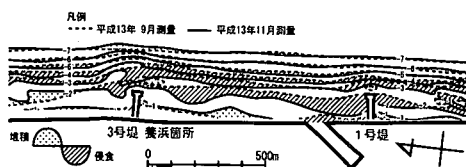


図-10 養浜工事前後の等深線変化

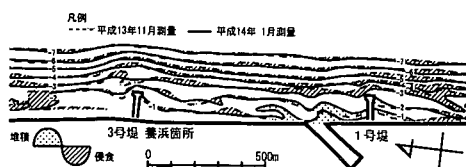
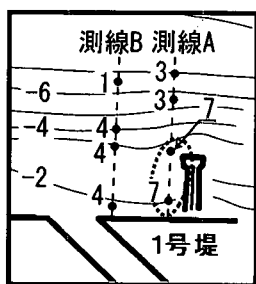
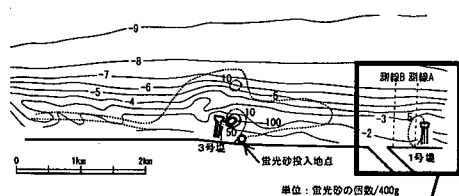


図-11 養浜完了から1ヶ月間の等深線変化



*測線Bの沖合水深10mに1

図-12 蛍光砂検出状況

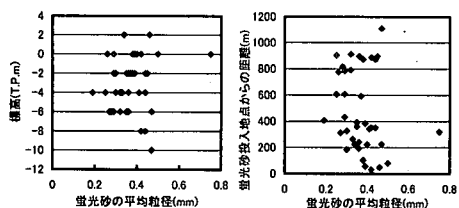


図-13 蛍光砂粒径の水深・移動距離との関係

(図-12)で、水深方向の蛍光砂検出数を調べてみる。A測線では合計20個、B測線では合計14個と、明らかにヘッドランドに近い測線Aの検出数が多い。特に、水深方向に見た場合、突堤先端部より浅い水深では、測線Bの8個に対し、測線Aは14個検出されている。このことから、ヘッドランドによる沿岸漂砂の捕捉効果の結果、蛍光砂の検出数も多い結果となったと考えられる。

次に、この結果から捕捉率を推定してみる。まず、水深別に両測線の全検出数に占める割合を求める(図-14)。測線Bは水深0.2, 4mともに約30%であるのに対し、測線Aは水深0.2mで約35%、水深4mで約15%となっている。突堤先端水深約2mであることから、水深2m以浅でその割合を比較すると、測線Bでは57%に対し、測線Aでは70%となる。すなわち、測線Aの方が測線Bより13%検出率が高いこととなる。この検出率の増加率13%と測線Bの検出率57%との比をヘッドランド1号堤の沿岸漂砂捕捉率とすると、その値は約23%となる。

一方、佐藤ら(1998)の方法により、沿岸漂砂量の捕捉率を推定してみる。対象域の平均的な海浜断面地形で沿岸方向に一樣な海浜断面を作成する。次に、来襲波を波高1.2, 3mの3種類の波浪に代表させ(周期は各代表波高の卓越周期)、海岸線法線に対し15°の角度(エネルギー平均波の平均的海岸線法線に対する入射角度)で入射させ沿岸流が卓越した状況下を再現する(図-15)。その状況下に突堤形状のヘッドランドを設置した場合のヘッドランド法線位置での沿岸漂砂量の変化をヘッドランドの捕捉率とした。なお、各代表波浪の継続時間は0-1.5m, 1.5-2.5m, 2.5m以上の波高ランク毎の波浪エネルギーが等価となるように設定している。そのように

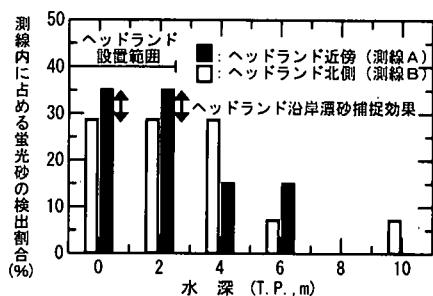


図-14 測線の違いによる蛍光砂検出分布

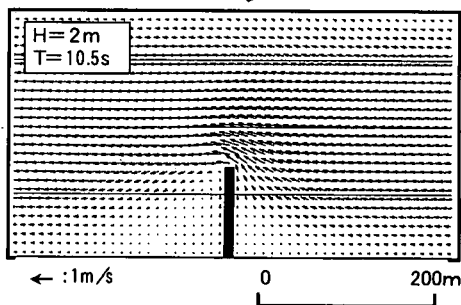


図-15 海浜流計算例

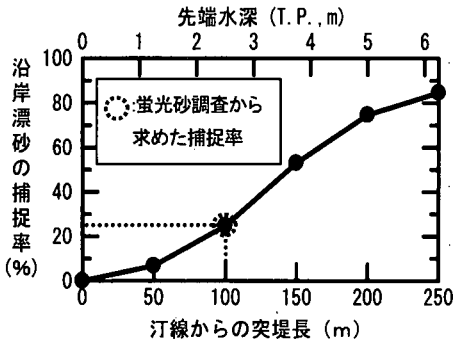


図-16 海浜流計算による漂砂捕捉率との比較

して、突堤長さを変化させた場合の沿岸漂砂捕捉率を図-16に示す。突堤長が長くなるにつれ、捕捉率が増加するものの、突堤長100～200 mの区間が、捕捉率の増加の割合が大きいことがわかる。反対に、200 m以上に長くしても、捕捉率の増加は少ないことがわかる。

この結果から、ヘッドランド1号堤の現在の延長約100 mの場合の沿岸漂砂捕捉率を推定すると、約23%程度となる。

6. ま と め

従来、ヘッドランド等の構造物の沿岸漂砂捕捉率は、その周辺の地形変化から算出した土量変化や、汀線変化モデルによる現地地形変化の再現計算から逆解析するなどの方法がとられてきたが、ここでは蛍光砂追跡から直接捕捉率を求める方法を提案した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・養浜砂は主に南向きに移動し、その一部はヘッドランドに捕捉され、その捕捉率は、蛍光砂調査結果より2

割程度であることが明らかとなった。

- ・蛍光砂の検出数が少なく、また対象とするヘッドランドの形状も1種類ではあるが、推定した捕捉率は、佐藤ら(1998)が提案している海浜流計算をベースとしたヘッドランドの捕捉率とほぼ一致する結果を得た。
- ・今後、より複雑なヘッドランド形状に対して本手法を適用し、捕捉率の推定に資することが望まれる。
- ・なお、今後の侵食対策事業としては、ヘッドランドの突堤長を延伸することにより漂砂捕捉率を向上し、養浜とヘッドランドを組み合わせた砂浜の維持・回復を推進する予定である。

参 考 文 献

- 宇多高明・斉藤光司・横田喜一郎・大原 茂・川中島洋二・内田恵三(1995): 大野鹿島海岸のヘッドランド周辺の海浜流と地形変化の現地観測, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 676-680.
- 宇多高明・斉藤光司・横田喜一郎・大原 茂・川中島洋二・内田恵三(1994): 大野鹿島海岸のヘッドランド周辺の海浜流の観測, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 576-580.
- 宇多高明・小俣 篤・峯松麻成(1990): 仙台湾沿岸における砂浜消失の危機, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 479-483.
- 佐藤慎司・山本幸次・和田一範・伊澤武仁・大谷靖郎・橋本新(1998): 大曲海岸におけるヘッドランド周辺の漂砂観測と海浜変形予測, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 556-560.
- 高木利光(2001): 長期的汀線変化予測と侵食対策, 第37回水工学に関する夏期研修会講義集(Bコース), pp. B-6-1-B-6-22.
- 田中茂信・佐藤慎司・小関賢次・佐々木健一・大谷靖郎・橋本新(1997): 仙台湾南部海岸における構造物周辺の土砂移動観測, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 556-560.
- 田中茂信・山本幸次・鴨田安行・柳町俊章・小野松輝美・後藤英生(1995): 仙台湾南部海岸における土砂移動機構の観測, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 666-670.
- 鳥居謙一・山本幸次・高木利光(2001): 沿岸漂砂量分布図を活用した侵食対策計画の評価法の提案, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 1376-1380.