## 斜面上の砕波・非砕波を考慮した波の打ち上げ高さに関する検討

東北工業大学 学生員 〇柴田 壮志 東北工業大学 正 員 高橋 敏彦

### 1. まえがき

斜面上の波の打ち上げ高さを詳細に観察すると、斜面上で砕波した場合と非砕波の場合の、遡上高さ の傾向に違いが認められる。高田<sup>1)</sup>は規則波に対する砕波・非砕波を考慮した波の打ち上げ高さの検討 を行っているが、実際の波は不規則波であるにも関わらず、それ程検討されていない。著者らは、不規 則波の波の打ち上げ高さについて検討を行い、報告を行っている。本研究は、既往のデータ<sup>2)</sup>を用いて、 不規則波の波の打ち上げ高さを砕波・非砕波に分類して再検討したものである。

#### 2. 実験条件<sup>2)</sup>

前報において報告しているので、要約して記述す る。実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、深さ 0.7m の両面ガラス張り造波水路を 2 分して片側 0.3m と し、両側の水路を利用した。水路の一端にピストン 型反射吸収制御付き造波装置、他端には模型堤体を 表 - 1 実験条件

実験 No	斜面 形状	勾配	$T_{1/3}$ (sec)	H <sub>1/3 (cm)</sub>	水深	(cm)
A-1		1/3				
A-2	滑面	1/4	1.34	1.0~11.0	30	
A-3		1/5				

設置した。模型堤体の斜面勾配は、1/3, 1/4, 1/5 とし、斜面形状は滑面とした。一様水深部は h=0.3m とし不規則波の有義波周期 T<sub>1/3</sub>=1.34s, 有義波波高 H<sub>1/3</sub>=1.0~11.0cm とした。波の打ち上げ高さは 1~ 110 波目を読み取り、11~110 波目の値を用いた。不規則波は、Bretschneider・光易型のスペクトルを もつ波を用いた。実験条件は、重複波水深領域となる。表 - 1 に実験条件を示す。

#### 3. 検討結果及び考察

3-1. 沖波波形勾配 H<sub>0</sub>'/L<sub>0</sub>と斜面勾配 cot αの関係

図 - 1 は、H<sub>0</sub>':換算沖波有義波高 {=(H<sub>1/3</sub>)<sub>0</sub>} /L<sub>0</sub>:L<sub>0</sub>=沖波有義波長と 斜面勾配 cot  $\alpha$  =3~5の関係を、斜面上で砕波〇と非砕波●に分けて示 したものである。なお、砕波の定義は有義波を考慮に入れて、斜面上の 砕波数が波の打ち上げ波数 100 波の 1/3 以上砕波した場合とした。図中 には Miche<sup>3)</sup>による、のり面上による砕波限界曲線を併記している。図 より、Miche によるのり面上の波の砕波・非砕波の判別する砕波限界曲 線は、cot  $\alpha$  が大きくなるにつれて H<sub>0</sub>'/L<sub>0</sub>の値は小さくなっている。 実験値の砕波と非砕波の境界は、cot  $\alpha$  =3 と 4 ではほぼ曲線上にあり砕 波、非砕波の判別が対応しているようであるが、cot  $\alpha$  =5 では実験値の H<sub>0</sub>'/L<sub>0</sub>=0.007 ですでに非砕波となっており、Miche による曲線とは幾分 差が認められる。

図 - 2 は、surf similarity parameter  $\xi_0$  {=tan  $\alpha / (H_0' / L_0)^{1/2}$ 、tan  $\alpha$ : 斜面勾配} と cot  $\alpha$ =3~5の関係を示したものである。図中の実線は、  $\xi_0$ の式に、前述の Miche の式で求めた沖波波形勾配の値を用いて計算し たものである。図より、cot  $\alpha$ =3~5 で $\xi_0 \rightleftharpoons 2.78 \sim 3.03$ の値が砕波・非砕 波の判別の値となっており、図 - 1 と同様、cot  $\alpha$ =3~4 でほぼ対応して いるが、cot  $\alpha$ =5 では、幾分差が認められる。







キーワード:斜面上の砕波・非砕波,波の打ち上げ高さ,代表打ち上げ高さ,不規則波 〒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 建設システム工学科 TEL:022-305-3539 FAX:022-305-3501

## 3-2. 各代表打ち上げ高さ R<sub>x</sub>/H<sub>0</sub>'と surf similarity parameter *ξ*<sub>0</sub>の関係

図 - 3は、斜面勾配tan  $\alpha$  =1/3~1/5の各代表打ち上げ高さR<sub>x</sub>を沖波有義 波高H<sub>0</sub>、で除した各代表打ち上げ高さ {R<sub>max</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>2%</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>1/10</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>1/3</sub> /H<sub>0</sub>、, R<sub>mean</sub>/H<sub>0</sub>、} と  $\xi_0$ の関係を砕波〇と非砕波●に分けて示したものであ る。図よりR<sub>x</sub>/H<sub>0</sub>、の値は、当然ながら同一 $\xi_0$ に対してR<sub>max</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>2%</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>1/10</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>1/3</sub>/H<sub>0</sub>、, R<sub>mean</sub>/H<sub>0</sub>、の順に大きい値となっている。またこれら の値は、 $\xi_0$ =2.5より小さい場合は右上がり、大きい場合は、幾分右下が りの傾向が認められる。また、 $\xi_0$ <2.5ではほとんどのケースで砕波、

ξ<sub>0</sub>>2.5ではデータ数は少ないがほとんど非砕波となっている。このこと からξ<sub>0</sub>=2.5付近は、砕波と非砕波の遷移領域となっていることが伺える。

# 3-3. 各代表打ち上げ高さの算定式

前節で示したように $\xi_0$ =2.5より大き い場合と小さい場合の波の打ち上げ現象 が異なっていることが分かった。そこで 図 - 4,5は、 $R_x/H_0$ 'と $\xi_0$ の関係を $\xi_0 \leq$ 2.57の砕波領域と $\xi_0 > 2.57$ の非砕波領 域に分けて回帰曲線を $R_x/H_0$ '=a $\xi_0^b$ の形 で求めて図示したものである。図 - 6は、 図-4,5の回帰曲線をまとめて図示したも のであり、 $\xi_0=2.57$ では両領域の曲線と

0.62

0.75



も幾分のずれがあるが、これは遷移領域として考えることができる。図中 には、比較のため規則波による波の打ち上げ高さのHunt<sup>4)</sup>の式 {R/H=1.01 tan  $\alpha$  / (H/L<sub>0</sub>)<sup>1/2</sup>  $\Rightarrow$  R/H<sub>0</sub>' } も併記している。図-6より、1.1<  $\xi_0$  < 2.2の範囲 では、不規則波の R<sub>1/3</sub>/H<sub>0</sub>' の方が Hunt の式より幾分大きい値を示している が、 $\xi_0 \Rightarrow 2.4$  ではほぼ同じ値を示すことが認められる。表 - 2 に、実験範囲 と各代表打ち上げ高さの係数を示す。1 例として $\xi_0$  と H<sub>0</sub>' /L<sub>0</sub>が、1.14  $\leq \xi_0 \leq 2.57$  で 0.011  $\leq$  H<sub>0</sub>/L<sub>0</sub>  $\leq 0.044$  の両方の条件に適合して 1/3~1/5 勾配の R<sub>max</sub>/H<sub>0</sub>' を求める場合、R<sub>max</sub>/H<sub>0</sub>' = 2.07( $\xi_0$ )<sup>0.7</sup> として計算を行う事になる。

0.67

		図	- 5	F (	<b>R</b> <sub>x</sub> /Η	H <sub>0</sub> ' 0>	と ξ 2.57	00 7)	つ関係	ś
	5			Ţ				- i		- i
									1	
	4									
					/ /	$\sim$	7		Rmax	/H_'
	3			//	//				R2%/	Ή,,
,°°				/		ŀ. 1			R	,/H.'
Å	2	_	″/	1	/	$\sim$	~	_		/н'—
	~		/,		_				- 1/3/	0
	1			-					R <sub>mear</sub>	,/ <b>н</b> <sub>0</sub>
	'	<i></i>								
		Hun	t's fo	rmu	la ,					
	0	-		2	2.	57 3	3	4		5

έn



-0.5

	$\frac{1.14 \le \xi_{0} \le 2.57}{0.011 < H_{0}'/L_{0} \le 0.044}$						$2.57 \le \xi_0 \le 4.30$				
井						適用範囲	$0.006 \leq H_0'/L_0 \leq 0.011$				
		$\tan \alpha = 1/3 \sim 1/5$					$\tan \alpha = 1/3 \sim 1/5$				
	R <sub>max</sub>	$ m R_{2\%}$	R <sub>1/10</sub>	$R_{1/3}$	$R_{mean}$		R <sub>max</sub>	$ m R_{2\%}$	$R_{1/10}$	$R_{1/3}$	
	2.07	2.00	1.6	1.34	0.91	а	6.13	4.68	5.13	3.94	

0.57

# 表-2 各代表打ち上げ高の係数

4. あとがき

適用範

不規則波の斜面上の砕波・非砕波と Miche の砕波限界曲線と比較検討を行い、条件によってはほぼ対応する事が分かった。また、1/3~1/5 勾配斜面上の、砕波・非砕波を考慮した不規則波の波の打ち上げ高さの実験式を提示した。

b

-0.45

-0.26

-0.53

-0.51

#### 参考文献

 1)高田彰:波の遡上,越波および反射の関連性について,土木学会論文報告集,第182号,pp.13-30,1970. 2)川上ら:不規則波による波の打ち 上げ高さに関する検討,土木学会平成14年度東北支部技術研究発表概要,pp.284-285. 3)Miche,M.:Le Pouvoir Reflechissant des Ouvrages Maritimes,Annales des Ponts et Chausees,May-June,1951. 4)Hunt.J.A.Jr:Des:gn of seawalls anel breakwaters,Proceedings,ASCE,Vol,85,N o.ww3,1959.



図-3 R<sub>x</sub>/H<sub>0</sub>'と ξ<sub>0</sub>の関係

 $R_{max}/H_0$ 

 $R_{2\%}/H_{0}$ 

R<sub>1/10</sub>/H

R<sub>1/3</sub>/H<sub>0</sub>

 $R_{mean}/H_{c}$ 

 $R_{\rm x}/H_0$