入射波数と遡上波数を用いた 1/2 傾斜護岸への波の打ち上げ高さに関する検討

東北工業大学　学生員○三上諒
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[1]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、仙台湾南部海岸に設置されている 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 Rx 等について比較検討をすることを目的とした。

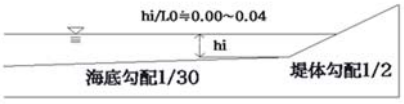

図-1 模型堤体概略図

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。模型勾配の法勾配は 1/2 とした。実験は一様部水深 31.7~42.9cm、有義波周期 $T_{1/3}$=1.34s、有義波高 $H_{1/3}$=2.0~10.0cm、相対水深 h_i(法先水深)/L_0(沖波波長)=0.00、0.01、0.02、0.03、0.04 の 5 ケースである。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 波詳細に打ち上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。本研究では各遡上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。

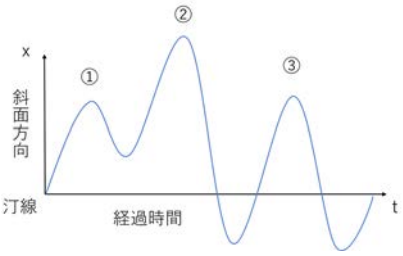

図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1). 遡上波数と沖波波形勾配 H_0/L_0

図-3 は遡上波数の減少が最も大きかった h_i/L_0=0.00 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 の関係を示したものである。図中の実線は、遡上波数や反射率 Kr 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、H_0/L_0 が大きくなるにつれ減少傾向を示している。その値は crest-to-crest で 78~99 波、zero-up-cross で 66~94 波となっている。過去の研究と比較してみると、海底勾配がない場合に比べて遡上波数の減少割合が大きい傾向にある。[4]これは h_i/L_0 が大きいと遡上波数の減少が小さいことと関係していると思われる。今回は h_i/L_0=0.00 の場合のみ図を載せているが、5 ケース全体の値は、crest-to-crest で約 80~100 波、zero-up-cross で約 65~95 波となっている。図-3 より、反射率 Kr は 18~61%となっている。

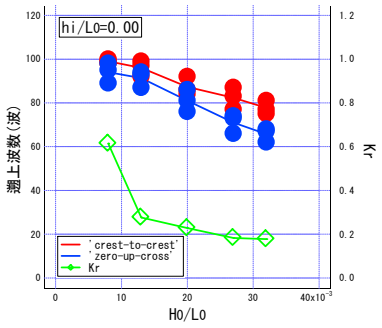

図-3 遡上波数と沖波波形勾配 H_0/L_0 の関係
(h_i/L_0=0.00)

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). 入射波数と遡上波数による波の打ち上げ高さの関係（h_i/L_0=0.00 のケース）

図-4(a)、(b)は、遡上波数の減少が最も大きかった h_i/L_0=0.00 のときの、入射波数 100 波の遡上波数と入射波数 100 波の $R_{1/3}/H_0$ の関係と、遡上波数 100 波と換算入射波数の $R_{1/3}/H_0$ の関係を示したものである。図-4(a)における入射波数 100 波の遡上波数に対する入射波数 100 波の値の全体の割合は、crest-to-crest は 0.96、zero-up-cross は 0.93 であった。図-4(b)における遡上波数 100 波に対する換算入射波数の値の全体の割合は、crest-to-crest は 0.95、zero-up-cross は 0.92 であった。このことから、図-4(a)(b)より入射波数 100 波の遡上波数と遡上波数 100 波で定義した $R_{1/3}/H_0$ の差は 1%程度である。

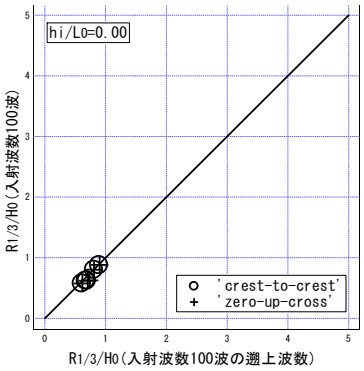

図-4(a) 入射波数 100 波の遡上波数と入射波数 100 波の比較

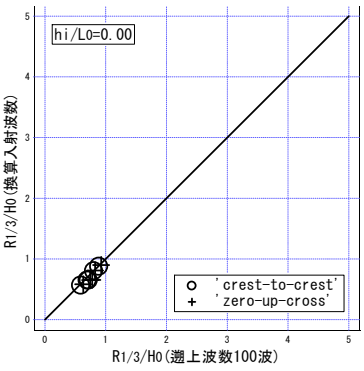

図-4(b) 遡上波数 100 波と換算入射波数の比較

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（h_i/L_0=0.00～0.04 のケース）

図-5(a)、(b)は、crest-to-crest 及び zero-up-cross で読み取った入射波数 100 波の遡上波数と入射波数 100 波の $R_{1/3}/H_0$ の関係を示したものである。図中の実線は Raito=1.0 を示しており、破線は 20%の差を示している。図-5(a)、(b)における入射波数 100 波の遡上波数に対する入射波数 100 波の値の全体の割合はそれぞれ 0.99 と 0.98 であった。このことから h_i/L_0=0.00~0.04 では $R_{1/3}/H_0$ の差は 1~2%程度とほぼ同程度の値を示した。

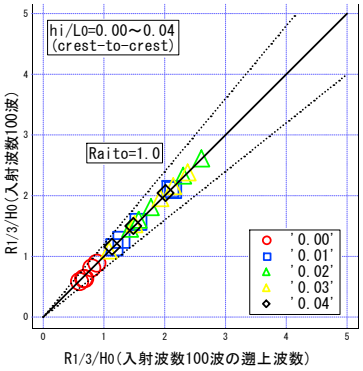

図-5(a) 入射波数と遡上波数の比較 (crest-to-crest)

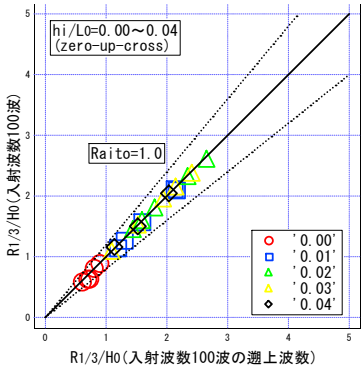

図-5(b) 入射波数と遡上波数の比較 (zero-up-cross)

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[5]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、2.5<ξ_0<4 の範囲では約 0.75~1.00 と約 0.65~0.95 となり、4<ξ_0 の範囲では約 0.95~1.00 と約 0.85~0.95 となった。

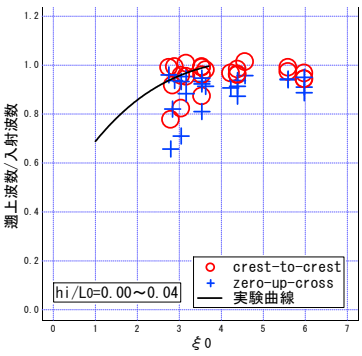

図-6 入射波数と遡上波数の割合

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 波に対しての遡上波数は crest-to-crest で約 80~100 波、zero-up-cross で約 65~95 波となった。h_i/L_0=0.00 のときの入射波数 100 波の遡上波数と遡上波数 100 波で定義した $R_{1/3}/H_0$ の差は 1%程度となった。h_i/L_0=0.00~0.04 のときの $R_{1/3}/H_0$ の差は crest-to-crest と zero-up-cross 共にほぼ同程度の値となった。入射波数と遡上波数の割合では、crest-to-crest と zero-up-cross は、2.5<ξ_0<4 の範囲では約 0.75~1.00 と約 0.65~0.95 となり、4<ξ_0 の範囲では約 0.95~1.00 と約 0.85~0.95 となった。

参考資料

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,No1,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) 吉田雄雅・菅原景一・高橋敏彦: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、令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会(秋田・秋田大学)　2020.03.07　講演概要集　5) 水理公式集　平成 11 年版　p473-474,　平成 11 年 11 月