

## 入射波数と遡上波数を考慮した緩傾斜堤への波の打ち上げ高さに関する実験

東北工業大学 学生員○吉田 雄雅

東北工業大学 正 員 菅原 景一・高橋 敏彦

## 1. まえがき

近年、不規則波における各代表打ち上げ高さを定義する際に、入射波数を定義した結果が報告<sup>1)</sup>されている。この理由として遡上波数で定義した場合<sup>2-3)</sup>、入射波数の場合に比べて波数が減少し、そのため不規則波の各代表打ち上げ高さが過大となる傾向があるとの指摘がある。著者らは、これまで傾斜護岸と海底勾配の条件について検討を行い  $h_i$ （堤脚水深）/ $L_0$ （沖波波長）が比較的小さい条件について報告してきた。しかし、 $h_i/L_0$  が大きい場合についてはほとんど検討されていない。そこで本研究は、 $h_i/L_0$  が比較的大きな場合の入射波数と遡上波数の関係について検討を行う。次に、遡上波数と入射波数を基準とした波の代表打ち上げ高さ  $R_x$ （静水面上鉛直打ち上げ高さ）について比較検討を行うことを目的とした。

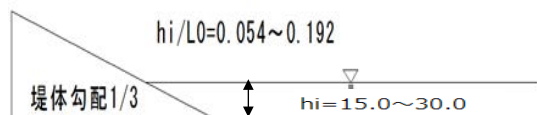


図-1 模型堤体概略図

## 2. 実験条件および実験方法

実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7mの両面ガラス張りの造波水路を使用した。水路の一端にはピストン型反射波吸収制御付不規則波造波装置、他端には模型堤体を設置した。模型堤体の法勾配は 1/3 とした。実験は一様部水深  $h=15.0\sim30.0\text{cm}$ 、有義波周期  $T_{1/3}=1.34\text{s}$ 、 $1.0\text{s}$ 、有義波高  $H_{1/3}=2.0\sim10.0\text{cm}$ 、相対水深  $h_i$ （法先水深）/ $L_0$ （沖波波長） $=0.054, 0.071, 0.107, 0.192$  の 4 ケースである。波の打ち上げ高さは、波が遡上する様子をビデオカメラで撮影し、ビデオカメラの記録から 1 波 1 波詳細に打ちあがった波の値を読み取った。遡上波は 1~120 波以上を読み取り、11~110 波目の 100 波を解析対象とした。入射波数は一様部水深に設置した波高計で読み取った。波の打ち上げ波数は、入射波数 100 波の時間に対する波の遡上波数をビデオカメラを用いて 1 波 1 波詳細に測定した。波の打ち上げ高さ及び入射波数の計測は 3 回ずつ行いその平均値を用いている。

## 3. 実験結果及び考察

図-2 は、波の打ち上げ高さの模式図を示したものである。横軸は、経過時間  $t$ 、縦軸は、堤体勾配の斜面方向の距離を示している。本研究では各波の最大値を読み取る測定方法（以降 crest-to-crest と呼ぶ）と汀線を越えて打ちあがった波が汀線より沖側へ戻った遡上波の最大値を読み取る測定方法（以降 zero-up-cross と呼ぶ）をそれぞれ使用した。

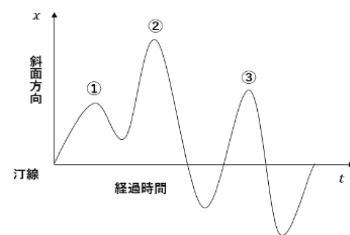
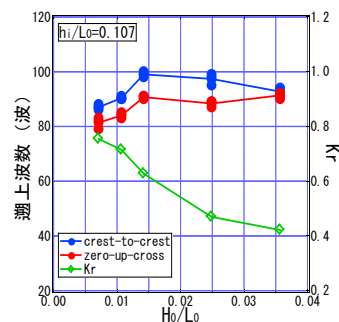


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1).遡上波数と沖波波形勾配  $H_0/L_0$ 

図-3 は  $h_i/L_0=0.107$  の入射波数 100 波に対する crest-to-crest 及び zero-up-cross の測定方法で読み取った、遡上波数と  $H_0/L_0$  の関係を示した一例である。図中の遡上波数や反射率  $K_r$  は各 3 回ずつ実験を行い測定し、その平均値を示している。図-3 より、遡上波数の傾向は crest-to-crest と zero-up-cross 共にほぼ同様であり、 $H_0/L_0=0.007\sim0.014$  で増加傾向、 $H_0/L_0=0.014\sim0.035$  ではほぼ一定値となっている。その値は crest-to-crest で 90~100 波、zero-up-cross で 80~90 波となっている。今回は  $h_i/L_0=0.107$  の場合のみ図を載せているが、4 ケース全体の値は、crest-to-crest で約 80~100 波、zero-up-cross で約 70~90 波となっている。

図-3 遡上波数と沖波波形勾配 ( $H_0/L_0$ ) の関係 ( $h_i/L_0=0.107$ )

キーワード：不規則波の代表打ち上げ高さ、入射波数、遡上波数、相対水深

〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 TEL:022-305-3539

### 3-2). 沖波波形勾配 $H_0/L_0$ と波の打ち上げ高さ 100 波に対する換算入射波数

図-4(a)、(b)は、crest-to-crest 及び zero-up-cross で読み取った、波の打ち上げ高さ 100 波に対する換算入射波数と  $H_0/L_0$  の関係をパラメーターとして図示したものである。図-4(a)の crest-to-crest では、 $H_0/L_0$  に関係なく換算入射波数は 100~110 波程度になっており、最大でも 120 波程度となっている。一方、図-4(b)の zero-up-cross では crest-to-crest とは異なり  $H_0/L_0$  により多少の差が出るが、換算入射波数は 110~150 波程度となっている。

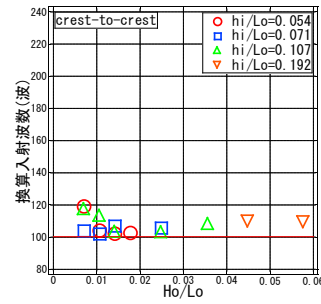


図-4(a)換算入射波数と  
 $H_0/L_0$  (crest-to-crest)

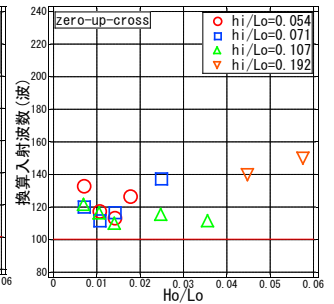


図-4(b)換算入射波数と  
 $H_0/L_0$  (zero-up-cross)

### 3-3). 入射波と遡上波による波の打ち上げ高さの関係

図-5の(a)、(b)は、crest-to-crest 及び zero-up-cross で波の打ち上げ高さを 100 波読み取った、 $R_{1/10}$  (1/10 最大平均打ち上げ高さ) /  $H_0$  と各遡上波数 100 波に対する換算入射波数を用いた、波の打ち上げ高さの関係を示したものである。図中の実線は  $R_{aito}=1.0$  を示しており、破線は 20%の差を示している。図-5(a)、(b)における遡上波数 100 波の  $R_{1/10}/H_0$  に対する入射波数を用いた平均値の値はそれぞれ 0.99 と 0.97 であった。このことから、波の打ち上げ高さを crest-to-crest で読み取った場合、入射波数で定義した各代表打ち上げ高さ ( $R_{1/10}$ ) と遡上波数で定義した各代表打ち上げ高さの差は 1%程度とほぼ同程度の値を示した。zero-up-cross で波の打ち上げ高さを読み取った場合も同じように、差は 3%程度とほぼ同様の傾向を示した。

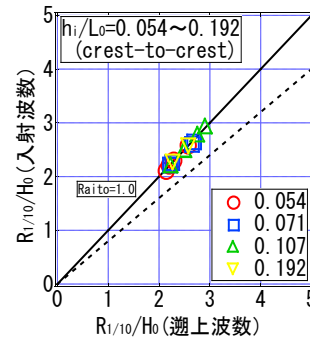


図-5(a)遡上波数と入射波数  
の比較( $R_{1/10}/H_0$ )

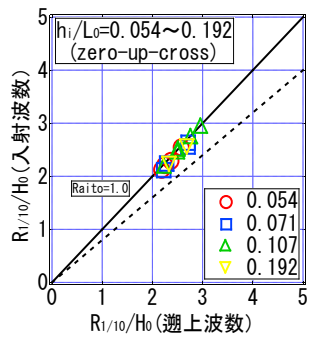


図-5(b)遡上波数と入射波数  
の比較( $R_{1/10}/H_0$ )

### 3-4). 入射波数と遡上波数による数の比の関係

図-6 は、crest-to-crest 及び zero-up-cross で読み取った場合の遡上波数/入射波数の割合と  $\xi$  ( $\tan \theta / (H_0/L_0)^{1/2}$ ,  $\tan \theta$ : 斜面勾配) の関係を示したものである。実線は、水理公式集<sup>4)</sup>に示されている遡上波数と入射波数の割合を示した実験曲線である。ただし、遡上波数は crest-to-crest で読み取ったものである。図-6 より  $1.5 < \xi < 3$  の範囲では crest-to-crest は、実線の値と同じか幾分大きい値、zero-up-cross では実線の値と同じか幾分小さい値になっており、実線は両者の境界線のようにになっている。

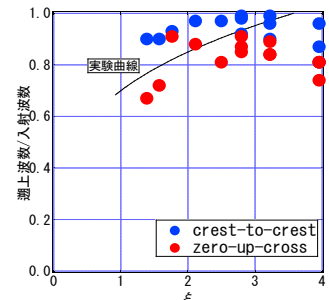


図-6 遡上波数と入射波数  
の数の比

### 4.あ と が き

入射波数と遡上波数について検討を行った。その結果、入射波 100 波に対して遡上波数は crest-to-crest で約 80~100 波、zero-up-cross で約 70~90 波となった。遡上波数と入射波数を基準にした波の代表打ち上げ高さ ( $R_{1/10}/H_0$ ) は、crest-to-crest で読み取った場合と zero-up-cross 読み取った場合、共にほぼ同程度の値となった。入射波数と遡上波数による数の比では、crest-to-crest は、遡上波数と入射波数の割合を示した実験曲線の値と同じか幾分大きい値になり、zero-up-cross では実験曲線の値と同じか幾分小さい値になった。

#### 参考文献

- 例えば、玉田崇、間瀬肇、安田誠宏：複合断面に対する不規則波を考慮した打ち上げ高測定法に関する研究、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.B2-65, No.1, pp.936-940, 2009.
- 例えば、Mase, H.: Random wave runup height on gentle slope, J. Watertway, Port, Coastal, and Ocean eng., ASCE, Vol. 115, No. 5, pp.649-661, 1989.
- 例えば、高橋敏彦・首藤信夫・沼田 淳：緩傾斜堤の水理特性に関する実験的研究、海岸工学論文集、第 37 巻、pp.509-513, 1990.
- 水理公式集 平成 11 年版 p473-474, 平成 11 年 11 月