

NKK基盤技術研究所 正会員 本田秀樹 正会員 塩崎禎郎

NKK鉄構建設部 正会員 堀内 博 正会員 中村 宏

1. はじめに

閉鎖性の高い港内水域では、防波堤によって港内と港外の海水循環が阻害されるため、水質悪化が問題となることがある。この問題を解決するために、様々な機関において海水導入機能を有した海水交換型防波堤の開発が進められてきた。この海水交換型防波堤は構造上、堤体に設けた開口部から潮汐・潮流によって流れが疎通する透過型と、流れの方向を制御し一方向流を造り出す造流型に大別できる¹⁾。しかし、潮位差が小さい地域や潮流が期待できない地域では、透過型の場合、開口部での往復流による防波堤付近の海水交流だけで、港内全体の海水交換の効果は得られない。そのため、最近では造流型の海水交換型防波堤が注目されている。このような背景から、当社で開発した海水交換型防波堤の概念図を図-1に示す²⁾。本構造は、透過型の直立消波ケーソンとして既の実績のある構造の遊水室内に越波版を設けたことを特徴としている。この越波版によって、押し波時には、スリット壁を透過してきた波が越波版を越え、港内側との水位差が生じることで後壁に設けた開口部より海水が港内へ導水され、引き波時には、越波版と後壁との間の水位低下が越波版によって妨げられるために、港外側への戻り流れは生じない。したがって、常に港内側への一方向流を造り出すことが可能となる。開発当初は、低波浪域を想定していたため、遊水室背後に中詰砂を投入する壁体部分の無い構造としていたが、高波浪域に適用する場合には壁体重量を増やすため、遊水室背後の壁体部分が必要となる。そのため、図-2に示すような、遊水室から港内側へ海水を通すための導水管が必要となる。そこで、導水管の設置により海水交換性能に与える影響を把握することを目的として水槽実験を実施した。以下にその概略を報告する。

2. 実験概要

実験は、吸収制御式の2次元造波水路(長さ13.5m×高さ0.8m×幅0.9m)を用いて行った。実験波は規則波とし、作用させた波浪条件を表-1に示す。実験に用いた模型はアクリルで製作し、実物に対する想定縮尺率は1/30とした。

(1) 実験模型：模型は下記の3種類を製作した。模型断面図を図-3に示す。

- ・MODEL-A：1重スリットで遊水室内に越波版、後壁に開口部を設けた構造
- ・MODEL-B：2重スリットで遊水室内に越波版、後壁に開口部を設けた構造
- ・MODEL-C：2重スリットで遊水室内に越波版、壁体後部に導水管を設けた構造

本実験では、MODEL-B、Cを比較することで導水管を設けたことによる導水量的影響について把握することを目的としている。ここで、2重スリットとしたのは、高波浪域、および、広い周期帯での消波性能を考慮したためである。また、既開発の構造との比較を行うためにMODEL-Aについても実験を行った。各モデルにおいて開口部、及び、導水管の断面形状は3.3cm×3.3cm(現地換算値1.0m×1.0m)の矩形であり、設置間隔は22.5cm(現地換算値6.75m)とした。実験に際しては、模型背後への流入水を還流できるように模型の底面を嵩上げして設置した。

(2) 計測項目：計測項目は以下のとおりである。

- ①導水量：模型の港内側開口部、及び、導水管排出口で流速を測定し、導水量を算定
- ②反射率：模型と造波機との間(港外側)に適宜設置した波高計から入・反射分離法により反射率を算定
- ③波高伝達率：模型の背後(港内側)に設置した波高計により波高を計測し、伝達率を算定

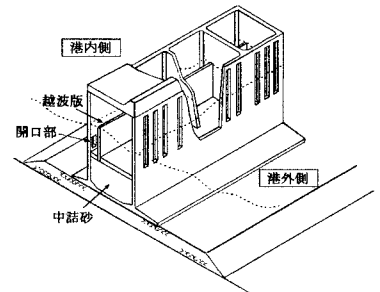


図-1 海水交換型防波堤概念図

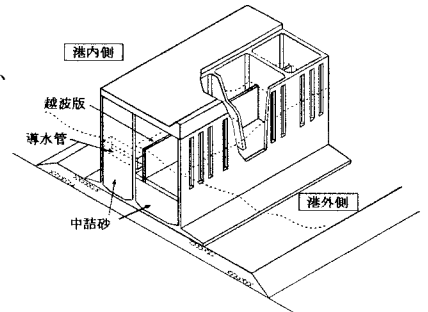


図-2 導水管付き海水交換型防波堤概念図

表-1 波浪条件 ()は現地換算値

縮尺	1/30
水深h	50cm (15.0m)
波高H	3.3~10.0cm (1.0~3.0m)
周期T	0.5~2.2s (2.5~12.0s)

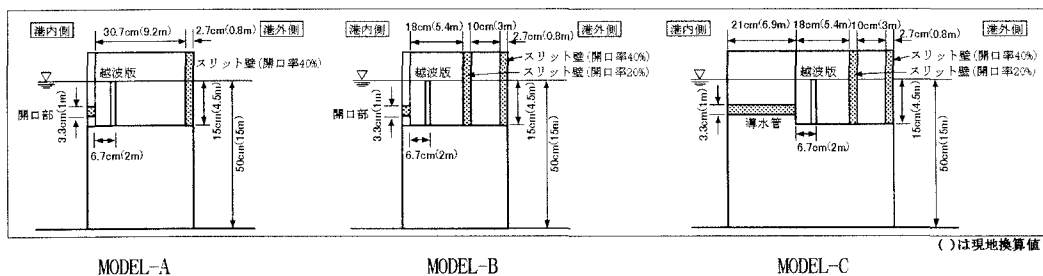


図-3 模型断面図

3. 実験結果

実験結果の整理は、造波開始後、波高の安定した時刻から5波分のデータの平均値を使用した。また、実験結果はすべて現地換算値で示してある。

(1) 導水量：周期 $T=6.0$ s における波高と導水量の関係を図-4 に示す。縦軸に単位時間単位幅当たりの導水量 Q 、横軸に波高 H をとっている。これより、各モデルとも波高の増加とともに導水量が増加しているのがわかる。また、構造別にみると、MODEL-B の導水量は MODEL-A より 2 割程度減少している。これは、スリット壁を複数通過することでエネルギー損失が大きくなり、それだけ遊水室内背後部の水位上昇量も低下する。そのため、港内と港外の水位差が小さくなり、導水量が減少する。また、MODEL-C の導水量は MODEL-B より約 1 割減少している。これは、導水管部での摩擦損失等の影響により流速が低下し、導水量が減少するためである。以上より、導水量は MODEL-C が最も少なくなっているが、波高 1.0 m において 0.11 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) の導水能力を有しており、下迫等の実験結果³⁾と比較しても導水量の値に大きな差はみられない。また、港内の平均水深 $h=10$ m、奥行き $B=1000$ m、波高 $H=1.0$ m での導水量を $Q=0.11$ ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$) と仮定した場合、港内の海水がすべて入れ替わるのに必要な時間は約 25 時間 $(=h \cdot B / Q)$ である。これより、波高 1.0 m のような比較的小さい波においても約 1 日で港内の海水交換を行うことが可能である。したがって、本構造 (MODEL-C) は十分に海水交換機能を有していると考えられる。

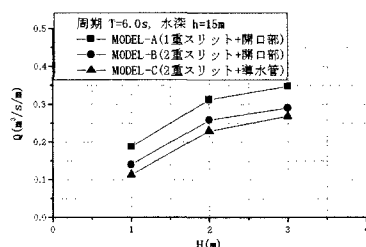


図-4 単位時間単位幅導水量と波高の関係

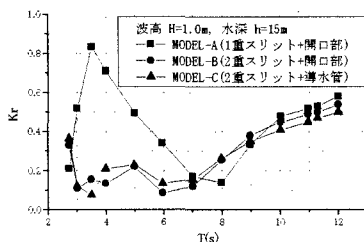


図-5 反射率と周期の関係

(2) 反射率：波高 $H=1.0$ m における周期と反射率 K_r の関係を図-5 に示す。周期 $T=7$ s 以上では各モデルとも同程度の反射率となっているが、 $T=7$ s 以下では MODEL-A の反射率が増加している反面、MODEL-B, C の反射率は $K_r=0.1 \sim 0.2$ 程度と低い値になっている。したがって、2 重スリットとすることで広い周期帯において消波機能を確保できることが確認できた⁴⁾。

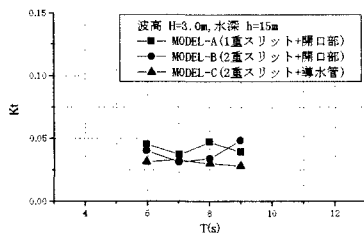


図-6 波高伝達率と周期の関係

(3) 波高伝達率：実験ケース中、最も大きい波高 $H=3.0$ m における周期と波高伝達率 K_t の関係を図-6 に示す。導水管部の摩擦抵抗による流速の低下により、MODEL-C が若干小さい値となっている。しかし、すべてのモデルにおいて波高伝達率は $K_t=0.05$ 以下であり、港内の静穏度は十分に保たれている。

4. まとめ

高波浪域への適用にむけ、これまでに当社で開発してきた海水交換型防波堤の内部に導水管を設置した構造に対する水槽実験を実施した。その結果、導水管を設置した構造においても十分に海水交換機能を有していることがわかった。また、潮位変動による影響を把握する実験や、波高が 1.0 m 以下となる静穏時での導水特性についての実験も行っている。これらについては、紙面の都合上割愛しているが、今後報告していく予定である。

【参考文献】

- 1) 高橋重雄(1997)：新構造防波堤とその設計、水工学に関する夏期研修会講義集Bコース、土木学会海岸工学委員会、pp.1-20 (97-B-5)。
- 2) 塩崎慎郎・磯崎隆一郎・中村 滋・堀内 博(1996)：海水交換機能を有する透壩型スリットケーソンの水理特性、海岸工学論文集、第43巻、pp.1226-1230。
- 3) 下迫健一郎・近藤充隆・藤堂ひろみ・福井正幸・高橋重雄(1999)：越波造流型海水交換防波堤の開発とその水理特性、海岸工学論文集、第46巻、pp.1096-1100。
- 4) 角野昇八・塩崎慎郎・原山之克(1999)：消波室内水深を浅くした複数スリット壁直立消波工の消波機能-BIM解析、海洋開発論文集、第15巻、pp.671-676。

キーワード 海水交換、造流、高波浪

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1-1 NKK 基盤技術研究所 都市工学研究部 TEL 044-322-6222 FAX 044-322-6519