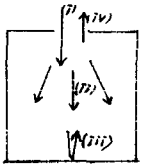


1. 概要

港内水域の静穏性は、港湾機能の能率や安全性に、大きな影響を及ぼす要因の一つである。ここで、港内水域とは、防波堤によって囲まれた領域を意味するが、防波堤は所要の水域の静穏性を得るために用いられる最も一般的で有効な構造物である。

防波堤の機能は波の伝播を遮断することであり、これは同時にそれを横切る船舶の移動をも可能にする。それ故、港内水域が完全に防波堤によって取囲まれることはなく、その間の一帯がカットされた港口として用いられる。通常、港内水域と港外水域は、港口のみを通じて連絡され、これによって船舶の出入はもちろん、波の伝播も行なわれる。従来行なわれていた港湾の遮断実験は端的に言えば、開口部の配置と港内静穏度の検討である。

港内消波の検討に移る前に外海からの波が港内水域に対して影響を及ぼす過程を単純化して考えてみる。この過程は次のような4つの段階に分けることができる。



- (i). 開口部からの波の侵入
- (ii). 侵入波の回折効果による泊地内への伝播
- (iii). 境界上での反射 (一次、二次……)
- (iv). 港内波の開口部から港外水域への伝播

泊地内に発生する波は、このような単純なものではなく、種々の波が複雑に重複した合成波であるが、ここでは上記のように単純化して港内消波の特性を検討する。

(i)の過程は外海で発生した波の港内への侵入である。(ii), 侵入した波は港内の水域に回折効果により伝播する、この際分散によって波高の減衰を伴う。(iii), 港内水域を伝播する波は岸壁等の境界上で反射し、入射波と合成されて重複波を形成する。(iv)は港内の波が開口部を(i)とは逆方向に伝播するものである。このような伝播過程に於いては、いづれも若干のエネルギーロスを伴う。

防波堤は、港内の静穏性に対して最も基本的な(i)の量を減らすことを目的としたものであるが、これは同時に(iv)の量を減らすことにもなる。つまり、港口が狭く波が侵入しにくい港は、侵入した波をとどめるような傾向がある。このようなことから、防波堤のみによる静穏度向上効果には、限界が考えられるが、現実には、各港湾が対象とする船舶によって航路や、港口幅が決まり(i)の量を期待する水準まで減らせないことが多い。

最近 (iii)の反射の際のエネルギーロスを増大させて、港内静穏度の向上を計った構造物(直立消波構造)が開発され、実用化されている。

防波堤が、泊地の沖側の境界上に設置されて、波の背後への伝達を阻止し、

外部へエネルギーの港内水域への伝播を遮断するのに対して、直立消波構造は泊地の岸側の境界上に設置され、港内に侵入した波の反射時のエネルギー・ロスを増大させてその前面に発生する反射波の波高を減小さめる機能を有する。

このように両者の機能、設置位置等は対照的な差を有するが、港内静穏度の向上という同じ目的で用いられる。本論の趣旨は、これらの構造物を静穏度向上効果という、同じ尺度で比較することである。

防波堤と直立消波構造の港内静穏度に対する影響を比較するため、侵入波の港内水域に於けるエネルギー収支について簡単な考察を加えてみる。

先に述べた、侵入波の伝播過程に基づき、港内に侵入する入射波のパワーを P_i 、侵入した波の単位時間当りの損失エネルギーを P_e 、港口から港外に出て行く波のパワーを P_o とすれば、次式が成立つ。

$$P_i = P_e + P_o \quad \dots\dots\dots (1)$$

P_e および P_o は、港内水域に於ける波のエネルギーの総量、 E_h に比例するものと考えられる、今、簡単に

$$\left. \begin{aligned} P_e &= k_1 E_h \\ P_o &= k_2 E_h \end{aligned} \right\} \quad (k_1, k_2 \text{ は 比例定数}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

とすれば (1) 式は

$$P_i = (k_1 + k_2) E_h \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$E_h = P_i / (k_1 + k_2) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。

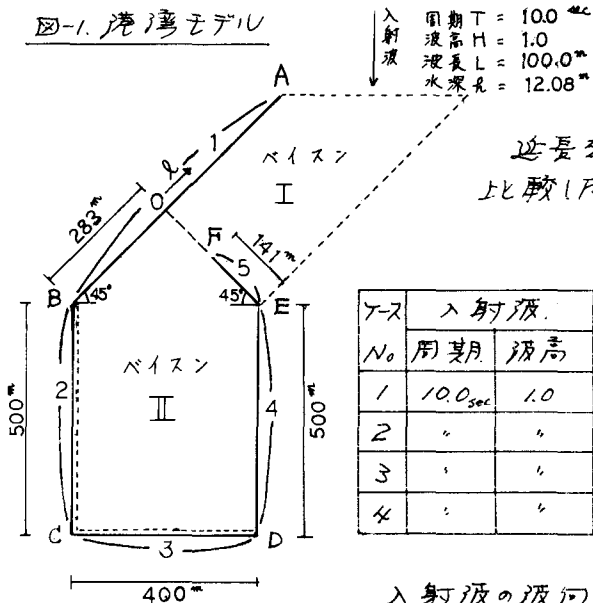
港内の静穏性を、泊地内に発生している港内波の波高で表わすものとすれば、これは、 E_h の平方根に比例するものと考えてよい。従って、以上の簡単な考察から、港内の静穏性を得るためには、(4) 式より、侵入波の単位時間当りの入射エネルギー量 P_i を小さく、港内水域に於ける波のエネルギー損失係数 k_1 を大きくすればよい。つまり防波堤と直立消波構造の機能を利用すればよい。 k_2 を小さくするのは、港口とは別に港内波の逃げ道を作らない限り、 P_i を小さくすることになり静穏度向上につながらない。

以下、上述のような観点から、直立消波構造による港内消波について、防波堤による遮蔽効果と併せて、静穏度に対する影響を検討する。

2. 解析方法.

港内静穏度(港内波高分布)の解析は電子計算機を用いた数値計算によつて行なつた。

図-1. 港湾モデル



計算は図-1に示すような単純な形状の港湾モデルを設定し、港内の直立消波構造の設置延長、と防波堤の長で両者の静穏度に対する影響を計算実行は表-1の通りである。

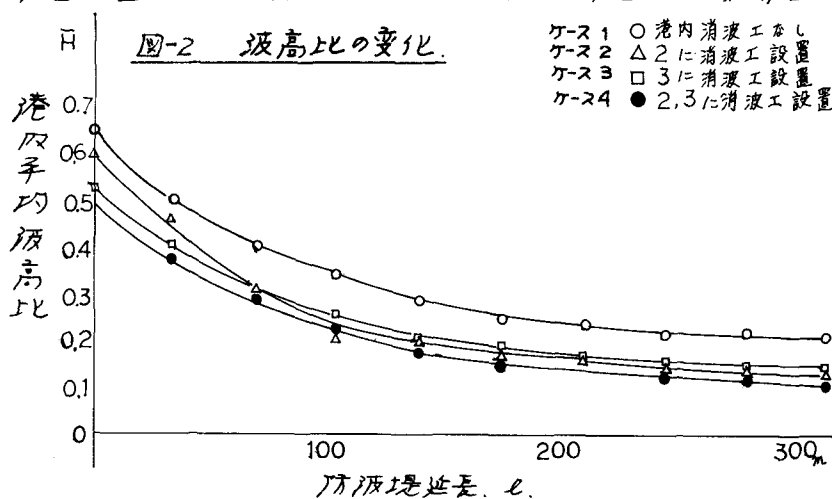
表-1. 計算条件.

T-2	入射液		透過液		液位差 m
N_0	周期	液高	Z(B-G)	Z(C-D)	(奥0から測った距離 cm)
1	10.0 _{sec}	1.0	なし	なし	0 ~ 2.25 $\sqrt{2}m$, 2.5 $\sqrt{2}m$ ~ 3.5 $\sqrt{2}m$
2	"	"	あり	なし	"
3	"	"	なし	あり	"
4	"	"	あり	あり	"

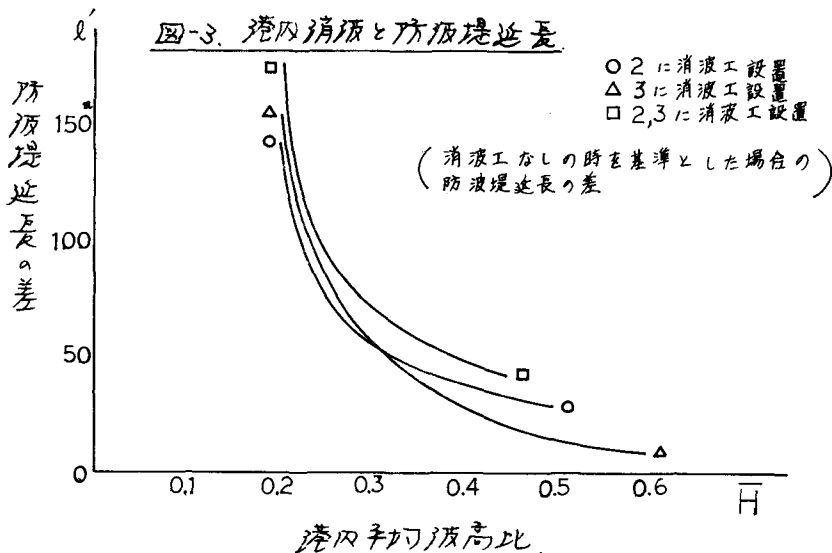
入射波の波高は $B-C$ 、 $E-D$ に平行、波高は 1.0 (無次元量) とし、港内波高は入射波高に対する比で表す。水深は 12.08 m で一様、周期 10.0 sec の入射波の波長は 100.0 m である。防波堤の法線は、 $A-B$ 部分のみを、その延長を変えて遮断効果を検討した。防波堤の最小延長は B 点から $200\sqrt{2}\text{ m}$ ($l=0.0\text{ m}$) で防波堤と ($E-F$) と形成する岸口巾は 100.0 m ($=1.0L$, 入射波向と直角方向に測った距離) である、同様に最大延長は、 B 点から $424\sqrt{2}\text{ m}$ ($l=224\sqrt{2}\text{ m}$) であり、防波堤とオーバーラップする巾は 124 m である、防波堤の延長は $24\sqrt{2}\text{ m}$ までに変化させた。このような防波堤延長の変化に対して、港内消波の条件を 4 種類組合せ、表-1 の 40 ケースについて港内の波高分布を計算した。港内消波は、岸壁および 3 m の直立消波構造を設置した場合と、ない場合の組合せである。直立壁の場合の反射率は 90% 。直立消波構造については 44% とした。波高計算点は $1/4L$ 間隔の格子状に配置し、これらの点の値の平均値を以て港内静穏度を表した。尚、港内静穏度を表す、港内平均波高比の算出は、点 B, C, D, E で囲まれた領域のみを対象とした。

3. 解析結果およびその考察

解析結果を図-2, および図-3に示す。図-2は港内平均波高比(領域B, C, D, E, 内の波高比の平均値)と防波堤1.の延長(奥のうねりからの距離, l)との関係。また、港内消波の配置別に示したものである。図-2によれば、港内平均波高比は、防波堤延長の増大に伴ない指数関数的に減り、この傾向は港内消波工の設置によって大きく変化することはない。港内消波による港内平均波高比の低下は10~14%程度である。港内消波による静穏度は、(1). 岸壁2.および岸壁3.に消波工設置(ケース4) (2). 岸壁2.に消波工設置(ケース2) (3). 岸壁3.に消波工設置(ケース3)の順に、その向上効果が大い、しかし、このようなケースの差はわずかであり、港内消波工を全く設置していないケース1.の港内平均波高比が他のケースに比べて常に大きな値を示している。ケース2とケース3の比較によれば、港内消波工の設置位置としては、侵入波が一次反射する岸壁2.が効果的である。防波堤延長



が短かく、港ロから直接、入射波が侵入する場合には、港奥の岸壁3.で一次反射するため、図-2に於いて、ケース2とケース3の港内平均波高比は防波堤延長70m付近で逆転している。図-3は、港内消波工を設置した場合、防波堤の延長をどの程度、短縮できかを、消波工を全く設置していないケース1を基準として示したものである。



見方を変えれば、港内消波工の効果と、防波堤の延長に換算したと考えることもよい。図によれば、港内の平均波高比が小さくなる程、港内消波はその有効性を増している。これは図-2でも明らかなように、防波堤の延伸による

静穏度の向上効果は、ある程度、港内波高比が小さくなると、その効果が非常に低下することによるものである。

この図から、防波堤および直立消波構造の両者の建設費が分れば、静穏度向上効果という同じ尺度で、両者の投資効果を比較することができる。

4. ま と め

最近、港内の岸壁等に用いられている直立消波構造を取り上げて、その効果を港内水域の静穏性の面から、簡単なモデルによつて防波堤との比較を行なつた。

今回の検討で得られた結果を、要約すれば次の通りである。

- (1). 防波堤の延伸によつて、港内水域に於ける波高は指数関数的に減小する。
- (2). 港内に直立消波構造を設置した場合でも(1)の傾向は変わらないが、港内の平均波高比は、直立消波構造を設置しない場合に比べ、 $0.1 \sim 0.15$ 程度低下する。
- (3). 直立消波構造の効果は、港内水域の静穏性がある程度(波高比 $0.2 \sim 0.3$)得られており、これをさらに改善する場合に特に顕著である。これは、港内水域に於ける波高比が小さくなる程、防波堤の延伸による静穏度向上効果が低下することによるものである。
- (4). 直立消波構造の設置場所は侵入波が一次反射する位置が効果的である。

直立消波構造の静穏性に対する影響を解明するためには、今回の検討だけでは十分であり、今後さらに詳細な検討を要する。例えば、今回、港内の静穏度を水域内の波高の平均値で表わし、その分布形状については検討しなかつた。直立消波構造を設置した場合の泊地内の波高分布は、その設置位置によつてかなりの差を生じるものと考えられる。又、港内の波高分布は入射波の波向によつて大きな影響を受ける、今後これらの点について検討してゆきたい。