

Ⅱ－２ 異吃水の二重式カーテン防波堤に作用する波圧・波力特性について

愛媛大学工学部 正会員 中村 孝幸
 (株)愛媛建設コンサルタント 正会員 ○神川 裕美
 愛媛大学工学部 学生会員 菊地 一郎

１．はじめに

これまで、著者らは¹⁾、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異吃水の二重式カーテン防波堤の構造形式を提案し、反射波の低減機構について究明してきた。その検討結果より、カーテン壁の吃水条件としては、後面壁吃水深 d_2 を消波対象波の波長の約15%程度とし、前面壁吃水深 d_1 を後面壁吃水深 d_2 の半分程度に設定すると透過・反射波の低減に効果的であることが判明した。

ここでは、上記のような効果的な設定を採用したときについて、実際設計で必要になるカーテン壁への作用波力や波圧分布、及び上部工を想定した上床板に作用する揚圧力の特性について検討する。

２．実験装置及び実験方法

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に示すもので、3台の上部固定支持の片持梁形式の波力計により、それぞれ前面カーテン壁、上床版、後面カーテン壁を支持して、各構成部材に作用する波力が測定できるようにしてある。このとき、前面壁の吃水深 $d_1=12\text{cm}$ 、後面壁吃水深 $d_2=27.5\text{cm}$ 、前後壁の間隔 $B=30\text{cm}$ とした。これは、著者らの過去の研究により、最も効果的に反射波、透過波の低減が可能になることから採用してある。堤内の上床板は、防波堤の上部工を想定して設けたもので、上床版と水面との距離 R (クリアランス)は、2cmとした。この模型の縮尺は約1/17程度である。前後カーテン壁の裏表には、図-1に示すように、波圧分布の特性が検討できるように、計7組の表裏で一對の面圧計が貼りつけてある。

実験では、波高計5本を用いて、反射・透過率および前面壁の前面での水位変動を測定した。また同時に、前後壁の波力・波圧、上床版の揚圧力を測定した。入射波の条件は、波高が10cm, 15cmの2種類、周期 T が0.78s~1.68sの12種類である。

３．水平波力の特性

図-2, 図-3は、それぞれ前面壁、後面壁に作用する水平波力 F の d_2/L (後面壁吃水/波長)による変化を示す。図中には、線形抵抗係数 $fc=0.15$ とした減衰波理論による算定結果²⁾についても併せ示す。図中では、水

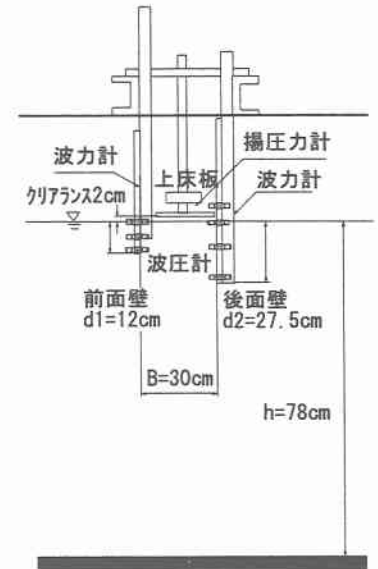


図-1 堤体模型

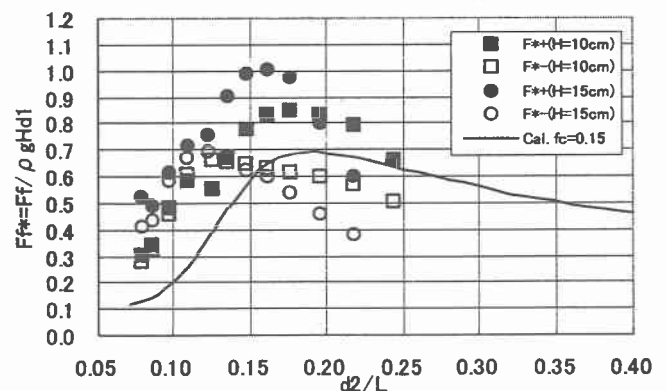


図-2 d_2/L による前面壁に作用する波力 F^* の変化
 ($d_1/d_2=0.436$, $d_2/h=0.353$, 堤内水平板無し)

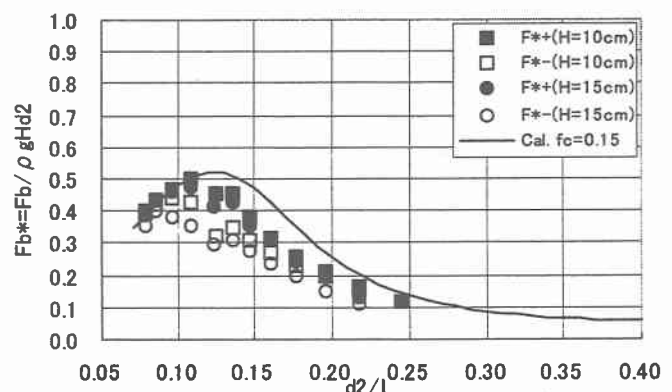


図-3 d_2/L による後面壁に作用する波力 F_{b*} の変化
 ($d_1/d_2=0.436$, $d_2/h=0.353$, 堤内水平板無し)

平波力Fの極大値の無次元量として $F^*(= F / \rho g H d_{1,2})$ を用いている。ここで、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 b :模型堤体の堤長、 $d_{1,2}$:前壁あるいは後壁の吃水深である。図中の実験値 F^*+ 、 F^*- はそれぞれ波の進行方向および逆方向に作用する極大波力の無次元量に相当する。

図-2に示す前面壁に作用する波力の正ピーク Ff^*+ に着目すると、 $d_2/L=0.16$ 付近で極大になり、それより短・長周期側では減少する傾向が確認できる。この極大となる d_2/L の条件は、反射率が極小となる条件と概略的に一致している。そして、測定波力の正ピークは算定結果より大きくなる傾向が強く、この傾向は特に長周期側で顕著に現れている。このように算定結果を上回る正波力が観測される理由としては、前面壁に衝撃性に近い波力が作用するようになるためと考えられる。そして、測定正波力の波力強度は、概略的に最大で1程度であることも分かる。一方、前面壁の負ピーク Ff^*- は、 Ff^*+ よりも d_2/L の小さな長周期側で極大を示す傾向が認められる。そしてこのような傾向は、図-3に示す後面波力 Fb^* においても認められる。この極大となる $d_2/L=0.12$ 付近は、堤内波高比が極大を示す条件とほぼ一致しており、 Ff^*- や Fb^* は、堤内での共振現象による水位振幅の増大により極大を示すものと理解される。このとき、後面壁に作用する波力の強度は、最大でも0.5程度であり、前面壁のそれに比較するとほぼ半減することなどが分かる。また、後面壁に対する算定結果は実験結果よりやや大きく現れる傾向が認められるものの、全体的にはほぼ妥当な予測になっているといえよう。

なお、波圧測定による前後壁への波圧合力の特性も、直接測定の波力とほぼ同様の結果が得られていることを付け加えておく。

3. 揚圧力の特性

図-4は、上床板に作用する揚圧力 Fup の d_2/L による変化を示す。図中では、無次元量 $Fup^*(=Fup / \rho g H A$ 、 A :上床板の面積)を採用している。この図より、揚圧力は特定の d_2/L の条件下で極大になることが分かる。そして、この条件は、堤内での平均波高比が極大となる $d_2/L=0.12$ とほぼ一致しており、揚圧力の強度が増加するのは堤内でのピストンモード共振によるといえる。図-5は、水平波力と揚圧力の位相関係を周期条件(d_2/L)による変化で示す。図中では、前後壁の水平波力の位相差 δ_{ff} および前面壁の水平波力と揚圧力の位相差 $\delta_{ff'}$ の両者がプロットしてある。この図より、 δ_{ff} と $\delta_{ff'}$ はほぼ一致しており、後面壁へのピーク波力と揚圧力のピークがほぼ同時に作用することが分かる。

4. 結語：(1) 異吃水の二重式カーテン防波堤に作用する水平波力は、前後壁に対して異なる d_2/L の条件下で最大になり、吃水の浅い前面壁ではほぼ反射波が極小となる条件下で、吃水の深い後面壁ではそれより長周期側でほぼ堤内波高が最大になる条件で現れる。(2) 異吃水の二重式カーテン防波堤の上部工に作用する波力(揚圧力)は、作用時間の短い衝撃性の波力であり、ほぼ後面カーテン壁に作用する水平波力が極大となると同時に作用するため、設計に際して注意する必要がある。

参考文献：1)中村・神川ら(1999):海岸工学論文集、第46巻 pp786～790,2)中村・井出(1997):海洋開発シンポジウムpp177～182

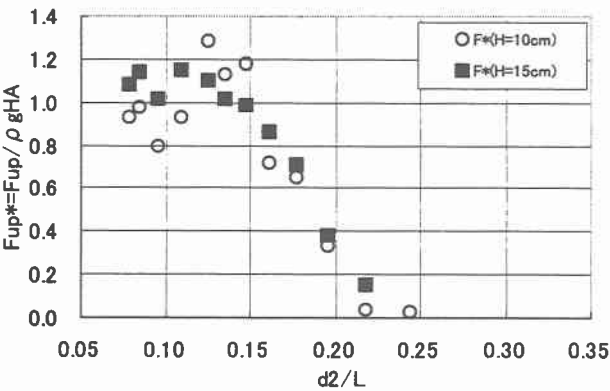


図-4 d_2/L による堤内での揚圧力 Fup^* の変化
($d_1/d_2=0.436, d_2/h=0.353$)

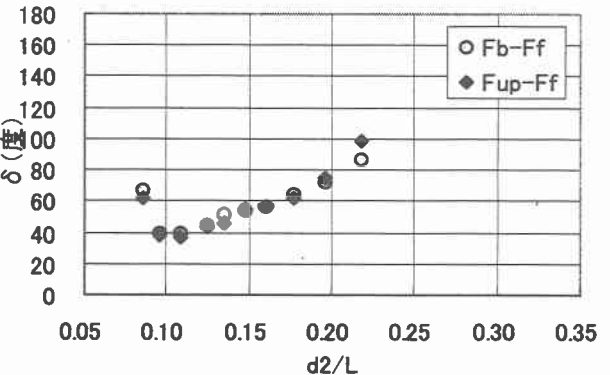


図-5 作用波力(Ff, Fb, Fup)の位相関係
($d_1/d_2=0.436, d_2/h=0.352$)