

1/2 傾斜護岸への入射波数と遡上波数を用いた波の打ち上げ高さに関する検討

東北工業大学 学生員○小山拓夢
 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、入射波数で定義した結果が報告されている。この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ほとんど検討されていない。そこで本研究は、仙台湾南部海底に設置されている 1/2 傾斜護岸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 R_x 等について比較検討をすることを目的とした。

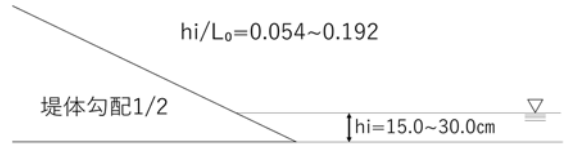


図-1 模型堤体概略図

2. 実験条件及び実験方法

実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m の両面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付不規則波造波装置、他端に模型堤体を設置した。模型堤体の法勾配は 1/2 とした。実験は一樣部水深 $h_i=15.0\sim 30.0\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}\doteq 1.0\text{s}, 1.34\text{s}$ 、相対水深 $h_i(\text{法先水深})/L_0(\text{沖波波長})\doteq 0.054\sim 0.192$ 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 波詳細に読み取った。遡上波は 1~120 波以上を読み取り、11~110 波目の値を用いて基本的解析を行った。入射波数は、一樣部水深に設置した波高計で測定した。波の打ち上げ高さの計測は 3 回ずつ行い、その平均値を用いている。図-1 に模型堤体概略図を示す。

3. 実験結果及び考察

図-2 は、波の打ち上げ高さの模式図である。横軸は経過時間 t 、縦軸は堤体勾配 1/2 法面方向の距離 x を表している。図-2 に示している通り、波の打ち上げ高さの測定方法は、各遡上波の最大値を読み取る方法（以降 crest-to-crest と呼ぶ）と汀線を超えて打ち上がった波が、汀線に戻るまでの複数の遡上波の中から最大値を読み取る方法（以降 zero-up-cross と呼ぶ）の 2 種類が考えられる。図より、crest-to-crest の読みは、①、②、③となるが、zero-up-cross は②、③となる。

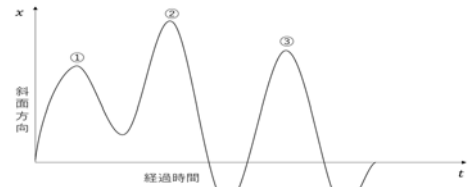


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1. 遡上波数と沖波波形勾配 H_0/L_0

図-3 は、 $h_i/L_0\doteq 0.107$ における入射波数 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 の関係を示したものである。図中の実線は遡上波数や反射率を各 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、波形勾配 H_0/L_0 それぞれの変化量は小さい。その値は crest-to-crest で 83~89 波、zero-up-cross で 77~83 波となっている。過去の研究⁴⁾と比較してみると、1/3 堤体の場合と比べて今年の方が波数は 1~10%ほど多い結果となった。今回は $h_i/L_0\doteq 0.107$ の場合のみ図を載せているが 5 ケース全体では、crest-to-crest で約 83~99 波、zero-up-cross で約 76~88 波となっている。図-3 より、反射率 K_r は 59~85%となっている。

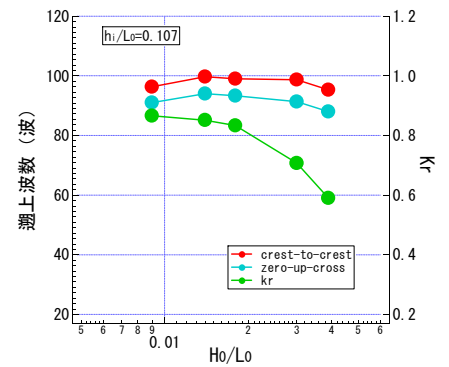


図-3 遡上波数と沖波波形勾配 H_0/L_0 の関係

キーワード：不規則波の代表打ち上げ高さ、相対水深、1/2 傾斜護岸

3-2. 沖波波形勾配 H_0/L_0 と波の打ち上げたさ 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 の測定方法で読み取った、波の打ち上げ高さ 100 波に対する換算入射波数と沖波波形勾配 H_0/L_0 の関係を、 h_i/L_0 をパラメータとして図示したものである。両図、 $h_i/L_0=0.054\sim 0.107$ において同様の傾向を示している。全ケースにおいて crest-to-crest で約 102~120 波、zero-up-cross で約 114~132 波となっている。

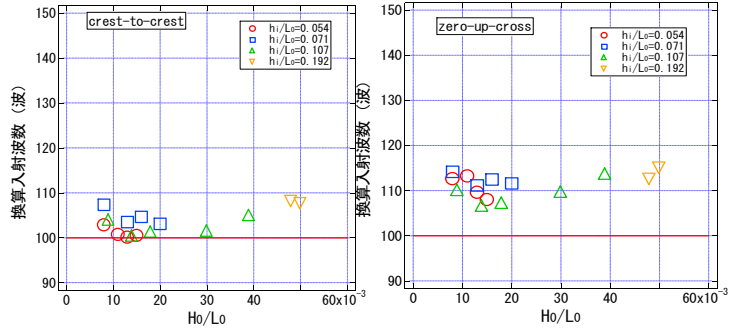


図-4(a) 換算入射波数と

図-4(b) 換算入射波数と

3-3. 入射波数と遡上波数による波の打ち上げ高さの関係

図-5 の(a)及び(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、 $R_{1/3}/H_0$ (1/3 最大平均打ち上げ高さ)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 Ratio=1.0 を示し、破線は 20%の差を示している。図-5 の(a) (b)における遡上波数 100 波の $R_{1/3}/H_0$ に対する入射波数を用いたそれぞれの平均の値はそれぞれ 0.989 と 0.982 であった。これらのことから、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 $R_{1/3}$ 打ち上げ高さは遡上波数で定義した各代表打ち上げ高さに比べて 1.1%程度小さくなる傾向を示した。zero-up-cross で波の打ち上げ高さを読み取った場合、入射波数で定義した $R_{1/3}$ 打ち上げ高さは遡上波数で定義した場合に比べ、1.8%程度小さくなる傾向を示した。

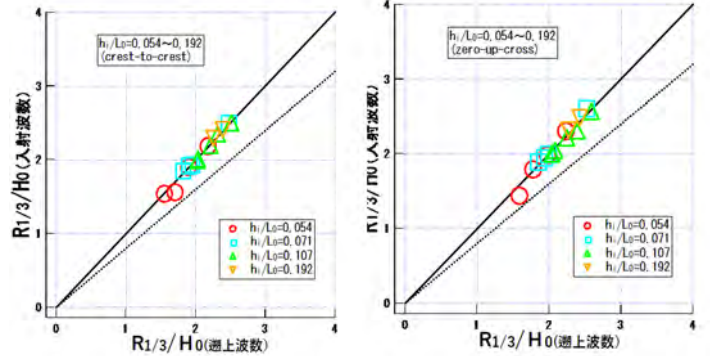


図-5(a) 換算入射波数と

図-5(a) 換算入射波数と

H_0/L_0 (crest-to-crest)

H_0/L_0 (zero-up-cross)

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「遡上波数/入射波数」の割合と $\xi_0(\tan\theta/(H_0/L_0)^{1/2})$ 、 $\tan\theta$: 斜面勾配)の関係を示したものである。実線は、水理公式集³⁾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。図-6 より、crest-to-crest と zero-up-cross は、 $2.2 < \xi_0 < 4$ の範囲では約 0.93~0.99 と約 0.87~0.93 となり $\xi_0 < 4$ の範囲では約 0.93~1.00 と約 0.88~0.94 となった。

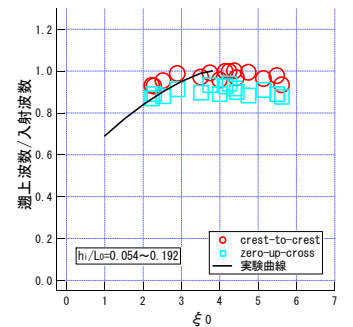


図-6 入射波数と遡上波数の割合

4. あとがき

入射波数と遡上波数について検討を行った。その結果入射波数 100 波に対して遡上波数は crest-to-crest では 83~89 波、zero-up-cross 77~83 波となった。波の打ち上げ高さの測定方法のちがいによる検討では crest-to-crest で波の打ち上げ高さを読み取った場合、入射波数で定義した各代表打ち上げ高さ $R_{1/3}$ は遡上波数で定義した場合より、1.1%程度小さくなり、zero-up-cross では 1.8%程小さくなる。入射波数と遡上波数の割合の関係 crest-to-crest と zero-up-cross は、 $2.2 < \xi_0 < 4$ の範囲では約 0.93~0.99 と約 0.87~0.93 となり $\xi_0 < 4$ の範囲では約 0.93~1.00 と約 0.88~0.94 となった。

参考文献

- 例えば、玉田崇、間瀬肇、安田誠宏：服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, p.936-940, 2009
- 例えば、Mase, H: Random wave runup height on gentle slope, J. Waterway, 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
- 鈴木優治・菅原景一・高橋敏彦：相対水深を考慮した緩傾斜堤への波の打上高さに関する実験、令和 2 年度土木学会東北支部技術研究発表会公園概要集
- 水理公式集 平成 11 年版 p473-474, 平成 11 年