

シート型浮防波堤の消波効果について (II)

加藤 重一*・乃万 俊文**・萩野 静也**

1. 緒 言

もっぱら、摩擦のみによって、入射波のエネルギー減衰をはかる撓性（シート）浮防波堤で消波効果を十分に期待するには、波長のほぼ 10 倍にもおよぶ防波堤幅が必要とされる¹⁾。著者らは入射波と浮体運動との位相差を利用して大なる消波効果を有する浮防波堤の開発研究を実験的に行なっているが^{2), 3), 4), 5)}、この報告はその第 II 報である。

入射波による浮体の運動は船舶工学で知られるように 3 つの往復運動 (surge, heave および drift) と 3 つの回転運動 (roll, pitch および yaw) に分解される。浮防波堤模型でこれらの運動のうち単一の運動のみをおこさせることは、2 次元造波水槽において規則波をあてた場合でもかなり困難なことである。ポンツーン型（逆台形）では、しかしながら、主に roll をおこさせることができ（すなわち浮体の固有 roll 周期と入射波周期とを一致させるとき）、係留索で入射波と浮体運動との位相をずらせることによって大なる消波効果を得た²⁾。Double spaced barrier タイプのものでは主として roll と heave の位相差、球形においては主として roll と surge の位相差による作用で消波効果をみてきた。

この報告では、heave の位相を主としてずらせる機構の一つとして Buoy・Weight 系（B・W 系）を考え、これをシートに取り付けたシート型浮防波堤の一つについて実験した結果を示している。ここでは実用に供しうる範囲で吊下した重錘重量および重錘中心から静水面までの距離を種々変化させた場合の消波効果を調べた。なおシートを取り付けない B・W 系 そのものについても多少の消波効果があったのでこれもあわせて調べている。この撓性形式の浮防波堤では浮体自身が入射波によってたえず複雑に変形するので、それを支配する諸要因とそれらの関係を見つけることがむずかしい。すなわちその運動は重錘重量、静水面から重錘中心までの距離、係留方法、取り付けるシートの寸法および材料、浮体の形状寸法および材料等によって大いに異なる。したがって実験を実用範囲内に限っても一般化するにはかなりの時間を

要し、たとえこれを求めても相似関係をみつけることが困難で、開発のためにはあまり関係がない。そこで実験観察によって、ある運動にもっとも支配的な要因をのみとりだしておおよそその傾向をみることにつとめた。すなわちその結果、重錘重量と波長の 2 乗との比が適当であれば大きい波高減衰を期待できることを確かめた。

2. 実験の方法

(1) 造波水槽

実験に使用した造波水槽は、長さ 40 m、幅 1.5 m、深さ 3.0 m のコンクリート製で、一方の側面に幅 13.5 m、高さ 3.0 m のガラス張り観測部分がある。この水槽の一端にフラップ形式の造波機 (30 ps) を取り付けしている。また水槽の両端部には波の反射を防ぐためそれぞれ消波装置を取り付けてある。

(2) 模型波

実験に用いた模型波の諸元は、波高 $H_0=4\sim 39$ cm、波長 $L=1.65\sim 3.80$ m で、波形勾配 $H_0/L=0.022\sim 0.110$ の範囲のものである。波浪の測定には、抵抗線式波高計—電磁オシログラフを用いた。

(3) 模 型

Buoy・Weight (B・W) 系としては、発泡性ポリエチレン（発泡倍率 15 倍）を浮子とし、鉄わくに鉛を適宜詰めたものを重錘とし、これら両者の間隔を変化できるよう鉄鎖で連結したものをを用いた。浮子の形状寸法は図—1 に示すよう、奥行 145 cm、厚さ 10.5 cm のポリエチレンを重ね合せて底幅 10 cm、上幅 $\left(10+\frac{5}{21}\cdot t\right)$ cm (t は浮子の高さで 21, 31.5 および 42 cm の 3 段階に変化) の逆台形となるように定めた。

実験に用いたシートとしては幅 1.45 m、長さ 2.5 m のものでこれは厚さ約 3 mm の発泡性ポリエチレンシート（発泡倍率 40 倍）および厚さ 0.8 mm の塩ビシート各一枚を張り合せたものである。

(4) 実験方法

B・W 系およびこれをシートに取り付けたシート型浮防波堤の場合両者とも共通するが、これらに加えた重錘重量は前述したポリエチレン浮子がほぼ水中に没しその残留浮力が 0 となるよう定めた。重錘重量は浮子の高さ $t=21$ cm、上幅 15 cm（底幅 10 cm は共通）のとき $w=21.93$ kg、 $t=31.5$ cm、上幅 17.5 cm のとき 37.61 kg

* 正会員 農林省農業土木試験場水産土木部研究室長

** 正会員 農林省農業土木試験場水産土木部

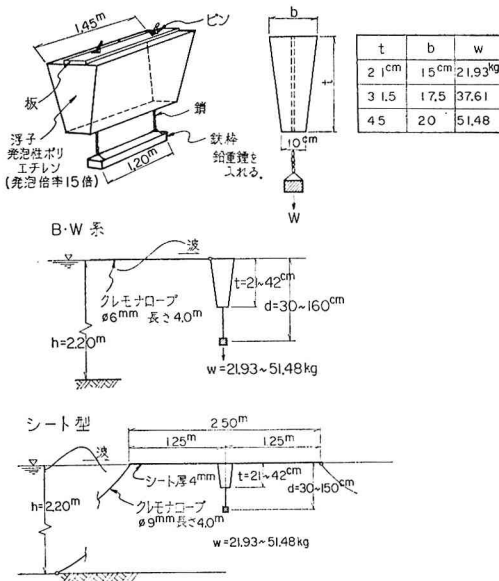


図-1 模型および設置図

および $t=42$ cm, 上幅 20 cm のとき 51.48 kg である。この重量は水の比重を考慮して水中重量に換算しさらに防波堤幅 1.0m あたりの重量となっている。

B・W 系にシートを取り付ける方法は特別なことは行なわずシート中央部に板(厚さ 2 cm)をほぼ全幅にわたし、この部分で B・W 系の鎖をピンでとめる。このようにすると浮子の浮力と重錘重量がシート面に作用して所期の目的を達することができる。

重錘中心までの距離を変化さすには鎖をとめるピンの位置をずらすことで簡単に行なった。静水面から重錘中心までの距離は浮子の高さによって異なるが 30~150 cm である。

B・W 系は化センロープ(φ 6 mm, 長さ 4.0 m)で波の入射方向と直角を保つよう水平方向に係留した。シート型浮防波堤は入射方向のシート端部を φ 9 mm, 長さ 4.0 m の化センロープにて水路底より係留した。

水深は実験を通じて常に 2.20 m とした。

3. 実験結果とその考察

このシート型浮防波堤の消波効果に影響をおよぼす要因は浮体全体の運動を規制する要因すべて、つまり、重錘重量(w)、静水面から重錘中心までの距離(d) (または浮心より重心までの距離(D)), 取り付けるシートの寸法, 係留方法, 浮体の形状寸法等々が考えられるが、ここでは重錘重量および重錘中心までの距離にのみ変化を与えた実験結果を考察してみよう。

(1) 位相差生起の状態について

とくに B・W 系について heave 運動での位相差がみられた(写真-1), (surge については水平方向に係留

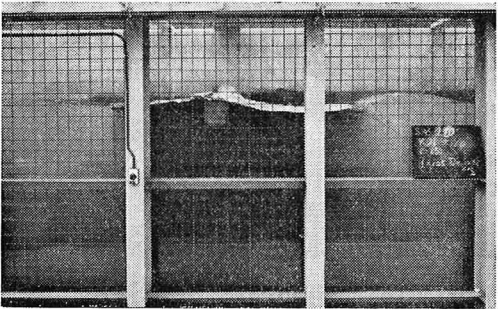
写真-1 入射時における B・W 系の状況
(波は右側より入射)

していたのでよくわからない)。

シート型では写真に示すように、シートが B・W 系のみの運動の障害となって、ここに heave の位相差そのものは小さくなる(写真-2)。実際には係留や反射その他の影響で surge を伴った複雑な運動を生起するが、この際あるポイントで規制された運動をみることができ、たとえば写真にみられるように heave の位相差がはっきり認められる場合には消波効果が大きい。

(2) 消波効果について

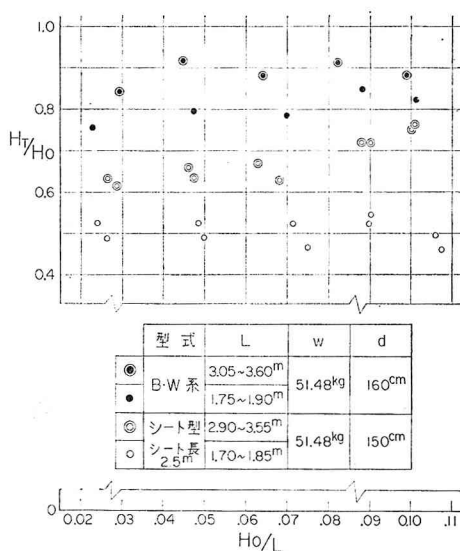
まず、この浮防波堤の消波効果におよぼす波形勾配 H_0/L の影響をみるために H_T/H_0 (H_T : 縦軸に浮防波堤の後に伝達された波, H_0 : 入射波高), 横軸に H_0/L をとりグラフで示す(図-2 参照)。これによると消波効果は波形勾配によって大きく影響されないことがわかる。すなわち横軸の H_0/L の値の大小にかかわらず H_T/H_0 はほぼ一定の値をとる。このグラフは多く行なった



写真—2 入射時におけるシート型の状況
(波は右側より入射)

実験の1シリーズについてみたものであるがこのような傾向はすべての実験シリーズにもみられた。

浮体にある距離をもって重錘を加えた B・W 系に規則波をあてたときの運動は模型条件(浮体形状, 吃水, 重錘中心までの深さ, 係留方法等々)および波の入射条件(波高, 波長, 周期)のいかんによって大いに異なる。B・W 系およびこれにシートを取り付けたものの消波機構としては, 入射波と浮体またはシートの heave または surge 運動とに位相差を生じ, このため浮体またはシート面において水平方向とは限らないが, 主として波の反射によるものと考えられる。この場合, 単に位相がずれるだけでは消波機能に結びつかない。波動と相対的運動を行なう必要がある。つまり浮体は波動エネルギーに匹敵するマイナスの運動エネルギーをもって水分子と衝突することが必要となる。浮体の運動エネルギーとしては, 質量 $\times$ (速度) 2 で表わされる場合が観察される。こ



図—2 波形勾配と波高伝達率

の場合質量としては重錘重量がその代表する量となり, また速度としては浮体の入射波による運動軌跡(これはもちろん, 入射波と同調した運動であってはならない)を入射波の周期で除したものが考えられる。入射波による浮体の運動軌跡は (d/L) により大きく異なるのであるが, 便宜上, 波高 H のみを変化させた場合 H に一次的に関係するものを考える。また, 波の周期 T と波長 L とは $T \propto \sqrt{L}$ の関係にあるので, 浮体の運動エネルギーを代表するものは結局 $w \cdot H^2/L$ となる。入射波の運動エネルギーは一波長当り $E_w = \frac{1}{16} \rho H^2 L$ である。よって w/L^2 なる量が支配的と考えられる。つまり w/L^2 は浮体運動および波のエネルギーの比を代表する一つの量であると考えられ, この中に波高 H の項が入っていないことから, 消波効果が波形勾配に影響されないことにもなると思われる。

次に, 重錘重量の消波効果におよぼす影響をみるために, 縦軸に H_T/H_0 , 横軸に w/L^2 をとり, またパラメーターは, ここでは d/L としてグラフに示すと 図—3 および 図—4 のようである。図—3 は B・W 系のものであるが, これによると, w/L^2 の値が大きくなると消波効果は少しくなる傾向を示すが, あまり明瞭でない。ただ, heave 運動で大きい位相差が認められたにもかかわらず, 消波効果が 図—4 にくらべてかなり小さい。このことは発生させた位相差を消波機構へ結びつける手段の必要なことを示唆している。

B・W 系にシートをつけた場合には (図—4 参照) w/L^2 の値が大きくなるにつれて消波効果はよくなるが, この値がある値よりも大きくなると消波効果は小さくなる傾向がある。このように w/L^2 が小さい範囲で消波効果の小さいことは入射波のエネルギーにくらべて浮防波堤の

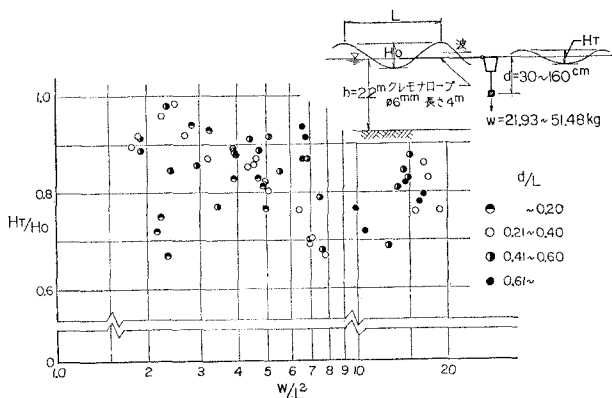
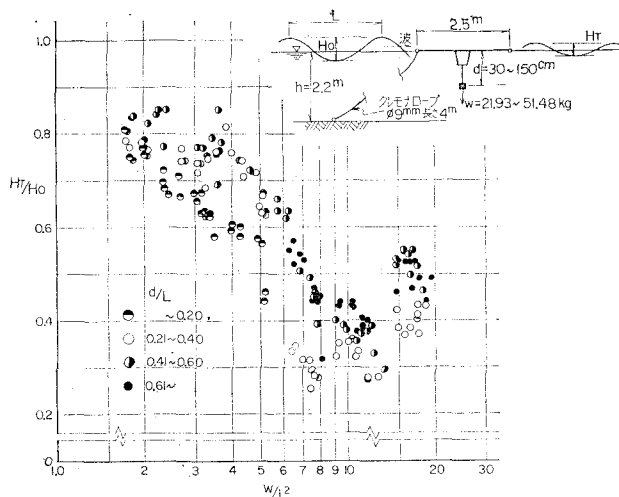
図-3 B・W系についての H_T/H_0 と w/L^2 の関係

図-4 シート型浮防波堤の消波効果

運動エネルギーが小さいことで説明される。この値がある値をこえて大きくなった場合、つまり重錘重量 w が非常に大きい時には B・W 系が一体となった運動を行なわないで浮子のみの運動となったり、単なる上下運動を行なったりして消波機構に関係ある運動が起っていないことで説明できる。この場合、 $w/L^2 \approx 10$ がその境界になっている。

また、パラメーターにとった d/L の影響は B・W 系の運動には大きな影響をおよぼしたにでは消波効果にはそう大きな影響をおよぼしていない（このことは 図-4 において各点のちらばりが色わけによって、著しくは異なっていないことからうかがわれる）。消波効果におよぼす d/L の影響は w/L^2 の値によっても異なるが、実験において (d/L の範囲 $0.08 \sim 0.91$) w/L^2 が小さい範囲では ($w/L^2 < 5$), $d/L < 0.20$ で効果がよく (図-4 に

おける●印) w/L^2 が大きい範囲では ($w/L^2 > 5$), $0.21 < d/L < 0.40$ で効果がよく (図-4 における○印), いずれにしても d/L があまり大きい ($d/L > 0.50$) 場合はよい消波効果は期待できない。 w/L^2 を一定とした場合、 d/L の値いかんによる消波効果の差は 10~20% がみられる。

4. 結 論

以上の実験結果から B・W 系およびこれを利用したシート型浮防波堤についてつぎのようなことがいえる。

(1) 浮体にある間隔をもって重錘を取り付けた B・W 系は d/L が適当であれば入射波と heave ないし surge 運動の位相をかなり大きくずらすことができる。ただしこのようにしてずらせた位相差のみでは大きな消波効果は期待できない。

(2) B・W 系にシートを取り付けたシート型浮防波堤の消波効果を浮体運動と入射波のエネルギーの比を代表する w/L^2 との関係で表わすと、この値が大きくなるにつれて消波効果はよくなるが、 $w/L^2 > 10$ の範囲では消波効果が小さくなる傾向を示す。

(3) 消波効果におよぼす d/L の影響は w/L^2 の値によっても異なるが、この値を一定とした場合 d/L のいかによる消波効果の差は 10~20% がみられ、また $w/L^2 < 5$ では、 $d/L < 0.20$ が、 $w/L^2 > 5$ では $0.21 < d/L < 0.40$ で消波効果がよかった。

(4) この種の浮防波堤の消波効果と入射波の波形勾配との関係は特に認められなかった。

なお、開発に当っては、相似関係の問題がある。

参 考 文 献

- 1) Wiegel, R. L.: Oceanographical Engineering, Chapter VI, Effect of Structures on Waves, pp. 137~141, 1962.
- 2) Juichi Kato and Others: Damping Effect of Floating Breakwater, Proc. ASCE, Vol. 95, No. WW 3, 1969.
- 3) 加藤重一・上北征男: 浮防波堤の消波効果について, 農土論集, 第30号, 1969.
- 4) 加藤・乃万・萩野: シート型浮防波堤の消波効果について, 第16回海岸工学講演会講演集, 1966.
- 5) 加藤重一・乃万俊文: 球形浮消波工の消波効果に関する実験的研究, 昭和45年度農業土木学会大会講演要旨, 1970.