相対水深を考慮した不規則波による波の打ち上げ高さに関する実験

東北工業大学　学生員　　○佐藤大輝
東北工業大学　正　員　　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。そこで本研究では相対水深の波の打ち上げ高さの算定図を作成するとともに、打ち上げ高さの測定方法の違いによる打ち上げ高さの検討を行うことを目的とした。

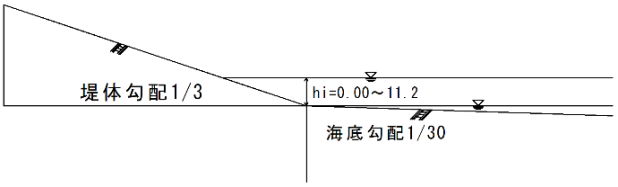

図-1 模型堤体概略図

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、他端には合板による 1/30 の海底勾配を作成し、その上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=31.0～42.2cm、有義波周期 $T_{1/3}$ ≒1.34s、相対水深 h_i(法先水深)/L_0(沖波波長)=0.00～0.04 の 5 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 波目を読み取り、11～110 波目の値を用いて解析を行った。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。

表-1 実験条件

実験NO.	堤体勾配	海底勾配	$T_{1/3}$(sec)	$H_{1/3}$(cm)	h_i(cm)	h_i/L_0	h(cm)
A-1	1/3	1/30	1.34	2.0～4.0, 7.0,10.0	0.00	0.00	31.0
A-2					2.80	0.01	33.8
A-3					5.60	0.02	36.6
A-4					8.40	0.03	39.4
A-5					11.20	0.04	42.2

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。

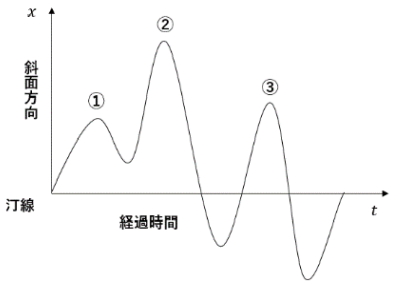

図-2 波の打ち上げ高さの模式図

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=0.02 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 1/20 海底勾配上に 1/3 勾配の模型堤体を設置した加藤らの不規則波の $R_{1/3}/H_0$ の実験値、1/30 海底勾配上に 1/3 勾配を設置した豊島らの規則波の実験曲線も併記している。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が大きい。また今回実験で R_x/H_0 は右下がりで H_0/L_0<0.01 付近では各代表打ち上げ高さの値は同程度の値だが、H_0/L_0>0.01 付近から値が大きく変わる。

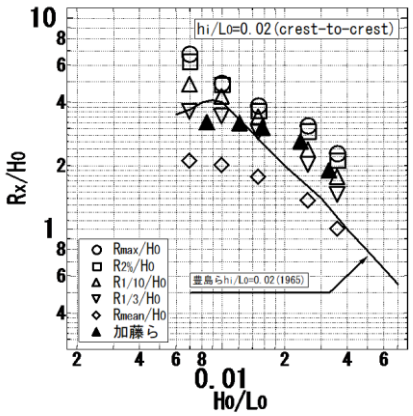

図-3 R_x/H_0 と H_0/L_0 の関係

キーワード：不規則波、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．沖波波形勾配 H_0/L_0 と反射率 Kr の関係

図-4 は堤体勾配 1/3 における H_0/L_0 と Kr の関係を h_i/L_0=0.00～0.04 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 が、H_0/L_0 が大きくなるにつれて Kr が減少する傾向が認められる。また図より、同一の H_0/L_0 では h_i/L_0=0.00 の Kr が最も小さく、0.01、0.02 と続き、0.03 と 0.04 の値がほぼ同程度の値となっている。

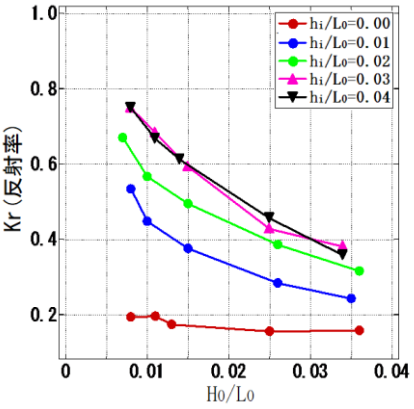

図-4 沖波波形勾配と反射率 Kr の関係

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、赤線は実験値の近似曲線を図示したものである。全体的に各 h_i/L_0 共、H_0/L_0 が大きくなるに従って $R_{1/3}/H_0$ は小さくなり、右下がりの傾向が認められる。H_0/L_0=0.01 付近が各 h_i/L_0 共最も打ち上げ高さが大きく、特に H_0/L_0=0.01～0.03 の条件の時にほぼ最大値を示している。

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 0.00～0.04 まで 0.01 毎にパラメータとして示したものである。図中の点線は 10%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 で読み取った場合の 1.01, 1.02, 1.04 となった。すなわち crest-to-crest よりも zero-up-cross で測定した値のほうが 1%～4%大きい値となったことを示している。

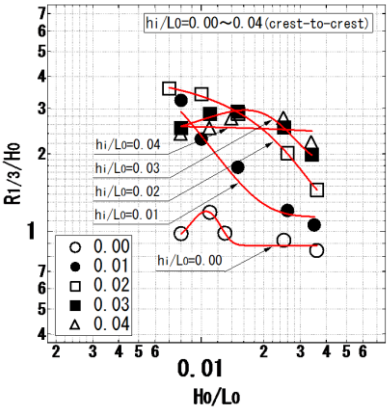

図-5 $R_{1/3}/H_0$ と H_0/L_0 の回帰曲線

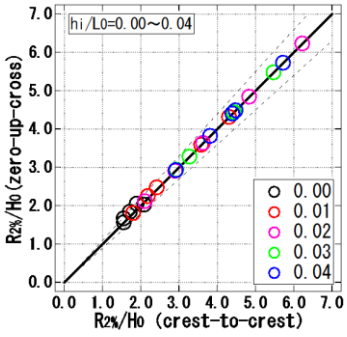

図-6(a) crest-to-crest と zero-up-cross の関係($R_{2\%}/H_0$)

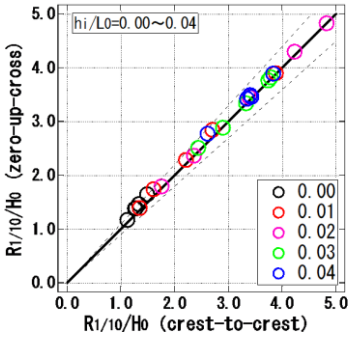

図-6(b) crest-to-crest と zero-up-cross の関係($R_{1/10}/H_0$)

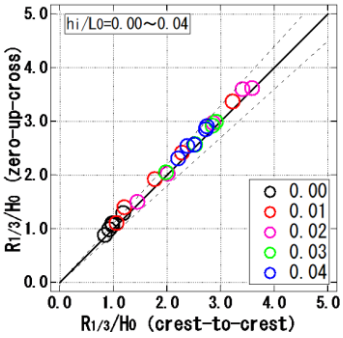

図-6(c) crest-to-crest と zero-up-cross の関係($R_{1/3}/H_0$)

4．あとがき

各代表打ち上げ高さの関係を示し、不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす法先水深の算定図を作成した。波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross の両者で測定する場合、同程度あるいは zero-up-cross で読み取る方法が幾分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 ,pp180~185,1965
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 ,pp260~265,1964
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, pp721~725,2006
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 N0.2 I_841~I_846,2015