

堆砂垣・縦垣による飛砂対策工法の平面配置検討

加辺圭太郎*・森晴夫*・片野明良**・清水利浩***・千田奈津子***・小林千紘***

*一般財団法人沿岸技術研究センター 調査部

**株式会社エコー 防災系事業部 調査解析部

***国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所

新潟港海岸（西海岸地区）（以下、新潟西海岸）では、海岸線に平行に設置される堆砂垣と海岸線の法線方向に設置される縦垣の組み合わせによる飛砂対策工法の効果を仮設フェンス（フェンス高さ2m）を用いた現地試験により検証してきた。本稿では、堆砂垣と縦垣による飛砂対策工の平面配置について、堆砂垣と縦垣との効果的な離垣間隔、縦垣先端の局所洗堀抑制効果、開口部の位置・法線形状について得られた知見を報告する¹⁾。

キーワード：面的防護工法，飛砂，海岸保全施設，維持管理

1. はじめに

新潟西海岸では、潜堤、突堤、養浜による面的防護工法による侵食対策が実施されている。養浜は、海岸を防護するとともにレクリエーション空間として利用されているため、養浜の維持管理は防護、利用の観点から重要となる。新潟西海岸は、冬季季節風による飛砂が養浜砂流出の一因になっているため、砂浜の維持管理において、飛砂抑制が課題となっている。

新潟西海岸は、NW から WNW の強風が卓越しており、海岸線に対して強風が斜めに入射するため、飛砂には岸沖方向成分（岸沖飛砂）と沿岸方向成分（沿岸飛砂）があり、海岸線に沿って移動する沿岸飛砂を無視することができない。そのため、日和山浜（第1区画，第2区画，第4区画）において、海岸線に平行に設置される堆砂垣によって岸沖飛砂を制御するとともに、海岸線の法線方向に設置される縦垣によって沿岸飛砂を制御することで各区画に飛砂を閉じ込める飛砂対策工法につ

いて効果や最適な平面配置（図-1 参照）が検討されてきた²⁾。平面配置は飛砂制御効果，海岸利用，維持管理を総合的に評価して検討する必要がある。

本稿は、飛砂制御効果が確認された平面配置に対して、細部設計に資するため、これまでに実施された新潟西海岸での現地試験結果や近接海岸の実績から①堆砂垣と縦垣との効果的な離垣間隔，②縦垣先端の局所洗堀抑制効果，③開口部の位置・法線形状について検討したので報告する。

2. 飛砂量調査

2.1 現地調査の目的

以下の細部条件を適切に設定するために現地での飛砂量調査を実施した。

(1) 堆砂垣と縦垣の離垣間隔

堆砂垣と縦垣を接続したり、離垣間隔を小さくしたりすると、その隅角部に飛砂が集中的に堆積するため、

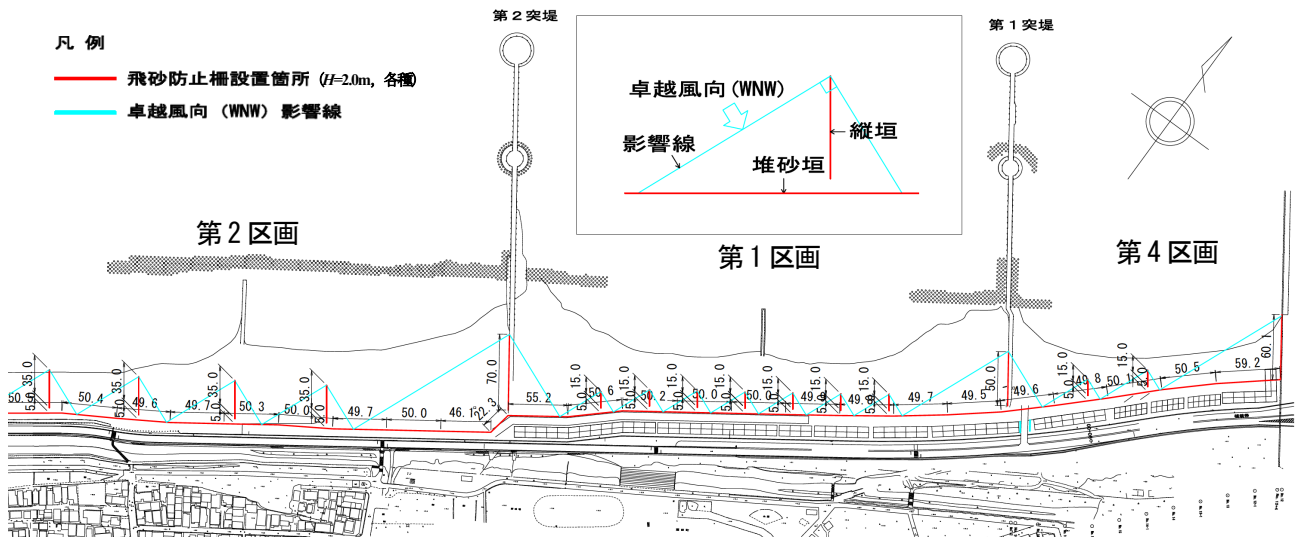


図-1 日和山浜における飛砂対策工（堆砂垣，縦垣）の平面配置

飛砂抑制効果が低下する。離垣間隔は、過去の実績から5m程度が妥当と考えられるが、2m~13mの範囲で適切な離隔が存在すると考えられるため、離垣間隔を5mと10mにした場合の効果を検討する。

(2) 縦垣先端の局所洗堀抑制効果

縦垣先端付近では、風の方が局所的に乱れることで、洗堀地形が形成されることが確認されている(図-2)。洗堀により、縦垣の安定性が損なわれることで飛砂抑制効果が低下するため、縦垣先端のフェンス高を低くすることで、局所洗堀抑制効果があるか確認する。

2.2 調査概要

飛砂量調査は、日和山浜で養浜が実施されている第2区画の砂浜を対象とし、飛砂対策工設置直後の2019年12月10日および季節風による強風が収まる2020年2月26日~28日に詳細測量を実施した。詳細測量は、高精度のTLS(Three dimensional Laser Scanner)測量を実施した。TLS測量精度は、表-1に示すとおり、鉛直精度6mmと精度がよい。新潟西海岸に近い松浜(AMeDAS)の風向出現頻度を図-3に示す。松浜は、風向・風速を海岸で測定しており、新潟西海岸でも概ねNW~WNNの風向が卓越していると考えられる。

2.2 仮設フェンスの配置

堆砂垣と縦垣の離垣間隔および縦垣先端の局所洗堀抑制効果を確認するために以下のようなフェンス配置とした(図-4)。

- ・ 縦垣の離垣間隔を5mおよび10mとした。
- ・ 縦垣先端部(延長 $L=2m$)のフェンス高(H)を1mおよび2mとした。

3. 飛砂対策工の平面配置について

3.1 堆砂垣と縦垣の離垣間隔

飛砂量調査の結果から地盤高変化量(調査前後の差分)の平面分布を図-5に示す。適切な離垣間隔は、①取付部(隅角部)に集中する飛砂を適度に西港側(以下、風下側)に流出させ、取付部(隅角部)の埋没を防止しつつ、②堆砂垣に沿う堆積の頂部の高さ(crest line)がほぼ一定な滑らかな形状を生じさせ、かつ③縦垣近傍飛砂を堆積させることができる離垣間隔と定義している³⁾。

① 取付部(隅角部)の埋没については、離垣間隔5m、10mいずれの場合も取付部(隅角部)の集中的な堆積地形は形成されていない。離垣間隔5mの場合、縦垣の堆積が連続的に堆砂垣の堆積と繋がっているのに対して、離垣間隔10mの場合は、縦垣と堆砂垣の堆積が独立している。②堆砂垣前面の堆積地形については、離垣間隔5mの場合、堆砂垣前面の地形は一樣に堆積している。離垣間隔10mの場合、堆砂垣前面の地形は局所的に堆積している。③縦垣の堆積地形については、

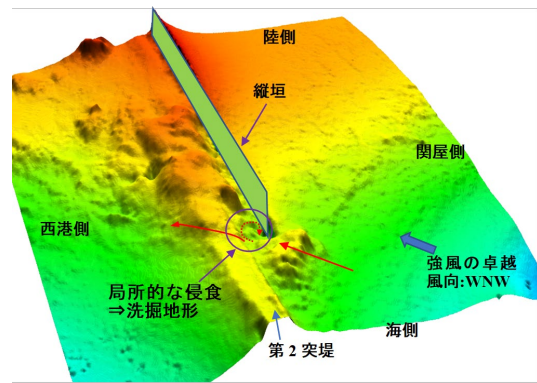


図-2 縦垣先端部周辺の3D地形(2018年2月)

表-1 検証点における誤差 TLS 測量

撮影実施日	検証点の精度 (m)	
	水平 (x,y)	鉛直 (z)
2019年12月10日	0.005	0.006
2020年2月29日	0.003	0.006

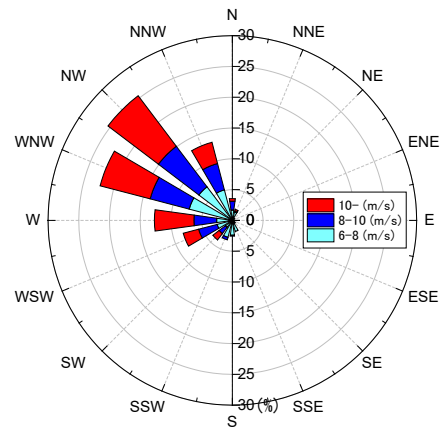
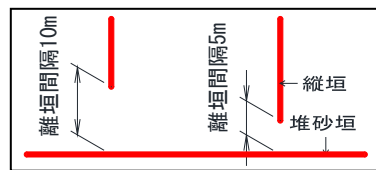


図-3 松浜の風向出現頻度

(離垣間隔の検討, 平面図拡大)



(局所流の検討, 断面図)

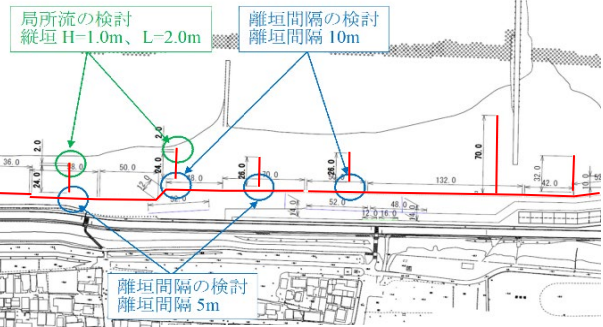
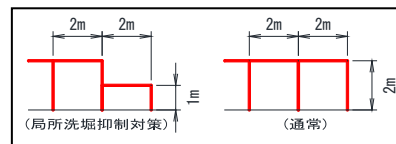


図-4 フェンスの配置

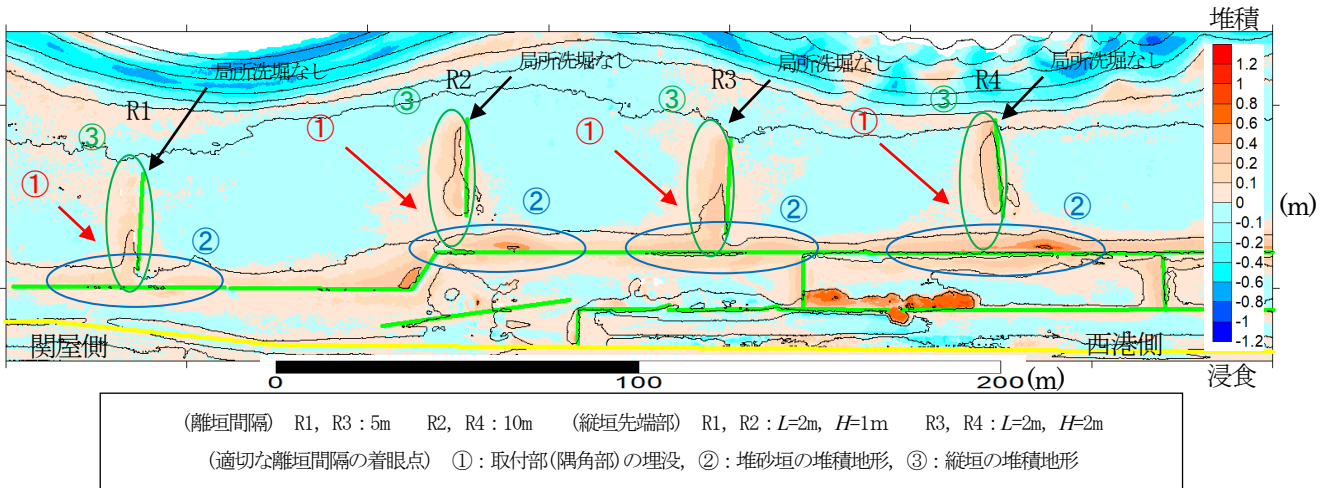


図-5 地盤高変化の平面分布

離垣間隔 5m, 10m のいずれの場合も縦垣の関屋側(以下, 風上側)で飛砂を捕捉している。

以上のことから, 離垣間隔は 5m が妥当であると考えられる。また, 堆砂垣と縦垣の間隔は, 除砂等の維持管理における重機の通路, 海岸利用者の通路としての利用が想定され, 海岸の維持管理, 利用の観点からも離垣間隔 5m は必要な間隔と考えられる。

3.2 縦垣先端部の局所洗堀抑制効果

図-5 より, 局所洗堀抑制対策として縦垣先端部(L=2m)のフェンス高(H)を 1m にした R1, R2 とフェンス高(H)が 2m の R3, R4 とともに縦垣先端部周辺では, 局所的な洗堀地形は形成されていない。今回の現地調査では, 縦垣先端部の局所的な洗堀対策の違いを確認することはできなかったが, 両者に沿岸飛砂補足効果の差も認められないことや定性的には局所流を緩和させる効果が期待されるため, 先端部の高さは, 1m にしても差し支えないと思われる。

なお, 2017 年 11 月と 2018 年 2 月に実施した TLS 測量成果による地盤高変化を 3D 地形にすると, 縦垣先端部に侵食域が形成されていることがわかる(図-6)。洗堀地形とはなっているが, フェンスが倒壊せずに残っていたため, フェンスの風下側に減風域が生まれ, 風下側に堆積域が形成されている。つまり, フェンスが倒壊しなければ, 局所的な洗堀が発生したとしても減風域が生まれ風下側に飛砂を堆積させることができる。そのため, 安定的に飛砂を堆積させるために, フェンスの根入れを強固にする対策が必要と思われる。

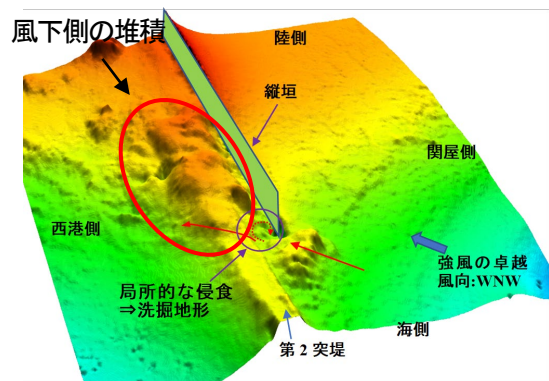


図-6 縦垣先端部周辺の 3D 地形(2018 年 2 月)

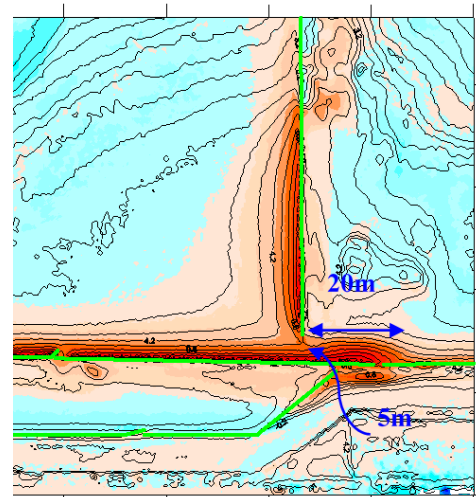


図-7 堆砂垣, 縦垣周辺の地盤高変化(2016 年 2 月)

3.3 開口部の位置および法線形状について

図-7 に堆砂垣と縦垣が直交する地点の堆積状況を示す。堆砂垣と縦垣が直交する地点から東側の 10~20m 程度の範囲に飛砂が堆積している。この領域に堆砂垣の開口部を設置すると, 開口部に飛砂が堆積して利便性が低下することが懸念されるため, 堆砂垣と縦垣が直交する地点から風下側 20m の範囲は開口部の設置に

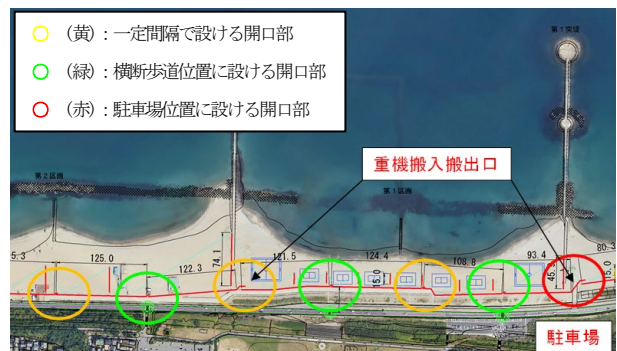

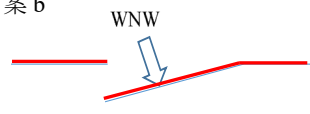



図-8 開口部の位置

表-2 日 and 山浜における堆砂垣の開口部形状案

開口部の形状	特徴
<p>案 a</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・堆砂垣より海側の堆砂が隅角部で集中することがある。 ・開口部より風下側に堆砂し閉口しにくい。 ・堆砂垣背後の堆砂除去、運搬スペースの確保が容易。
<p>案 b</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・堆砂垣の法線を強風方向に対して風下側に堆砂できるように設定でき、飛砂を乱さないで連続的に確保できる。 ・開口部に堆砂し閉口する可能性がある。 ・堆砂垣背後の堆砂除去、運搬スペースの確保が困難。
<p>案 c</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・堆砂垣より海側の飛砂を乱さないで連続的に確保できる。 ・開口部に堆砂し閉口する可能性がある。 ・堆砂垣背後の堆砂除去、運搬スペースの確保が困難。

適さない。また、図-8に示すように、利用や維持管理の観点から人や重機の出入り口は各区画の延長や人や重機の導線を考慮して設置することが望ましい。

開口部の法線形状は、図-9に示すように、堆砂垣から45度傾けた翼垣形状のフェンス、その先端から逆の強風が発生した場合に開口部から流出する飛砂を抑制するための堆砂垣を設置する方法が考えられる。近接海岸の開口部の堆砂状況を参考にして、①隅角部の堆砂緩和、②開口部からの飛砂流出量ができるだけ小さく、③利便性等を考慮して設計する必要がある。これらをまとめると、表-2のとおりとなり、維持管理の観点から堆砂垣背後の堆砂除去、運搬スペースの確保が容易である案aが適していると考えられる。

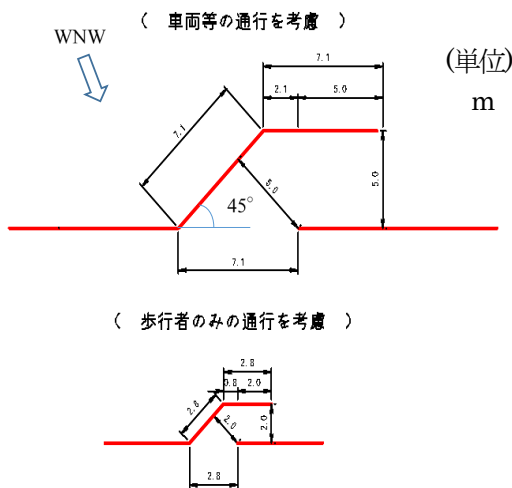


図-9 開口部の法線形状

4. まとめ

(1) 堆砂垣と縦垣との効果的な離垣間隔について

- ・ 離垣間隔が5mの場合、縦垣から堆砂垣への堆積地形が一樣であるのに対して、10mの場合は、堆積地形が局所的な堆積が見られることから、離垣間隔は5mが妥当と考えられる。
- ・ 離垣間隔が5mと10mの場合、隅角部の局所的な堆積地形は形成されない。

- ・ 海岸の維持管理、利用の観点からも5m程度の離垣間隔は必要である。

(2) 縦垣先端部の局所洗堀対策について

- ・ 縦垣先端部(L=2m)の高さを1mおよび2mとした場合の局所的な洗堀抑制効果の違いは確認できなかった。
- ・ 沿岸飛砂補足効果の違いもないことから縦垣先端部(L=2m)の高さを1mとしてもよい。

(3) 開口部の位置および法線形状について

- ・ 堆砂垣と縦垣が直交する地点から風下側20mの範囲に開口部は適さない。
- ・ 維持管理や利用の観点から開口部は各区画に設置するのが望ましい。
- ・ 開口部の法線形状は、維持管理の観点から案aが適している。

謝辞

本稿は、国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所発注の令和2年度新潟港海岸(西海岸地区)海岸保全施設機能検討業務成果の一部を報告したものである。

検討にあたっては、新潟西海岸技術委員会(座長:海上・港湾・航空技術研究所 栗山理事長)の各委員、北陸地方整備局の関係者から貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所: 新潟港海岸(西海岸地区)海岸保全施設機能検討業務報告書, 令和3年3月
- 2) 国土交通省北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所: 新潟港海岸(西海岸地区)海岸保全施設機能検討業務報告書, 令和2年3月
- 3) 奥田聡, 中村聡孝, 高野篤, 片野明良, 加辺圭太郎: 3Dレーザースカナ測量を用いた堆砂垣・翼垣群周辺の飛砂堆積形状の観測, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 74, No. 2, pp. I_967-I_973, 2018