

海水導入を目的とした潜堤付孔空き防波堤の開発

Development of the Breakwater with Remote Submerged Mound
for Interchanging Sea Water

山本正昭*・中泉昌光**・間辺本文**・森口朗彦*

Masaaki Yamamoto, Masamitsu Nakaizumi, Motohumi Manabe and Akihiko Moriguchi

abstract

Recently it has been necessary the purification of mooring basin water in fishing ports for new use, such as stock of fishes in living or intermediate breeding. The authors proposed a new method for interchanging sea water in which fresh sea water is drawn into the port by raising the mean water level through the wave breaking process over the submerged mound. A hydraulic model test was executed to prove this method to be useful for interchanging sea water and to present appropriate profile and plane designs such a structure.

Keywords: wave energy, water purification, live fish, fishing port

1. はじめに

漁港は、生鮮食料品である水産物を扱う場でありまた漁民の労働の場でもある。このため、漁港域の環境は良好に保たなければならない。特に近年、活魚形態での出荷や出荷量調整のため泊地等での一時蓄養が盛んに行なわれるようになって後、この水域の水質保全に目が向けられるようになった。

一般に泊地は防波堤に幾重にも囲まれた強閉鎖性の水域であり、水産雑排水や背後漁村からの生活排水の流入により汚濁の進行しているものが多い。この改善手法として即時効果の期待できるものの一つに清澄な外海水を漁港内に導入する方法があるが、これを漁港施設の工法として用いる場合には以下の要件を満足した施設であることが必要がある。

- ・利用するエネルギーは安価な自然エネルギーを利用したものであること、
- ・低エネルギー時にも十分な導水量が得られること。
- ・漁港としての基本機能に支障のないこと（特に静穏度）。
- ・構造が簡単であり、特殊な施工技術を要さないこと。
- ・施設及び維持管理経費が過大とならないこと。

潜堤付孔空き防波堤は波のエネルギーを利用した海水導入工法であり、模型実験による検討の結果、上記の要件を満たすものが完成した。本報ではこの模型実験結果について報告する。

2. 構造概要

図1は潜堤付孔空き防波堤の基本構造と機能を示す断面図である。構造は導水口を有する防波堤とその前面に設置した潜堤より成り、潜堤－防波堤間の水面（遊水部）を有する。沖から防波堤に向かって打ち込んだ波は潜堤天端上で砕波し、遊水部の平均水位を上昇させるが、こうして生じた防波堤内外の水位差により外海水は漁港内へと導かれる。導水の起動力を直接波からではなく遊水部の水位上昇より得ているため、導水流速は常に内向きで比較的恒常的であり、かつ防波堤内側への伝達波は微小となると考えられる。

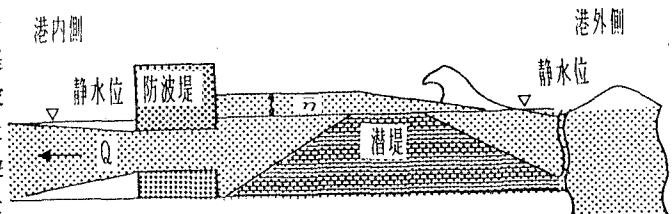


図1 潜堤付孔空き防波堤の海水導入原理

模型実験では、まず二次元造波水路を用いて導水能力及び背後防波堤に作用する波圧を求め、面形状についての検討を用い、同時に伝達波の程度を確認した。次に波浪平面水槽において潜堤の平面形状について検討した。

* 正会員 水産庁水産工学研究所水産土木工学部（314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台）

** 正会員 水産庁漁港部計画課

3. 断面構造の検討

3. 1 実験方法

実験は幅1m長さ100mの不規則波二次元造波水路で行った。ここに図2に示す堤体模型を設置し、導水能力、背後防波堤に作用する波圧及び港内伝達波について検討した。模型の想定縮尺は1/30である。

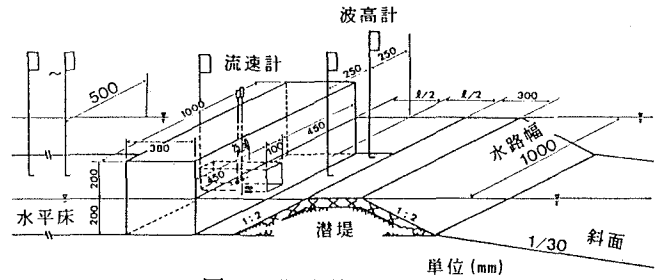


図2 堤体設置図

3. 2 導水能力

(1) 潜堤天端水深と導水量

模型防波堤下部に10cm×10cmの矩形の孔を設け、導水量Qの傾向から有効な潜堤天端水深を求めた。潜堤はブロック張捨石式の一定形状とし、天端水深hcを+3.3cmから-3.3cmの範囲で変化させて実験を行った。用いた波は規則波である。

結果を図3に示した。導水量のピークはhc=0すなわち潜堤天端が静水位に一致するときにあられ、潜堤の堤頂水深がhc/H₀=+0.5~-0.5の範囲であれば、水位が潜堤の天端より上下しても、それほど導水量は減らないことがわかった。したがって現地スケールで1m~1.5m程度の波高に対して潮位差1m程度であれば、平均潮位に潜堤の天端高を一致させることにより潜堤は有効に働くであろう。導水流速は波高の最も小さい場合でもhc=0の場合0.5m/s程度とかなり大きな流速が発生している。

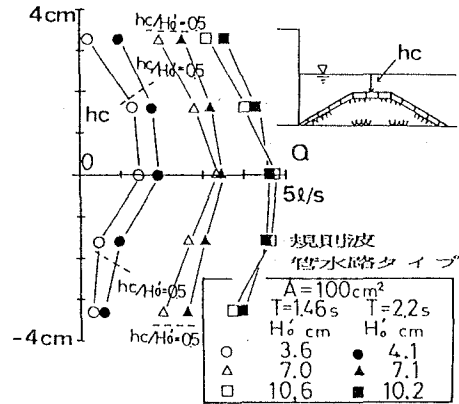


図3 遊水部の水位上昇量と導水量

(2) 波浪条件と導水能力

導水能力の数値的な評価には、導水口を設けない場合の遊水部の平均水位上昇量 $\bar{\eta}$ を用いた。理由は、導水量ではフルードの相似則に合い難いのと、導水部の大きさ、形状等により値が変わるためである。

潜堤の天端高を静水位に一致させ、まずブロック張捨石式潜堤を用いて、規則波に関する波高、周期、遊水部長さの影響を調べた。図4がその結果であるが、周期、遊水部長さの影響はほとんど見られず、ほぼ沖波波高により決まる。両者の関係を直線近似すると、

$$\bar{\eta} = 0.27 H_0$$

となる。

不規則波に対する導水能力についての結果が図5である。エネルギースペクトルの型はブレットシュナイダー型を用いた。沖波波高は有義波で整理しているが、規則波の場合と同様にほぼ沖波波高により決まっている。その関係は

$$\bar{\eta} = 0.18 (H_{1/3})$$

と、有義波に等しい規則波に対して約3割小さい値となった。平均波高を用いるとほぼ規則波と同じ値となる。

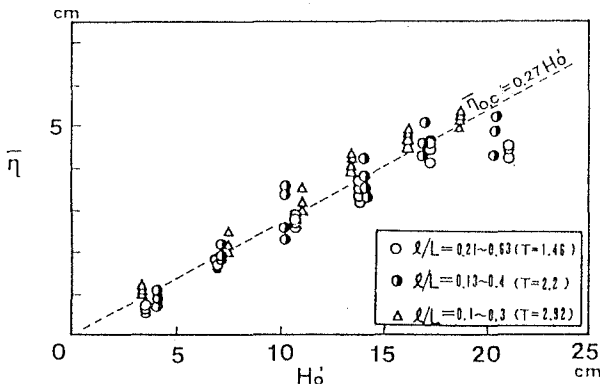


図4 遊水部の水位上昇量と沖波波高(規則波)

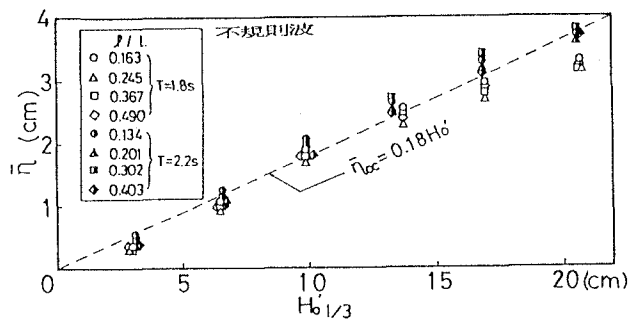


図5 遊水部の水位上昇量と沖波波高(不規則波)

3. 3 防波堤に作用する波力

潜堤の各種設置条件（天端水深と設置距離）や入射波条件における防波堤直立部に作用する波力を求めた。潜堤はブロック張捨石式とし、波は規則波を用いた。波高の範囲は潜堤前面で完全に砕波するまでである。

図6は潜堤の相対設置距離 $(Bs+l)/L$ （潜堤の設置距離と入射波長の比）による平均波圧 $\bar{p}$ の変化を、潜堤の天端水深比毎に整理したものである。ここで平均波圧とは、測定された波圧の鉛直分布より積算した全波力を、波の作用高が進行波としての入射波高に等しく静水面上では三角形分布、静水面下では一様分布となる分布形に換算したときの一様分布部の値である。図の縦軸は、この $\bar{p}$ を水の単位体積重量 w と入射波高 H で除した無次元波圧をとっている。波力は、天端水深が大きくなるほど大きな値を示すが、潜堤設置距離を広くとることにより低減される。一般的な安全の目安である $\bar{p} \leq 1.0 wH$ を満足するための最小設置距離は、図より $hc/h = 0.5$ のとき $0.48L$ 以上、 $hc/h = 0.25$ 及び $hc/h = 0$ のケースでは $0.25L$ 以上が望ましいと考える。

3. 4 伝達波

海水導入工の要件の一つである伝達波の程度について確認した。実験条件は海水導入量を求めた実験とほぼ同一であるが、通水断面積 A を 167cm^2 、 100cm^2 、 50cm^2 、と変えて沖波 H_0 に対する堤内への伝達波高 H_t を求めた。図7にその結果を示す。

全体的な傾向として、 A が大きいほど、また入射波の周期が長くなるほど伝達波高比 H_t/H_0 は大きくなっている。しかしながらその値は、 $A = 167\text{cm}^2$ のとき $H_t/H_0 = 0.05 \sim 0.1$ 程度、 A が 100cm^2 、 50cm^2 と小さくなると $H_t/H_0 \leq 0.05$ であり、開口部からの伝達波が港内静内静穏度に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

4 平面形状の検討

4. 1 実験方法

前項で述べた機能を有する構造物は種々考えられるが、筆者らは図8、図9に示した2種を考案し、導水機能と防波堤に作用する波力について検討した。潜堤の材質は図7の円弧型はコンクリート製であるが、図8の井桁型については導水能力の確保と施工性を考慮し中心部コンクリート方塊、斜面部をコンクリートブロック張捨石式とした。模型の想定縮尺は $1/50$ である。実験に用いた造波水槽の概容を図10に示す。

4. 2 導水能力

3. 2 節と同様に各潜堤の導水能力を求めた。結果を図11に示す。図中□印で示した消波付の井桁型潜堤とは、後述する波力の低減対策として潜堤が取り付け部より横へ突出している部分（翼部）の後方にのみ消波工を施したものである。また実線は、低波高時（ $H_0' < 5\text{cm}$ ）の円弧型潜堤の導水能力（ $\bar{q} = 0.49 H_0$ ）、破線はコンクリートブロック張捨石式潜堤の導水能力（ $\bar{q} = 0.27 H_0$ ）である。図からわかるように、3つの型式とも導水能力に明確な差異は見られない。大きさは2次元でのブロック張捨石式潜堤を上まわっているが、これは潜堤の不透過性の高さによるものと思われる。波高が大きくなると、横方向への上昇水位（エネルギー）の流出と堤前砕波が生じるため導水能力の低下が見られるが、実際に導水能力が問題となるのは低波浪時であるのでむ

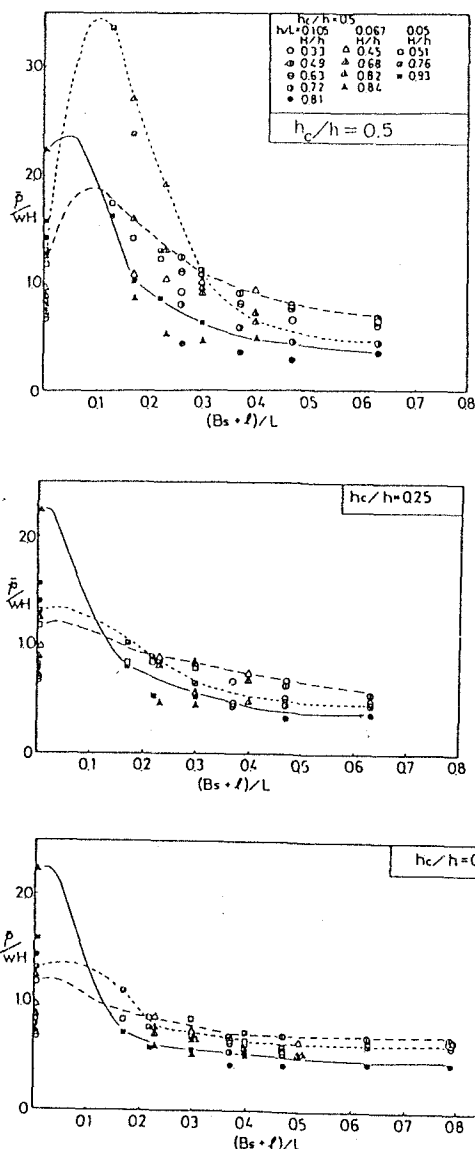


図6 潜堤の設置距離による波力の変化

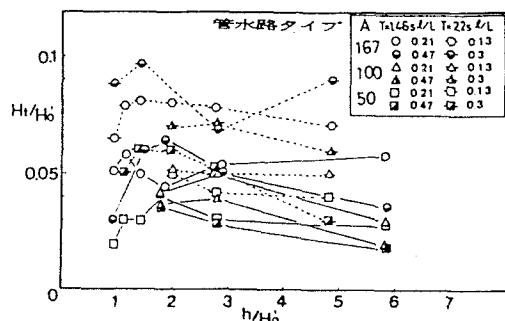


図7 伝達波高比

のである。最大値の偏差は微小となり、平均値も $1.0 wH$ 以下となる結果となった。漁港の防波堤は一般に碎波帯内に作られるため消波工が設置されているものがほとんどであり、潜堤付孔空き防波堤の構造もこの型式が主流となろう。図 1 5 にその鳥かん図を示した。

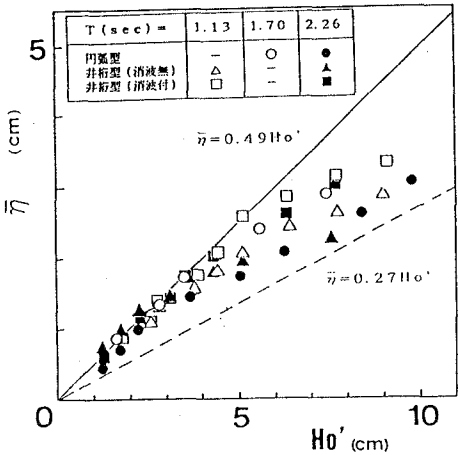


図 1 1 潜堤の平面形状と導水能力

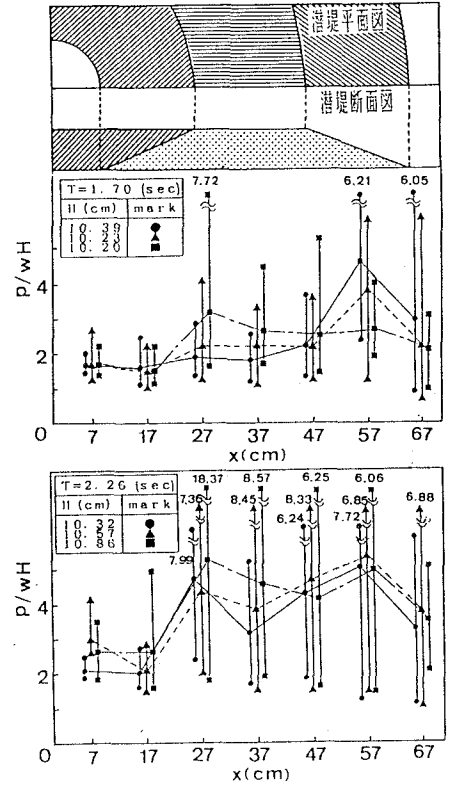


図 1 2 防波堤に作用する波力（円弧型潜堤）

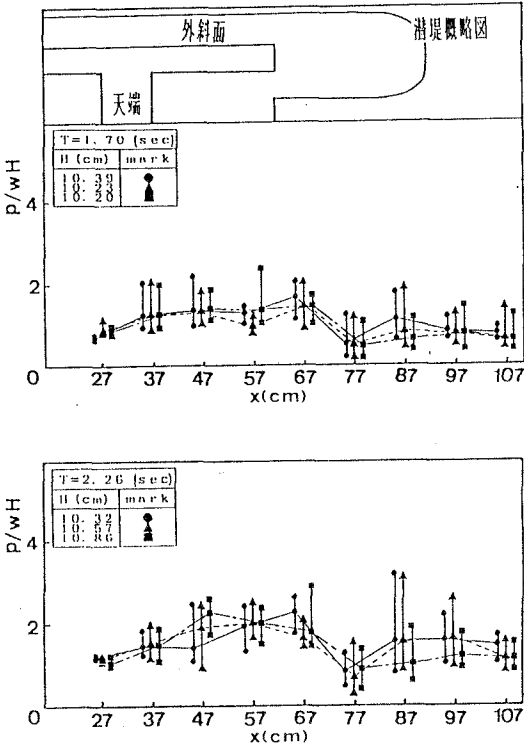


図 1 3 防波堤に作用する波力（非桁型潜堤）

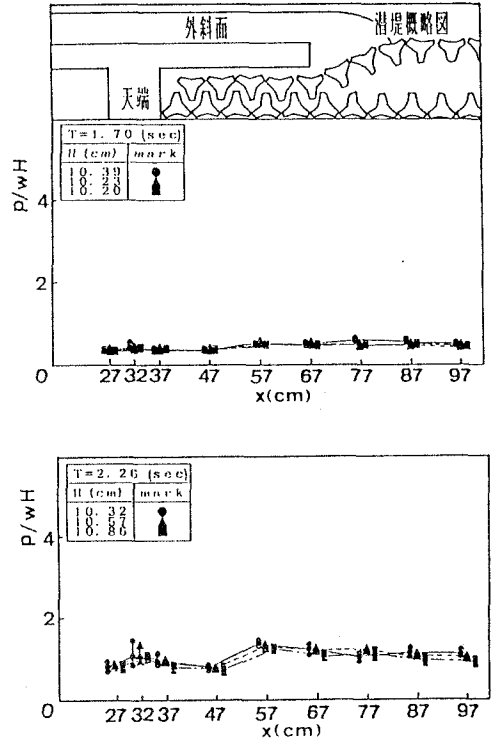


図 1 4 防波堤に作用する波力（消波付非桁型潜堤）

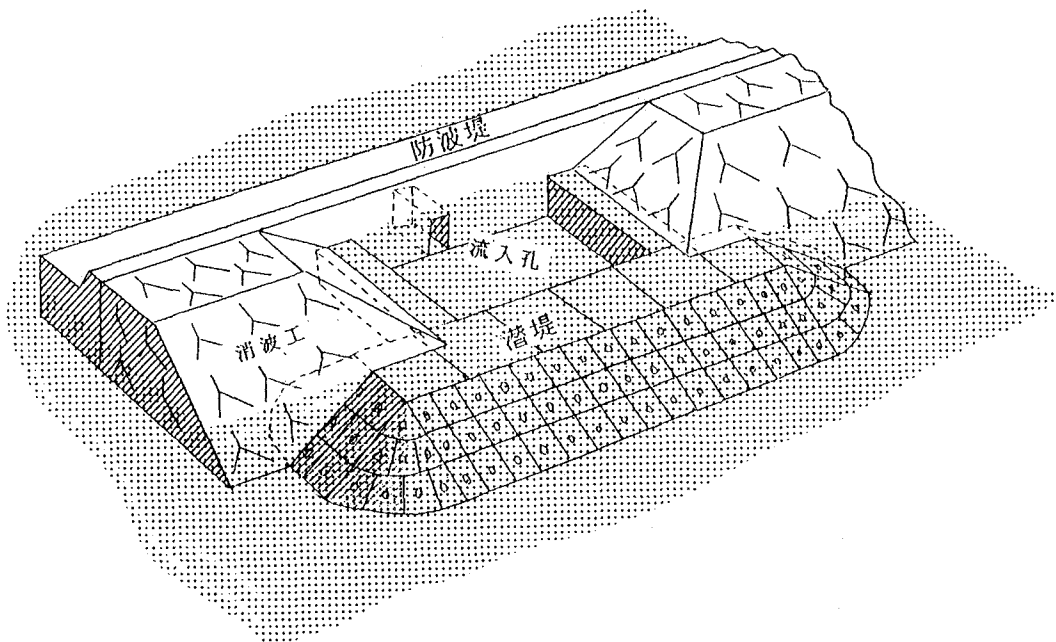


図15 潜堤付孔空き防波堤の鳥かん図（一例）

5. おわりに

以上、潜堤付孔空き防波堤の開発の概要について述べた。検討項目の中には紙面の都合上、割愛したものも多数あるので、詳細については参考文献等を参照されたい。

実施予定としては、現在の数漁港で新設並びに改良の計画があり、早ければ今年度中に一部完成するものがある。今後はこれらの完成施設について、現場での機能、効果等の追跡調査を行い、その結果を次の施設の設計にフィードバックすることで、施設としての完成度を高めて行きたいと考えている。

最後に、本研究の一端を担ってくれた当時東海大学であった井上寛之氏（昭和61年度）及び神山敦氏（平成元年度）並びに実験補助と本稿の作成一切を引き受けてくれた原正美嬢に、ここに記して謝意を表す。なお、本研究は漁港施設調査費により実施した。

参考文献

- 1) 山本正昭，間辺本文，中泉昌光：潜堤付孔空き防波堤による海水導入工法の開発，第33回漁港建設技術研究発表会講演集，p68～99，1988
- 2) 森口朗彦，山本正昭，神山敦：潜堤付孔空き防波堤による海水導入工法の開発と実用化、平成2年度水産工学研究推進全国会議報告書，p47～50，1990
- 3) 森口朗彦：漁港内の水質保全，平成3年度水産工学研究推進全国会議講演集，1991
- 4) 森口朗彦，山本正昭：志賀島漁港における貧酸素水塊発生機構とその対策，平成3年度日本水産工学会学術講演会論文集，p111～112，1991