

II-55

岸壁に配置された海水導入孔の水理特性について  
 -遊水部と減勢工による流速低減効果-

北海道開発局 開発土木研究所 正員 佐藤 仁  
 正員 明田 定満  
 正員 谷野 賢二

1. はじめに

北海道日高沿岸の第3種漁港、様似漁港においては、夏期の高水温時における漁港内の水質悪化を防止するための海水導入施設を整備中である。この施設の外海側の海水導入工については、夏期の低波浪時でも有効に海水導入が行えるように、導入工に平均水位を上昇させるための遊水部を設けた構造を考え、著者らはその水理特性について検討<sup>1) 2)</sup>した。一方、港内側出口は岸壁に配置されるために、時化時には、導水孔から過度の海水流出によって岸壁に係留している漁船等に支障が生じる恐れがある。流れによる漁港内の擾乱を抑制する方策として導水孔を岸壁の壁面から直接流出させずに、いったん岸壁に設けられた遊水部と遊水部に設けられた減勢工により流速を低減させることとした。

本報告は、この構造形式による流速低減効果について模型実験による検討を行い、さらに数値シミュレーションを用いて、より最適な構造について提案するものである。

2. 様似漁港海水導入施設

海水導入施設は、図-1に示すように漁港最奥部にあたる-2.0m物揚場の水質保全を図るために、外海に面した西護岸に長さ20m、幅4mの遊水部を付加した海水導入孔を設け、縦1.5m・横1.5m・長さ25mの導水管(ボックスカルバート)2本を通して外海水を漁港内に送るものである。そして、導水管の出口にあたる-2.0m物揚場に遊水部と減勢工が配置されることになる。

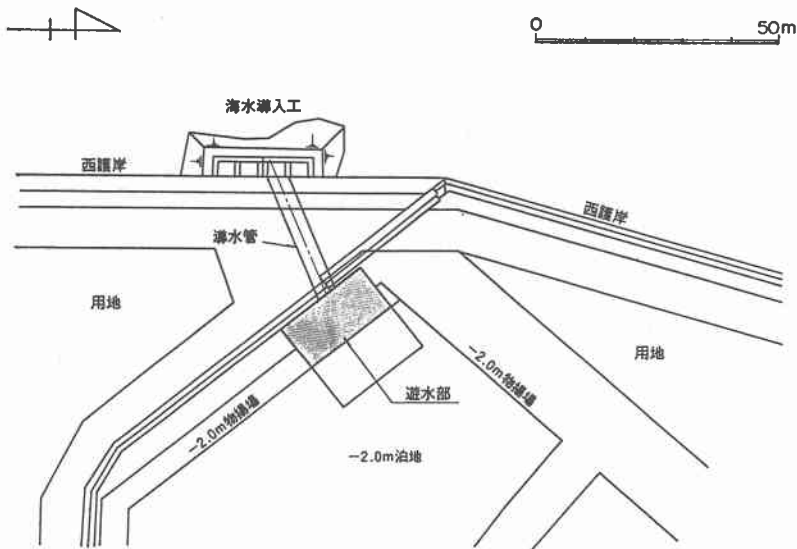


図-1 様似漁港海水導入施設

Hydraulic Characteristics of Seawater-intake Works

- Velocity Control of Outflow by Water Chamber and Energy Dissipator -  
 by Jin SATOH, Sadamitsu AKEDA and Kenji YANO

### 3. 実験方法

実験は、3次元平面水槽にフルード相似則による縮尺1/10の海水導入施設の模型を製作して行った。今回検討を行う港内側の施設の構造条件は、図-2に示すように遊水部は長さ20m、幅10m（いずれも現地換算：以下同様）を基本とし、遊水部に導水孔が設けられている。導水孔から出る流れが直接、係留している漁船に支障をきたすと考えられることから、岸壁前面に減勢工としてカーテンウォールを配置することとした。これにより遊水部内の流れを減勢させ、且つカーテンウォール下部から漁港内に海水を導入することによって、海面の擾乱を少なくする効果が期待できる。カーテンウォールは利用対象漁船の標準的な吃水であるD.L-1.5mの深さまで設けた。しかしながら、岸壁前面の水深はD.L-2.0mであるため、遊水部の開口部は0.5mと狭くなるので漁港内に流出する流れが速くなる恐れがある。そこで、カーテンウォール設置時には、遊水部および岸壁前面（20m×10m）を1.0m掘削して開口部を1.5mに広げることとした。また、遊水部内の中央には図-3に示すように、つい立て（長さ5m）、消波ブロック（テトラポッド約5t）およびスリット（1m×1mの角柱）を配置して導水孔から流出する流れを直接、抑制する構造を設定した。施設の構造条件を表-1に示す。

流速測定は、激浪時に導水孔から流出する流れとして約1.7m/sec<sup>1) 2)</sup>に相当する流量を水中ポンプで2カ所の導水孔から流出させ、漁港内の流れが定常になるのを待ってから電磁流速計を用いて行った。なお、対象とする潮位はL.W.LおよびH.W.Lである。

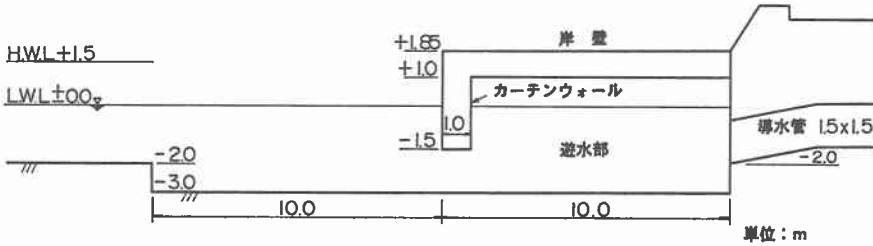


図-2 施設構造

表-1 構造条件

施設形状					海底掘削	潮位	備 考
遊水部	カーテンウォール	つい立て	消波ブロック	スリット			
○					無	基本形	
○					無		
○	○				有		
○	○	○			有		
○	○		○		L.W.L 有		
○	○	○	○		H.W.L 有		
○	○	○	○		有		
○	○			○	有		
○	○			○	有		
○	○			○	有		

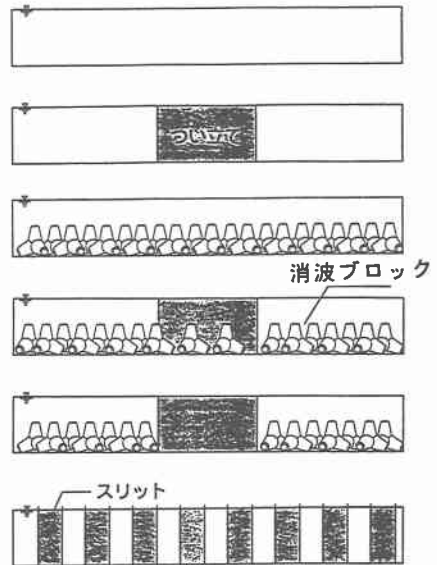


図-3 減勢工の構造

### 3. 潮位による漁港内流速分布の相違

遊水部のみを配置した基本形について、L.W.L、H.W.L時それぞれの漁港内の流速分布を示したのが図-4である。流速分布は、各格子点の中層（水深1m）での平均流速を導水孔前面での平均流速で無次元化した値で示している。

まず、L.W.L時では導水孔から流出した流れがまっすぐ漁港内に流れ込み、岸壁から20m離れた位置に0.8以上の速い流れが現れている。そして、漁港内のかなり遠くまで帯状の速い流れの分布域がみられる。H.W.L時になるとL.W.L時と比べて流れの速い分布域は狭くなり、岸壁前面で0.6~0.8の分布のみみられるだけである。これは、水深が深くなったことにより流水面積が大きくなり流速が遅くなったものと考えられる。しかしながら、遊水部だけでは導水孔から流出する噴流を効果的に減勢させることはできないので遊水部に減勢工を加える必要がある。

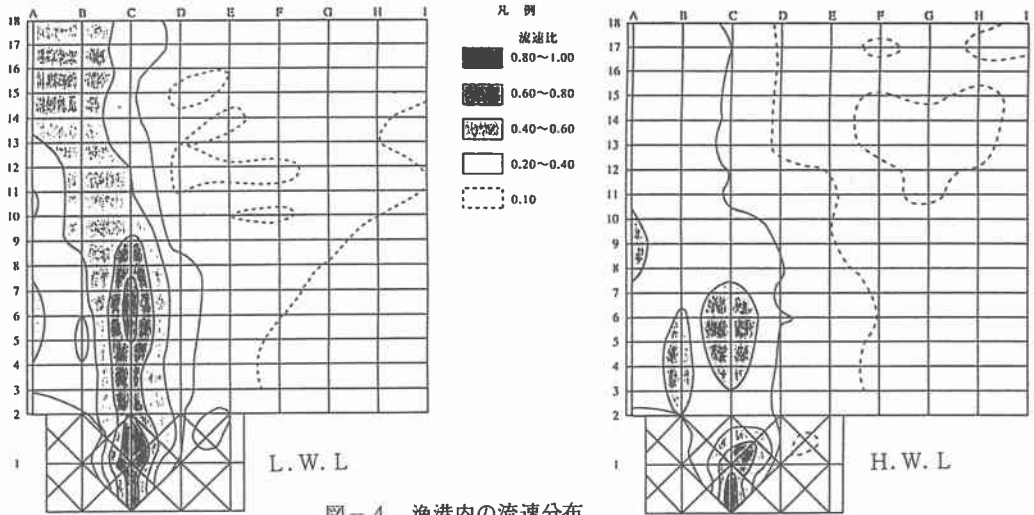


図-4 漁港内の流速分布

### 4. 減勢工による流速低減効果

次に、遊水部内に減勢工を配置した場合の漁港内の表層（水深50cm）での流速分布を図-5に示す。なお、前出の結果からL.W.Lの方が流速の速い分布域が広範囲に現れることから、L.W.L時について減勢工の特性を検討することとした。各々のタイプの特徴をまとめると以下ようになる。

#### 1) カーテンウォール（タイプ1）

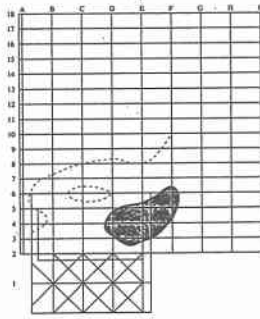
表層の流速分布をみると、カーテンウォールの遊水部側前面では流速比で0.5以上の流れが見られ、漁港内に出ると岸壁前面で0.3以上の部分が現れた。また、測線AからFにかけて徐々に流速が速くなっているのは、導水孔が遊水部に対して74度の角度で測線F側に向いているために、流軸もそちらの方へ向いたものと考えられる。

#### 2) カーテンウォール+つい立て（タイプ2）

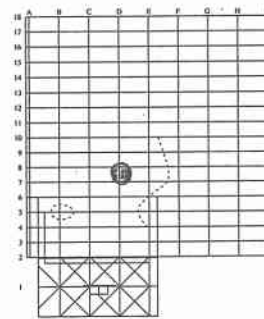
このタイプは、導水管軸線上の速い流れを抑えるために、遊水部中央につい立てを設置し二重の壁を持たせた構造であるが、カーテンウォール前面ではつい立ての抑制により、流速は低減している。そして、漁港内に出た流れは約0.2まで落ちている。また、もう一つの特徴として、今まで直線的に流れていた流れがつい立てによって遊水部内の両側に分散され、各測線へほぼ均等に流れている。これにより、流軸線上に現れていた速い流れが周りに分散され流速が低減しているものと考えられる。

#### 3) カーテンウォール+つい立て+消波ブロック（タイプ3~5）

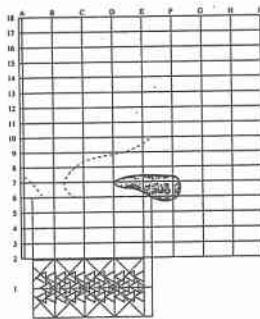
遊水部内の流れを抑えるには、消波ブロックを使った流れに粗度を与える方法が一般的でかつ施工性が容易であると考えられる。まず、消波ブロック3個並びのみ（タイプ3）の場合についてみるとカーテンウォールのみの場合と同じように0.3付近の部分がみられた。さらに中央につい立てを設置すると（タイプ4）つい立てのみと同様、測線F上の流速が抑えられている。しかしながら、消波ブロックを4個並びに増やしてみても効果はあまり向上していない。



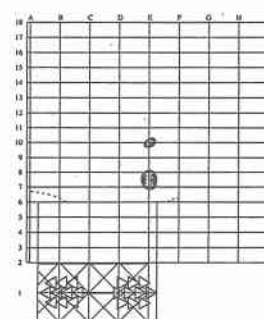
タイプ 1



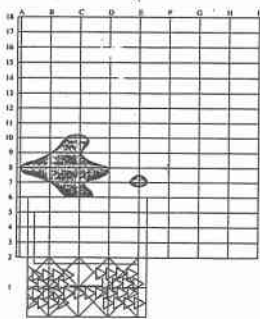
タイプ 2



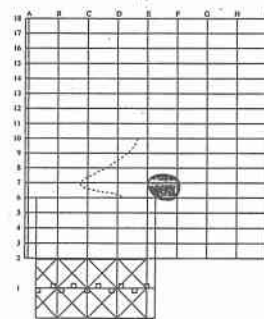
タイプ 3



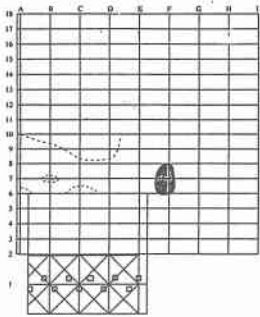
タイプ 4



タイプ 5



タイプ 6

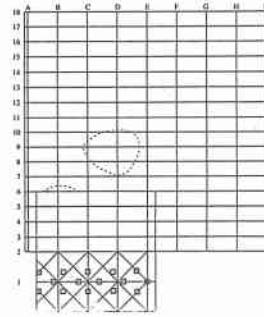


タイプ 7

凡 例

流速比  
0.20~0.40

0.10



タイプ 8

図-5 減勢工配置による流速分布 (タイプ1~8)

#### 4) カーテンウォール+スリット (タイプ6~8)

遊水部内に角柱(1m×1m:現地換算)を配列するスリット構造をみると、どのタイプもスリットによる整流効果で流れが分散し、局部的に現れる速い流れの分布域は小さくなっている。

擾乱による船舶動揺を論じる際には、波浪あるいは越波による擾乱をいかに抑えるかが一般的な問題であり、今回のように流れによる擾乱についてはあまり例がない。そのため、導水孔から流出する流れを何処まで抑える必要があるかは不明な点が多い。渡辺<sup>3)</sup>は道南の熊石漁港を対象として、港内擾乱の実態を把握するために、擾乱時の波高・流速・水位の現地観測を行い、擾乱時に最大で約40cm/secの流速が得られたが、漁船の接触事故はなかったと報告している。よって、最大流速がおおよそ40cm/sec以下に抑えることができれば、少なくとも係留している漁船に影響はないものと推測される。

図-6は、流速測定から得られた各格子線(A~F)毎の最大値を導水孔前面での平均流速で無次元化した流速比で示したものである。漁港内に発生する流れとして、導水孔から流出する流れの他に波浪による流れや潮流などが考えられるが、対象としている-2.0m泊地は漁港の最奥部にあるため、静穏度は十分確保されており、また潮流の影響はほとんどない。そこで、前出の流速40cm/secを泊地内の限界流速とするならば、流速比0.2以下がおおよそ漁船の係留に支障をきたさない流速であると考えられる。図から、この条件をほぼ満足しているタイプとして、タイプ2, 4, 6, 8があげられる。さらに、この4つのタイプの中でも、タイプ2のつい立ては比較的速い流速が現れる測線Fに対して効果的であり、また、タイプ6については測線Fの値は大きいもののその他の測線ではかなり流速が低減されているので有効と思われる。

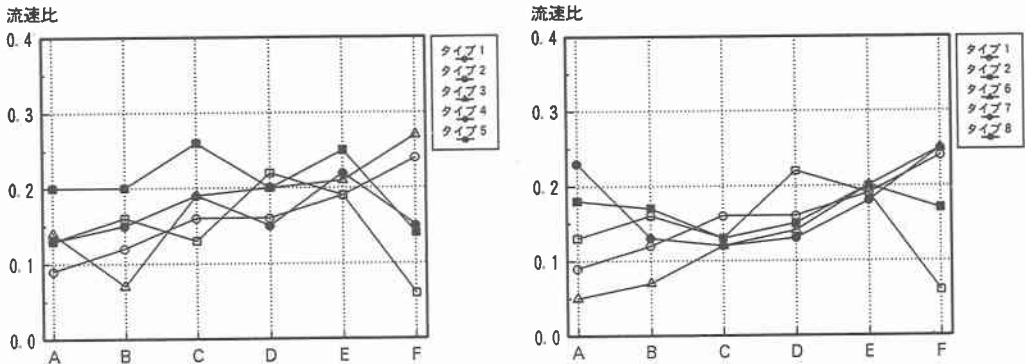


図-6 各測線における流速比

#### 5. 数値シミュレーションによる減勢工の最適案の検討

模型実験によって遊水部内に配置する減勢工として、つい立てタイプとスリットタイプが有効であることが把握できた。さらに、流速を低減させる構造として、図-7に示すタイプを設定しマルチレベル密度流モデル<sup>4) 5)</sup>による数値シミュレーションを使って検討した。この構造は前述の2タイプを複合させ、さらに遊水部の出口を従来のものから10m拡幅することによって、より大きな流速低減を図ろうとするものである。

図-8はこの構造案に対する計算結果を示したものである。導水孔から流出した流れは、つい立ておよびスリットによってほとんど減勢しており、漁港内には流速比で0.1以下の弱い流れしか出ていないことがわかる。また、図-9は図-6と同様に各測

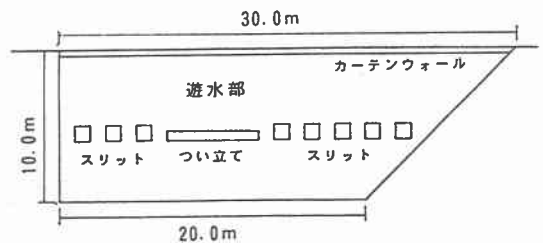


図-7 つい立て+スリットタイプ

線での流速比（最大流速）を示したものである。なお、模型実験で効果があった、つい立て（タイプ2）スリット（タイプ6）についても計算を行い比較した。今回提案した構造案は、測線E、Fでは他のタイプよりも大きくなるが、全体的には流れが分散して抑えられており、他の2タイプよりも効果的であると考えられる。

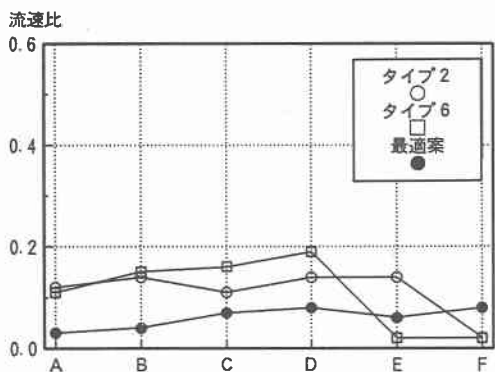


図-9 構造案の流速比

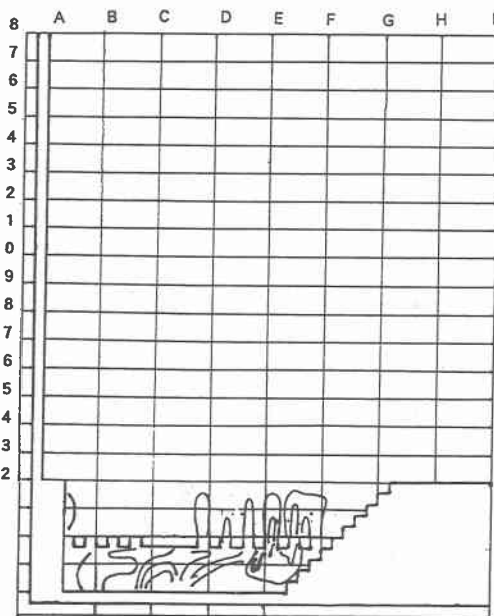


図-8 計算による流速分布

## 6. まとめ

模型実験および数値シミュレーションの結果をまとめると

- 1) 漁港内に流出する流れは、L.W.Lの方が流速の速い分布域が広範囲に現れる。
- 2) 減勢工のタイプとしては、つい立てを設置すると流れが分散されて局地的な速い流れは見られない。また、スリット構造は表層の流れを抑えることができるので有効である。
- 3) 最終的な構造案としては、つい立て+スリット形式とし、さらに流速を低減させるには遊水部を拡張したタイプが有効である。

## 7. おわりに

様似漁港海水導入施設の港内側出口の施設形状について検討を行った。現在、道内の漁港においては、水産生物を対象とした蓄養施設等が整備されており、その際には、漁港内の海水の高水温化や水質悪化を防止するためにも、海水導入施設を持った防波堤や護岸が必要となる。よって、防波堤や護岸本来の外郭施設機能を損なわず、且つ外海水を港内に流入させる工夫が今後ますます必要となってくるものと思われる。

### <参考文献>

- 1) 佐藤 仁・明田定満・谷野賢二・小柳一利・宮部秀一・神瀬 哲：様似漁港海水交換型護岸の水利特性について、平成5年度土木学会北海道支部論文報告集第50号, pp. 606~609, 平成6年2月
- 2) 佐藤 仁・明田定満・谷野賢二・小柳一利・宮部秀一・神瀬 哲：遊水部付き有孔堤の海水交換機能について：海洋開発論文集 VOL. 10, pp. 103~106, 1994.
- 3) 渡辺栄一：港内じょう乱調査・解析-波浪・長周期波・流れ-, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 193~197, 1982.
- 4) 中田喜三郎・石川公敏・松川康夫：内湾の流動場の数値実験, 沿岸海洋研究ノート第22巻第2号, pp. 96~108, 1985.2
- 5) 藤原正幸・明田定満・武内智行：マルチレベル密度流モデルの開発と人工湧昇流への適用, 水産工学研究所技報(水産土木)第14号, pp. 13~35, 1992.