

傾斜護岸への代表打ち上げ高さに関する一検討

東北工業大学 学生員 ○菅原命士
 東北工業大学 正員 高橋敏彦 相原昭洋

1. まえがき

波の打ち上げ高さに及ぼす法先水深の影響に関して、規則波についてはある程度¹⁾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あまり検討されていない。本研究では、波の打ち上げ高さの設計方法の一つである改良仮想勾配法²⁾及び相対水深を考慮した、波の打ち上げ高さとの違いによる打ち上げ高さ等の検討を行うことを目的とした。

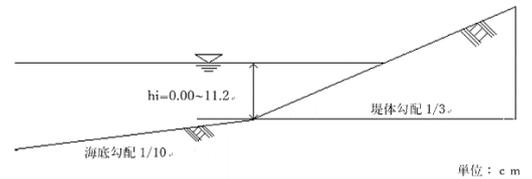


図-1 模型堤体概略図

2. 実験条件および実験方法

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、他端には合板による 1/10 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 $h=31.0\sim 42.2\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}=1.34\text{s}$ 、有義波高 $H_{1/3}=1.0\sim 10.0\text{cm}$ 、法先水深・波長比 $h_i(\text{法先水深})/L_0(\text{沖波波長})=0.00\sim 0.04$ の 5 ケースである。波の打ち上げ高さは、目盛りを書き込んだアクリル板をのり面に設置し波が遡上する様子をビデオカメラで撮影したのちに、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、一様水深部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.	堤勾配	海底勾配	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (cm)	h (cm)	h/L_0	h_i (cm)
A-1	1/3勾配	1/10勾配	1.34	1.0	31.0	0.00	0.00
A-2				2.0	33.8	0.01	2.80
A-3				3.0	36.6	0.02	5.60
A-4				4.0	39.4	0.03	8.40
A-5				7.0	42.2	0.04	11.20

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。縦軸はのり面方向の距離 X 、横軸は経過時間 t を表している。波の打ち上げ高さは図-2 に示している通り、打ちあがった波の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一旦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 の読みは②、③となる。

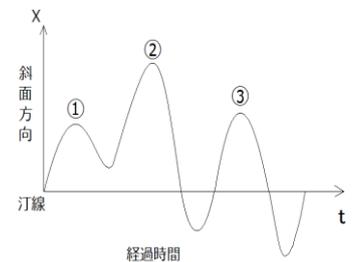


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1. 改良仮想勾配法と相対水深を考慮した豊島らの波の打ち上げ高算定図の比較について

図-3 は、 $h_i/L_0=0.00\sim 0.03$ のケースで、豊島ら¹⁾の算定図(海底勾配 1/20、堤体勾配 1/3)から求めた打ち上げ高さ $R_x(R$:静水面上鉛直打ち上げ高さ) $/H_0'$ (換算沖波波高)を縦軸に、実験値(1/10 海底勾配に堤体勾配 1/3)を基にした改良仮想勾配法より求めた打ち上げ高さを横軸にプロットし、相対水深別に比較したものである。ただし、 $h_i/L_0=0.04$ のケースでは、豊島らによる算定結果が得られていないので除外している。本実験では不規則波を対象としている前報³⁾を参考に、規則波の波高は不規則波の有義波高を対応させており、改良仮想勾配法の打ち上げ高さは規則波を用いた砕波水深を算定図より求めている。

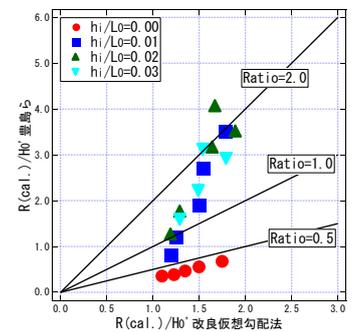


図-3 R_x/H_0' と H_0/L_0 との関係

図より、改良仮想勾配法の打ち上げ高さに対し、豊島らの算定図より求めた打ち上げ高さは、 $h_i/L_0=0.00$ の

ケースでは5割以下を示し、 $h_i/L_0=0.01$ から 0.03 のケースでは 0.7 倍から 2 倍強の値になっている。 $h_i/L_0=0.01$ 以上では、ほとんどのケースでは豊島らの波の打ち上げ高さの方が大きい値を示している。両者の海底勾配が幾分異なっているが、改良仮想勾配法では相対水深が大きくなる $h_i/L_0=0.01$ 以上のケースでは、波の打ち上げ高さが過小評価になる傾向を示していると思われる。

3-2. 改良仮想勾配法と本実験値の波の打ち上げ高さの比較

図-4(a)(b)は、crest-to-crest と zero-up-cross の測定方法で波の打ち上げ高さを 100 波読み取り、 $R_{2\%}(2\% \text{超過打ち上げ高さ})/H_0'$ 、 $R_{1/3}(1/3 \text{最大平均打ち上げ高さ})/H_0'$ と $R_{\text{mean}}(\text{平均打ち上げ高さ})/H_0'$ をパラメータとして実験値を縦軸に、改良仮想勾配法より求めた打ち上げ高さを横軸にプロットしたものである。両図より、各パラメータともバラツキはあるが、改良仮想勾配法の計算値に対するそれぞれの値は、 $R_{2\%}/H_0'$ で約 1.2~2.8 倍、 $R_{1/3}/H_0'$ で約 0.8~1.9 倍の値、 R_{mean}/H_0' で約 0.5~1.25 倍となっている。なお、図-4(b)の zero-up-cross で計測した場合の値が、図-4(a)の crest-to-crest で計算した値よりもわずかに大きい値を示している⁴⁾。

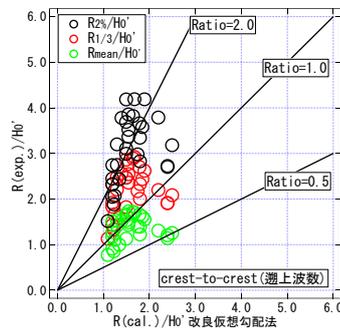


図-4(a) 算定値と実験値の比較
($h_i/L_0=0.00\sim0.04$)

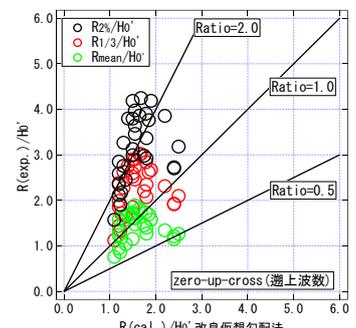


図-4(b) 算定値と実験値の比較
($h_i/L_0=0.00\sim0.04$)

3-3. 各代表打ち上げ高さ R_x/H_0' と surf similarity parameter ξ_0 の関係

図-5(a)~(c)は、不規則波の代表打ち上げ高さ R_x/H_0' と surf similarity parameter $\xi_0 \{=\tan\alpha/(H_0/L_0)^{1/2}, \tan\alpha: \text{改良仮想勾配法による仮想勾配}\}$ の関係を図示したものである。図中には、比較のため、Mase⁵⁾による不規則波の遡上高さ(一様斜面 1/5, 1/10, 1/20, 1/30 勾配)を実線、間瀬ら⁶⁾による複合断面(海底勾配 1/10 と 1/30 勾配+護岸勾配 1/0.5 と 1/3 勾配の組み合わせ。勾配は改良仮想勾配を用いている。)による遡上高さを破線で併記している。図より、本実験値はバラツキがあるものの、 $R_{2\%}/H_0'$ 、 $R_{1/10}/H_0'$ 、 $R_{1/3}/H_0'$ の順に同一 ξ_0 に対して R_x/H_0' が大きく、図中の実線は、上限値または上限値付近を示し、破線は本実験値のほぼ下限値を示している。

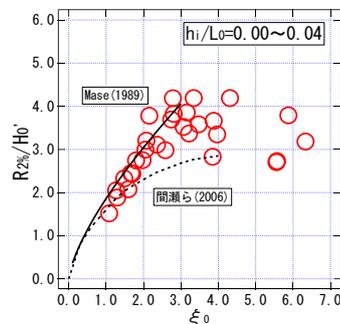


図-5(a) $R_{2\%}/H_0'$ と ξ_0 の関係

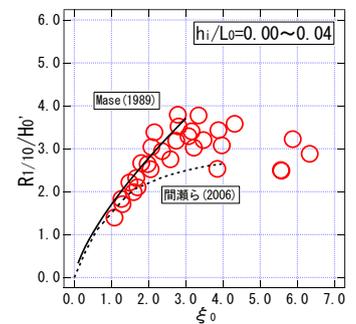


図-5(b) $R_{1/10}/H_0'$ と ξ_0 の関係

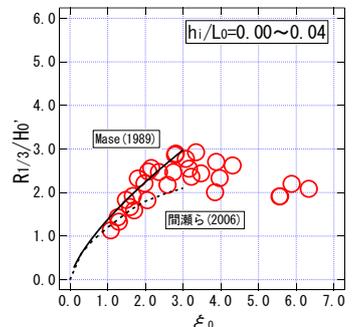


図-5(c) $R_{1/3}/H_0'$ と ξ_0 の関係

4. あとがき

改良仮想勾配法で波の打ち上げ高さを求めた場合、相対水深を考慮した豊島らの算定図や、本実験結果と比較すると $h_i/L_0=0.01$ 以上になると過小評価となる。また、波の打ち上げ測定方法の違いによる打ち上げ高さについては、zero-up-cross で計測した場合の値が、crest-to-crest で計算した値よりもわずかに大きい値を示している。各代表打ち上げ高さ R_x/H_0' と surf similarity parameter ξ_0 の結果は、間瀬らの結果と比較するとほぼ同程度となった。

<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, 1964.
- 2) 中村充・佐々木泰雄・山田譲二: 複合断面における波の打ち上げに関する研究, 第 19 回海岸工学講演会講演集, pp.309-312, 1972.
- 3) 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.
- 4) 菅原命士, 高橋敏彦, 相原昭洋: 法先水深を考慮した傾斜護岸への波の打ち上げ高さに関する一検討, 土木学会平成 29 年度全国大会, II-179, 2017.
- 5) Hajime Mase: Random wave runup height on gentle slope, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering 115 (5), 649-661, 1989.
- 6) 間瀬 肇, 所 良晃, 目見田 哲, 桜井 秀忠, 今林 敏明: 汀線近傍の一様勾配斜面の不規則波の打ち上げ高, 土木学会論文集 B, Vol62, No.1, pp.163~168, 2006.