



新工法による「防波堤整備」について

県北振興局 建設部 港湾漁港課 ◎細川修宏
○酒井淳一

1. はじめにー漁港概要と整備課題ー

星鹿漁港は長崎県北部の松浦市の北端、星鹿半島に位置し、地形的には三方を山に囲まれ東向きに開いた入江となっており、県下でも有数の天然の良港である。

長崎県の水産資源が減少傾向にある中、星鹿漁港前面の伊万里湾では、ハマチを中心としたブリ・フグ・シマアジ等の養殖業が盛んで、松浦地域の水産物の安定供給と沿岸漁家の所得を担っている。

また、漁港周辺の海域は好漁場に恵まれていることから、中型巻網などの漁業が営まれ、外来漁船も多数入港しており、これらの漁船の準備・休憩基地としての役割を果たしている。

しかし、台風などの荒天時には港内の静穏度が十分に確保されていないため、一部の漁船は他港への避難をしており、避難に係る時間と経費の負担を余技なくされている。

このため、港内の静穏度を向上させ、安全な漁船の係留が可能となる水域を確保するため、内防波堤(A)の整備を行った。

◇星鹿漁港位置図◇



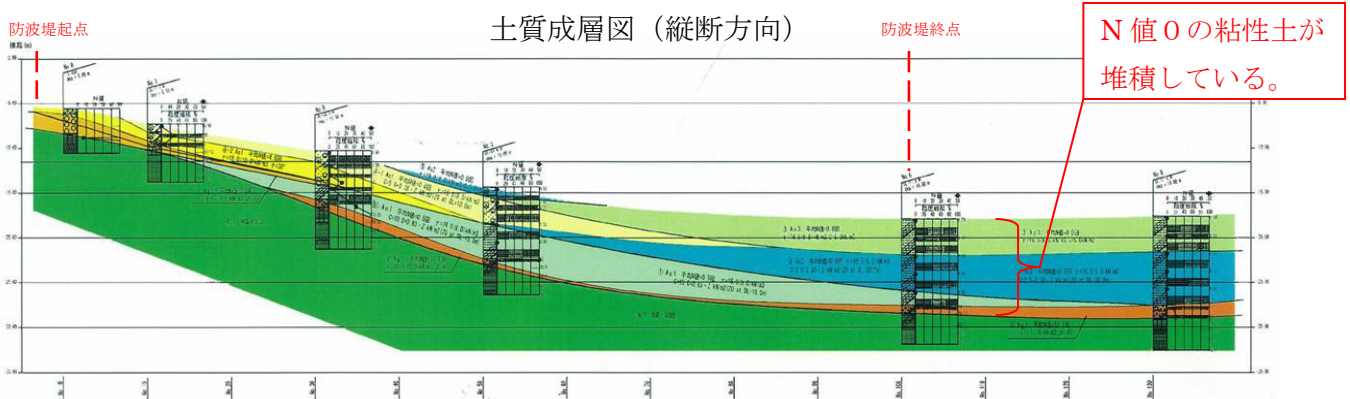
2. 設計ー条件整理と工法検討ー

静穏度の向上を目的とした防波堤の整備にあたり、各条件の整理を行い当該地での最適案を導き出していく。

2-1. 地質条件

今回の設計にあたり、ボーリング調査を実施した結果、下図の土質成層図のとおりとなった。特に注目すべき点は沖側において、地表面から約 10mにわたり N 値 0 という粘性土の堆積が見られ極めて軟弱な地盤帯といえる。また、標高 - 2.8 m 付近から N 値 50 以上の軟岩層が見られ十分な支持層とみなすことができる。

以上の結果より、防波堤の基礎部において地盤改良による直接基礎、あるいは杭基礎の採用が考えられる。 ※緑着色・・・N 値 50 以上の軟岩層



2-2. 設置条件

港内の星鹿泊地(B)の静穏度向上を目的に新設の防波堤を計画検討した場合、下記図の位置に設置するのが望ましいことがわかった。(静穏度解析等)

しかし、新たに防波堤を新設した場合、いくつかの問題点が発生する。

新たに防波堤を設置した場合、いままで発生していなかった、船舶の航行に伴う航跡波やうねりが新設した防波堤に当たることにより反射波が発生し、その反射波によって3m岸壁での準備作業及び係留作業、船揚場での船揚作業等、出入港する船舶の航行に影響を与える事が懸念される。

以上のことから、今回計画する防波堤は反射波を考慮した低反射型の防波堤を計画する必要がある。

※反射波の問題点・・・防波堤の反射波により重複波の形成が顕著になると、操船が困難になりやすいなどの弊害がある。

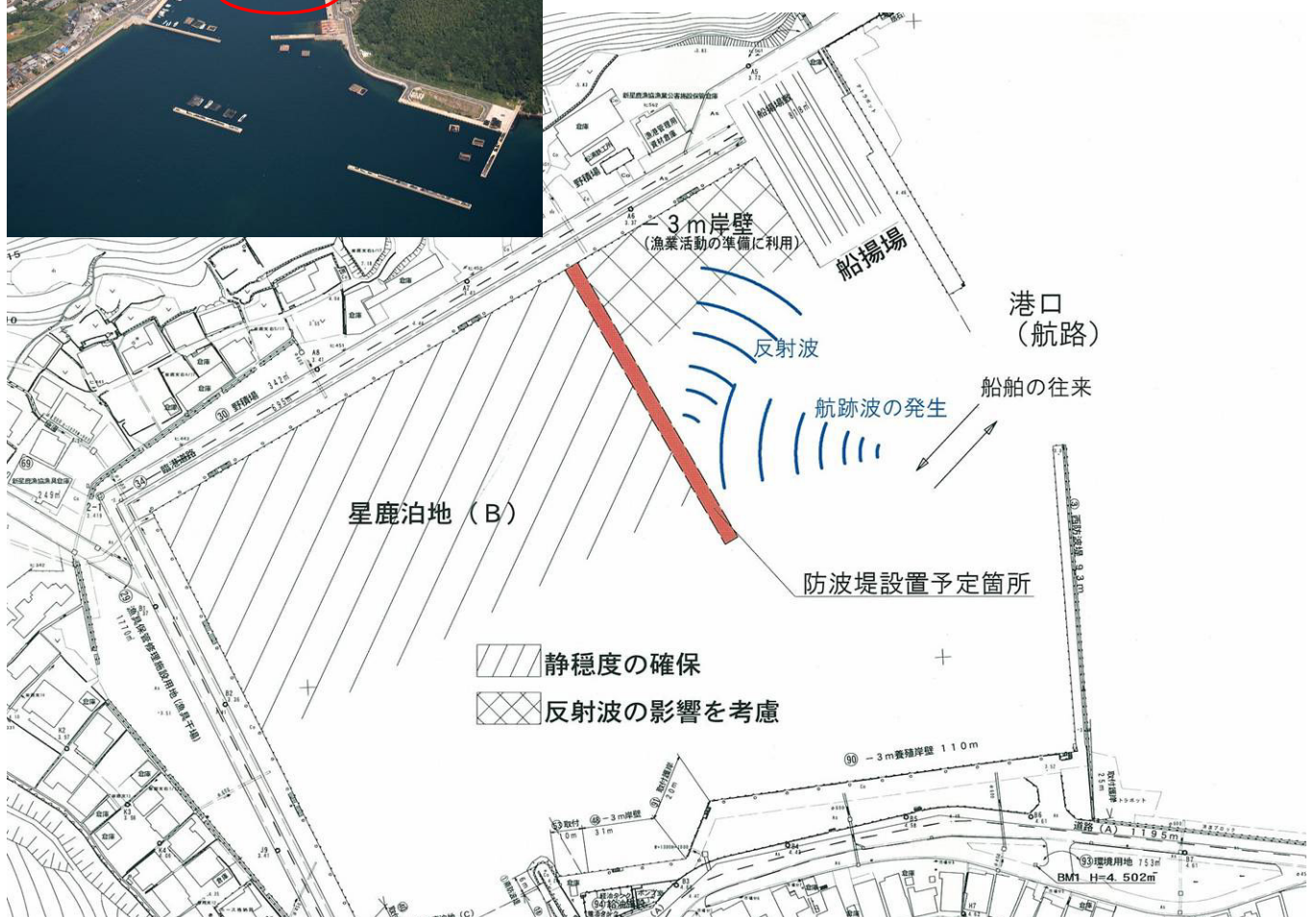
また、安全な漁業活動のため、港内の目標波高を下表のとおりとした。

対 象	目 標 波 高	来 襲 波 高
前面の岸壁(準備)及び航路	0.4m	出漁限界波浪
港内の岸壁(休けい)	0.5m	30年確率波浪

星鹿漁港航空写真



星鹿漁港概要平面図



2-3. 工法検討

以上の条件の整理を行った結果、各条件を満足する断面は下記のとおりとなった。

- ・ 杭式防波堤（低反射型カーテンウォール式）

杭式により岩盤部へ支持

上部工を低反射型カーテンウォール式にすることにより反射波を大幅に軽減

コスト面においては4,806千円/m（諸経費含む）

カーテン版をPC製品の工場製作にすることにより、安定した品質と工期の短縮が図れる

- ・ 重力式防波堤（直消ブロック+地盤改良）

地盤改良（深層混合処理工法）を行い軟弱地盤の条件をクリア

堤体を直立消波ブロックにすることにより、反射波を軽減

コスト面においては12,101千円/m（諸経費含む）

上記2案の比較検討により、

反射波の大幅な軽減が期待でき、且つコスト面にも優れる

「低反射型カーテンウォール式」に決定した。

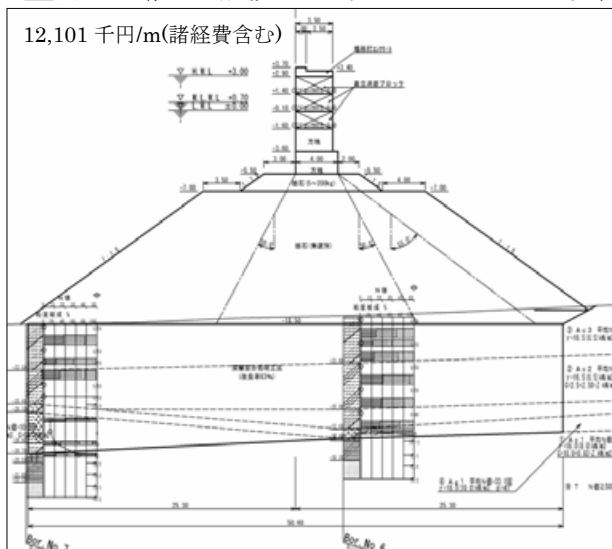
※長崎県内初の工法である※

また、低反射型カーテンウォール式防波堤を採用した場合、環境面にも優れている。

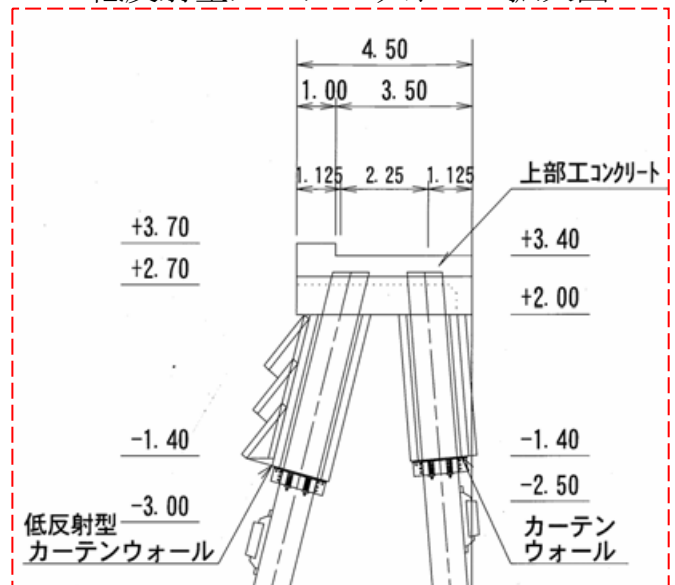
- ・ 捨石等がないため、施工中の湾内の水質悪化を軽減できる。
- ・ 海水の透過が可能なので港内の海水交換が出来るため、港内の水質保全が図れる。

断面比較検討

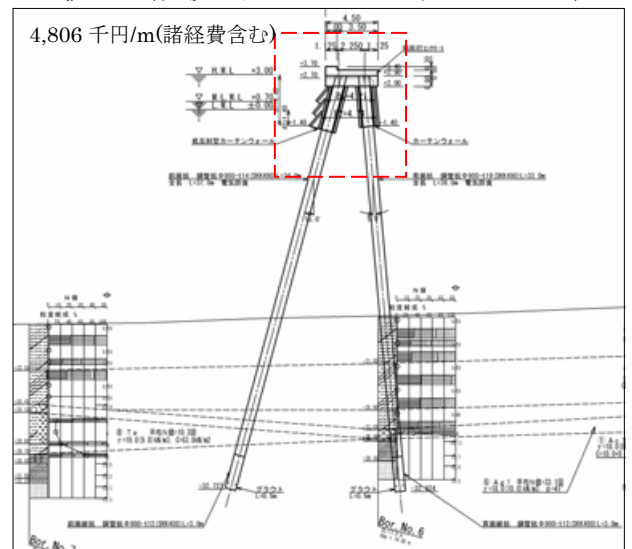
重力式（直立消波ブロック+CDM工法）



低反射型カーテンウォール拡大図



杭式（低反射型カーテンウォール式）



3. 低反射型カーテンウォール式防波堤について－仕組みと低反射率－

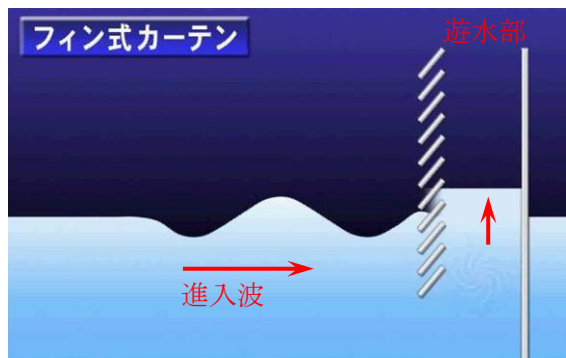
今回の設計検討の中で採用になった低反射型カーテンウォール式防波堤について、反射波が低減される仕組みを図解にて説明を行う。

また、低反射型カーテンウォール式防波堤の反射率を他構造と比較し、その反射率の低さを追記する。

3-1. 低反射の仕組み

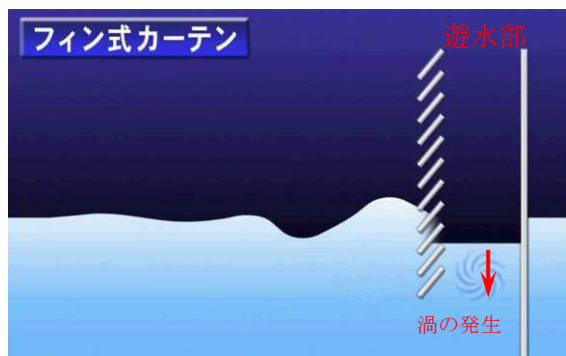
- ① 進入波がフィン式のカーテンを通過した後版カーテン(垂直)に当たり、遊水部で水位が上昇する。

この時、背後水面より高く水面が上昇する。

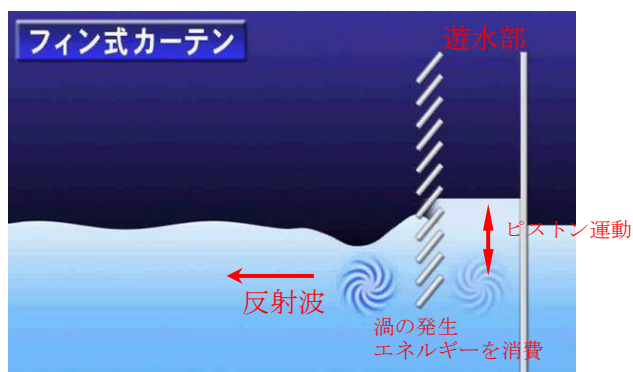


- ② 遊水部で上昇した水位が下がり、その際に遊水部で渦が生じる。

この時、背後水面より低く水面が下がる。



- ③ 下がった水位が元に戻ろうとするため、遊水部内でピストン運動が発生する。また、フィン式カーテンの前面でもフィン式カーテンを通過した反射波により渦が発生する。



①～③の状態が繰り返えされ、遊水部でピストン運動(波浪共振)が発生する。その結果、遊水部とフィン式カーテンの前面で渦が発生する。渦が発生することにより、エネルギーが消費され反射波が大きく軽減される。

3-2. 反射波の反射率

右の表は反射率を構造形式別にまとめた表である。

今回、採用しているフィン式二重カーテンは記載のとおり、反射率が0.3以下であり他の構造より低反射型だということがわかる。

反射率の概略値	
構造形式	反射率
直立壁 (天端は静水面上)	0.7～1.0
直立壁 (天端は静水面下)	0.5～0.7
捨石斜面 (2～3割勾配)	0.3～0.6
異型消波ブロック斜面	0.3～0.5
直立消波ブロック	0.3～0.8
フィン式二重カーテン	0.16～0.3

4. 施工—施工手順と課題点—

低反射型カーテンウォール式防波堤の施工を一連の流れで説明を行う。

今回の施工の中で、独立打設した杭の頭部に PC 版(カーテン版)を据付けるため、PC 版の重さにより施工途中の杭にたわみが発生した。そこで、PC 版の据付後、速やかに前杭と後杭の杭頭を H 鋼で補強連結させることにより(写真-④)、杭のたわみを抑えることが出来た。

4-1. 杭の打設 (写真-①)

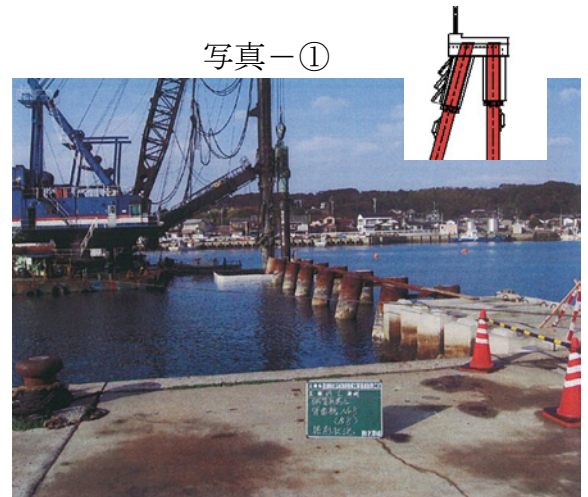
杭計φ900の鋼管杭を岩盤層の支持層まで定着させる。

前面杭 : 18本

後面杭 : 18本

打設した杭には電気防食を設置した。

右写真は杭打船により、杭の打設状況写真



4-2. PC 版 (カーテン版) の据付 (写真-②、③)

工場で分割製作した PC 版を現場付近にて組立てを行い据付ける。

PC 版の止め方については、鋼管杭に止め金具を設け、PC 線 4 本を設置し吊り下げる格好となる。据付後に PC 版と鋼管杭の隙間を無収縮モルタルにて充填し杭と PC 版の一体化を図る。 ※写真に写っている青い棒が PC 線

写真-②



前カーテン版 L = 10 m : 9 基

後カーテン版 L = 10 m : 9 基

PC 版の据付後、杭のたわみを防止するため、前杭と後杭の杭頭を H 鋼にて連結を行った。

右写真は前杭と後杭の杭頭に H 鋼を溶接にて取り付けている状況写真 (写真-④)



写真-④

4-3. U型支保の据付 (写真-⑤)

低反射型カーテンウォール式の遊水部となる U 型支保を据付ける。

なお、U型支保は現場外で製作を行った。

U型支保工を設置後、躯体の一体化を図るため、縦断方向にも H 鋼を設置した。

U 型支保：36基(L4500-B1750-H900)

4-4. 上部工の施工 (写真-⑥)

U型支保工を据付後、杭周り及び上部工の配筋を行いコンクリートを打設する。

写真-⑤



写真-⑥



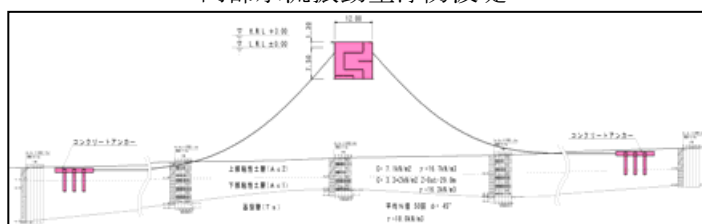
内防波堤(A) 完成全景写真

5. おわりに—事後考察とその他の新工法—

今回の内防波堤(A)の整備に関しては、港内の静穏度向上を図るため、既存の港内に防波堤を新規追加するという計画であった。そのため、防波堤設置により発生する反射波の低減、狭隘な港内での水質悪化防止、コスト的にも有利な「低反射型カーテンウォール式」を採用した。本工法は県内での実績がなく、施工に際して多少の試行錯誤もあったが、このような新しい工法を積極的に採用し実施に移していくことが、さらなる新工法の開拓に繋がるものと考えます。

また、県北振興局 港湾漁港課では、この他にも“長周期波に対し有効で浮体の内部構造を利用して消波効果を発揮する「内部水流振動型浮防波堤」”や“日本初の工法で波の力を利用し、港内と港外の海水交換を促進させることが出来る「遊水室式ジャケット構造防波堤」”など、新しい工法を採用した防波堤整備に現在取り組んでいますので、またこういう報告の機会に施工の経過報告が出来ればと考えています。

内部水流振動型浮防波堤



遊水室式ジャケット構造防波堤

