

傾斜板列型二重式カーテン防波堤の構造形式と波浪制御効果について

PERFORMANCE OF A DOUBLE-WALLED BREAKWATER WITH AN INCLINED PLATE ARRAY AS A FRONT WALL

中村孝幸¹・菊地一郎²・神川裕美³・河野 徹⁴・楨本一徳⁴
Takayuki NAKAMURA, Ichiro Kikuchi, Hiromi KAMIKAWA, Tohru KOHNO
and Kazunori MAKIMOTO

¹正会員 工博 愛媛大学助教授 工学部環境建設工学科 (〒790-8577 松山市文京町3)

²学生会員 愛媛大学大学院 環境建設工学科 (〒790-8577 松山市文京町3)

³正会員 愛媛建設コンサルタント(株) (〒790-0036 松山市小栗7-11-18)

⁴正会員 復建調査設計(株) 沿岸開発部 (〒732-0052 広島市東区光町二丁目10番11号)

In order to reduce secondary effects caused by high reflection waves from conventional curtain-walled breakwaters, a double-walled breakwater consisting of a permeable and impermeable walls was newly proposed. Inclined plate array with the same draft as a rear wall was used as the front wall. Effect of the inclination angle of the plate array on the wave transmission and reflection coefficients as well as energy dissipation ratios was extensively examined. It was confirmed that the front wall comprised of the plate array with downward inclination angle is more effective than the one with upward inclination angle.

Key words; Double-walled breakwater, Inclined plate array, High energy dissipation, Wave reflection and transmission

1. まえがき

既に、著者ら¹⁾は、反射波災害の防止を目的として、透過波のみならず反射波の低減も可能なカーテン防波堤の構造形式として、異吃水の二重式カーテン防波堤を提案し、その効果等について明らかにした。しかしながら、このような異吃水の二重式カーテン防波堤では、瀬戸内海など潮位差の大きい海域に適用するとき、吃水深の浅い前面カーテン壁が空中に露出する場合もあり得ることが予想され、効果が半減するなどの問題点が指摘された。このような対策として、著者ら²⁾は、前面壁として透過型の傾斜板列を採用し、その吃水深を後面カーテン壁と同程度に深くする方法を提案した。そして、前後壁がほぼ同吃水の傾斜板列を前面壁とする二重式カーテン防波堤を用いることで、潮位に関係なくほぼ同様な波浪制御効果が維持できることなどを明らかにした。

ここでは、傾斜板列を前面壁とする二重式カーテン防波堤において、さらに効果的な構造諸元を見出す目的から、特に前面傾斜板の傾斜角度に着目して透過・反射率の変動特性を実験と理論により検討する。具体的には、図-1、2に示すように傾斜板の傾斜角として上向き50度と下向き50度の2種類の傾斜板列を採用して、透過・反射率およびエネルギー逸散率などの周期特性について明らかにする。

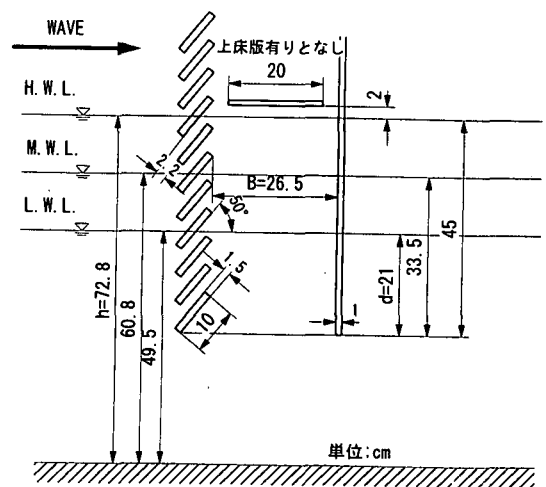


図-1 傾斜板列型二重式カーテン防波堤 (上向き50度の場合)

2. 実験装置および実験方法

実験は、長さ28m、幅1m、高さ1.25mの2次元造波水槽を用いて行った。模型堤体は、図-1、2に示すように傾斜板列よりなる透過性の前面壁と不透過性の後

面壁で構成されている。このとき、前後壁の間隔 B は、昨年度の成果²⁾を参照して反射波の低減効果がより高いことが確認されている $B=26.5\text{cm}$ を用いた。傾斜板列には厚さ 1.5cm のアルミ板を12枚を、後面カーテン壁には厚さ 1.0cm のアルミ板を用いた。なお、ここで想定している模型縮尺は、 $1/13$ 程度である。

この模型堤体では、波変形のみならず作用波力の測定も目的としており、剛性が高くしかも軽量のアルミ板を用いた。このとき、傾斜板列の向きは、入射波の作用方向から見て、上向き 50° の場合(図-1)と下向き 50° の場合(図-2)の2種類に変化させた。

設置水深は、現地で 3m 程度の潮位変化を想定して、図-1中に示す3種類を用いた。ただし、傾斜板が下向き 50° の場合については、高潮位を想定した設置水深のみに限定した。

また、傾斜板が上向き 50° の場合については、高潮位に相当する設置水深に限定して、遊水室内に上床版を設けたときの影響についても検討した。このときの上床版のクリアランスは 2cm に固定した。

模型に作用せしめた入射波の条件は、波高 H が 6cm , 12cm , 18cm の3種類、周期 T が 0.75s ~ 1.6s の範囲の12種類である。

3. 透過・反射率に及ぼす潮位の影響

まず最初に、図-1に示す同吃水型の二重式防波堤(傾斜板上向き 50°)を対象にして、潮位による透過率 C_t 、反射率 C_r の変化を紹介する。この結果を示すのが図-3~5であり、図中では C_t 、 C_r の B/L (B :遊水室幅、 L :波長)による変化を各潮位(水深)別に示す。図中には、減衰波理論³⁾による算定結果についても併せ示す。このとき、線形減衰係数 f_c には、前報告²⁾と同様に $f_c=0.15$ を用いた。

これらの図より、透過率 C_t は低潮位より高潮位になるにつれ増加する傾向が認められ、この傾向は B/L の小さな長周期側で顕著に見られる。これは、低潮位になると吃水深が浅くなることによるもので、減衰波理論による算定結果でも同様の傾向が確認できる。そして、透過率の実験結果と算定結果は定量的にもほぼ一致しており、減衰波理論の有効性が認められる。

一方、反射率 C_r は、特定の B/L の条件下で一旦低下する変化を示し、この反射率が極小となる条件は低潮位より高潮位になるにつれ、多少ながら B/L の小さな長周期側に移行することなどが認められる。このように反射率が一旦低下する理由は、既に著者らの以前の研究^{1), 2)}で明らかにしているように、遊水室内でのピストンモードの波浪共振に伴う渦流れの増大現象による。そして、反射率が低下する B/L の条件は、水位条件によりそれほど大きく変化せず、目的とする「潮位条件に関係なく透過・反射率を安定して低減できること」を満足しているようである。そして、反射率の絶対値に着目すると、いずれの水位条件でも、極小値は $C_r < 0.1$ と効果的に低減されていることや算定結果よりも実験結果の方が低くなることなどがわかる。

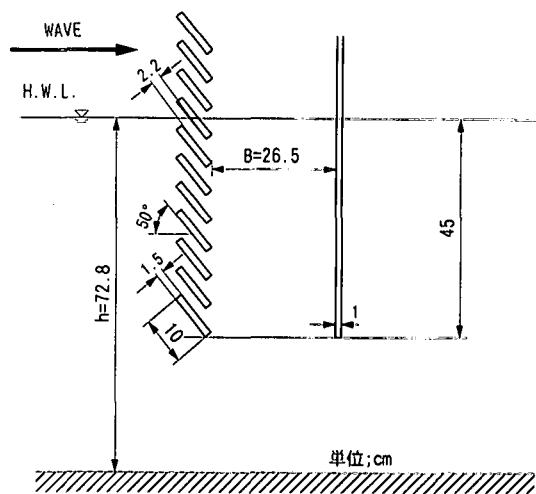


図-2 傾斜板列型二重式カーテン防波堤(下向き 50° の場合)

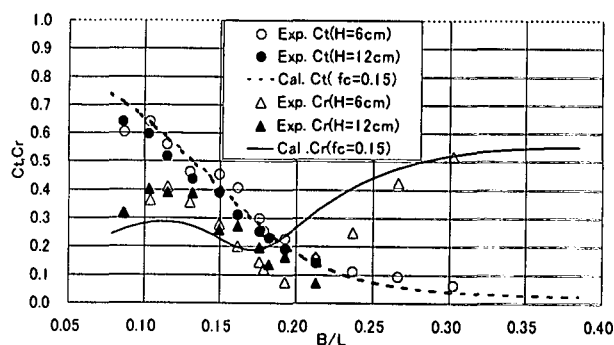


図-3 透過・反射率の B/L による変化(低潮位: $h=48.8\text{cm}$, $d=21\text{cm}$, $B=26.5\text{cm}$)

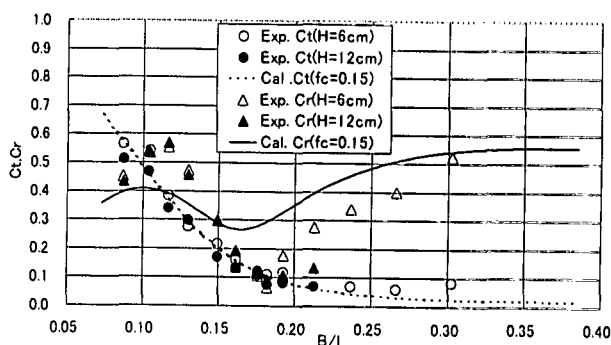


図-4 透過・反射率の B/L による変化(平均潮位: $h=60.8\text{cm}$, $d=33\text{cm}$, $B=26.5\text{cm}$)

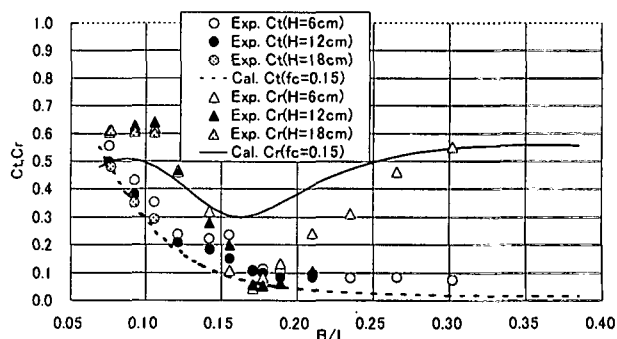


図-5 透過・反射率の B/L による変化(高潮位: $h=72.8\text{cm}$, $d=45\text{cm}$, $B=26.5\text{cm}$)

4. 透過・反射率に及ぼす傾斜板列の向きの影響

図-6、7は、同吃水型の二重式防波堤について、前面傾斜板列の向きを上向き50°と下向き50°にしたときの透過率と反射率に関する比較を示す。このときの水位条件は、高潮位に対応する。これらの図より、透過率については、両堤体形式で有意な差は見られない。

一方、反射率は、図-7に示されるように、傾斜角によりB/Lによる反射率の変化が大きく異なる。前面傾斜板列の傾斜角が上向き50°では、反射波の低減極値はB/L=0.18付近であるが、下向き50°では、長周期側のB/L=0.12付近に移行している。これは前面壁の傾斜角が上向き50°では、下向き50°に比べて、前面傾斜板列を通しての流体の出入が容易になるためと考えられる。

例えば、傾斜板列の前面水位が上昇して遊水室内に流れが侵入する場合を考えると、下向き傾斜板の場合には、上向き傾斜板に比較して、傾斜板列の間を通過する流体は一旦下降し次に上昇するなどより抵抗の大きな経路をとることになり、結果的に傾斜板列の最下端を回り込む流れが卓越しやすくなると推測される。このため、いわゆるピストンモードの波浪共振が生じやすい条件になることから、より長周期の波で反射率が低下するためと考えられる。

そして、傾斜角が上向き50°の条件では、流体は傾斜板列の間をより通過しやすいことから、結果的に従来のスリット壁に対する結果(例えば、岩田⁴⁾)に近くなると推測される。このような傾斜板列の向きによる相違は、図中に示す減衰波理論による結果でも同様に認められるが、反射率の絶対値としては実験結果に比較して大きく現れるなどの相違も見られる。

図-8、9は、上記で示した両堤体形式の透過・反射率を用いて求めたエネルギー逸散率 E_L のB/Lによる変化を示す。これらの図から、 E_L は反射率が一旦極小となる条件下でピークを示すことや、そのピークはやはり前面傾斜板列の傾斜角度が下向き50°の場合により長周期側で現れることなどがわかる。そして、このように反射率が一旦低下することやそれに伴い E_L が極大になるのは、既に前研究²⁾で示したように傾斜板列まわりの渦流れの増大現象によるものと推測される。

5. 透過・反射率に及ぼす上床板の影響

図-10、11は、図-1中に示すように上部工を想定した上床板を設けたときの透過・反射率の結果を示す。このとき、水位条件は高潮位を想定した72.8cm、前面傾斜板列の向きは上向き50°の条件である。

同じ条件で上床板のないときの結果を示す図-5と比較すると、透過率は両堤体形式でさほど差が見られない。一方、反射率は、上床板を有する堤体では、B/Lによる変化が全体的に緩やかになる傾向が認められる。そして、上床板の有無に関わらず、反射率が一端

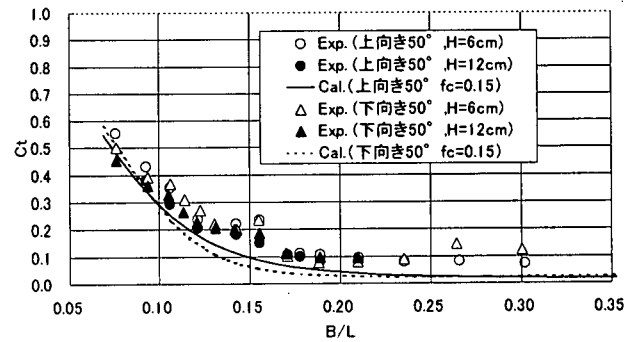


図-6 傾斜板列の傾斜角による透過率の変化
(高潮位: h=72.8cm, d=45cm, B=26.5cm, H=6cm)

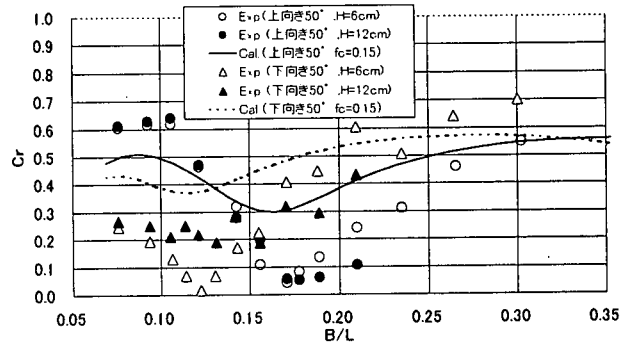


図-7 傾斜板列の傾斜角による反射率の変化
(高潮位: h=72.8cm, d=45cm, B=26.5cm, H=6cm)

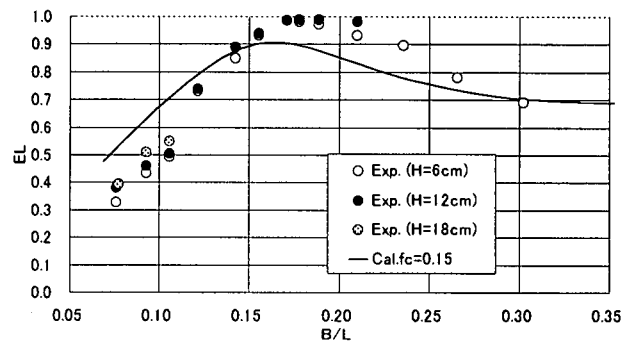


図-8 エネルギー逸散率のB/Lによる変化
(上向き50度, h=72.8cm, d=45cm, B=26.5cm)

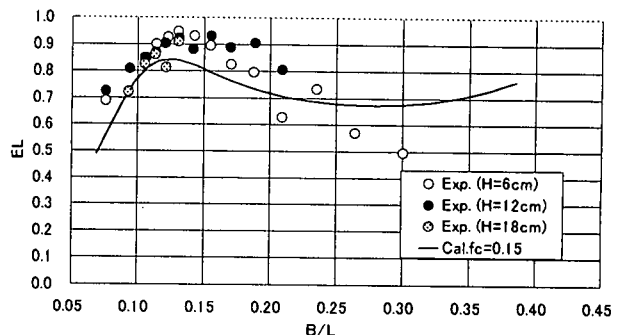


図-9 B/Lによるエネルギー逸散率の変化
(下向き50度, h=72.8cm, d=45cm, B=26.5cm)

極小値を示す B/L の条件は0.18付近であるが、その絶対値は上床板を有する堤体ではそれがないときに比較して多少増加するようである。しかしながら、より長周期側の $B/L=0.10$ 付近では、逆に上床板のない堤体よりも2割程度低下するなど逆の傾向も認められる。このような反射率の低減は、上床板の隅角部で渦流れが形成され、逸散が増大するためと考えられる。

以上の検討より、上床板を設置することの影響は、透過波に対してはほとんど見られないが、反射波に関しては、堤内でのピストンモードの共振が抑制され、反射率の極小値は多少ながら増大する傾向にあることなどが判明した。

6. 主要な結論

- (1) 前面壁を傾斜板列とする二重式カーテン防波堤では、前面壁を後面壁と同吃水程度にしても、潮位に関係なく、効果的に反射波が低減できる。
- (2) 傾斜板列の傾斜角を入射波の作用方向から見て下向き角度に設定すると、上向き角度に設定する場合よりも遊水室幅を減じて同様の反射波低減効果が期待できるなど、より効果的である。そして、このとき反射波の低減効果が顕著になるのは、前後壁の間隔が波長の約1/8程度のときである。
- (3) 前面傾斜板列型二重式カーテン防波堤による透過・反射率の定性的な特性は、減衰波理論によりほぼ推定できる

参考文献

- 1) 中村孝幸・神川裕美・河野徹・楨本一徳: 透過波と反射波の低減を可能にするカーテン防波堤の構造形式について、海岸工学論文集、第46巻、pp.786-790、1999。
- 2) 中村孝幸・神川裕美・河野徹・楨本一徳: 傾斜版列を前面壁とする二重式カーテン防波堤の波浪制御効果について、海洋開発論文集、第15巻、pp.13-18、1999。

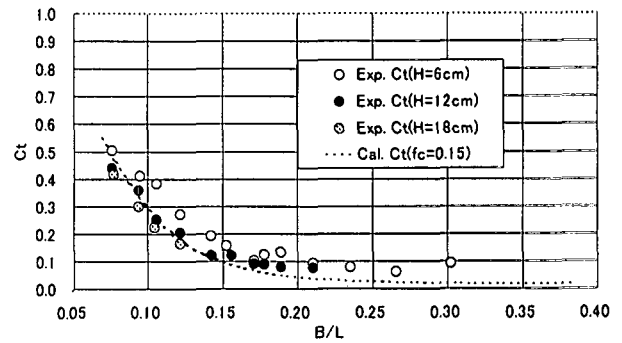


図-10 上床板があるときの透過率の B/L による変化
(高潮位: $h=72.8\text{cm}$, $d=45\text{cm}$, $B=26.5\text{cm}$, 上床板有り)

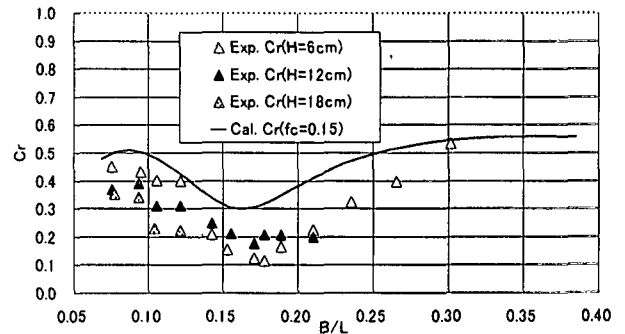


図-11 上床板があるときの反射率の B/L による変化
(高潮位: $h=72.8\text{cm}$, $d=45\text{cm}$, $B=26.5\text{cm}$, 上床板有り)

- 3) 中村孝幸・井手善彦: 波の逸散現象を利用した隅角物体まわりの波変形と作用波力の算定法、海洋開発論文集、第13巻、pp.177~182、1997。
- 4) 岩田好一朗: 消波構造物による波の反射と透過、1980年度水工学に関する夏期研修会講義集、pp.B6-1 - B6-18、1980。