

緩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一検討

東北工業大学 学生員 ○佐久間雄亮

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検討されているが¹⁻²⁾、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、現在波の打ち上げ高さに対する設計方法の一つである、規則波による改良仮想勾配法⁵⁾および相対水深を考慮した豊島らの算定図⁶⁾と既往の実験結果⁷⁻⁹⁾との比較を行い、相対水深の影響等について検討することを目的とした。

2.実験条件及び実験方法

今回検討を行うにあたり、佐藤ら⁷⁾の実験データを使用した。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。実験は一様部水深 $h=31.0\sim 42.2\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}\cong 1.34\text{s}$ 、相対水深 h_i (法先水深)/ L_0 (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、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。なお、紙面の関係上既往の研究⁷⁾について検討した結果を示す。

表-1 実験条件

実験NO.	堤体勾配	海底勾配	$T_{1/3}(\text{sec})$	$H_{1/3}(\text{cm})$	$h_i(\text{cm})$	h_i/L_0	$h(\text{cm})$
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



図-1 模型堤体概略図

3.検討結果及び考察

図-2 は、改良仮想勾配法の考え方の模式図である。改良仮想勾配法は、波の打ち上げ高と碎波水深地点の 2 点間の実断面の面積 A から、図中の式より仮想勾配 β を決定するものである。仮想勾配 β を決定する際、図中にある打ち上げ高さ R を求めることができる。中村らの改良仮想勾配法で求めた値、相対水深を考慮した豊島らの算定図で求めた値と実験値をそれぞれ比較検討した。なお、規則波と不規則波の打ち上げ高さ等の比較において、規則波の沖波波高は不規則波の沖波有義波高に対応させた。

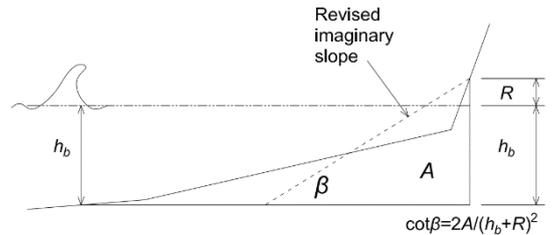


図-2 改良仮想勾配法の考え方

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

図-3 は、 $h_i/L_0=0.00\sim 0.03$ の 4 ケースで、豊島らの算定図から求めた打ち上げ高さを縦軸に、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、相対水深別に比較したものである。ただし、豊島らの算定図において、 $h_i/L_0=0.04$ のケースは打ち上げ高算定図が得られていないので、算定結果より除外してある。図より、改良仮想勾配法での打ち上げ高さに対し、豊島らの

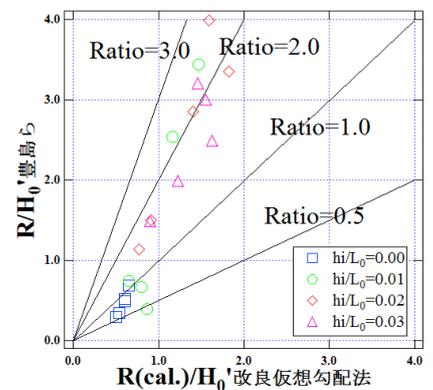


図-3 算定方法による比較

キーワード：改良仮想勾配法、相対水深、緩傾斜護岸、波の打ち上げ高さ

算定図より求めた打ち上げ高さは $hi/L_0=0.00$ のケースでは、同程度から 5 割程度になっている。 $hi/L_0=0.01$ では、約 0.5~2.5 倍程度となっており大きく変動している。 $hi/L_0=0.02\sim 0.03$ のケースでは多少ばらつきはあるが約 1.5~2.5 倍の値になっており、 hi/L_0 が 0.02 以上になると、豊島らの波の打ち上げ高さが 1.0 より大きくなっている。これらの結果は、改良仮想勾配法では、相対水深が大きくなる $hi/L_0=0.02$ 以上になると、波の打ち上げ高さが過小評価になることを示唆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 は、 $hi/L_0=0.00\sim 0.04$ の 4 ケースで改良仮想勾配法より求めた波の打ち上げ高さを横軸に、2%超過打ち上げ高さ $R_{2\%}/H_0'$ 、1/3 最大打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_0'$ 及び平均打ち上げ高さ R_{mean}/H_0' をパラメータとして実験値を縦軸にプロットしたものである。図より、各パラメータともばらつきはあるが、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 2.5~4 倍弱、 $R_{1/3}/H_0'$ で約 1.5~2.3 倍、 R_{mean}/H_0' で約 0.8 倍~1.5 倍となっている。また、図-5 は $hi/L_0=0.00\sim 0.04$ の 4 ケースで改良仮想勾配法より求めた波の打ち上げ高さを横軸に、1/3 最大打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_0'$ を縦軸にプロットし、相対水深別に比較したものである。図より、 $R_{1/3}/H_0'$ の値は $hi/L_0=0.00$ で約 1.5~2.0 倍、 $hi/L_0=0.01\sim 0.04$ で約 1.5~2.5 倍程度の値となっている。 $R_{1/3}/H_0'$ の全体平均は、改良仮想勾配法で求めた波の打ち上げ高さの約 1.9 倍となった。改良仮想勾配法で求めた波の打ち上げ高さは、相対水深を考慮した場合、幾分過小評価となることが考えられる。

3-3.豊島らの算定図と本実験値の波の打ち上げ高さの比較

図-6 は、 $hi/L_0=0.00\sim 0.03$ の 4 ケースで豊島らの算定図から求めた波の打ち上げ高さを横軸に、2%超過打ち上げ高さ $R_{2\%}/H_0'$ 、1/3 最大打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_0'$ 及び平均打ち上げ高さ R_{mean}/H_0' をパラメータとして実験値を縦軸にプロットしたものである。豊島らは規則波、本実験値は不規則波を使用しているので、規則波に対する不規則波の代表打ち上げ高さへの対応を検討したものである。図より豊島らの打ち上げ高さは、 R_{mean}/H_0' で約 0.4~1.5 倍、 $R_{1/3}/H_0'$ で約 0.8~3 倍、 $R_{2\%}/H_0'$ で約 1.2~4 倍の値となっている。また、 $R_{1/3}/H_0'$ の全体平均は豊島らの算定図から求めた打ち上げ高さの約 1.2 倍となった。

4.あとがき

改良仮想勾配法で波の打ち上げ高さを求める場合、相対水深を考慮した豊島らの算定図と比較すると、 hi/L_0 が 0.02 程度以上になると過小評価となる傾向が認められる。改良仮想勾配法で求めた波の打ち上げ高さを実験値との比較においては幾分過小評価となる。また、 hi/L_0 を考慮した豊島らの算定図より求めた波の打ち上げ高さは、不規則波の $R_{1/3}/H_0'$ と同程度の値かやや小さい値を示す。

<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 B(海岸工学), Vol.71 No2 I-841~I-846,2015
- 5)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
- 6)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
- 7)佐藤大輝、高橋敏彦：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, 平成 29 年度土木学会東北支部, II-66,2018
- 8)菅原命士、高橋敏彦、相原昭洋：不規則波実験による傾斜護岸への代表打ち上げ高さに関する一検討, 平成 28 年度土木学会東北支部, II-85,2017
- 9)鈴木優治、高橋敏彦：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, 令和 2 年度土木学会東北支部, II-88,2020

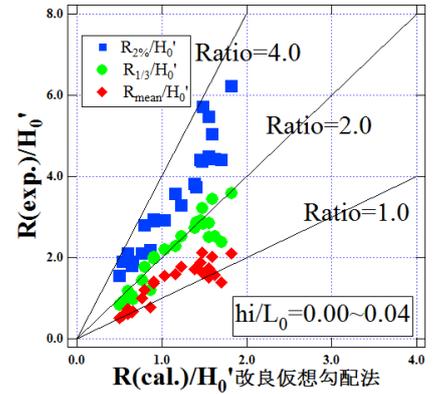


図-4 算定値と実験値の比較

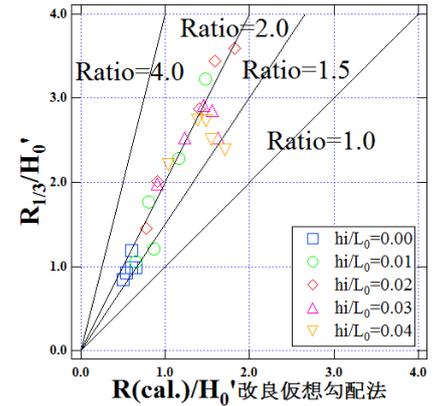


図-5 算定値と実験値の比較

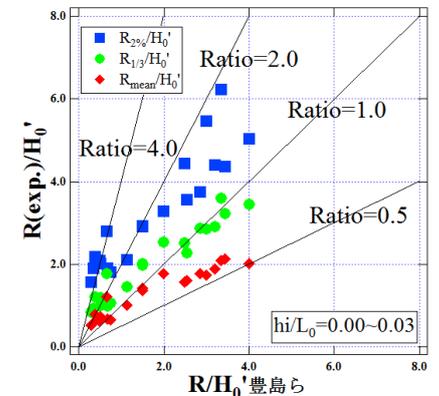


図-6 算定値と実験値の比較