

# 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 ○茂木 政幸  
 東北工業大学 正員 高橋 敏彦 新井 信一  
 国土交通省 正員 加藤 悠司

## 1. はじめに

波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深に関しては、規則波についてはある程度検討されているが、不規則波についてはほとんど検討されていないので、前報<sup>1)</sup>において実験的に検討を行なって報告した。本研究は、現在波の打ち上げ高さに対する設計方法の1つである、改良仮想勾配法<sup>2)</sup>および相対水深を考慮した豊島らの算定図<sup>3)</sup>と本実験結果との比較を行い、相対水深の適用範囲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

前報において報告しているもので、要約して記述する。水路には合板で1/20 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、1/0.5 と 1/3 の2種類とした。実験は、一様部水深  $h=24.4\sim 44.0\text{cm}$ 、有義波周期  $T_{1/3}=1.34\text{s}$ 、有義波波高  $H_{1/3}=1.0\sim 10.0\text{cm}$ 、相対水深  $hi$  (堤体のり先から鉛直上方を+、下方を-とした)/ $L_0$  (沖波波長)  $=-0.02\sim 0.05$  迄の0.01 刻みに8 ケースである。表-1 に実験条件を示す。

表-1 実験条件

実験 No.	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (cm)	$hi$ (cm)	$hi/L_0$	$h$ (cm)	
1/0.5 勾配	1.34	1.0	A-1	-5.60	-0.02	24.40
			A-2	-2.80	-0.01	27.20
			A-3	0.00	0.00	30.00
			A-4	2.80	0.01	32.80
			A-5	5.60	0.02	35.60
			A-6	8.40	0.03	38.40
			A-7	11.20	0.04	41.20
			A-8	14.00	0.05	44.00
1/3 勾配	1.34	10.0	B-1	-5.60	-0.02	24.40
			B-2	-2.80	-0.01	27.20
			B-3	0.00	0.00	30.00
			B-4	2.80	0.01	32.80
			B-5	5.60	0.02	35.60
			B-6	8.40	0.03	38.40
			B-7	11.20	0.04	41.20
			B-8	14.00	0.05	44.00

## 3. 検討結果及び考察

### 3-1. 砕波水深 $h_b$ の検討

改良仮想勾配法で波の打ち上げ高さを求める場合に、砕波水深を求めなければならない。一般的には、規則波の砕波水深と換算沖波波高の関係図<sup>4)</sup>より求める。しかし、実際は不規則波であるため、有義波高の最大値の出現水深の算定図<sup>5)</sup>でも砕波水深を求め両者の比較を行なった。なお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-1 は、上述の2種類の図より算定した砕波水深を比較したものである。図より  $h_{b有}=1.21h_{b規}$  の関係が認められ、有義波高の最大値の出現水深の算定図より求めた砕波水深が、規則波を用いて求めた砕波水深よりも2割程度大きい値を示した。図-2 は2種類の図より算定した砕波水深を用いて、改良仮想勾配法より打ち上げ高さを求め比較したものである。図より  $R(\text{cal.})_{有}=0.92R(\text{cal.})_{規}$  の関係が認められ、両者同程度あるいは打ち上げ高さが大きくなる場合には、有義波高の最大値の出現水深の算定図より求めた砕波水深を用いた打ち上げ高さが、1割程度小さい値を示している。以降の記述する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用いている。

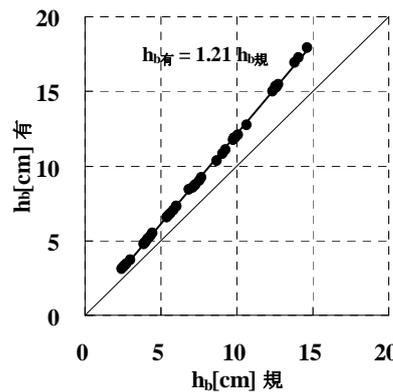


図-1 砕波水深、算定図の比較

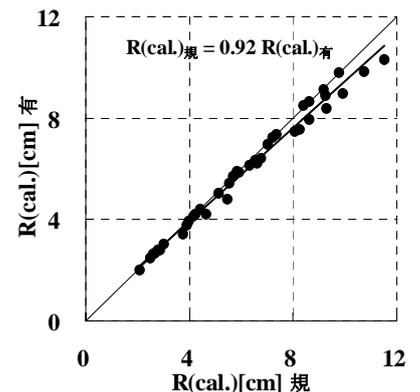


図-2 打ち上げ高さ、算定図の比較

図-1 は、上述の2種類の図より算定した砕波水深を比較したものである。図より  $h_{b有}=1.21h_{b規}$  の関係が認められ、有義波高の最大値の出現水深の算定図より求めた砕波水深が、規則波を用いて求めた砕波水深よりも2割程度大きい値を示した。図-2 は2種類の図より算定した砕波水深を用いて、改良仮想勾配法より打ち上げ高さを求め比較したものである。図より  $R(\text{cal.})_{有}=0.92R(\text{cal.})_{規}$  の関係が認められ、両者同程度あるいは打ち上げ高さが大きくなる場合には、有義波高の最大値の出現水深の算定図より求めた砕波水深を用いた打ち上げ高さが、1割程度小さい値を示している。以降の記述する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用いている。

### 3-2. 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、法勾配 1/3 勾配における、 $hi/L_0=0.00\sim 0.03, 0.05$  のケースで、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。

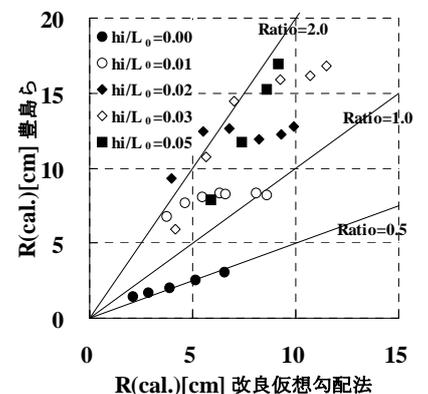


図-3 算定方法による比較

( $hi/L_0=0.02\sim 0.03, 0.05$ )

ただし、豊島らの算定図において、相対水深が負になるケースと  $hi/L_0=0.04$  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  $hi/L_0=0.00$  のケースでは 5 割程度になり、その他の  $hi/L_0$  のケースでは 1.0 ~ 2.0 倍程度の値になっており、 $hi/L_0$  の値が大きくなる程、豊島らの波の打ち上げ高さが大きくなっている。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  $hi/L_0=0.01$  以上の場合、波の打ち上げ高さが過小評価になると思われる。

### 3-3. 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、5 は、法勾配 1/3 で、 $hi/L_0=-0.02\sim 0.00$  の 3 ケースおよび  $hi/L_0=0.01\sim 0.05$  の 5 ケースを、改良仮想勾配法より求めた打ち上げ高さを横軸に、2%超過打ち上げ高さ  $R_{2\%}$ 、1/3 最大打ち上げ高さ  $R_{1/3}$  および平均打ち上げ高さ  $R_{mean}$  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-4 より、 $hi/L_0=-0.02\sim 0.00$  では、改良仮想勾配法で求めた算定値は  $R_{1/3}$  より幾分小さいか同程度の値を示しているのが分かる。これらの結果は、間瀬ら<sup>6)</sup>による改良仮想勾配法より算定した、打ち上げ高さ  $R$  が実験値の  $R_{mean}$  より大きく、 $R_{1/3}$  より小さいという実験結果とほぼ同じである。一方図-5 の  $hi/L_0=0.01\sim 0.05$  では、実験値  $R_{mean}$  の下限で  $Ratio=1$  となっており、 $R_{1/3}$  では改良仮想勾配法の打ち上げ高さの平均約 2 倍弱の値となっている。図-4、5 より、 $hi/L_0=-0.02\sim 0.00$  では、改良仮想勾配法で求めた打ち上げ高さ  $R$  と実験値の  $R_{1/3}$  がほぼ対応するが、相対水深が大きくなる  $hi/L_0=0.01$  以上では、改良仮想勾配法で求めた打ち上げ高さは、豊島らの算定図と比較した結果と同様に、過小評価となることが認められた。

### 3-4. 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、豊島らの算定図から求めた打ち上げ高さを横軸に、本実験結果を縦軸に代表打ち上げ高さをパラメータとして、図示したものである。図より豊島らの打ち上げ高さは、本実験結果のほぼ  $R_{mean}$  の上限値、 $R_{1/3}$  の下限または平均よりやや小さい値となっている。 $R_{2\%}$  は、豊島らの算定値の約 1.4~2.5 倍の値となっている。

## 4. あとがき

砕波水深は、不規則波に対する図表を用いた場合の方が、規則波に対する図表を用いた場合よりも約 2 割程度大きくなる。改良仮想勾配法による波の打ち上げ高さは、規則波及び不規則波に対する水深を用いてもほぼ同程度か、幾分規則波の水深を用いた場合のほうが大きくなる。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や、本実験結果と比較すると、 $hi/L_0$  が 0.01 以上になると過小評価となる。豊島らの算定図より求めた打ち上げ高さは、不規則波の  $R_{1/3}$  よりやや小さい値を示す。

### 参考文献

- 1) 加藤ら:傾斜護岸への相対水深を考慮した代表打ち上げ高さに関する一検討, 土木学会第 60 回年次学術講演会概要集, pp.373-374, 2005.
- 2) 中村ら: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) 豊島ら: 海岸堤防への波の打ち上げ高—海底勾配 1/20—, 第 12 回海岸工学講演会講演集, pp.180-185, 1965.
- 4) 合田良実:砕波指標の整理について, 土木学会論文報告集, 第 180 号, pp.39-49, 1970.
- 5) 合田良実:浅海域における波浪の砕波変形, 港湾技術研究報告, 第 14 巻, 第 3 号, pp.59-106, 1975.
- 6) 間瀬ら:汀線近傍の護岸への不規則波の打上げに関する研究—算定打上げ高と不規則波の代表打ち上げ高の関係—, 土木学会論文集 No.726, pp.99-107, 2003.

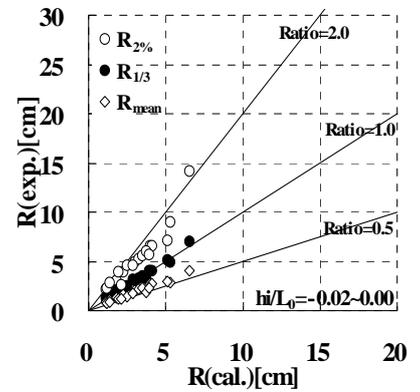


図-4 算定値と実験値の比較  
( $hi/L_0=-0.02\sim 0.00$ )

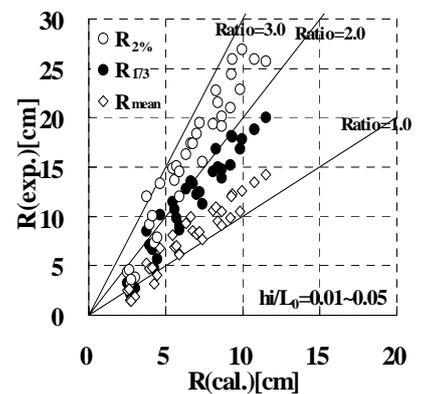


図-5 算定値と実験値の比較  
( $hi/L_0=0.01\sim 0.05$ )

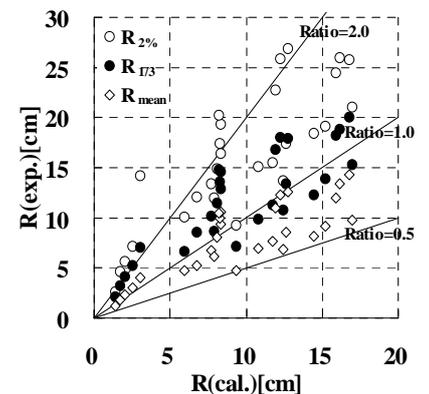


図-6 算定値と実験値の比較  
( $hi/L_0=0.00\sim 0.03, 0.05$ )