

漁港におけるあびき対策のための防波水門について

Study on the wave-control gate against secondary undulation in the fishing port

三橋宏次* 若林隆司* 山本正昭** 中山哲巖*** 三橋 清**** 高橋正夫****
 Kouji Mituhashi, Takashi Wakabayashi, Masaaki Yamamoto,
 Akiyoshi Nakayama, Kiyoshi Mituhashi, Masao Takahashi

Abstract

There are many fishing ports facing the trouble that any plan composed of only the conventional protective facilities is deemed functionally difficult to cope with long-period waves which generate peculiar flow called "Abiki"(secondary undulation) and so forth. Such secondary undulation causes collision between the moored fishing boats in the mooring basin and also cutting-off of the mooring ropes.

In construction of the breakwater for Ijima fishing port in Anann City of Tokushima Prefecture, the wave-control gate newly developed against long-period waves was taken into consideration as the most effective construction method and thus the study on its concept, advantage and structure was carried out.

Keywords: Long-period waves, Port oscillatory flow, Port tranquility, Fishing port structure

1. はじめに

一般的な外郭施設では長周期波に対応できない漁港も少なくなく、それが引き起こす港内振動流（あびき等と呼ばれている）によって、泊地内に係留している漁船の衝突や係留索の切断という問題が発生している。

特に、徳島県阿南市の離島にある伊島漁港（図-1.1）は紀伊水道を航行する漁船の避難港であるが、台風来襲時には“あびき”によって港内が擾乱するため地元漁船も本土（四国）に避難する状況にあり、抜本的なあびき対策が急務となっていた。

伊島漁港の対策工は従来の工法では解決できないため、新しい対策工として泊地に侵入するあびきを港口で遮断する防波水門を採用した。以下では、対策工の考え方及び防波水門の特長、構造を紹介する。

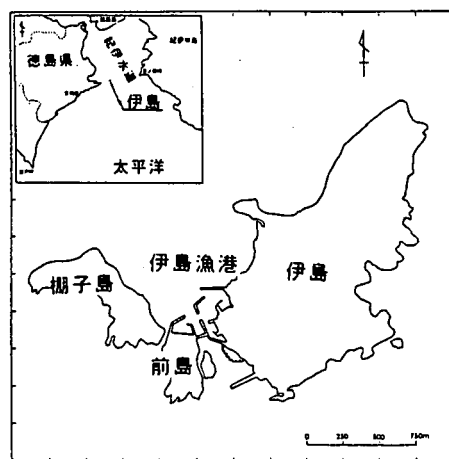


図-1.1 位置図

2. 港内擾乱状況と漁船避難の問題点

2.1 港内擾乱状況

地元漁業関係者からの聴取りによる台風時の港内擾乱状況は下記のとおりであり、模式図を図-2.1に示す。

- ①防波堤の開口部および波除堤等の先端部に激しい渦が見られる。
- ②港奥の船揚場背後の船置場まで海面がゆっくり上昇、下降する。その水位差は1.00m以上にも及ぶとのことである。また、船揚場、岸壁のエプロンの上（高さ：+3.3m）まで海面が上昇する。

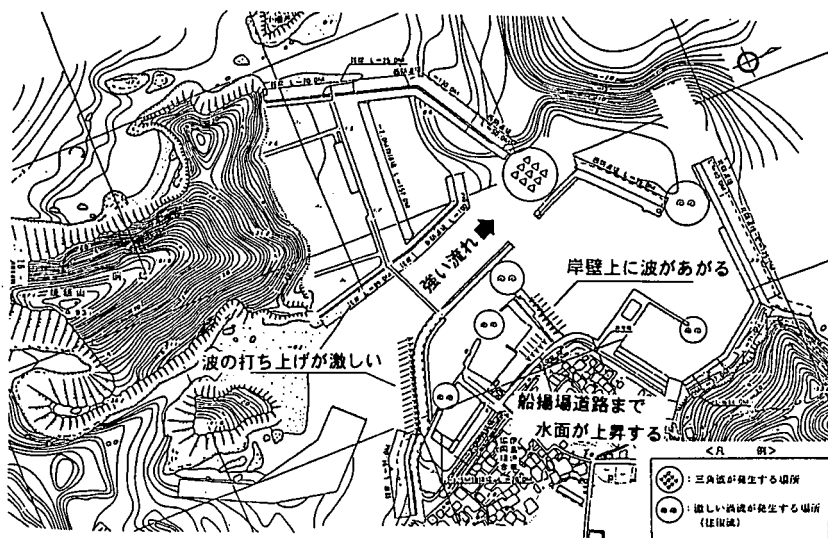


図-2.1 激浪時の港内擾乱状況

* (財) 漁港漁村建設技術研究所 (101-0047 千代田区内神田1-14-10)
 ** 正会員 前 水産庁水産工学研究所 (現 水産庁北海道区水産研究所)
 *** 正会員 水産庁水産工学研究所
 **** 徳島県港湾空港整備局港湾課

このような状況は、各々の狭窄部に速い流れ（流入と流出、往復流）がある場合に発生する現象であり長周期振動によるアピキ現象の特徴といえる。

また、平成8年8月22日～10月24日に実施し現地観測結果では港内で周期200～300sec、振幅50cm弱のアピキが観測された。

2.2 漁船避難の問題点

台風接近の度に本土への漁船避難をおこなっており、問題点は次のとおりである。

- ①避難先から連絡船で帰島し、また連絡船で漁船を引取りに行くため、早目に操業を切り上げるとか、台風通過後も連絡船の運行を待たなければならない等、操業日数に大きく影響している。
- ②避難回航のための労力や経費の損失が大きく、高齢者の避難回航は大変な苦勞となっている。
- ③連絡船が欠航するような場合は、小型船に数人の船主が乗り込み送り迎えすることもあり、非常に危険である。

こうした避難の実態から下記のような社会問題にまで発展している。

- ◎台風の度に漁船が避難しなければならないような所（離島漁港）には、“嫁にはやりたくない”、“嫁には行きたくない”等、漁業後継者があっても「嫁不足」という深刻な問題にまで発展している。
- ◎高齢者で島の周辺で漁業を続ける意欲がある人でも、台風の度に本土への漁港の避難、回航には体力的に耐えられないため、漁業を断念せざるを得ないと言う漁業の存続・衰退につながるような問題でもある。

3. 対策工法

3.1 一般的な対策方法

漁港内の長周期振動の対策として山本¹⁾は①港内の防波堤、②防波堤の沖出し、③係留方法の改善、④防波水門による遮断を挙げており、それらの対策についてその特徴と留意点をまとめると表-3.1に示すとおりとなる。

なお、従来から行っている対策としては、突堤、沖防波堤などの外郭施設と係留索の改善を併用した対策が多く採用されているが、防波水門による対策は行われていない。泊地だけを守る防波水門が採用されなかった理由としては、漁港の整備が不十分のため港内及び航路の静穏度を確保するための外郭施設の整備が先行されたこと、台風避難に対応した水門操作が難しく、維持管理の費用が大きいことなどが挙げられる。

表-3.1 対策工の特徴と留意点

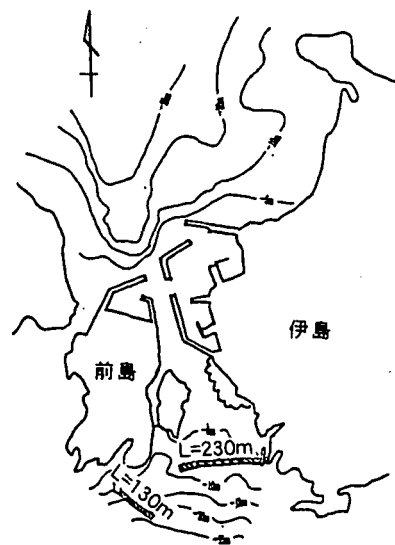
対策工	特徴	留意点
港内の防波堤 (突堤等)の設置	漁港の形状による港内振動の場合、突堤等により港内振動モードを変えて長周期波の振動を低減する方法	他の泊地への影響及び漁船の利用上(航路等)に留意する必要がある
防波堤の沖出し	港口部で砕波し、それにより港内へ流れが押し込んでくる場合、砕波帯の沖側に防波堤を設置し長周期波を低減する方法 (特に、海底勾配の急な場所で有効)	砕波帯の沖側に設置するため建設費が増大する恐れがある
係留方法	定置式アンカー、係留索の強化(材質、係留索本数など)により長周期波に対応する方法	長周期振動により泊地内に強い流れがある場合、また係留漁船が過密の場合は、不適な場合が多く、他の対策との併用を考える必要がある
防波水門	泊地内に侵入する長周期波の振動を防波水門にて遮断する方法	管理運営と維持費に留意する必要がある

3.2伊島漁港の対策案

前述の4つの対策について、伊島漁港の地形条件、来襲波浪などを考慮して各対策案を比較し対策工を決定する。各対策案の比較を表一3.2に示す。

表一3.2 伊島漁港における対策案の比較

対策案	所見	判定
(A) 波除堤の配置	現状の泊地が狭く、これ以上波除堤を設けることは利用上問題が生じる。	×
(B) 防波堤の沖出し	図一3.1に示すように、透過堤である南沖防波堤の背後に新たに不透過堤を設け、更にこれらを東側の伊島本島まで延長する。 航路防波堤を兼ねて、前島から岩礁まで、さらに、岩礁から延長約130mの透過堤と不透過堤の防波堤を新設することになるが、水深の深い場所への設置のため、建設費が高く、かつ、完成までに長くなる。ただし、この配置でも長周期波を防げないため、沖側に島堤の配置が必要となる。	△
(C) 係留方法の改善	泊地面積が少なく、かつ、水深も浅いため、定置式アンカーの設置は難しい。 (他の対策工との併用が望ましい)	×
(D) 防波水門	・確実に長周期波を遮断できる。 ・整備年数が(B)案よりも短い。	○



図一3.1 防波堤の沖出し案

伊島漁港では、台風等による波群性の強い波が漁港前面の急峻な地形により碎波し、碎波による水位上昇の変動により長周期振動を起こしている。このような、長周期振動及び外郭施設の整備が不可能な場合について、山本ら²⁾は小田原漁港を対象とした模型実験の中で泊地静穏度、水位上昇量などの点から水門が有効としている。

また、浅水長波方程式を用いたシミュレーションにより、長周期振動の再現及び防波堤沖出し案の計算結果では効果がなかった(現地調査結果によるあびき現象及び浅水長波方程式によるシミュレーション結果については、後日紹介する予定である)。

伊島漁港におけるあびきの対策工は、表一3.2に示すように事業費、短期間での整備及び効果などを総合的に検討し、防波水門を採用した。

4. 防波水門の特徴及び型式

4.1 防波水門の特徴

防波水門と河川の水門の大きな違いは、水門の水密性と扉高外力の考え方である。以下にその考え方を示す。

①通水工：締切後の水門に完全な水密性をもたせると、その後の潮位変化により水位差が生じ、余分な外力を与えることになる。このため、防波水門では潮汐に呼応し長周期波は遮断する程度の通水を行うようにする。

伊島漁港の場合、水門の外側に通水管を設置し対応する。通水管の断面積は水理計算より約6 m²の値を得た。

②扉高：防波水門はあびきを遮断することを目的としているが、越波を完全に遮断する必要はない。このため、扉高は越波が生じても港内静穏度の許容波高を満足する高さでよい。扉高の算出は下記のとおりに行う。

$$\text{扉高} = \text{H.W.L} + \text{気圧低下による水位上昇量} + \text{長周期振動による水位} + \text{波高}$$

ただし、泊地への伝達波高をチェックし扉高を最終決定する。

③外力：門扉にかかる外力は波力及び内外水位差の合力となる。

4.2 防波水門の型式

防波水門の構造については各種の型式が開発されているが、門扉の収容されている位置で大別すると海面上にある露出型と海面下に収容される没水型に別けられる。ここでは露出型1タイプ、没水型3タイプについての構造を表-4.1のようにとりまとめた。また、4タイプの概要図を図-4.1①～④に示す。

表-4.1 防波水門型式別の構造概要

形式	露出型 シェル構造ローラーゲート	没水型 起伏ゲート	没水型 サブマージラジアルゲート	没水型 膜式防波堤
概略図				
概要	扉体を閉断面のシェル構造とした形式で、堰等の比較的長径間の設備に用いられる。開閉はワイヤロープウインチ式で行う。	扉体の下部を海底面にヒンジで支持し、油圧シリンダーまたは油圧ワイヤロープで開閉する。	扉体の経間部分を閉断面としたラジアルゲートで、扉体の開閉操作は堰柱上部に設置された油圧シリンダーまたは油圧ワイヤロープによって行う。	海底に設置したゴム袋体に電動ポンプで海水を給排水することによって、ゴム袋体を起立・倒伏操作を行う。
通航機能	門柱を高くすることにより、通航高の制限なし。	扉体の全開時、扉体を海底面の格納部に収納するため、通航高に制限はない。	扉体の全開時、扉体を海底面の格納部に収納するため、通航高に制限はない。	ゴム袋体の全開時、ゴム袋体は海底面に設置した取付架台に倒伏・収納しているため、通航高に制限はない。
操作性	土砂・流木等が扉体の開閉操作に与える影響は少ない。ただし、底部戸当たり部に土砂等が堆積した場合、扉体が全開状態にならない場合がある。	土砂・流木が扉体の開閉操作に与える影響は大きく、扉体が全開状態にならない場合がある。	海底面の扉体格納部の土砂等の堆積は、ゲートの設置位置に河川のように強い流れがある場合には、越流・下端放流によって土砂等の排除は可能であるが、流れがないか、または、弱い流れしかない場合には、扉体の開閉力に余裕を持たせ、機械的に土砂等を排除する必要がある。	長期没水により可動部に土砂が堆積するが、ゴム袋体の起立・倒伏操作には問題がない。開閉操作の時間を、他の鋼構造案と同等にするためには、給排水ポンプの容量が大きくなる。給排水ポンプの使用後、ポンプの寿命を延ばすため、毎回真水で洗浄する必要がある。
扉体の維持管理	扉体の塗装替え、水密ゴムおよびワイヤロープの交換は、扉体を通航機能に支障をきたさない高さ以上に巻き上げて実施する。	扉体の塗装替え、水密ゴムの交換時には、予備ゲートが必要である。	扉体の塗装替え等は扉体を起立させた全開状態で実施する。扉体全体を空中に上げるためには、支承部を水面上に設置する必要がある。	ゴム袋体は鋼構造でないために塗装替え不要。ゴム製で、常時没水しているため、耐食性・耐候性(紫外線による劣化)も問題とならない。

防波水門型式の選定にあたっては各構造の特徴、地域特性、及び運営・管理面を総合的に検討すると共に実際に利用する地域住民の意見も考慮する必要がある。

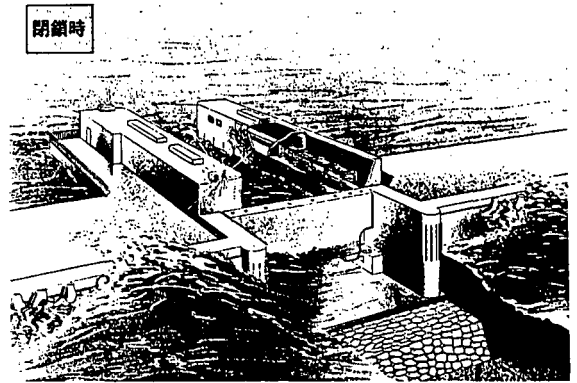
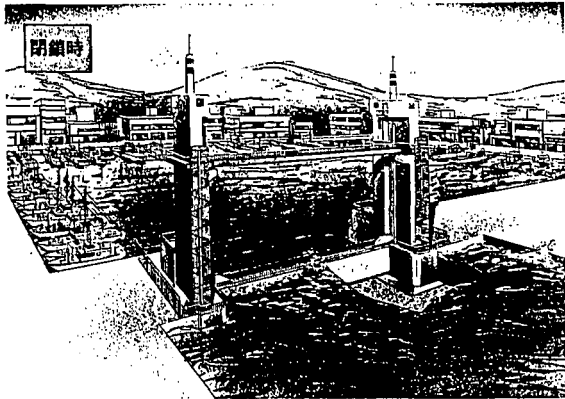
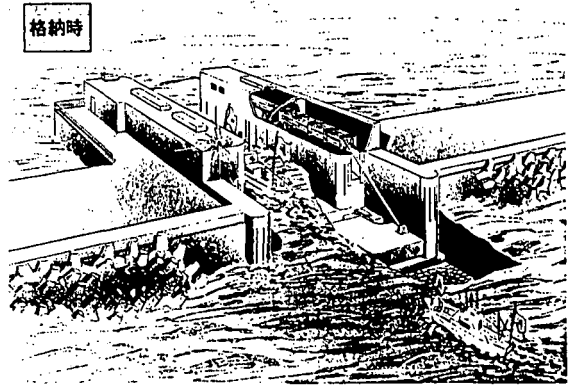
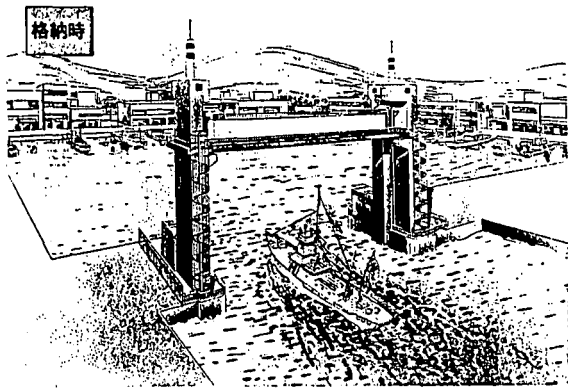
4.3 伊島漁港における防波水門の構造

伊島漁港における防波水門の具体的な構造は、防波水門の幅(径間)23m、扉高を+3.8mとし、上記の4タイプについて構造を検討した。ここでは、紙面の都合上、露出型のシェル構造ローラーゲート式と没水型である膜式の2タイプの構造を簡単に紹介する。図-4.2①～②に構造図をに示す。

①シェル構造ローラーゲート式：扉体は、閉鎖時に必要となるD.L.-2.7～+3.8mの6.5mのシェル構造であり、常時における門扉の位置は引き上げた門扉の下端が利用最大漁船に支障の無い高さD.L.+7.8mである(全体の高さはD.L.+21m)。支柱及び基礎はハイブリット構造である。

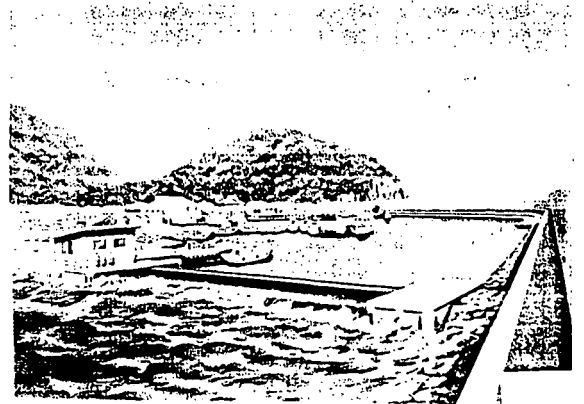
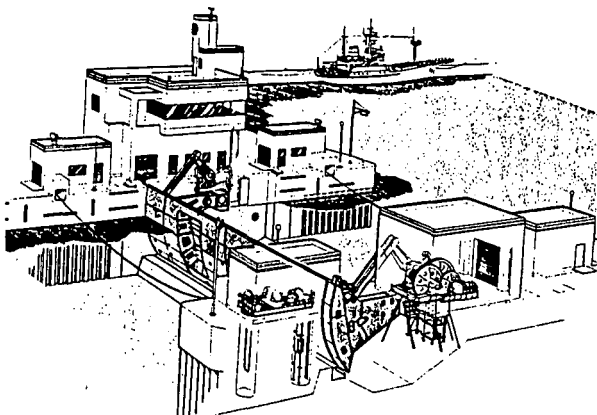
②膜式：扉体であるゴム袋体は、高さ6.55m×幅13.1m×延長23mの半円柱形であり、19mmのナイロン繊維で補強された硬質ゴムである。基礎はRCケーソンでゴム袋体設置後、現地まで曳航する構造である。

なお、伊島漁港の防波水門構造型式は経済性、施工性、景観、地域特性などを総合的に検討するとともに地域住民の意見も考慮しシェル構造ローラーゲート式を採用した。



① シェル構造ローラゲート (露出型)

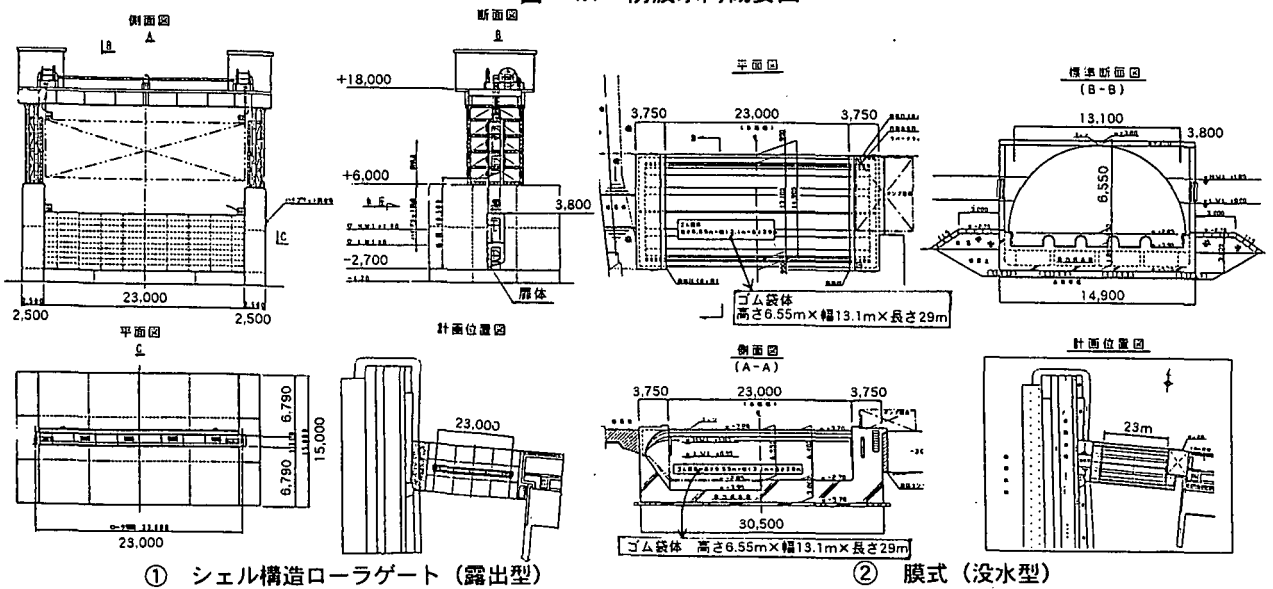
② 起伏ゲート (没水型)



③ サブマージブルシリアルゲート (没水型)

④ 膜式 (没水型)

図—4.1 防波水門概要図



図—4.2 伊島漁港における防波水門概略構造図

5. 運用面

防波水門を漁港内に設置する場合、門扉の開閉時間、逃げ遅れた漁船対策、外来船への連絡体制などの運用面について事前に検討を行わなければならない。これらの検討は地元漁業者との協議及び周辺の漁協同業組合へのアンケート調査結果を参考にし行ったものであり、内容は下記のとおりである。

5.1 門扉の開閉時間

門扉の開閉時間は利用する漁船の避難実態によるが、時間によっては開閉の設備費にも大きく影響を与えることから適切に設定を行う必要がある。

伊島漁港の場合、強いアビキが生じる時期は台風来襲時のため天気図等により前もって予想することができるが、極力逃げ遅れた漁船に対応すること、また、冬季風浪時の漁船は出漁限界まで操業し帰港するため門扉の開放および閉鎖時間は30分とした。

5.2 外来船への連絡体制

防波水門の開閉にあたっては、地元漁船は言うに及ばず外来船についても周知を徹底しなければ海難事故にもつながる恐れがある。このため、伊島漁港周辺の漁業協同組合に台風時の寄港先及び伊島漁港防波水門設置後における寄港の可能性についてアンケート調査を実施し、次の連絡体制を決定した。

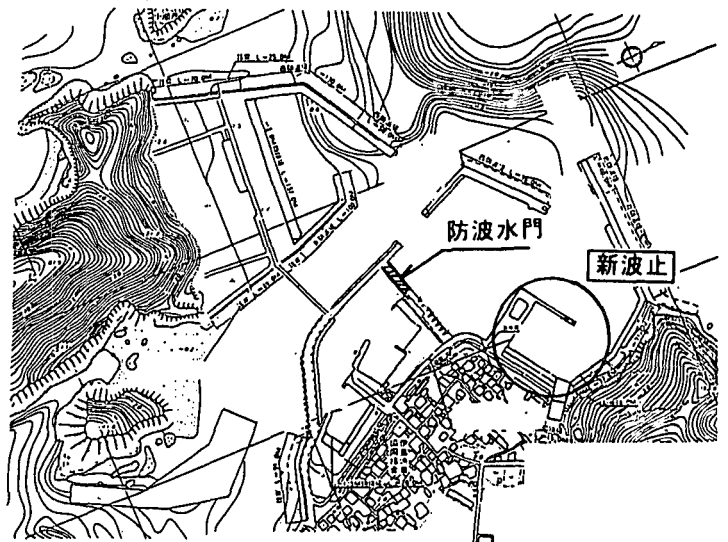
伊島漁協から外来船所属漁協への無線連絡及びFAXの同時送信を行い、それぞれの漁協より所属漁船へ無線で連絡し、伊島漁港に避難する場合は伊島漁協に報告（トン数・隻数など）する方式とした。

5.3 逃げ遅れた漁船対策

防波水門の設置にあたっては、地元漁船及び外来船への連絡体制とともに、逃げ遅れた漁船に対して防波水門の外側に安全な泊地を確保することが求められる。

伊島漁港では、アンケート調査結果による利用漁船隻数及び連絡体制の強化により、逃げ遅れた漁船の隻数は数隻と予想される。このため、逃げ遅れた漁船は外港泊地の新波止に係留することで対処する（図—5.1）。

ただし、新波止では港内振動流を完全に抑えることはできないため、係留索の強化で対応するが、平石ら⁴⁾による“係留系の改良”で示されている方法について、現地でも検討する必要がある。



図—5.1 逃げ遅れた漁船の避難泊地

6. おわりに

港内振動流（あびき）に対して突堤や防波堤などの外郭施設で解決できない漁港では、港口を必要な時だけ閉め切り、港内振動流を遮断する防波水門が有効である。

防波水門における今後の課題は以下のとおりである。

- ①ソフト面：管理・運営に関するマニュアル作り。
- ②ハード面：建設費（維持管理含め）の更なるコスト削減を図る。

最後に、本研究に際し徳島県水産課、港湾課、阿南土木事務所並びに伊島漁業協同組合の方々にご協力やご助言を頂いた。また、アンケート調査においては関係漁業協同組合の皆様にも多大なご協力を頂いた。ここに謹んで感謝すると共に、今後この防波水門が漁船の安全と豊かで住みやすい漁村づくりに貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 山本正昭：漁港における長周期振動の現状と対策、第32回全国漁港建設技術研究発表会講演集、pp1-25、昭和62年11月
- 2) 山本潤・中山哲徹：小田原漁港の静穏度水理模型実験、水産工学研究所技報、pp59-93、平成8年3月
- 3) (財)漁港漁村建設技術研究所、漁港新技術開発研究会：可動式防波堤のマニュアル（案）、平成6年5月
- 4) 平石哲也ら：長周期波による港湾施設の被害特性とその対策工法に関する調査、港湾技研資料、No.873、1997