

水平版付きポンツーンの水理特性

九州共立大学工学部 学生員 ○村山 治朗 正会員 小島 治幸

九州大学工学部 学生員 馬 曙光

1 はじめに

現在、比較的大水深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、この構造物の水理特性を理論計算により明らかにすることを目的とする。このとき、構造物が固定されている場合と、鉛直方向のみ運動が許容された場合を考え、入射波の諸元や堤体長、浮体と水平版の間隔、浮体の喫水および水平版の没水深を変化させたときの水理特性を調べる。

2 解析方法と計算条件

海域にある構造物に対して、 x の正方向から微小振幅波が入射する場合を考える。入射波の振幅を ζ_0 、波数を k 、角周波数を $\sigma(=2\pi/T; T$ は周期)で表し、図-1に示すように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。

流体運動は非圧縮性かつ非粘性完全流体の非回転運動を仮定することから、速度ポテンシャル $\phi(x, z, t)$ が存在する。堤体は鉛直方向のみの運動をし、静止時のその重心の z 座標を z_0 、任意時刻における重心の z 座標を z_t 、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。この方程式を選点解法で解くことにより未定係数がきまる。それより速度ポテンシャルが決まり、ベルヌイの式より水面波形と流体圧力を求め、圧力分布を堤体まわりに積分することにより波力が算定できる。

構造物を固定したときの計算条件を表-1に示す。

3 結果と考察

図-2は、計算の検証のために実験値(マーク)と計算値(実線)を比較した結果で、横軸を相対水深(h/L)として上図に通過率(K_T)、下図に反射率(K_R)を示して

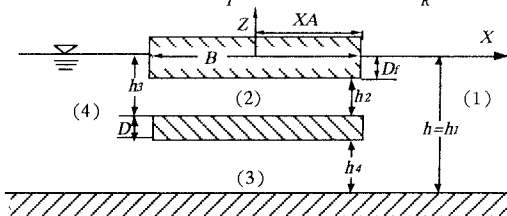


図-1 構造物の断面形状と緒元の記号

表-1 固定したときの計算条件

B/h	D/h	h ₁ /h	D/h	h ₂ /h	h ₃ /h
0.50	0.10	0.20	0.10	0.30	0.70
		0.30		0.40	0.60
		0.40		0.50	0.50
		0.50		0.60	0.40
		0.60		0.70	0.30
1.00	0.10	0.20	0.10	0.30	0.70
		0.30		0.40	0.60
		0.40		0.50	0.50
		0.50		0.60	0.40
		0.60		0.70	0.30
2.00	0.10	0.20	0.10	0.30	0.70
		0.30		0.40	0.60
		0.40		0.50	0.50
		0.50		0.60	0.40
		0.60		0.70	0.30
1.00	0.10	0.20	0.10	0.25	0.75
		0.30		0.30	0.70
		0.40		0.40	0.60
		0.50		0.50	0.50
		0.60		0.60	0.40
1.00	0.10	0.20	0.10	0.70	0.30
		0.30		0.75	0.25
		0.40		0.80	0.20
		0.50		0.85	0.15
		0.60		0.90	0.10

いる。理論計算値と実験値の値はほぼ一致しているので計算の妥当性が確認された。ただし、実験値が計算値より少し小さくなるのは水平版と浮体の端点で生じる渦によるエネルギー損失が起こるためであると考える。

図-3 は、横軸を相対水深として堤体長の違いによる水理量の変化について、上図に通過率と反射率、中図に水平波力($|F_x|/\rho g \zeta_0 D$)、下図に鉛直波力($|F_z|/\rho g \zeta_0 B$)をそれぞれ示している。通過率と鉛直波力は、相対水深が大きくなると急激に減少する。堤体長が大きくなると通過率と鉛直波力は小さくなり、逆に反射率と水平波力は大きくなる。図-4 は、横軸を相対堤体長 (B/L) として浮体と水平版の間隔による水理量の変化を示している。その間隔の大きさによって通過率と反射率はほとんど変わらず、水平波力と鉛直波力は間隔が大きくなると増大する。図-5 は、横軸を相対堤体長 (B/L) として水平版の厚さによる水理量の変化を示している。水平版の厚さが大きいほど反射率と水平波力、鉛直波力は大きくなる。逆に通過率は小さくなる。この通過率の結果は、没水水平版のみの場合の通過率が増大する結果と異なった。

4 あとがき

水平版付きポンツーンは、浮体と水平版の相対堤体長

が $B/L=1.0$ 以上のとき通過率と鉛直波力が非常に小さくなり、有効な消波堤となりうる。また、水平版の厚さが大きいほど良い消波効果があることが分った。なお、構造物が鉛直運動を許容するときの水理特性については、発表のときに報告する。

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

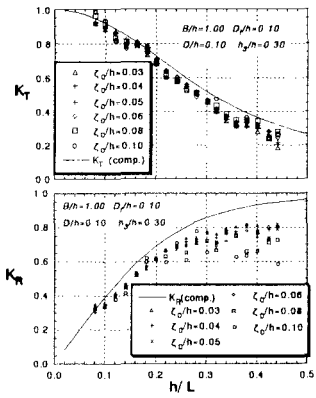


図-2 通過率と反射率の実験値と計算値の比較

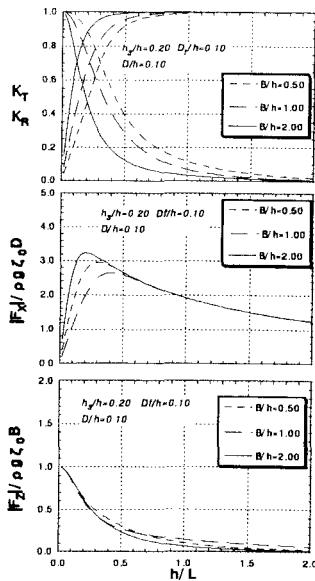


図-3 堤体長の違いによる水理量の変化

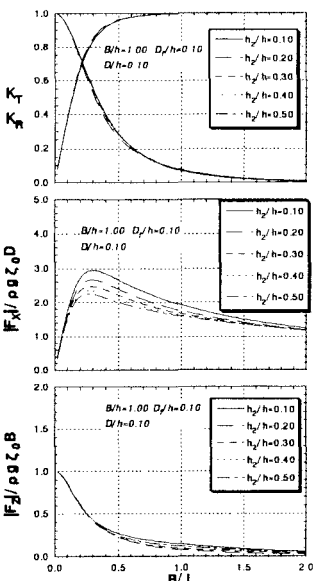


図-4 浮体と水平版の間隔の違い

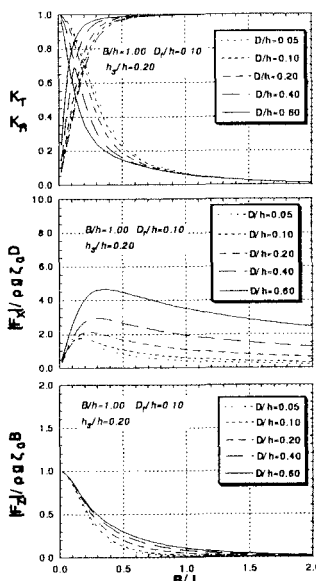


図-5 水平版の厚さによる水理量の変化