

背後に壁体がある場合のハイブリッド消波堤の水理特性

九州共立大学工学部

学生員

福田 滋

正会員

小島 治幸

小林 久夫

1. はじめに

没水水平版と浮体構造物を組み合わせた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様構造形式が提案されている。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。この堤体の水理特性に関して解析および水理実験により明らかにされているが(小島ら, 1998), 理論解析において必要となる抵抗係数に関して問題が残っていた。本研究は、水理実験において測定方法を変更して再実験を行い抵抗係数の値を再検討するとともに、背後に壁体がある場合におけるハイブリッド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。

2. 研究方法

(1) 数値解析法の概要

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っ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

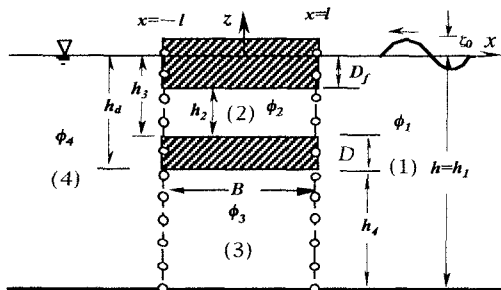


図-1 構造物の断面形状と諸元の記号

開式で表わせると仮定して、その境界条件を満足するポ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。

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

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乗に比例するとしその係数を γ_n および $\eta^* = \eta / \zeta_0$ とすると次式で与えられる。

$$F_r = -2\rho g l \frac{\gamma_n}{g} \left| \frac{\partial \phi}{\partial t} \right| \frac{\partial \phi}{\partial t} = 2\rho g l \zeta_0 \gamma_n \frac{\sigma^2 h \zeta_0}{g h} |\eta^*| \eta^* \exp(i\sigma t)$$

この運動方程式とポテンシャル関数および速度ポ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。

(2) 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 $B=16$ cm、堤体が静止しているときの喫水は $d_f=6.0$ cm 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。堤体は支柱とボ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。反射率は図-2 に示すように、ヒーリの方法を用いて測定した。堤体の前に間隔 2.5cm で波高計を5本設置し、反射波の波の腹(Ht)、波の節(Hf)を求め計算式により反射率を算定した。

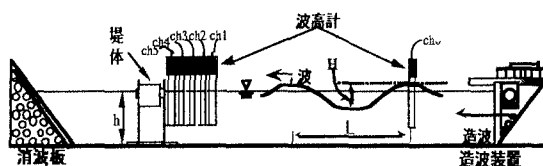


図-2 実験の模型図

入射波は、規則波を用いた。入射波の諸元は、波高 3cm, 4.5cm, 6cm, 9cm の 4 通りで周期を $T=0.57$ 秒から 2.15 秒まで変化させた。実験ケースは、堤体の鉛直方向の運動のみ許容した場合 (caseA), 堤体の背後に護岸の壁を設置し堤体との間隔を 0cm (caseB), 40cm (caseC) と離して実験を行った。

4. 結果と考察

図-3 は、入射波高 4.5cm 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。この場合、抵抗係数が 5.0 のとき、鉛直変位と通過率、反射率の標準偏差はそれぞれほぼ最小値になる。図-4 は、入射波高を変化させたときの実験値に対する最適な抵抗係数を示している。入射波高が大きくなると抵抗係数を小さくする必要がある。図中の曲線は回帰曲線を示し、その式で抵抗係数の値を算定することが可能である。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。1 つの抵抗係数 $\gamma_n=6.0$ で実験値と計算値の一致はほぼ満足のいく結果となった。図-6 は、背後に壁体がある場合の $H_0=3\text{cm}$ における実験値と計算値の反射率を示している。この場合の実験値と理論値との一致はあまり良くなかった。特に、壁体を離れた場合にその傾向が顕著であった。

5. あとがき

再実験の結果より、入射波が変化するときの水理特性に対する 1 つの最適な抵抗係数を求めることができ、算定式を提案した。また、背後に壁体があるときは、実験値が計算値よりも小さい値となった。

参考文献

小島ら (1998) : 鉛直運動を許容した水平版付きポンツーンの水理特性, 海工論文, 第 45 巻, pp711~715

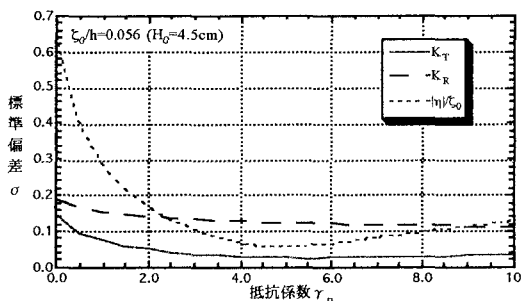


図-3 抵抗係数による計算値と実験値の標準偏差の変化

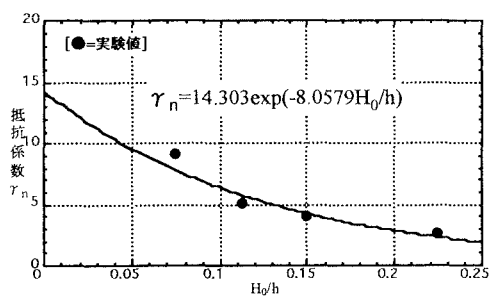


図-4 入射波高による最適抵抗係数の変化

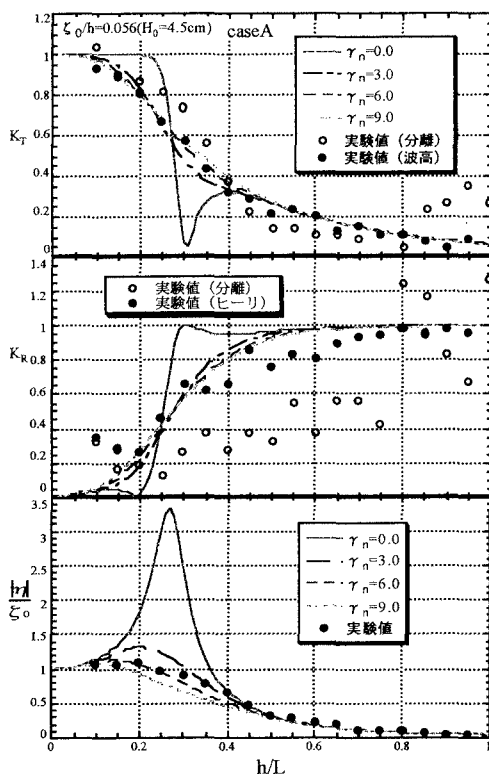


図-5 通過率と反射率と鉛直変位の計算値と実験値

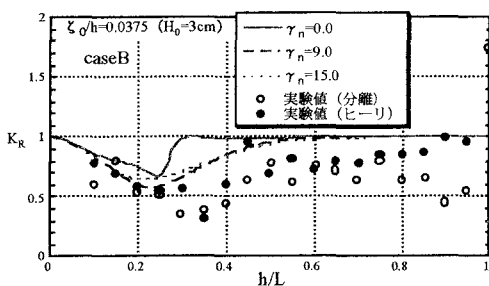


図-6 背後に壁体がある場合の反射率