

# 波群および遡上形状を考慮した長周期波の反射特性

名古屋工業大学大学院 正会員 ○加藤俊夫  
名古屋工業大学 正会員 喜岡 渉  
名古屋工業大学 学生員 松浦圭吾  
名古屋工業大学 学生員 杉山晶彦

**1.はじめに** 拘束長周期波は砕波等により自由長周期波へ移行するが、そのメカニズムは解明されていない。また、長周期波は砕波しないので、拘束長周期波の反射特性の把握は、長周期波の挙動メカニズム解明の基礎資料となる。本研究では、2成分合成波に拘束長周期波を考慮することにより自由長周期波を制御し、反射波制御付きの造波水槽において実験を行ない、計測結果より長周期波成分の入射を分離し、長周期波の反射率を測定した。反射率は入射波条件と斜面勾配以外に、遡上特性／波群形状の変動に関連することを検証した。

**2.実験および解析の概要** 反射波制御ができる名古屋工業大学の30m水路を用いて水理実験を行なった。実験水槽は直線部12m、1/20勾配部が18mである。入射波形は、2成分合成波に干渉成分として長周期波をSand(1982)の2次の伝達関数から求め合成した。2成分合成波の平均周期は、 $0.8 \cdot 1.1 \cdot 1.3\text{sec}$ の3ケースとした。周期は波群周期が17sec以下となるように設定した。入射波高は、 $a_1=4\text{cm} \cdot 3\text{cm}$ とし、 $a_2$ は $a_1$ の8割とした。水深を0.45mとした。実験の組合せ条件を表-1に示す。入射信号は以下とした。

$$\eta = a_1 \cos(k_1 x - \omega_1 t + \phi_1) + a_2 \cos(k_2 x - \omega_2 t + \phi_2) + \frac{1}{2} a_1 a_2 D_- \cos(k_- x - \omega_- t + \phi_-)$$

$a_i$ : 振幅      $k_i$ : 波数      $\omega_i$ : 角周波数      $\phi_i$ : 位相角      $D_-$ : 2次の伝達関数      $-$ : 長周期成分

波高データは容量式波高計を用い、 $\Delta L=1.6\text{m}$ 離して一定水深部で3箇所、斜面部で同様に3箇所( $h=0.04 \cdot 0.12 \cdot 0.20\text{m}$ )設置した。遡上データは容量式遡上計を用いた。観測は時間間隔を0.02sec、継続時間を80secとした。砕波地点、遡上の様子は1/30sec間隔のデジタルビデオカメラで撮影を行ない、画像処理を行なった。

長周期波の入射分離は、観測された波形データをFFTを用いて周波数～実部・虚部の振幅に分解し、非線形6連立方程式の解を求めた。なお、長周期波の反射時は分散関係式に従うものとした。

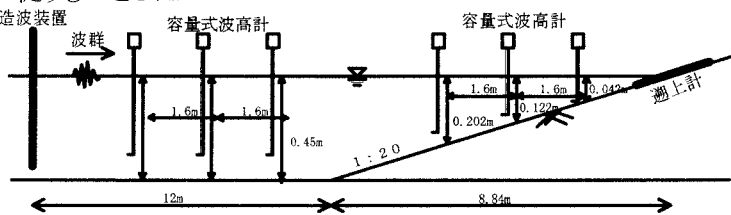


図-1 実験装置

**3.実験結果** 横軸にSymonds(1982)の無次元パラメーター( $\omega^2 X_b / g \tan \theta$ ;  $X_b$ :汀線からの平均砕波距離)、縦軸に反射率とし実験結果を図-2に示す。図より反射率は $\omega^2 X_b / g \tan \theta \leq 3$ では0.4以下、 $\omega^2 X_b / g \tan \theta \geq 3$ では横軸の増加とともに反射率も増加し0.5～1.0程度になる。図中にはKostense(1984)の指標を合わせて示す。観測波形の分類は、一定水深部と斜面部の波群形状の変動よりまとめた。

表-1 実験ケース

| T (s) | T1 (s) | T2 (s) | T3 (s) | H1 (cm) | H2 (cm) | H3 (cm) |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 0.8   | 0.78   | 0.82   | 15.99  | 4.0     | 3.2     | 0.07    |
|       | 0.77   | 0.82   | 10.65  | 4.0     | 3.2     | 0.09    |
|       | 0.76   | 0.84   | 7.98   | 3.0     | 2.4     | 0.05    |
|       | 0.76   | 0.84   | 7.98   | 4.0     | 3.2     | 0.12    |
|       | 0.75   | 0.85   | 6.38   | 3.0     | 2.4     | 0.05    |
|       | 0.75   | 0.85   | 6.38   | 4.0     | 3.2     | 0.10    |
|       | 0.74   | 0.86   | 5.30   | 3.0     | 2.4     | 0.06    |
|       | 0.74   | 0.86   | 5.30   | 4.0     | 3.2     | 0.10    |
|       | 0.73   | 0.87   | 4.54   | 3.0     | 2.4     | 0.06    |
|       | 0.73   | 0.87   | 4.54   | 4.0     | 3.2     | 0.11    |
| 1.1   | 1.06   | 1.14   | 15.11  | 3.0     | 2.4     | 0.08    |
|       | 1.06   | 1.14   | 15.11  | 4.0     | 3.2     | 0.14    |
|       | 1.04   | 1.16   | 10.05  | 3.0     | 2.4     | 0.08    |
|       | 1.04   | 1.16   | 10.05  | 4.0     | 3.2     | 0.14    |
|       | 1.02   | 1.18   | 7.52   | 3.0     | 2.4     | 0.08    |
|       | 1.02   | 1.18   | 7.52   | 4.0     | 3.2     | 0.14    |
|       | 1.00   | 1.20   | 6.00   | 3.0     | 2.4     | 0.08    |
|       | 1.00   | 1.20   | 6.00   | 4.0     | 3.2     | 0.15    |
|       | 0.98   | 1.22   | 4.98   | 3.0     | 2.4     | 0.08    |
|       | 0.98   | 1.22   | 4.98   | 4.0     | 3.2     | 0.15    |
| 1.3   | 1.25   | 1.35   | 16.88  | 3.0     | 2.4     | 0.11    |
|       | 1.25   | 1.35   | 16.88  | 4.0     | 3.2     | 0.19    |
|       | 1.23   | 1.37   | 12.04  | 3.0     | 2.4     | 0.11    |
|       | 1.23   | 1.37   | 12.04  | 4.0     | 3.2     | 0.20    |
|       | 1.21   | 1.39   | 9.34   | 3.0     | 2.4     | 0.11    |
|       | 1.21   | 1.39   | 9.34   | 4.0     | 3.2     | 0.20    |
|       | 1.17   | 1.43   | 6.44   | 3.0     | 2.4     | 0.11    |
|       | 1.17   | 1.43   | 6.44   | 4.0     | 3.2     | 0.20    |
|       | 1.13   | 1.47   | 4.89   | 3.0     | 2.4     | 0.11    |
|       | 1.13   | 1.47   | 4.89   | 4.0     | 3.2     | 0.20    |

一定水深部は波群の前後対称なパターンと前傾パターンに分類した。斜面部も同様に分類した。斜面部の波群パターンは、一定水深部の前傾パターンの波群や斜面部における砕波により、一定水深部の波群形状が認められなくパターンがある。反射率は平均周期により異なるが、波群の前後対称性が保たれているほど反射率が高くなる傾向がある。これは、波群の伝播に伴う長周期成分の減衰が少ないためと考えられる。一定水深部および斜面部の波形を図-3～5に示す。

遡上波形を間瀬ら(1993)に倣い分類した。遡上波形は①左右対称形で徐々に遡上が増え、徐々に引いていく波形、②徐々に遡上が増えるが引く時に一挙に下がる波形、③波が汀線間隙で停滞し数個まとまってから一挙に遡上する波形、の3分類とした。なお、波の追付きは斜面上で波高の小さな波を次の大きな波が追付くパターンと、汀線近傍で引波により小さい波のスピードが遅くなり、次の波と合体して一挙に遡上するパターンがあった。後者のパターンでは最大3つの波が合体した。は上述した遡上波形で②になる。このパターンは3ケースあり、反射率はほぼ同じ値で0.14であった。後者は③で7ケースあり、波群周期が短く5sec程度で発生した。反射率は最大で1.01、平均で0.45であった。遡上波形を図-6に示す。

遡上形状パターンと波群形状パターンの関係は、斜面部まで波群の前後対称性が持続された場合に、追付きが発生する。また、その場合には反射率も高くなる傾向が認められる。

**4.まとめ** 長周期波の反射特性に波群形状および遡上特性が関連していることが確認できた。また、遡上特性は波群形状の変動と関連することも認められた。今後は長周期波の反射特性に斜面勾配の効果を取り入れていきたい。

#### 【参考文献】

- 間瀬ら(1993): Swash Oscillationの長周期変動; 土木学会論文集No.461/II-22, pp.49-57.
- Kostense(1984): Measurements of Surf Beat and Set-Down Beneath Wave Groups; Coastal Engineering, pp.724-740.
- Sand(1982): Long Waves in Directional Seas; Coastal Engineering, Vol.6pp.195-208.
- Symonds et.al(1982): Two-Dimensional Surf Beat: long Wave Generation by a Time-Varying Breakpoint; Journal of Geophysical Research, Vol.87, No.C1, pp.492-498.

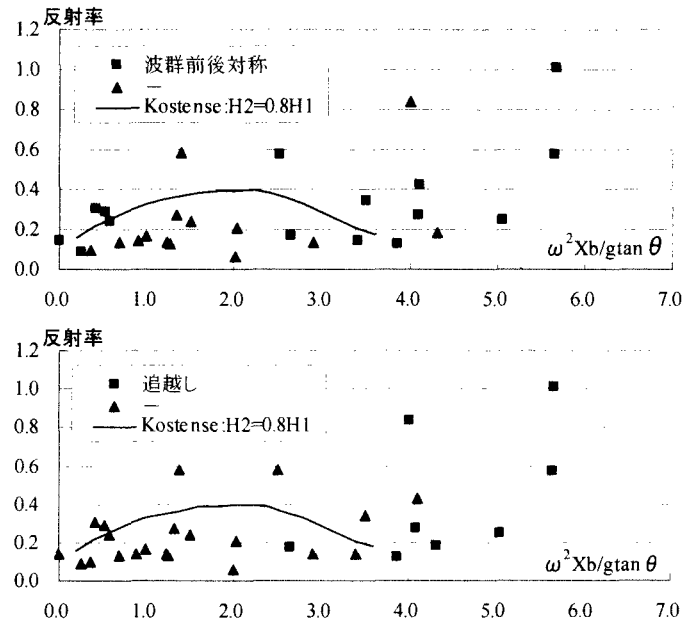


図-2 反射率



図-3 波形(h=0.45m:一定水深)

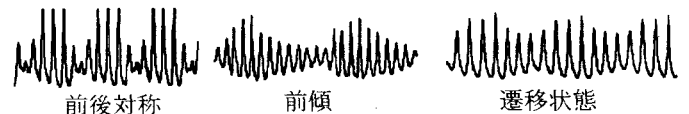


図-4 波形(h=0.12m:斜面)

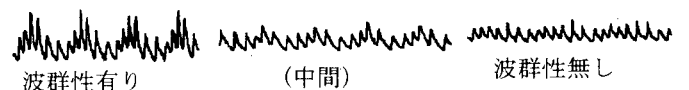


図-5 波形(h=0.04m:斜面)



図-6 遡上波形