

鉛直運動を許容した水平版付きポンツーンの水理特性

九州大学大学院 ○学生員 那 曙光 正会員 入江 功
九州共立大学 学生員 堀井 真介 正会員 小島 治幸

1.はじめに

現在、比較的大水深域で広範囲の海域を静穏化するための構造物として、没水水平版や浮体構造物が考えられている。これらの構造物の消波効果については、多くの研究がなされている。没水水平版は比較的波長の長い波に対して優れた消波効果があり、浮体構造物は短波長の波に対してすぐれた消波効果がある。これらの特徴から2つの構造物を組み合わせたハイブリッド消波堤が提案されている（小島ら、1994）。ハイブリッド消波堤の一形式として、浮体の真下に水平版を設置し、水平版付きポンツーンの一体構造形式が考えられる。この堤体は、鉛直グイで固定されるか、鉛直グイとローラーとによって鉛直方向のみの運動が許容される2つの構造が考えられる。本研究は、鉛直運動を許容した構造形式とした消波堤の水理特性を理論計算と水理実験により明らかにすることを目的とする。このとき、規則波と不規則波の場合を考える。

2.解析方法

図-1に示すような堤体に、 x の正方向から微小振幅波が入射する場合を考え、流体域を鉛直の境界面によつていくつかの一定水深 h_i ($i=1, 2, \dots$) の領域に分割する。流体運動は、速度ポテンシャル $\phi(x, z, t)$ が存在すると仮定する。堤体は鉛直方向のみの運動をし、任意時刻における重心の z 座標を z_0 、鉛直変位を η とする。各領域のポテンシャル関数は、自由表面を有する領域(1)、(4)では、自由水面条件と水底面の不透過境界条件を満足するラプラス方程式の解が求まる。ポンツーンと水平版が鉛直運動することにより変動境界面を持つ流体域(2)と(3)では、境界面の鉛直流速がフーリエ級数展

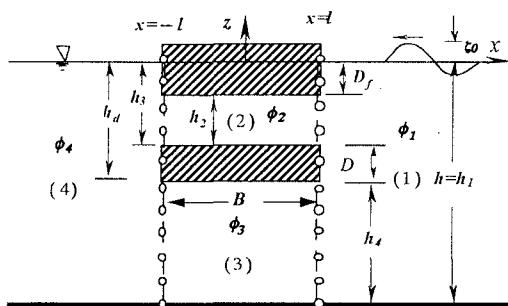


図-1 構造物の断面形状と諸元の記号

開式で表わせると仮定して、その境界条件を満足するボテンシャル関数が求まる。堤体の質量を M 、それに作用する流体力の鉛直合力を F_z 、静水圧による復元力を F_b 、ローラーによる抵抗力を F_r とすると、堤体の運動方程式は次式で表わせる。

$$M \frac{d^2 z_0}{dz^2} = F_z + F_b + F_r$$

ここで、ローラーのサポートシステムによる抵抗力は、堤体鉛直運動の速度の2乗に比例するとして次式で与えられる。その係数を $\gamma_n, \eta^* = \eta/\xi_0$ とすると、

$$F_r = -2\rho gl \frac{\gamma_n}{g} \left| \frac{\partial \phi}{\partial t} \right| \frac{\partial \phi}{\partial t} = 2\rho gl \xi_0 \gamma_n \frac{\sigma^2 h \xi_0}{g} |\eta^*|^2 \exp(i\omega t)$$

この運動方程式とボテンシャル関数および速度ボテンシャルと流速の連続条件より未定係数に関する連立一次方程式を得ることができる。適当な抵抗係数 γ_n を与えることにより、この方程式を選点解法で解くと未定係数が求まる。そのためには、水理実験により抵抗係数 γ_n を決める必要がある。

3.実験方法と条件

水理実験は、全長 30.0m、深さ 0.7m 幅 0.5m の2次元造波装置を用い、水槽の水深を 40 cm に固定した。堤体は、アクリル製で、堤体幅 $B=16cm$ 、堤体が静止しているときの喫水は $d_f=6.0cm$ で、他の諸元は図-2に示すとおりである。堤体には、4本の支柱がついており、それらをガイドとして堤体が上下運動できるような構造になっている。堤体は支柱とポールベアリングで接している。実験では、堤体による反射率と通過率および堤体の鉛直変位を測定した。反射率と通過率は、分離推定法により算定した。入射波は、規則波と不規則波を用いた。

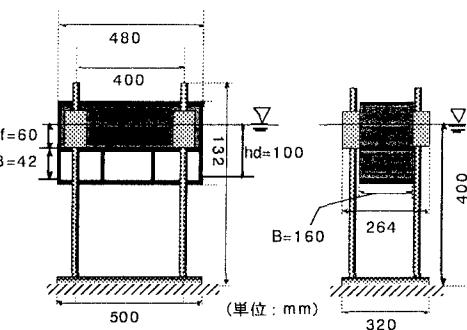


図-2 ポンツーン模型図

入射波の諸元は、規則波は波高3cm,6cm,9cmの3通りで周期をT=0.57秒から2.15秒まで変化させた。不規則波の場合は、Bretschneider・光易型スペクトルを用い、有義波周期をT_{1/3}=0.56秒から1.60秒まで変化させ有義波高H_{1/3}=4.0cmを用いた。

4.結果と考察

図-3は、入射波高3cmにおける、抵抗係数(γ_n)による計算値と実験値の標準偏差の変化を示している。抵抗係数を変えると標準偏差が最小となる係数が存在し、その値が最適な抵抗係数と考えられる。抵抗係数が4.0と8.0のとき、鉛直変位と通過率の標準偏差はそれぞれ最小値になる。反射率については、標準偏差が抵抗係数を変えてもそれほど変化せず、大きな値となった。図-4は、入射波高を変化させたときの通過率と鉛直変位に対する最適な抵抗係数を示している。通過率と鉛直変位に対する抵抗係数の値は異なり、通過率のほうが2倍ほど大きくなつた。入射波高が大きくなると抵抗係数は小さくする必要がある。図-5は、横軸を相対水深として抵抗係数を変えたときの計算値と実験値で、上図に通過率、中図に反射率、下図に堤体の鉛直変位をそれぞれ示している。図-6は、比較として固定した場合の計算値と実験値で、上図に通過率、下図に反射率を示している。鉛直変位を許容した場合も固定した場合も、実験値と計算値の一致はほぼ満足のいく結果となつた。ただし、反射率に関しては、横波が起るにより、実験値はばらつきが激しく、理論値との一致は悪く、特に鉛直変位を許容した場合にその傾向が顕著であった。

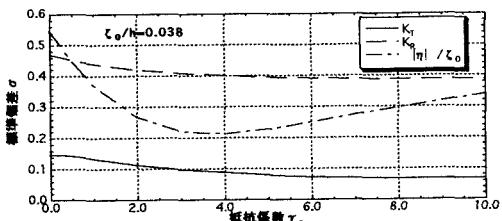


図-3 抵抗係数による計算値と実験値の標準偏差の変化

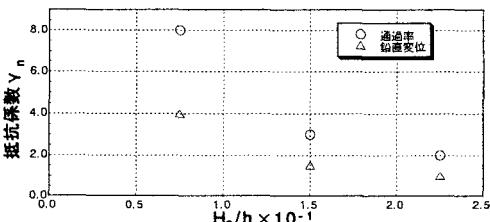


図-4 入射波高による最適抵抗係数の変化

5.あとがき

鉛直運動を許容した水平版付きボンツーンの抵抗係数を理論計算と水理実験により決定した、最適な抵抗係数を用いることにより、反射率以外の通過率と鉛直変位に関する実験値と計算値は妥当な一致が見られた。ただし、通過率と鉛直変位に対する最適な抵抗係数が異なる値となつた。この堤体の水理特性については発表時に報告する。

参考文献

小島ら(1994)：浮体と没水水平版のハイブリット消波堤の水理特性に関する研究,海岸論文集

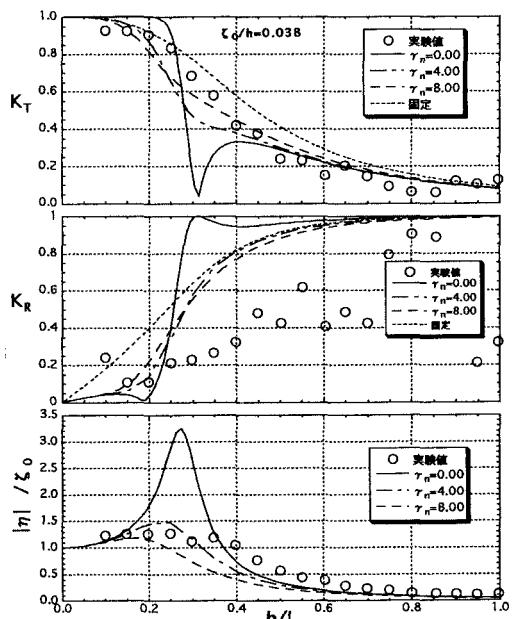


図-5 通過率と反射率、鉛直変位の計算値と実験値

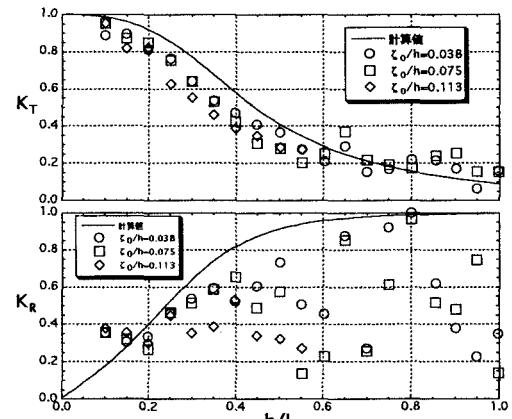


図-6 通過率と反射率の計算値と実験値（固定状態）