

愛媛大学工学部 正会員 中村 孝幸
愛媛大学工学部 学生員 ○神川 裕美

1. はじめに：本研究は、反射波災害など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について究明する。具体的には、前後カーテン壁の間隔を上部矩形堤の幅程度とした異吃水の二重式カーテン壁構造を採用し、カーテン壁間でのピストンモードの波浪共振を利用して、カーテン壁下端部での渦形成によるエネルギー逸散を促進させ、結果的に透過・反射波の両者を減勢しようとするものである。特に、ここでは、従来ほとんど着目されることのなかった、前後カーテン壁の吃水を異なる深さにすることによる透過・反射率やカーテン壁間での波浪共振の変動特性などを重点的に検討する。

2. 実験装置及び実験方法：1)実験装置：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。実験に用いた堤体模型を図-1に示す。後面壁の吃水 d_2 は、単一カーテン壁としたときに有効な透過波の制御効果が得られる程度の吃水深27.5cmに固定して、前面壁の吃水 d_1 を $d_1=27.5\text{cm}$, 12cm, 6cmと後面壁と同じ吃水深より順次浅くして、反射・透過率およびカーテン壁間の波高分布などを測定した。なお、2枚のカーテン壁は上部よりの片持ち梁構造で支持されており、前後壁の間隔 B は従来のカーテン防波堤で用いられている上部矩形堤の幅を参照して、その堤体幅程度となるように模型化した値($B=$

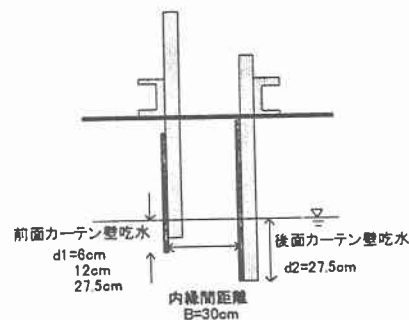


図-1 堤体模型

30cm)に固定した。2)実験条件：実験に用いた水深 h は78cmと一定にし、堤体模型に作用せしめた入射波は、波高 H_I が5cm, 10cm, 15cmの3種類、周期 T が0.78~1.68secの12種類である。3)算定方法：本研究では、中村・井手¹⁾による、隅各部からの渦流れの発生に起因するエネルギー逸散を近似的に考慮した減衰波理論による算定を行った。なお、減衰波領域は水平方向に前後カーテン壁からそれぞれ入射側・透過側に、入射波長の1/8までの範囲を、鉛直方向には、水位表面から水底までとした。

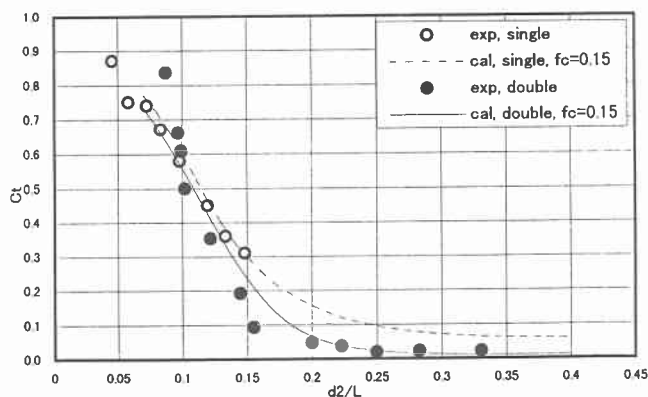


図-2 単一カーテン壁と二重式カーテン壁の透過率 C_t の比較
($d_1/d_2=0.436$, $H_I/d_2=0.364$, $d_2/h=0.353$)

3. 反射波及び透過波の特性：図-2・図-3は、周期による透過率・反射率の変動を示す。図中には、比較のためカーテン壁吃水 $d=27.5\text{cm}$ の単一カーテン防波堤による実験結果及び減衰波理論による算定結果も併記する。図-2からわかるように両者による透過率は共に周期が長くなるにつれ増大し、差違はさほど認められない。一方、反射率は単一カーテンでは周期が短くなるにつれ増大しているのに対し、二重式カーテンでは特定の周期条件下で一旦低下しているのが顕著に見られる。この反射率が一旦低下する周期条件は、前面カーテン壁の吃水とともに長

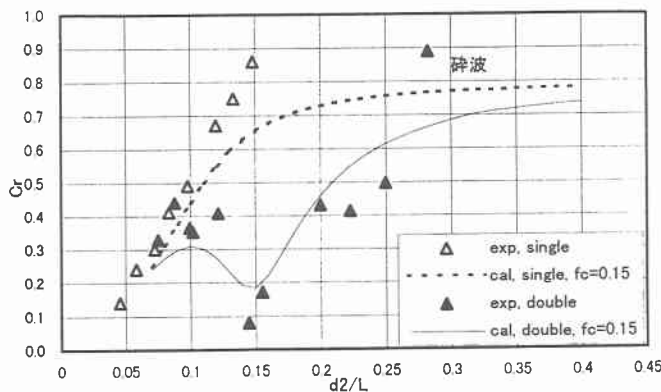


図-3 単一カーテン壁と二重式カーテン壁の反射率 C_r の比較
($d_1/d_2=0.436$, $H_I/d_2=0.364$, $d_2/h=0.353$)

周期側に移行することを確認している。このように、二重式カーテン防波堤では、後面壁の吃水 d_2 を単一カーテン防波堤の場合と同程度に保ち、前面壁の吃水 d_1 を後面壁のその約半分程度にすると、単一カーテン防波堤の場合に比較して効果的に反射波が低減できる。なお、このときの後面壁の吃水としては、単一カーテン壁のときに得られる制御効果を考慮して設定すればよい。

4. 反射波の低減効果に関する考察：本実験における周期条件では、堤体間隔幅 B が波長 L より比較的短い条件であり、実験結果からも堤内波高の空間分布は、ほぼ平坦なピストンモードの波面形状になっていることが確認できた。図-4は、波周期に伴う堤内波高の変動特性を示す。図中には、実験結果及び減衰波理論による算定結果が示されている。この図から、堤内波高は特定の波周期で極大値を示すことが確認できる。これはいわゆるピストンモードの共振点に対応すると考えられる。この共振点に対応する周期条件は、反射率と同様に、前面壁の吃水が深くなると、実験結果および算定結果共に d_2/L の小さな長周期側に移行することを確認している。このように堤内でピストンモードの波浪共振が生じると、その振動に伴い前面カーテン壁下端部での水平流速も増大し、結果的に強い渦が形成されると推定される。

図-5は、前後カーテン壁下端部での水平流速を減衰波理論により算定した結果を示す。ここで水平流速は、進行波による静水面位置での水平流速で無次元化してある。この図より、後面カーテン壁下端での水平流速 U_2 は、周期が長くなるにつれて増大しているのがわかる。一方、前面カーテン壁下端での水平流速 U_1 は、特定の周期条件でピークを示す特性が認められる。この U_1 のピーク値を示す周期条件は、反射率が一旦低減する周期条件と一致しており、前面壁下端での水平流速の増幅が、エネルギー逸散量の増幅を引き起こし、反射波を低減していると言えよう。上記のような検討から、二重式カーテン壁による反射波の低減は、堤内での波の共振現象により水位変動の増幅現象が生じ、それに伴い前面壁下端の水平流速が増幅され、結果的に強い逸散現象が生じることによるものと結論される。

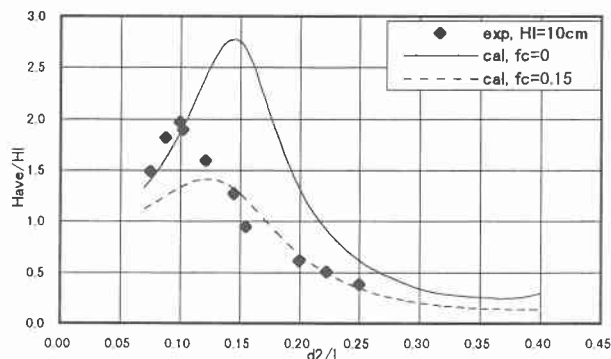


図-4 堤体内の平均波高($d_1/d_2=0.436$, $H/h=0.128$)

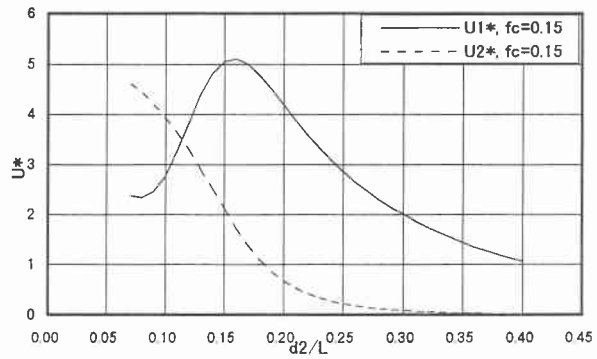


図-5 堤体下端部での水平流速の算定結果 ($d_1/d_2=0.436$)

5. 結語

1) 二重式カーテン防波堤では、後面壁の吃水 d_2 を単一カーテン防波堤の場合と同程度に保ち、前面壁の吃水 d_1 を後面壁のその約半分程度にすると、単一カーテン防波堤の場合に比較して効果的に反射波が低減できる。2) 二重式カーテン防波堤による透過波の低減効果は、単一カーテン防波堤と同程度かそれを多少上回る程度である。3) 反射波の低減は、堤内波浪のピストンモードの共振に伴う前面カーテン壁下端部での渦流れの極大化による。そして、波のエネルギー逸散は、この条件下で最大値を示す。4) 渦流れの発生による逸散効果を近似的に考慮した減衰波理論を用いて、二重式カーテン防波堤による透過波および反射波の低減効果が概略的に推定できる。

参考文献：1) 中村孝幸・井手善彦(1997)：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, 海洋開発シンポジウム, pp177～182