

急傾斜護岸への相対水深を考慮した波の打ち上げ高さに関する実験

東北工業大学 学生員○三上圭吾

東北工業大学 正 員 菅原景一・高橋敏彦

1. まえがき

波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響に関しては、規則波についてはある程度^{1,2)}検討されているが、不規則波によるそれらの影響に関しては加藤ら³⁾、斎藤ら⁴⁾以外あまり検討されていない。加藤ら、斎藤らは、緩傾斜護岸+海底勾配 1/20 を実験条件として相対水深 $hi/Lo = -0.02 \sim 0.05$ の範囲で検討を行っており hi/Lo の大きい値については、ほとんど検討されていない。鈴木ら⁵⁾は、水平床の上に hi/Lo が比較的大きな緩傾斜護岸について検討を行い報告を行っている。そこで本研究は水平床の上に急傾斜護岸を設置し、比較的大きな hi/Lo の場合の波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響について検討を行った。次に、波の打ち上げ高さの測定方法の違いによる代表打ち上げ高さの比較検討も行ったので報告する。

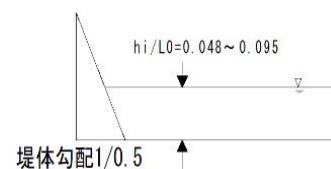


図-1 模型堤体概略図

表-1 実験条件

実験NO.	堤体勾配	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (cm)	hi (cm)	hi/Lo
A-1	1/0.5	1.42	2.0-5.0	15.00	0.048
A-2			2.0-4.0, 7.0	20.00	0.064
A-3			2.0-4.0, 7.0, 10.0	30.00	0.095

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 1/0.5 とした。実験は一様部水深 $hi=15.0 \sim 30.0$ cm、有義波周期 $T_{1/3} \approx 1.42$ s、相対水深 hi (法先水深)/ Lo (沖波波長) $\approx 0.048 \sim 0.095$ 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、一様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、表-1に実験条件を示す。

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。縦軸は堤体勾配 1/0.5 の法面方向の距離 x 、横軸は経過時間 t 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、各ピーク値を読み取る方法（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より沖側へ戻った遡上波の最大値を読み取る方法（以降 zero-up-cross と呼ぶ）が考えられる。crest-to-crest の読みは、①、②、③となるが、zero-up-cross は①、②となる。

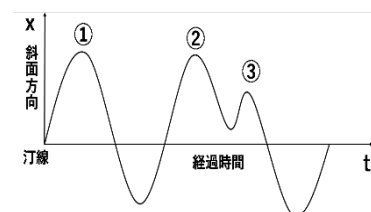
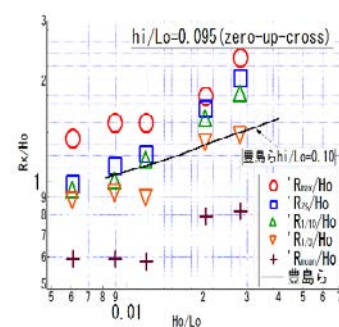


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1. 各代表打ち上げ高さ R_x/H_o と沖波波形勾配 H_o/Lo

図-3は、 $hi/Lo \approx 0.095$ における H_o/Lo とそれぞれの各代表打ち上げ高さ R_x (R : 静水面上鉛直打ち上げ高さ)/ H_o (R_{max} : 最大打ち上げ高さ、 $R_{2\%}$: 2%超過打ち上げ高さ、 $R_{1/10}$: 1/10 最大打ち上げ高さ、 $R_{1/3}$: 1/3 最大打ち上げ高さ、 R_{mean} : 平均打ち上げ高さ) の関係を示したもので、 H_o/Lo を横軸に、各 R_x/H_o を縦軸にプロットしたものである。図には比較のため 1/20 海底勾配上に 1/0.5 勾配を設置し、 $hi/Lo=0.10$ の豊島らの規則波の実験曲線²⁾を併記している。図より、 R_{max}/H_o 、 $R_{2\%}/H_o$ 、 $R_{1/10}/H_o$ 、 $R_{1/3}/H_o$ 、 R_{mean}/H_o の順に代表打ち上げ高さが大きい。また豊島らの値は H_o/Lo が大きくなるに従って右上がりとなっている。本実験値も R_x/H_o が大きくなるに従ってほぼ右上がりとなっている。本実験値の $R_{1/3}/H_o$ と

図-3 R_x/H_o と H_o/Lo 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、急傾斜堤
〒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

規則波の実験曲線を比較すると、同程度か $R_{1/3}/H_0$ の値が幾分小さい値を示しており、ほぼ同傾向を示している。

3-2. 沖波波形勾配 H_0/L_0 と反射率 K_r の関係

図-4 は堤体勾配 1/0.5 における H_0/L_0 と K_r の関係を $h_i/L_0 \div 0.048 \sim 0.095$ をパラメータとして図示したものである。図より各 h_i/L_0 の値は、 H_0/L_0 が大きくなるにつれて K_r が減少する傾向が認められる。 $h_i/L_0 \div 0.048$ と 0.064 がほぼ同程度であり、 $h_i/L_0 \div 0.095$ では K_r は $0.85 \sim 0.90$ 程度となり最も大きい値を示している。

3-3. 不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす法先水深

図-5 は crest-to-crest による代表打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_0$ と H_0/L_0 の関係を h_i/L_0 をパラメータとして示したものである。図中には、比較のため 1/30 海底勾配上に 1/0.5 勾配を設置し、 $h_i/L_0 = 0.06$ と 0.10 の豊島らの規則波の実験曲線を併記している。豊島らの値は両曲線ともに H_0/L_0 が大きくなるに従って右上がりとなっており、本実験値の各 h_i/L_0 も同傾向を示している。豊島らの実験曲線 $h_i/L_0 = 0.6$ と本実験値 $h_i/L_0 = 0.048$ と 0.056 の比較については、本実験値の方が幾分小さい値を示している。一方豊島らの実験曲線 $h_i/L_0 = 0.10$ と本実験値 $h_i/L_0 = 0.095$ の比較については、ほぼ同程度の値となっている。本実験の $h_i/L_0 = 0.048, 0.056, 0.095$ とも $R_{1/3}/H_0 \div 1.0$ 程度の値を示しており、 $h_i/L_0 \div 0.05 \sim 0.1$ の大きい場合、 $R_{1/3}/H_0$ の値はほぼ同程度となる。

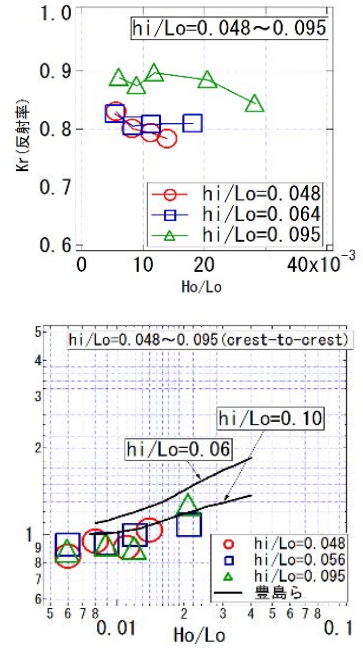


図-5 $R_{1/3}/H_0$ と H_0/L_0 の関係

3-4. 波の打ち上げ高さに crest-to-crest と zero-up-cross の比較

図-6(a),(b),(c)は、図-3 で示した波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross で各 100 波読み取った代表打ち上げ高さ $R_{2\%}/H_0, R_{1/10}/H_0, R_{1/3}/H_0$ の関係を h_i/L_0 をパラメータとして示したものである。図中の点線は 20% の差を示す。図より波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross で測定した場合、同程度の値か zero-up-cross で読み取る方法が幾分大きい値を示している。また波の代表打ち上げ高さ $R_{2\%}/H_0, R_{1/10}/H_0, R_{1/3}/H_0$ の全体の平均値は zero-up-cross で読み取った場合、crest-to-crest で読み取った場合いずれも 1.01 となった。すなわち crest-to-crest よりも zero-up-cross で測定した値の方が 1% 大きい値となったことを示している。

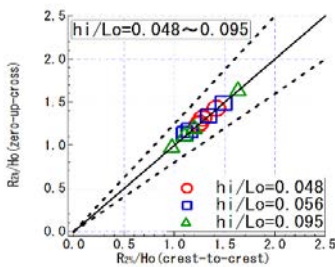


図-6(a) crest-to-crest と zero-up-cross の
関係 ($R_{2\%}/H_0$)

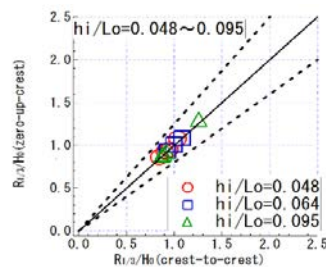


図-6(b) crest-to-crest と zero-up-cross の
関係 ($R_{1/10}/H_0$)

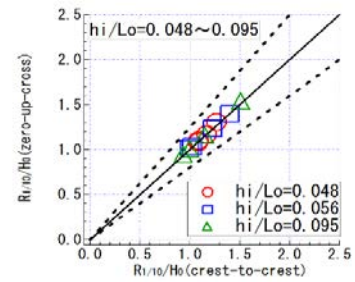


図-6(c) crest-to-crest と zero-up-cross の
関係 ($R_{1/3}/H_0$)

4. あとがき

水平床上に急傾斜護岸を設置し、比較的 h_i/L_0 が大きい場合の不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす法先水深の検討を行った。その結果、波の打ち上げ高さに及ぼす影響はほとんど認められなく、 $H_0/L_0 = 0.006 \sim 0.03$ の範囲で、 $R_{1/3}/H_0 = 1.0$ の値をとる。波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross の両方で測定する方法は、同程度あるいは zero-up-cross で読み取る方法が 1% 程度大きい値を示している。

<参考文献>

- 1) 豊島修、首藤伸夫、橋本宏: 海岸堤防への波の打ち上げ高-1/20-, 第 12 回海岸工学講演会講演集 pp.180~185, 1965
- 2) 豊島修、首藤伸夫、橋本宏: 海岸堤防への波の打ち上げ高-1/30-, 第 11 回海岸工学講演会講演集 pp.260~265, 1964
- 3) 加藤悠司、高橋敏彦、新井信一: 傾斜護岸への相対水深を考慮した波の打ち上げ高さの一推定法, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp.721~725, 2006
- 4) 斎藤祐平、高橋敏彦、小林且幸、新井信一: 傾斜護岸への法先水深を考慮した波の打ち上げ高さに関する一検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71 No.2 I-841~I-846, 2015
- 5) 鈴木優治・高橋敏彦: 相対水深を考慮した緩傾斜岸の波の打ち上げ高さに関する実験, 和 2 年度土木学会東北支部, II-88