

相対水深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○鈴木優治

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、傾斜護岸+海底勾配 1/20 を実験条件として相対水深 $h_i/L_0 = -0.02 \sim 0.05$ の範囲で検討を行っており h_i/L_0 の大きい値については、ほとんど検討されていない。そこで本研究は水平床上に緩傾斜堤を設置し、比較的 h_i/L_0 が大きい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。

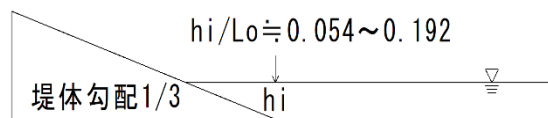


図-1 模型堤体概略図

表-1 実験条件

実験NO.	堤体勾配	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (cm)	h_i (cm)	h_i/L_0
A-1	1/3	1.34	2.0~5.0	15.00	0.054
A-2			2.0~4.0, 7.0	20.00	0.071
A-3			2.0~4.0, 7.0, 10.0	30.00	0.107
A-4		1.00	7.0, 10.0		0.192

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 1/3 とした。実験は一様部水深 $h_i = 15.0 \sim 30.0$ cm、有義波周期 $T_{1/3} \doteq 1.0$ s、1.34s、相対水深 h_i (法先水深)/ L_0 (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 1/3 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②、③となる。

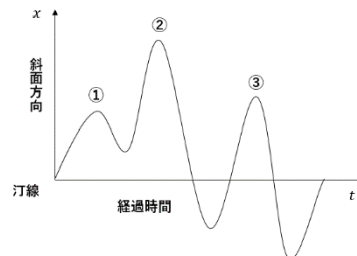
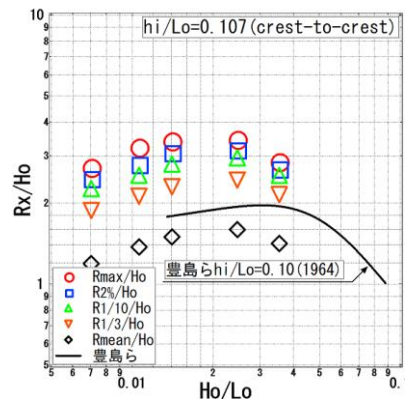


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1. 各代表打ち上げ高さ R_x/H_0 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 H_0/L_0 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_0 (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_0/L_0 を横軸に、各 R_x/H_0 を縦軸にプロットしたものである。図には比較のため 1/30 海底勾配上に 1/3 勾配を設置し、 $h_i/L_0 = 0.10$ 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_0 、 $R_{2\%}/H_0$ 、 $R_{1/10}/H_0$ 、 $R_{1/3}/H_0$ 、 R_{mean}/H_0 の順に代表打ち上げ高さ大きい。また豊島らの値は $H_0/L_0 \doteq 0.03$ をピークとして H_0/L_0 が大きくなるに従って右下がりとなっている。本実験値も R_x/H_0 が $H_0/L_0 \doteq 0.025$ をピークとして H_0/L_0 が大きくなるに従って右下がりとなっている。本実験値の $R_{1/3}/H_0$ と規則波の実験曲線を比較すると、 $R_{1/3}/H_0$ の値が幾分大きい値を示しており、ほぼ同傾向を示している。


 図-3 R_x/H_0 と 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、緩傾斜堤

〒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

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 1/3 における H_0/L_0 と K_r の関係を $h_i/L_0 \div 0.054 \sim 0.192$ 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。また法先水深が 0.05 以上になると h_i/L_0 による差がほとんど認められなくなり、 K_r の値はほぼ同程度になっている。

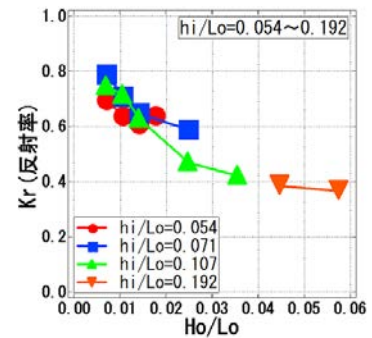


図-4 沖波波形勾配と反射率 K_r の関係

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 1/3 勾配を設置し、 $h_i/L_0=0.05$ 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 がある値をピークとして H_0/L_0 が大きくなるに従って右下がりとなっている。本実験値もほぼ同傾向を示している。また、 $h_i/L_0 \div 0.054, 0.071, 0.107, 0.192$ とともに $R_{1/3}/H_0 \div 2.0$ 程度の値を示している。法先水深が $h_i/L_0 \div 0.054 \sim 0.192$ と深い場合、 $R_{1/3}/H_0$ の値はほぼ同程度の値となる。

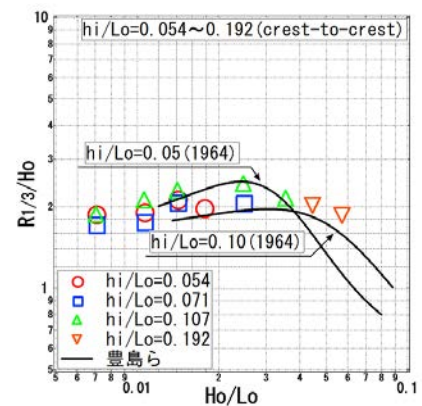


図-5 $R_{1/3}/H_0$ と H_0/L_0 の関係

3-4. 波の打ち上げ高さの 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、同程度の値が 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 で読み取った場合の 1.01、1.01、1.02 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 1~2% 大きい値となったことを示している。

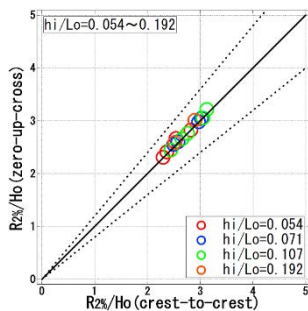


図-6(a) crest-to-crest と zero-up-cross
の関係 ($R_{2\%}/H_0$)

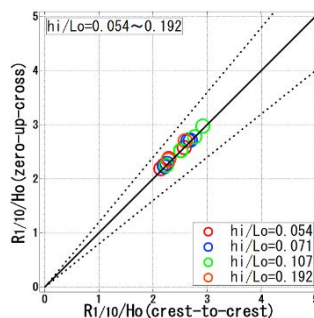


図-6(b) crest-to-crest と zero-up-cross
の関係 ($R_{1/10}/H_0$)

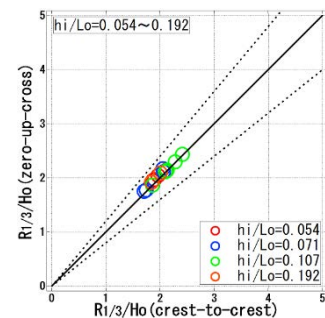


図-6(c) crest-to-crest と zero-up-cross
の関係 ($R_{1/3}/H_0$)

4. あとがき

比較的 h_i/L_0 が大きい場合、波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響はほとんど認められなくなり、 $H_0/L_0 = 0.007 \sim 0.06$ の範囲で $R_{1/3}/H_0 \div 2.0$ とほぼ同程の値となる。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 1~2% 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