

遊水部付き有孔堤の海水交換機能について

Sea Water Exchange by Crenellated Breakwater with Water Chamber

佐藤 仁*・明田 定満*・谷野 賢二*・小柳 一利**・宮部 秀一***・神瀬 哲****
 Jin Satoh, Sadamitsu Akeda, Kenji Yano, Kazutosi Koyanagi, Syuuichi Miyabe and Tetsu Kamise

Abstract

As a new method for water exchange, the installation of the water chamber in front of the crenellated breakwater was proposed, to raise the mean water level, and to create a current from the open sea into the harbor. A series of hydraulic model test was executed to prove the method to be useful for water exchange and to present an appropriate design of such a structure. The water exchange method proposed here applied to a structure at Samani Fishing Port.

Keywords: Sea water exchange, Crenellated breakwater, Water chamber

1. はじめに

近年、港湾・漁港に対して親水性や環境保全といった観点から、港内の水質浄化を図るために海水交換機能を付加した防波堤や護岸の整備が求められている。その方法としては、構造物に導水孔を設けたいわゆる有孔堤が一般的である。この有孔堤の海水交換機能を高めるためには、堤体前面の水位を上昇させ導水管内に一方向流を発生させる方法が有効であり、山本ら¹⁾は有孔堤前面に潜堤を設置した二重堤構造を、猿川ら²⁾は消波ブロック被覆堤構造をそれぞれ提案している。

筆者らは、有孔堤前面の水位を上昇させる方法として、図-1のような外海側の堤体前面に鉛直壁による遊水部を設置する構造形式を開発した。この構造形式の利点としては、遊水部の鉛直壁を有孔堤と一体構造で製作が可能なこと、水深が深い場所においても二重堤や消波ブロック被覆堤のように断面が大規模にならず施工費の増加を抑えることができることなどがあげられる。平均水位上昇の原理を図-2に示す。

本論文は、遊水部の大きさや導水孔の断面積が遊水部内の水位上昇および導水管内を流れる海水量に及ぼす影響を水理模型実験によって明らかにするものである。また、この構造形式を実際に適用した例として北海道日高沿岸の類似漁港の施設概要を報告する。

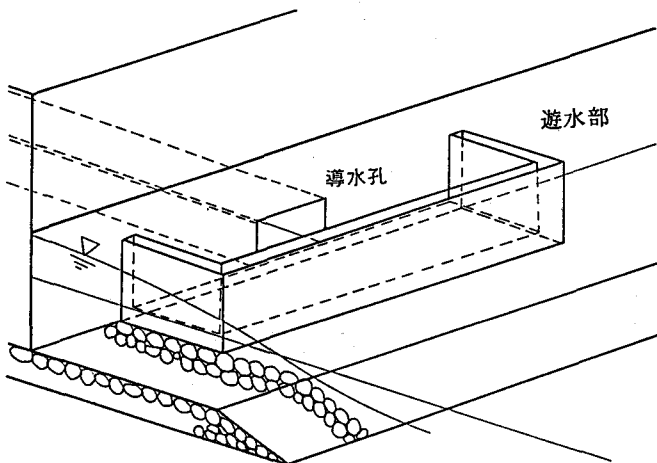


図-1 海水交換施設前面の概念図

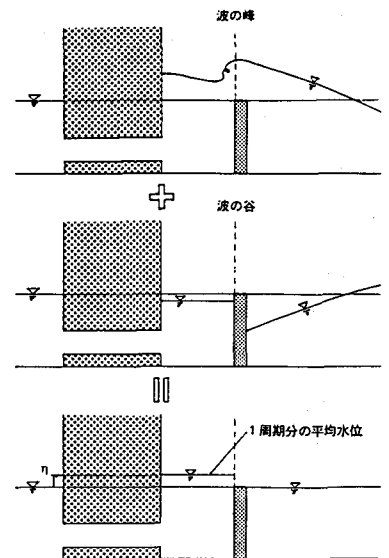


図-2 平均水位上昇の原理

* 正会員 北海道開発局 開発土木研究所 水産土木研究室 (〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

** 北海道開発局 農業水産部 水産課

*** 北海道開発局 港湾部 港湾建設課

**** 水産庁 漁港部 防災海岸課

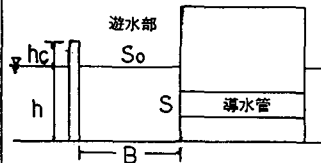
2. 実験方法

実験は、2次元断面水路（長さ28m、幅0.8m、高さ1m）を用い、模型はフルード相似則による縮尺1/20とした。実験諸元として、表-1に示すように導水孔の断面積 S は0（なし）～240 cm^2 、遊水部の幅 B は15.0cmの1種類、長さ ℓ は80.0cmと60.0cmの2種類、遊水部の天端高 h_c は0cmと+2.5cmの2種類である。また、堤体前面の水深 h は30.0cmと40.0cmの2種類とした。遊水部の前面に碎石によって斜面（勾配1：3）をつけたケースについても一部、実験を行った。

波浪条件は、特に海水交換が行われにくい低波浪時を対象とし、沖波で波高3.5～7.5cm（現地換算0.7m～1.5m）、周期1.12、1.79sec（現地換算5.0、8.0sec）とした。なお、この波浪条件による実験波はブレードシュナイダー・光型による不規則波を用いた。

測定は、沖側および堤体前面に容量式波高計を2本ずつ設置して波高および反射率を、遊水部内および堤体背後にサーボ式波高計を設置して水位上昇を、また導水管には超音波流速計を設置して管内流速をそれぞれもとめた。（図-3参照）

表-1 構造条件

遊水部				導水孔	面積比 S/S_0
長さ ℓ (cm)	幅 B (cm)	面積 S_0 (cm^2)	天端高 h_c (cm)	断面積 S (cm^2)	
				なし	0.0
				80	
				160	
				240	
80	15	1200	0.0	なし	0.0
				80	0.07
				160	0.13
				240	0.20
		900	+2.5	なし	0.0
				80	0.09
60	15	900	+2.5	160	0.18
				240	0.27

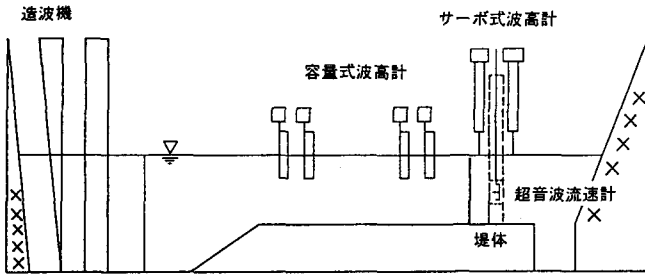


図-3 実験水路

3. 遊水部内の平均水位上昇

図-4は、入射波周期1.79sec、 $\ell = 60.0$ および80.0cmの場合について、平均水位上昇量 $\bar{\eta}$ と波高の関係を示したものである。なお、天端高の違いによって遊水部による海水の貯留効果を把握するために、導水孔は閉じた状態（ $S=0\text{cm}^2$ ）のときのみを取り上げている。

遊水部がない場合はほとんど水位上昇がみられないが、設置した場合には波高と上昇量の相関が高く、平均水位も上昇している。遊水部天端高と平均水位上昇量の関係をみると、波高が低い場合には $h_c = 0\text{cm}$ の方が $\bar{\eta}$ は大きい。波高が高くなるにしたがい $h_c = +2.5\text{cm}$ の方が上まわるようになる。しかし、後述するように、導水管が開けられた場合には遊水部への越波量と導水管への流入量のバランスによって水位が上昇したり下降したりするので、必ずしも天端高の高い方が良いとはいえない。

水深および遊水部の長さによる上昇量の違いはほとんど出ておらず、こうした傾向は潜堤付防波堤の場合³⁾と一致している。

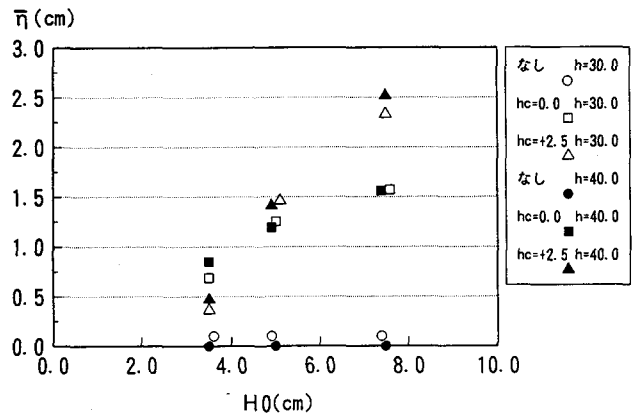


図-4(a) 遊水部内の平均水位上昇 ($T=1.79$ $\ell=60.0$ $S=0$)

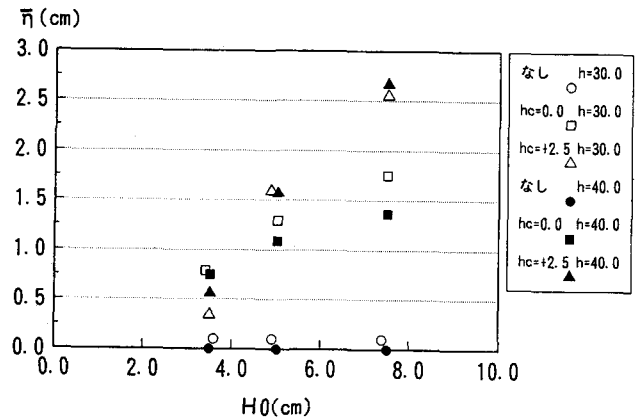


図-4(b) 遊水部内の平均水位上昇 ($T=1.79$ $\ell=80.0$ $S=0$)

遊水部設置による堤体前面の反射率について表したのが図-5である。図は横軸に波形勾配 (H_0/L_0) をとり縦軸は反射率 (K_r) をとっている。遊水部天端高によって反射率の違いが現れており、遊水部なしのいわゆる直立堤の場合で約0.9、 $h_c = +2.5$ cmで約0.8~0.9、 $h_c = 0$ cmで約0.6~0.7となっている。 $h_c = 0$ cmのタイプについて遊水部前面に斜面を付設すると K_r は約0.2~0.3と低下した。

4. 海水交換特性

図-6は、遊水部の面積比 (S/S_0) による導水管内の平均流速 $\bar{u}$ (水平方向成分) を表したものである。 S/S_0 が小さいときには導水孔の断面積が小さいために流速は速くなっているが、 S/S_0 が大きくなるにつれて遅くなっている。しかしながら、 $S/S_0 = 0.2$ 付近からは低下の割合は緩やかになってきている。

天端高の違いでは、 $h_c = +2.5$ cmより $h_c = 0$ cmの方が流速が速くなっており、前出の平均水位上昇量の結果と逆である。これは、 $h_c = 0$ cmの方が遊水部への越波による海水の供給が多く、それによる水位上昇で導水管内の一方向流も $h_c = +2.5$ cmより強く発生しているものと考えられる。

流速測定の結果から導水管を流れる流量と面積比との関係を表したのが図-7である。流量は先ほどの平均流速 $\bar{u}$ とそのときの導水孔断面積 S とを乗じた平均流量 $\bar{Q}$ を用いた。図は $T = 1.79$ sec, $\ell = 80.0$ cm, $h = 40.0$ cmにおけるものである。

流量は S/S_0 が大きくなる(導水孔が大きくなる)につれて多くなっているが、およそ0.20付近で頭打ちとなっている。これは、先ほどの平均流速の低下が鈍化しているところとほぼ一致している。流量的には $h_c = 0$ cmの場合で最大約2300 cm^3/sec (現地換算で約4.1 m^3/sec)の流量が得られた。

5. 様似漁港海水交換型護岸

北海道日高沿岸の第3種漁港、様似漁港においては「魚のすむ港づくり」をめざして、漁港内の水質改善を図るための海水交換機能を持った護岸の整備を平成5年度から着手している。海水交換部は図-8、図-9に示すように港外と漁港最奥部とで海水交換が行えるように西側の護岸に設置されるものである。図-10に示すように遊水部は、長さ16.0m、幅3.0m、天端高L.W.L+0.5m、導水孔は1.5m×1.5mのボックス型を2個設けたものである。

この海水交換型護岸は水深の浅い場所に施工されるために、遊水部や導水孔の諸元は様似漁港周辺の波浪観測記録等^{4) 5)}から算出した夏期の低波浪時(波高0.

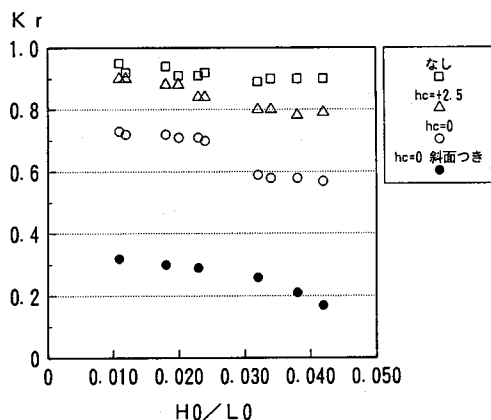


図-5 有孔堤前面の反射率

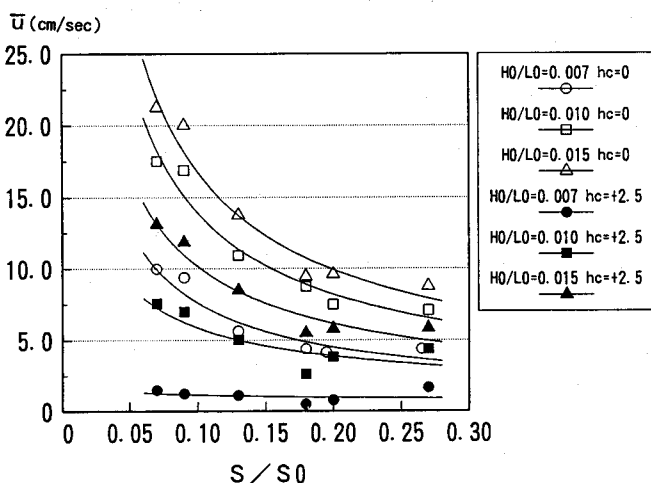


図-6 導水管内の平均流速($T=1.79$ $h=40.0$)

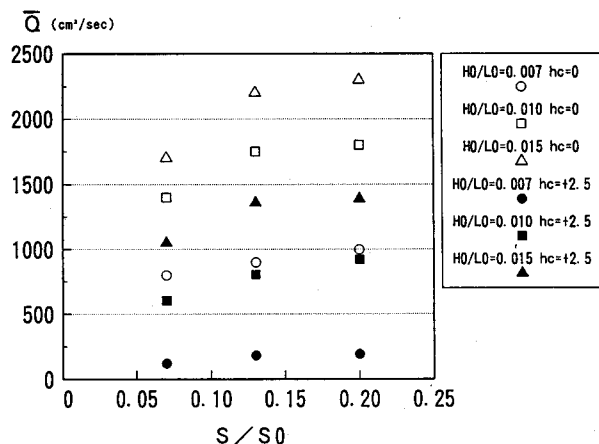


図-7 面積比と流量の関係 ($T=1.79$ $\ell=80.0$ $h=40.0$)

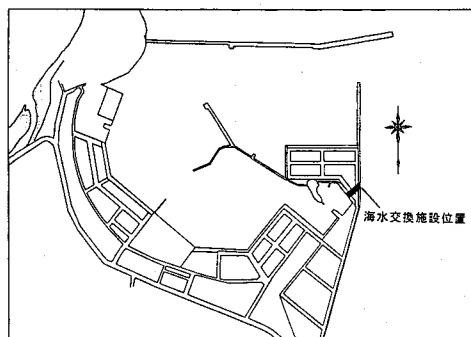


図-8 様似漁港

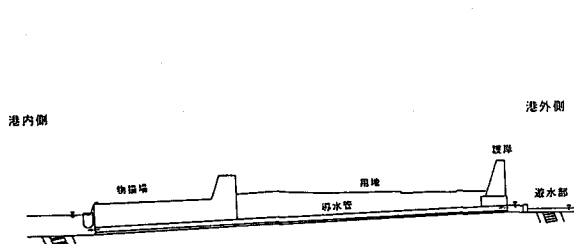


図-9 海水交換型護岸の断面図

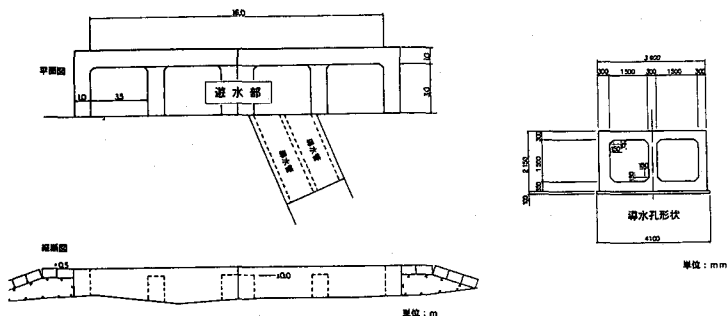


図-10 遊水部および導水孔の構造

7.0m, 周期7.0sec)を用いた実験に基づいて決定されている。なお、遊水部の天端高 h_c は施工上の都合からL.W.L時で $h_c = +0.5m$, M.W.L時で $h_c = -0.25m$ となっている。

図-11に実験結果を示す。L.W.L時($h_c = +0.5m$)には面積比 S/S_0 の変化に対して、流量の変化はみられなかった。しかし、M.W.L時($h_c = -0.25m$)では、 S/S_0 の増加にしたがい流入量も増加し、設計諸元での面積比($S/S_0 = 0.09$)では約 $2.0 \sim 2.3m^3/sec$ (現地換算)の流量が得られることになる。

しかし、流入する流量が多すぎると港内側の静穏性が悪くなる恐れがある。そこで荒天時(波高2.0m, 周期11.0sec, H.W.L)の港内側の静穏度を検討したところ、波高伝達率は0.02以下と微少であった。

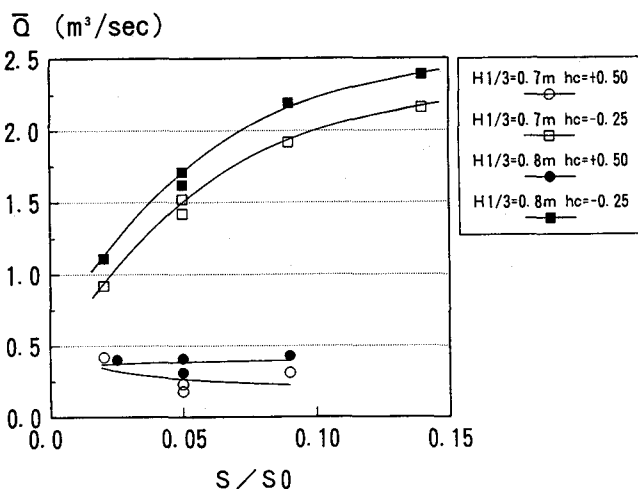


図-11 面積比と流量の関係(様似漁港タイプ)

6. おわりに

以上、遊水部付き海水交換施設の水理特性について述べてきたが結果をまとめると、

- 1) 遊水部の平均水位上昇量は波高と高い相関がある。
- 2) 遊水部前面の反射率はおおよそ0.6~0.8, 斜面をつけたもので0.2~0.3になる。
- 3) 導水管を流れる流量は導水孔の断面積と遊水部の面積との割合で変化し、低波浪時にはその比が0.2付近において最大となる。
- 4) 様似漁港に設置する海水交換施設の諸元では、波高0.7~0.8m, 周期7.0secにおいて約 $2.0 \sim 2.3m^3/sec$ の流量が得られた。

今後の課題としては、港内側に流出する海水の流速が速いと、漁船の係留等に支障をきたす恐れがあるため、流出の影響を抑えるような港内側導水孔の大きさや形状等の工夫が必要であると考え、現在検討中である。

<参考文献>

- 1) 山本正昭・中泉昌光・間辺本文; 潜堤付防波堤による海水交流工法の開発, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 675~679, 1987
- 2) 猿川 弦・水野雄三・笹島隆彦・木村克俊・高橋哲美; 消波ブロック被覆型有孔堤の海水交換特性に関する研究, 海岸工学論文集第40巻, pp. 971~975, 1993
- 3) 前出1)に同じ
- 4) 北海道開発局港湾部港湾建設課, 農業水産部水産課; 北海道沿岸波浪推算マニュアル, 昭和53年3月
- 5) 同; 港湾・漁港波高出現率一覧, 昭和63年3月