

仙法志漁港における 防風柵の計画と施工について

稚内開発建設部 稚内港湾事務所 第3工務課 ○秋田谷 肇
大黒 俊一

仙法志漁港は北海道北端の利尻島に位置し、島内漁業生産の2割を占める地域沿岸漁業の生産拠点である。当漁港では、秋から厳冬期にかけ、強風の発生する頻度が多く、船体動揺による漁船の損傷被害防止に向けた対策や荒天時の見回り作業の安全確保が課題となっていた。

本報告では、これら課題に対応するために整備した防風柵について、利用者の漁業活動に配慮した配置計画や現地施工について報告するものである。

キーワード：防風柵、船体動揺、風況シミュレーション

1. はじめに

仙法志漁港は、北海道北端の利尻島に位置する島内唯一の第4種漁港（昭和26年に指定）であり、日本有数の好漁場である武蔵堆を近傍に控え、全国的にも有名な利尻コンブやエゾバフンウニを中心に島内漁業生産の2割を占める地域沿岸漁業の生産拠点である。また、周辺海域で操業する道内外漁船の漁業前進基地及び避難拠点として重要な役割を担っている（写真-1）。



写真-1 仙法志漁港全景（令和元年10月撮影）

当漁港では、平成19年に仙法志漁港整備特定漁港漁場整備計画を策定し、生産拠点として水産物の衛生管理対策の強化に資する屋根付き岸壁の整備や小型漁船漁業の作業効率向上のための船揚場等の整備を位置付けるとともに、避難拠点として荒天時にも安全に漁船が停泊・係留できるよう、港内静穏度の向上のため、防波堤の延伸や改良を進めてきた。これらにより、荷さばき所前面泊地等の港内静穏度は向上しているものの、強風に伴う船

体動揺等による漁船損傷事故が発生している状況にあり、防風対策が必要な状況であった（写真-2）。



写真-2 漁船損傷被害状況（平成21年撮影）

2. 仙法志漁港における中防波堤の整備について

仙法志漁港中防波堤（L=72.0m）は、漁獲物の陸揚げや漁船の準備・休憩を行う-3.0m岸壁及び-3.5m岸壁前面泊地の静穏度向上のため、平成19年度（57.6m）及び平成24年度（14.4m）に整備された施設である。

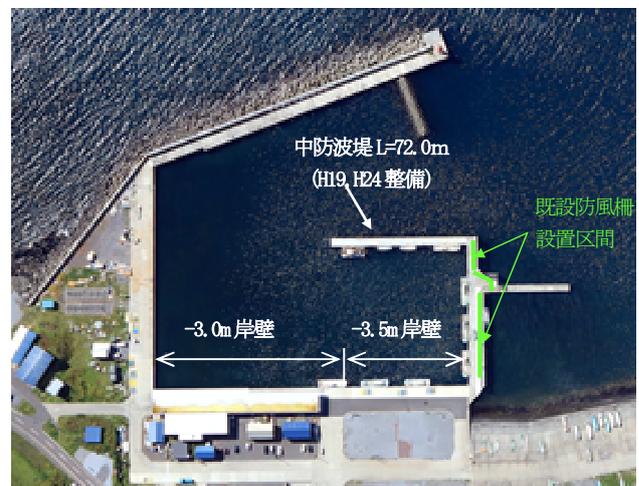


写真-3 中防波堤整備状況

また、特に秋から厳冬期にかけ、西寄りの強風が発生する頻度が高く、船体動揺による漁船の損傷被害への対策、見回り作業等における安全性確保が課題となっていた。これらに対処すべく、当該施設に隣接する中防波堤 A 部 (L=20.0m) ・ B 部 (L=7.5m) ・ C 部 (L=52.0m) において平成26年度に防風柵を設置した (写真-3,4)。



写真-4 既設防風柵設置状況

3. 利用者へのヒアリングによる新たな課題

(1) 利用者へのヒアリング

防風柵設置後約2年が経過し、地元利用者に状況を確認したところ、W や WNW 方向の強風に対する船体動揺は問題なくなり係留時の安全性及び漁業活動における作業性の向上が図られたことが確認された。

一方、従来は支障となる状況ではなかった別の風向 (NW, WSW) での強風により、漁船の船体動揺等から漁船係留時の安全性確保や漁業作業への支障が発生していることが新たな課題として指摘された (図-1、図-2)。

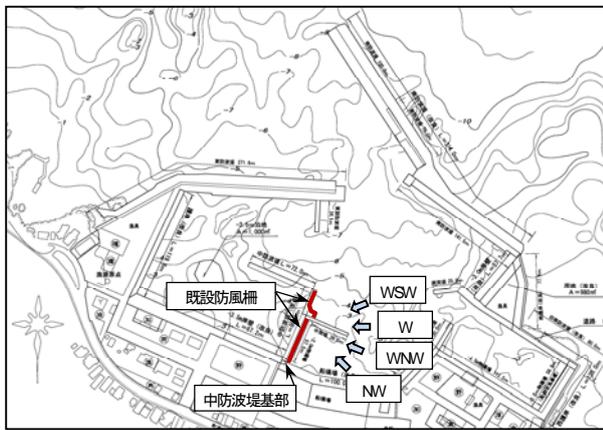


図-1 ヒアリング状況図



泊地擾乱状況

荒天時係留状況

図-2 荒天時状況写真 (H27. 10. 2撮影)

(2) 観測データによる風況変化の確認

利用者から指摘のあった風向風速の変化について、観測データを整理し確認することとした。なお、仙法志漁港での風況観測は 2011 年で終了しているため、近隣で風況観測が行われているアメダス杓形の風況データを用い、近年の風況の変化を確認した。

表-1 は、既設防風柵設置前後の5年間について傾向を確認するため、強風(風速10m/s 以上)の出現回数を風向別に比較したものである。これより、既設防風柵設置後 (2012 年～ 2016 年)は設置前 (2007 年～ 2011 年)に比べ、強風の出現回数が地元利用者より特に改善要望の強い風向である NW では約2倍、WSW は0 回であったものが9 回と、近年の風況が大きく変化していることが分かった。

図-3 は、既設防風柵設置前後の5年間について、平均風速と最大風速を風向別に比較したものである。これより、既設防風柵設置後は設置前に比べ、風向NW と WSW の平均風速は5%程度、最大風速は20%程度大きくなっていることが分かった。

このことから、地元利用者の指摘のとおり、NW、WSW 方向を中心として、平均風速や最大風速が近年特に強まっていることが確認され、その対策について検討を行うこととした。

表-1 アメダス杓形の秋冬の強風(風速10m/s以上)の出現回数

風向	年	2007-2011	2012-2016
NW		18	37
WNW		354	370
W		0	8
WSW		0	9

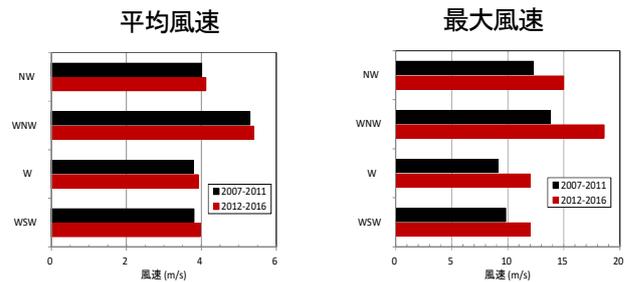


図-3 アメダス杓形の秋冬の風速の変化

4. 風況シミュレーションの実施

(1) 風況解析手法の選定

平成25 年度の検討では、防風柵に対し直角方向から入射するWNW が最も風速が大きく影響が大きかったことから、直角方向の解析のみ可能であった断面2次元の解析手法を採用し、防風柵の高さと密閉度が求められてい

た(図-4)。

一方、平成29年度の検討では近年の風況変化も踏まえた長期間の風データに基づきNWとWSWという、防風柵に対して斜め方向から入射する風の影響を評価する必要性が生じたことから、断面方向に加え平面方向も解析可能な3次元解析手法を採用した。

3次元解析手法を用いた平面方向の解析を加えることにより、風向による平面的な防風効果の違いを詳細に検討することが可能であり、既設防風柵の防風効果を十分に把握した上で、追加設置する防風柵の効果について、より精緻に照査を実施することとした(図-5)。

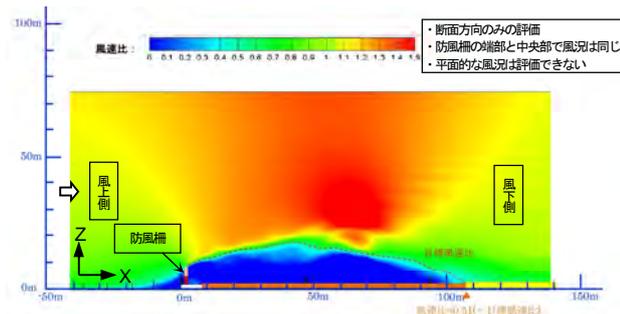


図-4 H25解析結果<2次元解析>

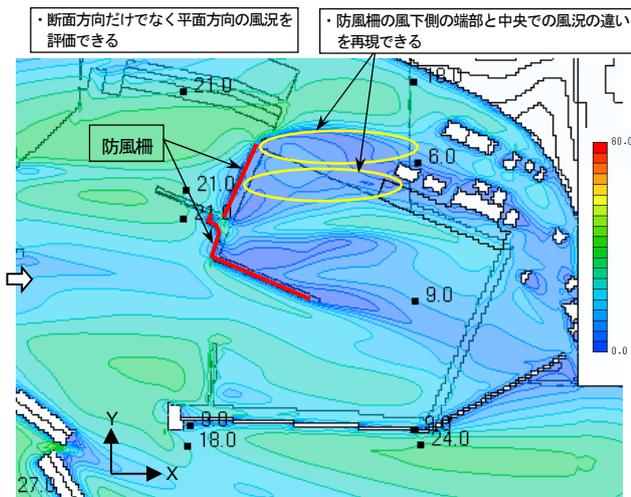


図-5 H29年度解析結果<3次元解析>
(平面方向の風速コンター図: DL+3m)

3次元風況シミュレーションによる現況の照査結果と評価領域を表-2及び図-6に示す。これによると、平成25年度の検討風向であるWNWでは全ての領域で許容風速15m/s未満となっており、平成25年度の検討結果を裏付ける既設防風柵の効果が確認された。

一方で、既設防風柵に対し斜め方向から入射するWSWとNWでは領域3及び4で許容風速15m/s以上となっており、近年の風況の変化に対し、十分な減風効果を発揮するためには、既設防風柵に加えて、新たに防風柵を設置することが有効であることを確認した。

表-2 領域内平均風速 ※網掛けは許容風速15m/s以上

領域	1	2	3	4	備考
WSW	4.3	4.9	10.7	21.6	
W	5.7	7.0	5.7	7.4	
WNW	6.2	4.3	5.2	9.8	H25検討風向
NW	5.9	7.7	15.3	16.5	



図-6 H29年度検討による現況解析結果

(3) 風条件の設定方法

仙法志漁港では、1997年～2011年の2007年を除く14年間、図-7に示す観測局で風況観測が行われており、既設防風柵設計時にはこのデータを用いて確率風速が算定され、防風柵の配置形状が決定されている。しかし、2012年以降の風況変化による強風データなどが反映されていないことから、検討に当たり、直近までの長期にわたり観測が行われている近隣のアメダス観測データを用いて仙法志漁港の風況を推算し、確率風速を算定した。

検討風向は、既設防風柵の検討で用いられたWNW、利用者ヒアリングにおいて係留漁船に与える影響があるとされ近年の風況の変化が確認されたWSW、W、NWの4風向とした。検討風速は、係留時の安全性評価に30年確率風速を用いることとした。



図-7 仙法志観測局(1997年～2011年)

(4) 仙法志観測局と近隣アメダスとの相関関係

仙法志漁港の近傍で直近まで長期にわたり観測が行われているアメダス観測地点は、図-8に示す沓形、本泊、礼文の3地点である。この中から、仙法志観測局の風況に最も相関性のある1地点を選定する。図-9は、検討風向であるWSW、W、WNW、NWの4風向について、3つのアメダス観測地点それぞれと仙法志観測局で同時期に観測が行

われている期間（杓形：1997年～2011年、本泊・礼文：2004年～2011年）の風速の相関を示したものである。各図の右肩にRで示した数値は横軸と縦軸に示した2地点間の相関係数である。

相関係数は2変数の相関性の強さを表す係数であり、一般に0.4以上で相関があり、0.7以上で強い相関があるとされている。3地点のアメダスと仙法志観測地点の相関係数を見ると、4風向全てにおいてアメダス杓形の相関係数が他のアメダス地点よりも高くなっていることから、アメダス杓形のデータを用いて仙法志観測局との相関関係を求めた。

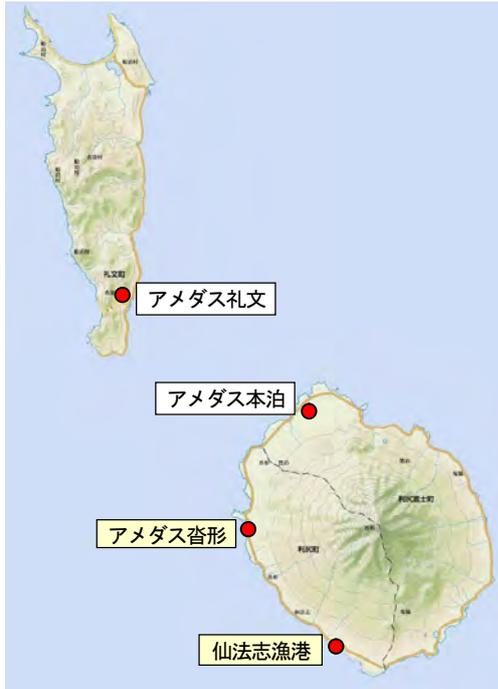


図-8 仙法志漁港と近傍のアメダス観測地点

ていた期間（1997年～2011年）について、全風向の風速の相関関係を図-10に示す。相関の指標となる相関係数Rをみると、海側からの風向であり検討風向を含むSSW～NWの相関が高い。一方、陸側からの風向であるNNE～ESEは陸地の影響を受けるため相関は低い。仙法志漁港ではWを中心とした風向で漁船の係留障害が発生しており、検討風向であるWSW, W, WNW, NWの相関が高いことから、この相関関係を用いて仙法志漁港の確率風速を算定した。

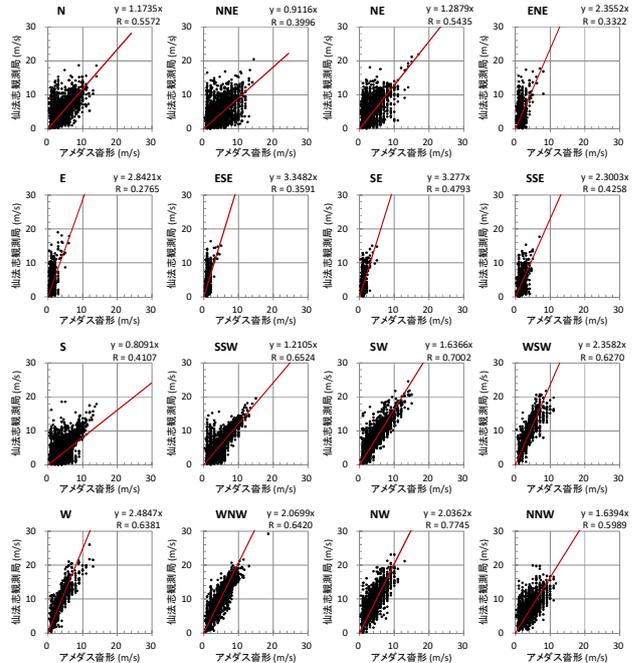


図-10 仙法志観測局とアメダス杓形の風速の相関関係

5. 評価領域の設定及び計算結果

(1) 評価領域の設定

平成25年度は断面2次元の風況シミュレーションを用いて評価したため、中防波堤延長に沿って96.8mの幅（防風柵設置位置の風下において-3.5m岸壁に係留する漁船10～20t 4隻及び5～10t 10隻分の幅：4×8.2m+10×6.4m=96.8m）を持つ図-11に示すような青色の領域を評価領域に設定していた。

平成29年度では、3次元の風況シミュレーションを用いることで係留位置での平面的な風況の違いをより精緻に評価することが可能となったことから、評価領域を船型及び荒天時の各漁船の係留形態を踏まえて図-11の4つの領域に設定し解析を行った。なお、領域3と4に係留される漁船は同じ船型であるが、評価は領域内の風速を平均して行うため、評価領域を細分化することにより適切に評価することとした。また、領域1は係留箇所として利用されている実態があることから評価領域に加えることとした。

高さ方向は、写真-5のとおり最大船型である10～20t船の高さを考慮し水面から5mの範囲を評価領域とした。

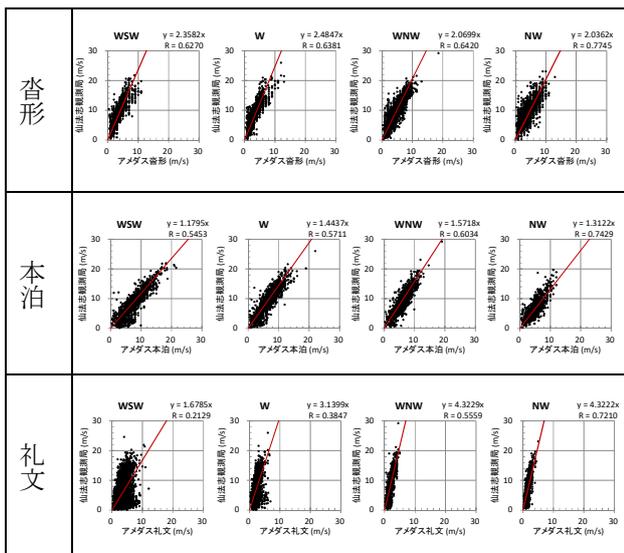


図-9 仙法志漁港と近傍のアメダス観測地点の相関関係

(5) 仙法志観測局とアメダス杓形の相関関係

仙法志観測局とアメダス杓形で同時期に観測が行われ

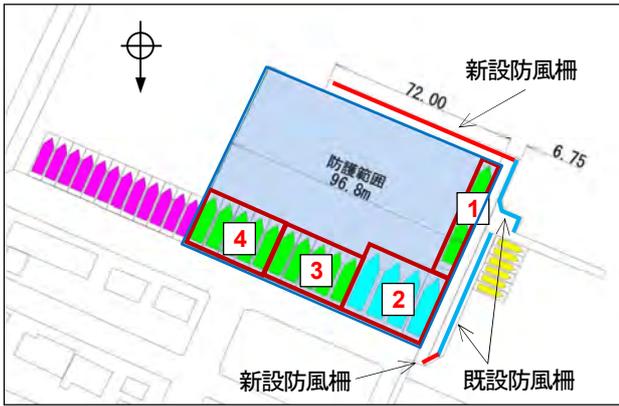


図-11 評価領域



写真-5 評価領域

評価方法については、「漁港・漁場の施設の設計参考図書」によると、「係留漁船に対する許容風速は、対象漁船の大きさ、船形、係留方法など種々の条件により異なるが、これまでの風対策を実施した実績を参考とすると15~20m/secを目安値としても良い」とされている。

このことから、仙法志漁港の厳しい気象条件における漁業作業を考慮し、係留時は15m/sを許容風速に設定し、以下の方法で評価を行った。

◆ 係留時(30年確率風速)

漁船の係留時を想定し、30年確率風速に対し評価領域内の風速が15m/s以下とすることを基準に評価を行う。

(2) 風況シミュレーションによる計算結果

検討は表-3に示すとおり、現況及び中防波堤先端部に延長70mの防風柵を設置して、高さを変化させた4ケースで行った。結果は表-4に示すように、ケース1(現況)において、平成25年度の検討風向である WNW では全ての領域で許容風速15m/s以下となっており、既設防風柵の防風効果を確認した。

一方、ケース1(現況)において、新たに追加した風向 WSW で領域4、風向 NW で領域3及び4の風速が許容値を超えていた。これは、利用者へのヒアリングとデータ

整理により確認された風況変化を再現した結果となっており、中防波堤先端部と基部に防風柵を追加設置する必要性が確認された。

計算の結果、全ての風向で許容風速以下となったのは、中防波堤先端部と基部に既設防風柵と同じ、高さ7mの防風柵を設置したケース4であった。

表-3 検討ケース

ケース	中防波堤先端部		中防波堤基部		
	延長	高さ	延長	高さ	
1	—	—	—	—	現況
2	70m	3m	10m	7m	
3	70m	5m	10m	7m	
4	70m	7m	10m	7m	

表-4 領域内平均風速 ※網掛けは許容風速15m/s以上

風向：WSW					風向：W				
領域 \ ケース	1	2	3	4	領域 \ ケース	1	2	3	4
1	4.3	4.5	4.4	3.5	1	5.7	5.5	5.3	5.4
2	4.9	4.3	4.3	4.0	2	7.0	6.6	6.3	6.1
3	10.7	8.0	7.5	5.8	3	5.7	7.0	7.6	8.7
4	21.6	18.7	16.7	12.5	4	7.4	11.2	12.7	13.9

風向：WNW					風向：NW				
領域 \ ケース	1	2	3	4	領域 \ ケース	1	2	3	4
1	6.2	6.0	5.8	5.6	1	5.9	5.7	5.6	5.5
2	4.3	3.7	3.6	3.4	2	7.7	4.3	4.2	4.1
3	5.2	3.0	3.0	3.0	3	15.3	12.6	12.6	12.4
4	9.8	7.9	7.9	8.0	4	16.5	14.7	14.7	14.6

次に、4風向ともすべての領域で許容風速以下となることが確認されたケース4において、表-5に示すように、先端部の防風柵の高さを7mとして延長を変化させた場合について計算を行った。結果は表-6のとおりであり、防風柵の延長を70mとしたケース4において、4風向ともすべて許容風速以下となった。

表-5 検討ケース

ケース	中防波堤先端部		中防波堤基部	
	延長	高さ	延長	高さ
4	70m	7m	10m	7m
5	60m	7m	10m	7m
6	45m	7m	10m	7m

表-6 領域内平均風速 ※網掛けは許容風速15m/s以上

風向：WSW				風向：W			
領域 \ ケース	4	5	6	領域 \ ケース	4	5	6
1	3.5	3.5	3.6	1	5.4	5.4	5.5
2	4.0	4.2	4.6	2	6.1	6.1	6.3
3	5.8	6.5	8.0	3	8.7	8.8	9.0
4	12.5	15.9	20.4	4	13.9	14.2	15.2

風向：WNW				風向：NW			
領域 \ ケース	4	5	6	領域 \ ケース	4	5	6
1	5.6	5.6	5.6	1	5.5	5.5	5.5
2	3.4	3.4	3.5	2	4.1	4.1	4.1
3	3.0	3.0	3.1	3	12.4	12.4	12.5
4	8.0	8.0	8.2	4	14.6	14.6	14.7

6. 防風の配置と使用部材

風況観測データの整理、シミュレーション結果に基づき防風柵の延長・高さを設定し、防風柵の基礎構造物となる既設防波堤を含めた構造計算を行い、以下のとおりの構造に決定した。

- ・整備延長 L=70.0m
- ・防風柵高さ F.H=+8.5m
柵6.8m
※無孔折り板500mm
ポリカーボネート無孔板2,500mm
有孔折り板3,800mm

防風柵の配置については、これまでの漁港の利用状況として、漁船を係留し出漁準備作業を行う場合があることから、**図-12**に示すように防波堤の港外側へ配置することとし、利用者へのヒアリングにより、漁港への入出港時に航行漁船や潤内の係留状況を確認し、安全が確保できるよう要望を受けたことから、**図-13**に示すように、防風柵下段には飛沫対策の無孔板を、中段には視認性を確保するため、ポリカーボネート製の無孔板を、その上部に有孔板を配置することとした。

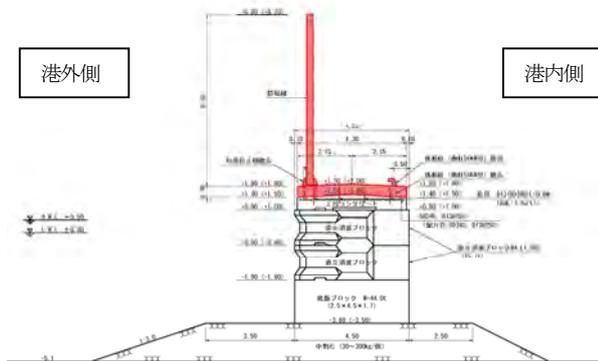


図-12 標準断面図【先端側】

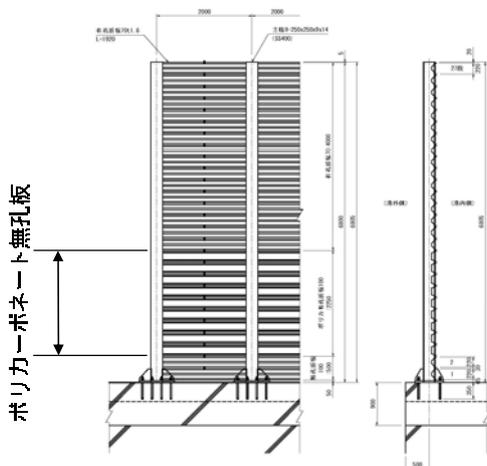


図-13 防風柵構造図

7. 施工状況

(1) 施工手順

現地施工は**写真-6**に示すよう、①既存防波堤上部工の嵩上げ、②アンカーボルト設置、③支柱建込、④パネル設置の順で施工した。留意点としては、防風柵を設置する防波堤上部工には排水機能のため勾配が設けられていることから、支柱の水平・垂直を確保することであった。この点については、調整を可能とする座金とナットを配置し支柱建込時の水平・垂直を確保した。



1) 上部工施工状況



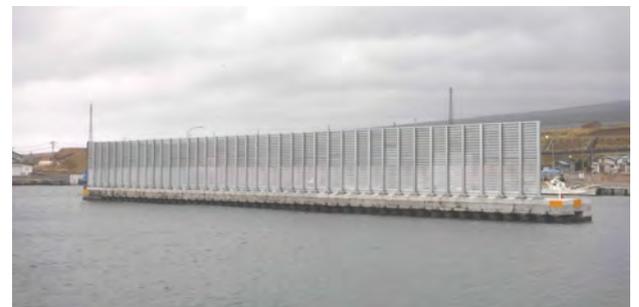
2) アンカーボルト設置



3) 支柱建込状況



4) パネル設置状況



7) 施工完了全景

写真-6 施工状況

8. おわりに

仙法志漁港における防風柵設置は、平成26年度及び平成30年度に整備を完了したところである。

整備を終え、その効果として、「漁船の管理が楽になった。」や「時化時には風向きによって係留場所を変えていたがその作業がなくなった。」との声が聞こえており、防風柵の整備効果は高いと判断出来るが、これらは利用者の感覚的な評価となっている。

そこで、利用者の評価や施設導入に際して実施したシミュレーション結果の妥当性を確認するため、現地風況観測を今年度実施しているところであり、その結果を整理し、機会があればこの場にて報告したいと考えている。