

II-335

二成分合成波の遡上と反射に関する実験

中央大学大学院 学生員 松井直也
中央大学理工学部 正員 水口 優

1. はじめに

近年、汀線近傍における水理現象、特に、長周期水位変動に注目が集まっている。風波と長周期波が存在する場合、遡上域で非線形干渉が起こり得る（間瀬・小林、1993）。ここでは二つの周期（ $T=1.0\text{s}$, 2.0s ）をもつ二成分合成波において両者の位相差を変えることにより、波の連なり方を変え、その効果について水理実験により検討した。成分間の周期差が2倍という関係になっているため、時系列的に見ても大小2つの波が連なる形での2成分波になっており、汀線近傍では、前後の波の波高、周期が異なる波群となる。

2. 実験装置及び実験条件

実験は、吸収式造波機を有する、幅 0.3m、高さ 0.5m、長さ 20m の二次元波動水槽に急勾配の斜面（2種）を設置して行った。一様水深部においては、斜面のり先から 50cm 間隔で 3-4 本の水位計を設置した。斜面上には、遡上計として、斜面表面と同じレベルになるように容量線を設置し、水深 9.4cm の地点に水位計とレーザー・ドップラー式流速計を設置した。一様水深部の水深はすべて 35cm とした。実験に用いた造波信号 η は以下の式によりパソコンで作成し、そのまま DA 変換し、造波機に入力した。

$$\eta = A \{ \sin(2\pi t) + q \sin(\pi t + \delta) \} \quad (1)$$

ここで、 A は造波機にあたえる入力信号のレベルであり大、小の2通りとした。 q は周期 $T=1.0\text{s}$ と $T=2.0\text{s}$ の波の振幅の比率である。 δ は初期位相差で $0^\circ \sim 180^\circ$ まで 15° きざみでずらしていった。実験ケースは合計 52 ケースである。取得データは、サンプリング間隔 0.02s でデータレコーダにより磁気テープにデジタル記録した。

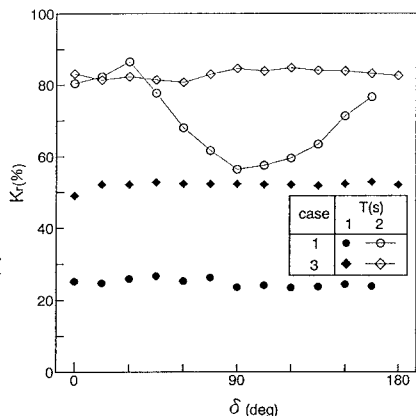
表 - 1 実験ケースおよび入射波諸量

CASE	$\tan\beta$	a_{11} cm	a_{12} cm	q	ε_{11}
1-1~13	0.231	1.67	0.38	0.22	7.21
2-1~13	0.231	2.69	0.52	0.19	11.6
3-1~13	0.344	1.51	0.39	0.26	2.26
4-1~13	0.344	2.78	0.35	0.13	4.39

3. 結果と考察

一様水深部に設置した水位計群のデータから、特定の周期に着目して最小自乗法を適用する水口（1991）の方法で、入・反射波を分離した。表 - 1 に各ケースの斜面勾配 $\tan\beta$ 、入射波における各周期の振幅 a_{11} , a_{12} 、その比率 q を示した。 q の値は長周期波が二次的であるとして小さな値を選んだ。表中、 ε_1 は遡上波パラメータ（swash parameter）であり、 $\varepsilon_1 = a_0(2\pi/\tan\beta)^{5/2}/(gT^2)$ と定義される。ここでは $T=1.0\text{s}$ の成分についてのみ示した。なお、 a_0 は沖波換算の入射波振幅、 T は周期である。

図 - 1 は入、反射波の分離より求めた反射率 K_r の変動を初期位相差 δ （(1)中）を横軸にとり CASE 1 と CASE 3 についてプロットしたものである。どちらも周期 $T=1.0\text{s}$ の波の反射率はほぼ一定であるが、CASE 1 では、周期 $T=2.0\text{s}$ の成分波の反射率が δ の値により大きく変動する。図 - 2 は CASE 1 と CASE 3 について同じく横軸に初期位相差 δ をとり、打ち上げ高（run-up height）と遡上帯幅（swash zone width）をプロットしたものである。ここでは CASE 1、

図 - 1 初期位相差 δ と反射率 K_r

3 共に δ の値により打ち上げ高、遡上幅ともに変動する。ただし、CASE 1 ではその変動量が大きい。なお、図 - 1、2 とともに横軸に（造波時の）初期位相を使ったが周期により波速が違い、測定地点での実際の位相差はこの通りではない。図 - 3 には、図 - 1 から得られる二つの成分波の周期の反射率の平均値とその変動幅を、主たる波（ $T=1.0s$ ）の遡上波パラメータに対する関数として示した。図中の破線は Miche (1951) による反射率を示してある。各ケースにおいて周期 $T=1.0s$ の波の反射率は変動も少なく、経験値とあう。一方、 $T=2.0s$ の波の反射率は平均的にはほぼ一定でその変動幅は $T=1.0s$ の ε_i による。これらの図から、①非碎波の場合は個々の成分波は独立に遡上、反射し、遡上域での位相差による打ち上げ高の変動は単に波の重なり具合の差によること、②碎波する場合は成分波ごとに独立とはいかないことが分かる。

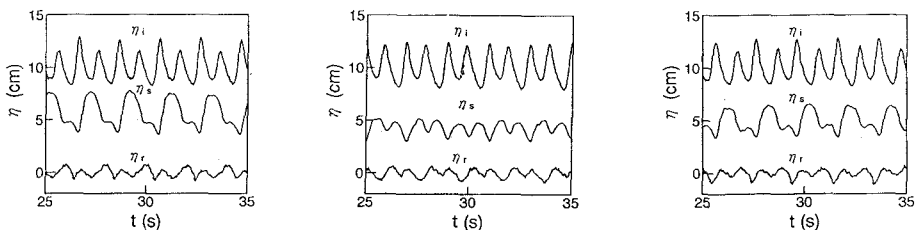
碎波する場合の成分波間の干渉を調べるために、水深 9.4 cm の地点に設置した水位計と流速計のデータから久保田ら（1989）の疑似非線形長波理論に基づく分離手法を用いて、入、反射波の時系列データを作成した。図 - 4 (a), (b), (c) は CASE 1 のなかで周期 $T=2.0s$ の成分波の反射率が、(a) 最大のもの、(b) 平均的なもの、(c) 最小のものについて、入射波（0点を上方に10cmずらしてある）、遡上波、反射波をプロットしたものである。遡上域における $T=2.0s$ の成分が顕著なほど反射率の高いこと、入射波の波峰高の差が大きいほどそうなることが言えよう。なお、(a) のケースでは、遡上波では前後の波が一体化している。

4. 結論

入射波としてはエネルギースペクトル的に見て同じであっても、碎波・遡上がからむと、従たる成分（ $T=2.0s$ ）では、主成分との位相差によって遡上率、反射率が異なる。遡上域において波の連なり方により、吸収・合併が起こり、それが遡上、反射に影響をあたえていると考えられる（久保田ら、1992）。

参考文献

- 久保田 進・水口 優・竹澤 三雄（1992）：遡上、反射波分布の予測モデル、海工論、36、(1)、21-25。
 間瀬 肇・小林 信久（1993）：Swash Oscillation の長周期変動、土木学会論文集 461/II-22、49-57。
 水口 優（1991）：浅海域における入・反射波の分離手法について、海工論、34、31-35。



(a) Case 1-3 ($\delta=30^\circ$, 反射率 大) (b) Case 1-10 ($\delta=135^\circ$) (c) Case 1-7 ($\delta=90^\circ$, 反射率 小)

図 - 4 代表ケースにおける入射波 η_i 、遡上波 η_s 、反射波 η_r

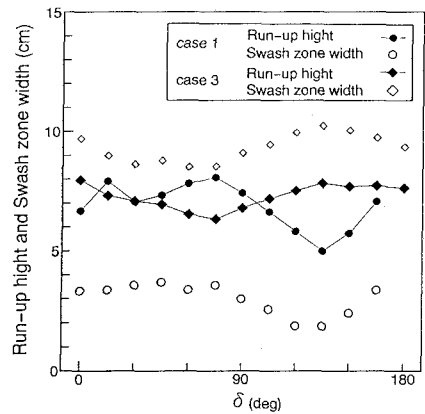


図 - 2 初期位相差 δ と打ち上げ高、遡上幅

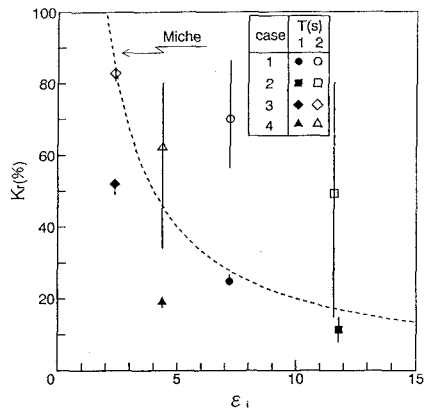


図 - 3 遡上波パラメータ ε_i と反射率 K_r