

複列カーテン防波堤による波浪の静穏化に関する研究

愛媛大学大学院 学生員 ○森田 知志

愛媛大学工学部 正 員 中村 孝幸

1. まえがき: カーテン防波堤の消波メカニズムとしては、堤体による波の反射、および堤体下端で形成される渦によるエネルギー消散が挙げられよう。著者らの中の一人は単列カーテン防波堤の波のエネルギー消散が主に透過波に影響すること、長周期波はと大きくなること、および堤体を複列化することにより単列配置の場合に比べほぼ2倍のエネルギー消散が生じることなどを報告している。本研究は複列配置としたカーテン防波堤のエネルギー消散効果の大きいことに着目して長周期波の減勢をめざそうとするもので、特に2列堤体間にはさまれた堤内水域における波浪の共振現象を利用した波浪減勢の可能性について明らかにしようとするものである。

2. 実験装置および実験方法: 実験は、高さ1.25 m, 幅1 m, 長さ28 mの2次元造波水槽を用いて行。た。水槽内には、その幅をほぼ2分するように隔壁板を設け、一方の水路にのみ複列カーテン防波堤の模型を設置し、他方水路で入射波の測定が行えるようにしてある。模型堤体には、高さ70 cm, 幅49 cm, 厚さ0.9 cmの鋼製板を2枚使用して、図-1に示すような前列堤、後列堤として配置せしめた。なお、堤体の内縁間隔 B には25 cm~310 cmの範囲のものを、堤体の高さ d には27.5 cmと47.5 cmの2種類を採用した。作用せしめた波の周期 T は、1.1 sec~2.3 secの範囲の5種類であり、入射波の波高 H としては各周期について5, 10, 15 cmの3種類を採用した(ただし砕波する場合を除く)。また、水深 h としては78 cmと一定とした。実験は各波条件および高さ d 条件の下に、 B を上述した範囲内において7~12種類に変化せしめて行ない、i) 入射波高 H , ii) 透過波高 H_T , iii) 複列堤体の反射波側における空間最大波高 H_{max} , およびiv) 堤内水域における波高 H_x を各々測定した。そして反射率 C_R および透過率 C_T は、上記i)~iii)の測定波高を用い、 $C_R = (H_{max} - H)/H$, および $C_T = H_T/H$ により決定した。なお、本研究では、波のエネルギー消散と密接な関連性を有すると考えられる堤体下底部に形成される渦についても、トレーサー法による可視化実験により観測している。

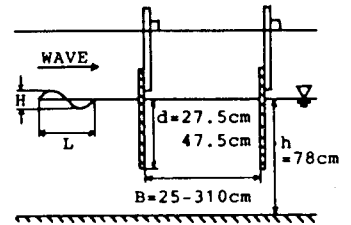
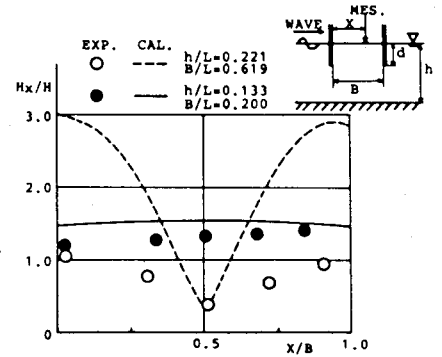


図-1 実験状況

図-2 堤内における波高の空間分布 ($d/L = 0.609$)

3. 解析法: 本研究で用いた解析法は、著者らの中の一人が明らかにしている2次元波動場のグリーン関数を核関数とする置き出し分布法である。なお、この解析法は、完全流体の理論に基づくもので、渦などの非ポテンシユル的な流体現象については考慮できない。

4. 実験結果と算定結果との比較: (1) 堤内波浪の共振特性について: 複列カーテン防波堤では、周期 T を固定し堤体間隔 B も変化させた場合、 B と入射波の波長 L との比が特定の値に近づくとき堤内波浪が増幅される現象。すなわち堤内波浪の共振現象の生じることが理論的にも実験的にも確認できた。そして本実験の範囲内では B/L が0~0.5の間で生じる第1次共振、および B/L が0.5~1.0の間で生じる第2次共振の出現を確認しており、これらの共振点付近における堤内波高の空間分布の代表例を図-2に示す。この図より第1次共振点では堤内波浪が空間的に一様に増幅される共振モード、また第2次共振点では前、後列堤に腹が、これらの中間

に節が出現する共振モードになっていることがわかる。そして第2次共振点の場合の腹の位置における波高は実験値が算定値を大きく下回っており、これは実験で確認された堤体下端部よりの渦の発生が大きな減衰効果として作用したものと考えられる。なお、上記の共振が出現する B/L の値は、きつ水と水深との比 d/ℓ 、および浅水比 ℓ/L によって変化することや、これら共振点に対応する B/L の値はほぼ理論的に予測できることなどを確認している。

(2) 反射率 C_R について：図-3 は C_R の B/L による変化の一例を示すもので、この場合、本実験で最も長周期波となる波の条件に固定してある。この図より、 C_R の算定値は B/L により波状的に変動していることが認められる。これは上述した波浪共振の出現によるものであり、 C_R が極小となる点が共振点に対応している。そして、実験値と算定値の比較をしてみると、 $C_R - B/L$ の関係は共振点付近を含めて定性的にも定量的にもよく一致している。

(3) 透過率 C_T について：図-4 は図-3 と同条件下における C_T と B/L の関係を示す。図中には堤体間の流体場を死水域とみなして剛体に置換した、すなわち複列堤体の外縁距離と同じ長さを有する矩形堤体と仮定した場合の透過率の算定値 $(C_T)_R$ と、単列配置とした場合の透過率の実験値 $(C_T)_S$ も付記してある。

この図より C_T の実験値は、 C_R の場合と異なり、特に共振点付近で算定値を大きく下回っていることが認められる。一方、単列堤体の $(C_T)_S$ との比較から、堤体を複列化することにより透過波を $1/4 \sim 1/2$ にも低減できることがわかる。また、等価長さの矩形堤体の $(C_T)_R$ との比較から、堤体間隔が $0.7L$ 以下の複列堤体はその間隔と同一の長さの矩形堤体とはほぼ同一の消波効果をもつこともわかる。本研究では、他の ℓ/L および d/ℓ の条件下においても $(C_T)_R$ との比較を行っている。その結果、複列堤体の C_T が $(C_T)_R$ で近似できる B の範囲は、 ℓ/L の値により多少異なるが、ほぼきつ水の4倍までであることを確認している。

(4) 波のエネルギー-透散率 E_d について：上述した堤内波高および C_T に関する実験値と算定値との差異の原因としては、まえがきで述べたエネルギー-透散が挙げられる。本研究では、エネルギー-透散を表わす指標として実測された C_R 、 C_T を用いてエネルギー-透散率 $E_d (= 1 - C_T^2 - C_R^2)$ を求めてみた。図-5 は図-3、4 に対応する E_d を B/L との関係で示すものである。この図より共振点付近においては E_d は極大となり、その値は90%にも達することなどがわかる。また、本研究で観測した堤体下端の渦も共振点付近でその規模は増大しており、 E_d は主として堤体下端での渦の発生により生じているものと言える。

5, 結 語：以上のように、カーテン防波堤を複列配置とすることにより、特にその共振点でのエネルギー-透散の増加を利用して、消波効果の向上、特に透過波の減勢を促進できることなどが明らかとなった。

《参考文献》 1) 中村孝幸, “カーテンウォール型防波堤まわりの波変形と作用波力に関する研究”, 31回海講演文集, pp.512~516, 1984. 2) 中村孝幸, “薄肉物体まわりの波浪境界値問題に関する研究”, 30回海講演文集, pp.410~414, 1983.

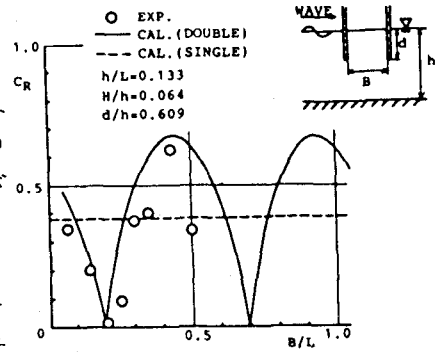


図-3 複列堤体の反射率 C_R

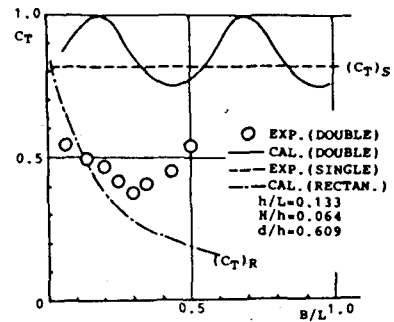


図-4 複列堤体の透過率 C_T

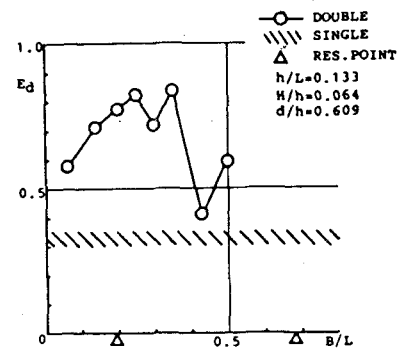


図-5 複列堤体による波のエネルギー-透散率 E_d