

入射波数と遡上波数を考慮した急傾斜護岸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○今野充崇

東北工業大学 正員 菅原景一・高橋敏彦

1. まえがき

不規則波における各代表打ち上げ高さを定義する際に、入射波数で定義した結果が報告¹⁾されている。理由として遡上波数で定義した場合²⁻³⁾、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。しかし入射波数と遡上波数の関係についてはあまり検討されていない。そこで本研究は、現地に多く設置されている急傾斜

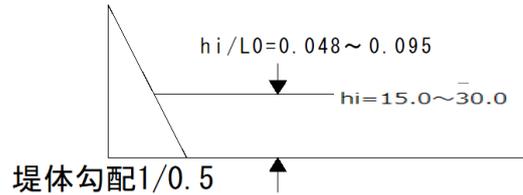


図-1 模型堤体概略図

護岸（1/0.5 勾配）の遡上波数と入射波数の関係について検討を行う。次に入射波数と遡上波数を基準とした波の打ち上げ高さ Rx 等について比較検討をすることを目的とした。

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 1/0.5 とした。実験は一様部水深 $h = 15.0 \sim 30.0$ cm、有義波周期 $T_{1/3} \approx 1.42$ s、有義波高 $H_{1/3} = 2 \sim 10$ cm、相対水深 hi (法先水深)/ L_0 (沖波波長) $= 0.048, 0.064, 0.095$ の 3 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 波詳細に波の打ち上がった値を読み取った。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。

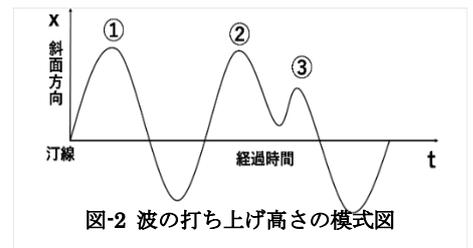


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1) 遡上波数と沖波波形勾配 H_0/L_0

図-3 は $hi/L_0 = 0.095$ 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、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 はほぼ同様の傾向を示している。その値は、crest-to-crest で 94~99 波、zero-up-cross で 83~94 波程度となっている。今回は $hi/L_0 = 0.095$ の場合のみ図を示しているが、残りの 2 ケースも、crest-to-crest、zero-up-cross 共にほぼ同様の傾向を示している。反射率 K_r は、85%程度の大きな値を示している。

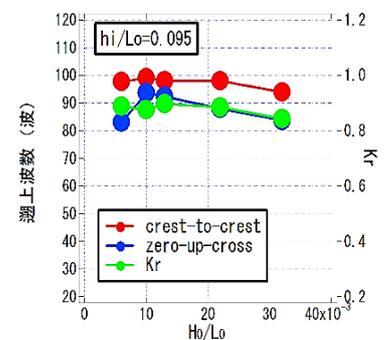


図-3 遡上波数と H_0/L_0 の関係

($hi/L_0 = 0.095$)

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 h_i/L_0 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 波程度になっている。一方、図-4(b)の zero-up-cross でも crest-to-crest とほぼ同様で、 H_0/L_0 に関係なく、換算入射波数は 105 波~120 波程度となっている。

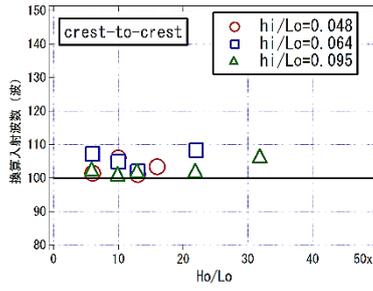


図-4(a)換算入射波数と H_0/L_0 (crest-to-crest)

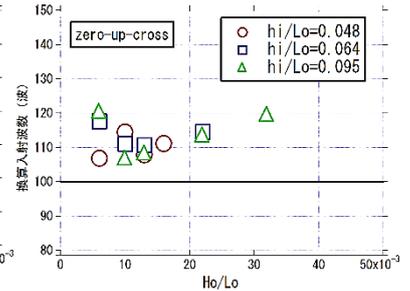


図-4(b)換算入射波数と H_0/L_0 (zero-up-cross)

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 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どちらも 0.99 であった。このことから、波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross で読み取った場合、入射波数で定義した代表打ち上げ高さ ($R_{1/10}$) と遡上波数で定義した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。

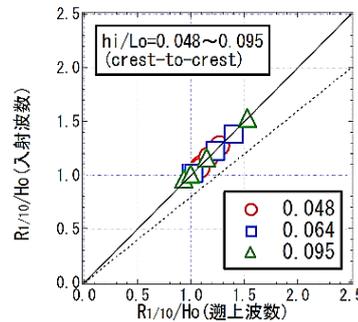


図-5(a)遡上波数と入射波数の比較($R_{1/10}/H_0$)

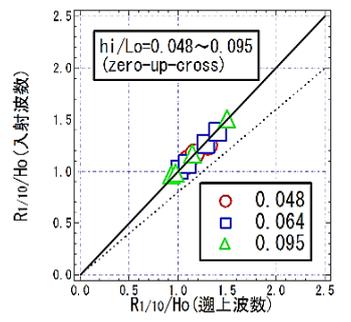


図-5(b)遡上波数と入射波数の比較($R_{1/10}/H_0$)

3-4). 入射波数と遡上波数の割合の関係

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 $\xi (\tan \theta / (H_0/L_0))^2$, $\tan \theta$: 斜面勾配) の関係を示したものである。実線は、水理公式集⁴⁾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。実験曲線は $\xi \approx 3.5$ より、縦軸の遡上波数/入射波数はほぼ 1 となっているが、本実験の crest-to-crest では約 0.97、zero-up-cross では約 0.89 となっている。

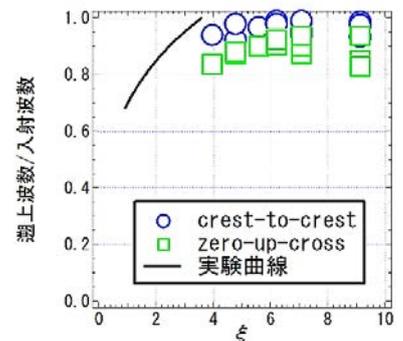


図-6 遡上波数と入射波数の割合

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 94~99 波、zero-up-cross で約 83~94 波となった。入射波数と遡上波数で定義した各代表打ち上げ高さはほぼ同程度となった。また、反射率は 85%程度と大きな値を示している。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、共にほぼ同様な傾向を示した。入射波数と遡上波数の割合は、 $\xi \approx 4.0$ 以上の範囲で、crest-to-crest では約 0.97、zero-up-cross では約 0.89 となっている。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 水理公式集 平成 11 年版 p473-474，平成 11 年 11 月