II-423 複列の没水水平版および矩形潜堤とストークス波との非線形干渉

九州大学工学部　正会員　吉田 明徳
九州共立大学工学部　正会員　小島 治幸

1．まえがき　著者らはポテンシャル接続法の選点解法[1)]を提案し、これを用いて、ストークス波と構造物との二次のオーダーまでの非線形干渉効果を解析する方法[2)]を示した。本研究は、この方法を用いて複列の没水水平版および矩形潜堤と波との非線形干渉効果の特性を調べたものである。

2．解析結果と考察　図-1に示すように、ある距離離れて設置されている2個の没水水平版（および矩形潜堤）に対して、xの正方向から有限振幅波(ストークス波)が入射する場合を考える。１次のオーダーの波(微小振幅波)の振幅をζ_0、波数をk、角周波数をσ(=2π/T:T は周期)で表し、流体域を鉛直の境界面によって一定水深の領域(1),(2),・・・・,(7)に分割する。　流体運動は非圧縮かつ非粘性完全流体の非回転運動で、速度ポテンシャル、水面波形、...等の諸量は、微小パラメーターε(=$k\zeta_0$)で展開できるものとし、εの2次のオーダーまでの解析をおこなっている。解析法の詳細は参考文献(1)、(2)を参照されたい。

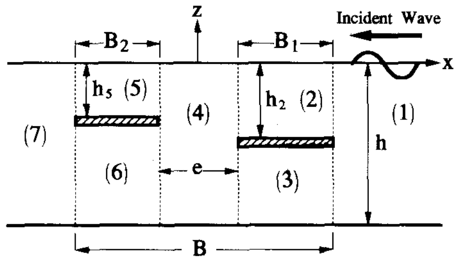

図-1 複列の没水水平版と領域分割

非線形干渉によって励起する自由波は、反射側の領域(1)では通過側の領域(7)に比べて問題にならないほど小さい。本文ではスペースが限られていることから、水平版（および矩形潜堤）の没水深は一定で($h_2/h=h_5/h=0.25$)、前後の水平版の間隔と版長を変化させた場合の波の変形に関して、通過側の領域(7)における基本周波数成分の進行波の振幅を$\zeta_0 \cdot \zeta^{(1)}$、構造物と入射波との非線形干渉で励起される自由波の進行波成分の振幅を$\varepsilon \cdot \zeta_0 \cdot \zeta_f^{(2)}$で表すときの、$\zeta^{(1)}$（線形問題での通過率に等しい）と$\zeta_f^{(2)}$について示すことにする。

図-2(a),(b)は、個々の水平版長 B_1, B_2を固定し($B_1/h=B_2/h=1.0$)、前後の水平版の間隔eを $e/h=0.25$, 1.0, 2.0と3通りに変化させたときの$\zeta^{(1)}$と$\zeta_f^{(2)}$である。いずれの場合も、$\zeta^{(1)}$（通過率）が極大値をとる所で、自由波の振幅も極大となることがわかる。e/h=1.0 の場合を例に、$\zeta^{(1)}$と$\zeta_f^{(2)}$がほぼ極大となる相対水深（h/L=0.3)での水平版近傍の $O(\varepsilon)$と$O(\varepsilon^2)$の波高分布を、それぞれ図-3(a),(b)に示している。図-3(b)で、破線がストークスの２次成分$\eta_s^{(2)}$、点線が非線形干渉によって励起される２倍周波数の自由波$\eta_f^{(2)}$を表し、実線は両者の和$\eta_f^{(2)}+\eta_s^{(2)}$である。停止散乱波の存在する構造物のごく近傍を除けば、$\eta^{(1)}$と$\zeta^{(1)}$および$\eta_f^{(2)}$と$\zeta_f^{(2)}$は一致する。通過率が極大となるときの水面振動は、図-3(a)の$O(\varepsilon)$の波高分布に見られるように、前方の水平版の前端(この場合 $x/h=1.5$)より幾分内側に重複波の腹を持つ振動モードをとり、このとき自由波の振幅も極大となる。このことは他の e/h の値の場合についても同様である。一方、ここに示していないが、通過率が極小となるところでは、逆に重複波の節を持つ振動モードをとり、このとき自由波の振幅はそれほど大きくならない。

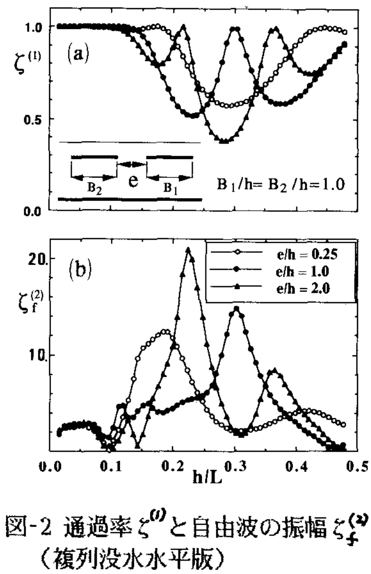

図-2 通過率$\zeta^{(1)}$と自由波の振幅$\zeta_f^{(2)}$
（複列没水水平版）

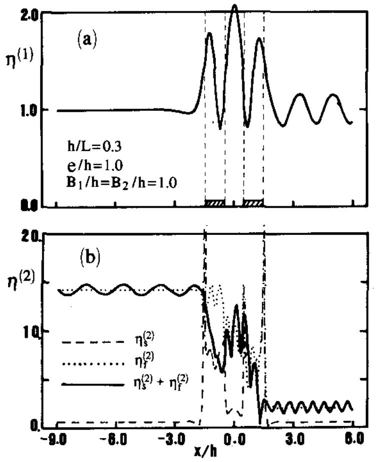

図-3 複列水平版近傍の波高分布
(e/h= 1.0, h/L=0.3)

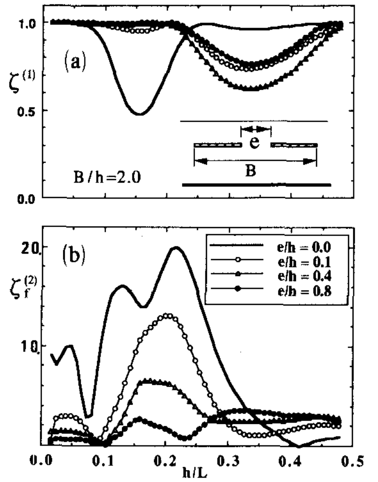

図-4 通過率$\zeta^{(1)}$と自由波の振幅$\zeta_f^{(2)}$
（複列および単列の没水水平版）

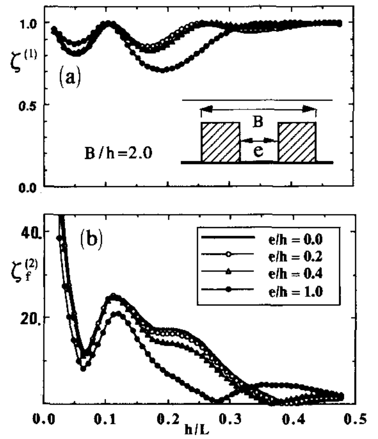

図-5 通過率$\zeta^{(1)}$と自由波の振幅$\zeta_f^{(2)}$
（複列および単列の矩形潜堤）

図-4(a),(b)は、複列水平版の前後の版長を同じに取り、複列水平版の総延長 $B(=B_1+B_2+e)$を固定($B/h=2.0$)し、水平版間隔を$e/h=0.1$, 0.4, 0.8 と変化（従って前後の版長も変化）させたときの$\zeta^{(1)}$と$\zeta_f^{(2)}$である。比較のため、総延長と同じ版長の単一水平版の$\zeta^{(1)}$と$\zeta_f^{(2)}$も示している。単一の没水水平版と複列の没水水平版とでは、通過率が極小となる相対水深 h/Lの値が大きく異なる点が特徴である。これは、複列の水平版では、中間に隙間ができることによって、先述の通過率が最小となる振動モードがより高次のモードに移ることによる。このため、不透過な水平版の一部に穴を開けて透過状にする場合等は、両者の波遮断特性が大きく異なったものになる点に注意を要する。図-4(b)の$\zeta^{(1)}$を比較すると、通過率が最小となる相対水深の値は水平版間隔 eによって変化しないが、最も低い通過率を与える最適の間隔があることがわかる。しかし、$O(\varepsilon^2)$の自由波の振幅は、単列と複列とはほぼ同じ h/L の値で極大値をとり、複列の場合には間隔が狭いほど自由波の振幅は大きくなること、また$e/h=0.8$ 程度では、自由波の発生は極めて小さいことがわかる。図-5は図-4と同様、複列の矩形潜堤の総延長を固定($B/h=2.0$)し、堤体間隔を $e/h=0.2$, 0.4, 1.0 と変えたときの$\zeta^{(1)}$と$\zeta_f^{(2)}$で、比較のため総延長と同じ幅の単一の矩形潜堤についても示している。矩形潜堤の通過率は水平版とは異なり、単一潜堤と複列潜堤どちらもほぼ同じ相対水深で極小値をとる。また堤体間隔が狭い場合、単一潜堤、複列潜堤とも通過率及び $O(\varepsilon^2)$の自由波の振幅は堤体間隔によらずほぼ一定で、複列潜堤は通過率や自由波の発生に対してあたかも単一の潜堤のように作用することがわかる。

3．あとがき

複列の場合には、没水水平版を例に取ると、単一の場合よりもさらに3個の分割流体域が加わることになる。このため、ポテンシャル接続法の従来解法では計算式の展開とプログラムの作成は恐ろしく煩雑となって、実際には解析は困難であるが、選点解法によれば比較的容易に解析が可能である。

参考文献

（1）吉田・小島・鶴本：波動境界値問題におけるポテンシャル接続法の選点解法；土木学会論文集、第417号／Ⅱ-13、（1990）

（2）吉田・小島・鶴本：ポテンシャル接続法（選点解法）による有限振幅波の境界値問題解析法；海岸工学論文集、第37巻、（1990）