

シート型浮防波堤の消波効果について

加藤 重一*・乃万 俊文**・萩野 静也**

1. 緒 言

シートのような可撓性材料で構成した浮防波堤の消波効果については、Wiegel ら¹⁾の研究がある。これによると薄い軽量のシートはその長さが波長よりかなり大きい場合にかぎり、消波効果があり（約5倍以上で約5割の消波効果があるとされる）、これは浮体の材質などに関係する、と報告している。そのため、一般海岸保全の消波工としては、従来あまり注目されなかった。しかしながら、材質を適当に選べば、入射波のいかんにより、一時的に不撓性を出現し、位相差による有効な消波機能を期待しうる。このことは水産土木の見地のみならず一般海洋開発のためにも多くの利点を備えており、とくに経済的、防災的に有利であることがわかる。

この報告は、既報^{2),3)}ポンツーンや筏など不撓性の浮防波堤と区別し、この種タイプの浮防波堤の消波効果について実験的にその骨子をのべる。

2. 実験方法

(1) 造波水槽

この水槽は、長さ 21.6 m、幅 1.8 m、深さ 2.0 m のコンクリート製で、一方の側面に長さ 4.0 m のガラス張り観測部分 2 か所を設けてある。この水槽の一端にフラップ形式の造波機 (5 Ps) を取り付けられている。また水槽の両端部には反射を防ぐために消波装置を取り付けてある。

(2) 模 型 波

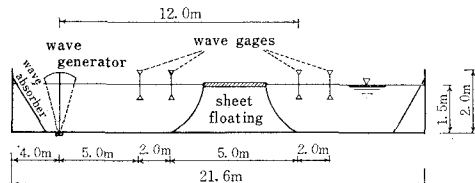
実験に使用した模型波の諸元はつぎのとおりである。

入射波高 H_I 0.06~0.29 m

波 長 L_I 1.00~6.30 m

波 形 勾 配 H_I/L_I 0.01~0.11

図一 実験水槽概略図



波形は、抵抗線式波高計を用いて電磁オシログラフ上に記録させた。なおこれと同時に、実験波高のチェックのための目視観測および浮体運動の検討のための写真撮影を併用した。波高計の設置位置は、造波板より 5 m、7 m、12 m および 14 m の 4 か所に設置した。模型は水路のほぼ中央部にクレモナロープでもって係留した。実験水深は 1.5 m のみにかぎった。

(3) 模型について

使用した模型の種類は下記のとおりである。

実験 1: 長さ 2.0 m、3.0 m のシート 2 種類に、長さ 3.0 m (水深の 2 倍長) の係留索を取り付けた半強制浮体の場合 (図一2 参照)。

実験 2: 長さ 2.0 m、3.0 m および 4.0 m のシート 3 種類に、長さ 1.5 m (水深と等長) の係留索を取り付けた強制浮体の場合 (図一3 参照)。

実験 3: 浮体の長さおよび係留方法は、実験 1 と同じであるが、入射波の反射を大ならしめるためには、シートの先端に直径 8.5 cm の円筒 (この円筒には 15 cm 幅の亚克力垂直板を 1 枚取り付けてある) を固定した半強制浮体の場合 (図一4 参照)。

実験 4: 浮体の運動を強制し位相差を助長させる手段として、長さ 2.0 m、3.0 m のシートの先端 1.0 m のところに、直径 20 cm のアバ玉 3 個を取り付け、これより長さ 1.5 m の係留索を水路底面に取り付けた強制浮体の場合 (図一5 参照)。

3. 実験結果とその考察

前章に記したシリーズにしたがって順次実験結果を明記する。

(1) 実験 1 について

まず消波効果をみるために、どのようなグラフ表示をすればよいか、このことは材質が可撓性のためにポンツーンやバリヤタイプのように簡単でない (もし完全撓性とみなすならば、Wiegel らの実験のごとく、摩擦のみで消波効果を期待する場合は簡単である)。すなわち入射波や係留索のような拘束力のためにシートは時間的空間的に一時不撓性を生起するので、そのシートの撓性についてまずしらねばならない。これはシートの長さ a や厚さ s (ここでは材質一定) いかんによって異なる。そこで、各 a または s ごとに浅水度 (ここでは係留の仕方

* 正会員 農博 農林省農業土木試験場水産土木部第三研究室

** 正会員 農林省農業土木試験場 同

すなわち係留の引張方法および強度に関係する)および波形勾配(入射波の状態)についてみなければならない。なおこの場合波に対する水深の影響については、実用上その効果をおよぼさない範囲にとどめた。しかしながらかような条件を限定しても、なおここでは a , s , 係留の方法などを都合により、最小限にとどめたので十分この場合の挽性を説明しえないが、従来のシート状浮防波堤について以上のように考えるならば、かなり異なった消波効果の生起せしめうることを示そうとする。

そこで便宜上縦軸に、 H_T/H_I (H_I : 入射波高, H_T : 透過波高), 横軸に a/L_I (a : 浮体の長さ, L_I : 入射波長) をとり, 波形勾配 (steepness) H_I/L_I をパラメーターとしてデータを整理すると, 図-2 のようになる。

このグラフによると, 概して透過率 H_T/H_I は a/L_I の増加にしたがい, 指数関数的に減少する傾向がある。またそれほど明りょうではないが, 波形勾配が大なるほど H_T/H_I は小さくなる傾向がみとめられる。

a/L_I と H_T/H_I の関係をさらにくわしく調べると, つぎのようなことがいえる。 $a/L_I < 1.5$ の範囲では, 浮体は入射波とほぼ同調し, 消波効果はほとんどなく, 10%程度で, その機構は摩擦によるものが卓越すると思われる。したがってこの範囲では, H_T/H_I は各ケースについて指数関数的*に変化するものと思われる。つぎに, $1.5 \leq a/L_I \leq 2.5$ の範囲においては, 入射波は, 係留索によって強制されるシートの変形に影響され, 砕波となってシート上を通過し, その影響と両々相まって複雑な

* もし波の減衰におよぼす主たる要因がシート面における摩擦と考えれば, つぎのようになる。

$$\frac{d}{dx}(C_g E) = -F \dots \dots \dots (1)$$

ここに, C_g : 群速度, E : 表面波1波長当りの全エネルギー ($= (1/2) \cdot \rho g H^2 L$), F : 1波長当りの摩擦によるエネルギー損失とし, せん断応力と流速の積に比例するものとする ($= k H^3$)。

シートの先端 $x=0$ における入射波高を H_I , シートの後端 $x=a$ における透過波高を H_T として式 (1) を積分するとつぎのようになる。

$$\frac{H_T}{H_I} = e^{-\alpha(a/L_I)} \dots \dots \dots (2)$$

ここに, α はシートの材質, および水の粘性などに関係する減衰係数 ($= k/\rho g C_g$)。

式 (2) から摩擦による波高減衰は a/L_I に関係し, 指数関数となる。

図-2 シート型浮防波堤の消波効果 (実験 1)

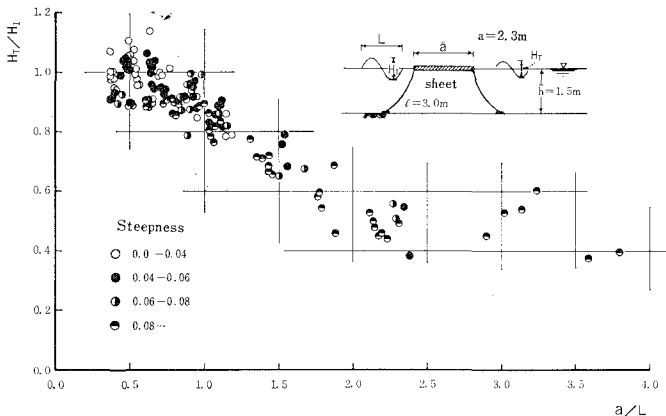
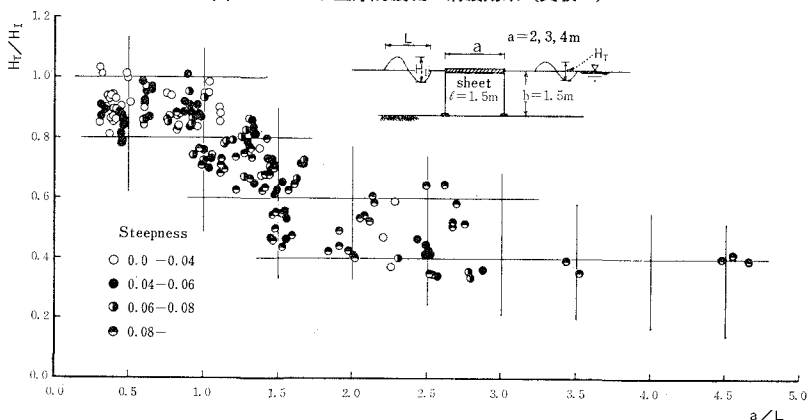


図-3 シート型浮防波堤の消波効果 (実験 2)



運動をなす。そのため消波効果にも変化をもたらし, $a/L_I < 1.5$ の $H_T/H_I \sim a/L_I$ の関係に示された傾向と趣きを異にし, ほぼ $a/L_I = 1.0 \sim 1.5$ に境界があるようである。

消波効果は $a/L_I = 2$ ではほぼ 50% である。さらに $a/L_I > 2.5$ では, 入射波が小さいため, 砕波はあまり生起せず, 入射波はシート面下を通過する。この際, 主として摩擦による消波効果が期待される。実験は実用上のこともあり, これ以上の場合を行っていないが, その後の傾向をほぼ想像することができる。

(2) 実験 2 について

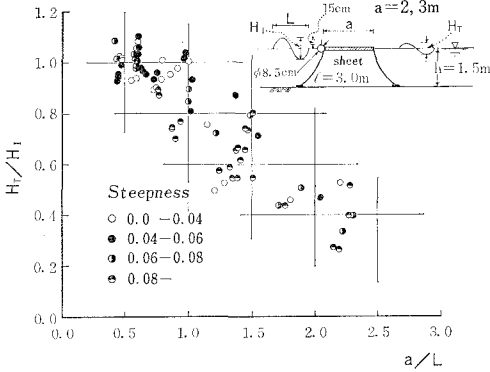
実験 1 と同様の理由により, 縦軸に H_T/H_I , 横軸に a/L_I をとり, 波形勾配をパラメーターとしてデータを整理すると図-3 のようになる。

この場合は実験 1 の状態をさらに強調したような傾向がみられる。すなわち, $a/L_I < 1.5$, $a/L_I > 3.0$ においては摩擦機構が卓越し, $1.5 \leq a/L_I \leq 3.0$ の範囲において係留のために位相がずれる。

H_T/H_I の値は最良の点 ($a/L_I = 2.5$ 付近) で, 40% である。これは前者の場合よりすぐれている。

これもまた波形勾配の違いによる H_T/H_I の違いははっきりと認められない。

図-4 シート型浮防波堤の消波効果 (実験 3)



(3) 実験3について

図-4 も前記同様の表示にしたがっている。

このグラフからわかることは、前2者の場合と傾向は異なり、 H_T/H_I と a/L_I の関係は全般的にみて一様に変化している。しかし入射状態を観察によると、 $a/L_I = 1.0$ および 2.0 付近を境にして前2者と同様のことがいえる。すなわち $1.0 < a/L_I < 2.0$ については、入射状態は複雑となり、そのためデータのバラツキが大きい。ゆえに、一様な消波機構としてグラフをみることができない。

消波効果は $a/L_I \div 1.6$ で約 50%, $a/L_I \div 2.2$ で約 60% 程度となる。この場合 a/L_I が小さい値でも円筒つき垂直板により入波射は変形し碎波するため、消波効果は前2者よりも大きくなる。

またこのタイプも前2者と同様に、波形勾配の違いによる H_T/H_I の違いははっきりと認められない。

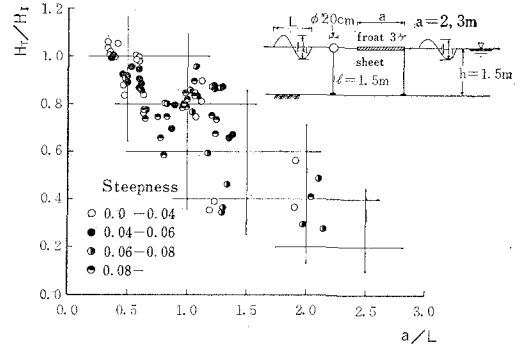
(4) 実験4について

前同様、図-5 についてみると、この場合は前者を著しく強調したグラフとみるべきである。すなわち、アバ玉による入射波の擾乱はいっそうはげしく複雑となる。

消波効果は $a/L_I \div 1.3$ で約 50%, $a/L_I \div 2.0$ で約 60% 程度期待できる。このタイプが4つの中で一番良好な消波効果を示すが、係留索にかかる張力は大きくなる。

このタイプも波形勾配の違いによる H_T/H_I の違いは

図-5 シート型浮防波堤の消波効果 (実験 4)



はっきり認められない。

4. 結 論

3. のはじめにも ことわったように本報はこのシート型浮防波堤の消波効果について、まだ一般的な表示をしていない。すなわち、この種浮防波堤の開発にあたっては相似性の関係をするためにも材料としてのシートの波に対する撓性を調べなければならない。したがって、これは予備実験的であり、問題は今後にのこされるが、シートのような可撓性の浮体でも、本報要旨のように考えるならば、将来有望であることを示すものである。かような意味で以下の実験結果から一応つぎのように結論する。

シート型浮防波堤の消波機構は、シート面での摩擦が主なものであるが、材質および係留の方法により、位相をずらせば、単なる摩擦機構による従来の研究結果より良好な消波効果を期待しうることがみとめられる。

参 考 文 献

- 1) R.L. Wiegel : Oceanographical Engineering, Chapter VI, Effect of structures on waves, p. 137~141, 1962.
- 2) 加藤重一・乃万俊文・上北征男・萩野静也 : 浮防波堤の消波効果について, 農業土木学会論文集第 23 号, p. 33~38, 1968.
- 3) Jûichi Katô, Toshifumi Noma, Yukio Uekita & Seiya Hagino : Damping Effect of Floating Breakwater Proc. A.S.C.E., Aug. Jour. WW 1969.