

II-103

砕波・非砕波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 ○吉田 純

東北工業大学 正 員 高橋敏彦

東北工業大学 正 員 阿部至雄

1. まえがき

規則波による波の打ち上げ高さに関しては、数多くの実験式等が示されている。しかし、実現象が不規則波であるにも関わらず、それほど検討は行われていない。川上らは、不規則波による波の打ち上げ高さに関する検討を行ない報告¹⁾を行なってきた。本研究は、これらのデータを用い波の打ち上げ高さの頻度分布や入射波の砕波・非砕波による波の打ち上げ高さの違い、海外で用いられている代表打ち上げ高さ $R_{2\%}$ 等について更に詳細に検討することを目的とした。

表-1 実験条件

2. 実験装置及び実験方法

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、両側の水路を使用した。水路の一端にピストン型反射波吸収制御付き造波装置、他端には模型堤体を設置した。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。一様水深は $h=0.3$ m とし不規則波の有義波高 $H_{1/3}=1.0\sim11.0$ cm 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。表-1 に実験条件を示す。

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

を配置した。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。一様水深は $h=0.3$ m とし不規則波の有義波高 $H_{1/3}=1.0\sim11.0$ cm 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。表-1 に実験条件を示す。

3. 実験結果及び考察

3-1 波の打ち上げ高さの頻度分布

図-1 (a)、(b)は、1/3 と 1/5 勾配への波の打ち上げ高さの観測値 R （静水面からの鉛直打ち上げ高さ）を、平均打ち上げ高さ $\bar{R}$ で無次元化した値 $R/\bar{R}$ の確率密度を柱状グラフで示した一例である。図中の実線は Rayleigh 分布

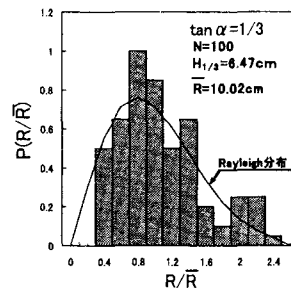


図-1(a) 波の打ち上げ高さの頻度分布

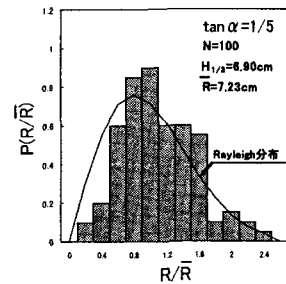


図-1(b) 波の打ち上げ高さの頻度分布

曲線を示している。両図とも、 $N=100$ と個数が少ないことを考慮すると、ばらつきはあるものの打ち上げ高さの確率密度分布は Rayleigh 分布とほぼ同様と考えられる。

3-2 遡上時の砕波・非砕波の検討

図-2、3 は、不規則波の各データの入射波 100 波の遡上時砕波・非砕波を観測ビデオより読み取り、勾配別にそれぞれ沖波波形勾配 H_0/L_0 ($H_0=(H_{1/3})_0$, $L_0=1.56T_{1/3}^2$) 及び surf similarity parameter $\xi_0=|\tan \alpha / (H_0/L_0)^{1/2}|$, $\tan \alpha$: 斜面勾配と砕波率の関係を示したものである。図より H_0/L_0 が大きくなる程、また、 ξ_0 が小さい程波の砕波率は大きくなる。ここでは、有義波を考慮に入れて、砕波数が波の打ち上げ波数の 1/3 以上すなわち砕波率が 33% 以上の場合を砕波、それ以下の場合を非砕波と定義した。図中の実線はその境界線を示す。

3-3 R_x/H_0 と ξ_0 の関係

図-4 は斜面勾配 $\tan \alpha = 1/3 \sim 1/5$ の各代表打ち上げ高さ R_x を沖波有義波高 H_0 で除した相対打ち上げ高さ $|R_{\max}/H_0, R_{2\%}/H_0, R_{1/10}/H_0, R_{1/3}/H_0, R_{\text{mean}}/H_0|$ と ξ_0 の関係を示したものである。図より R_x/H_0 の値は、当然ながら同一 ξ_0 に対して $R_{\max}/H_0, R_{2\%}/H_0, R_{1/10}/H_0, R_{1/3}/H_0, R_{\text{mean}}/H_0$ の順に大きい。また、これらの値は $\xi_0 = 2.57$ より小さい場合は右上がり、大きい場合は右下がりの傾向が認められる。図-3 と対応させると $\xi_0 \leq 2.57$ ではほとんどのケースで砕波、 $\xi_0 > 2.57$ ではデータ数は少ないがほとんど非砕波となっている。 $\xi_0 = 2.57$ 付近は、砕波と非砕波の遷移領域となっている。Hunt は規則波の波の打ち上げ高さを $R/H = 1.01 \tan \alpha / (H/L_0)^{1/2} = \xi$ と表わしている。

Hunt に習い、不規則波の相対打ち上げ高さ $R_x/H_0 = \xi_0 = \tan \alpha / (H_0/L_0)^{1/2}$ として砕波、非砕波別に $R_x/H_0 = a \xi_0^b$ の回帰式で表わす。各代表波の係数 a, b を一覧にしたのが表-2 である。この時の各相関係数は $R^2 = 0.90$ 以上の値を示しており強い相関を示している。

3-4 実験値と計算値の比較

図-5 は、表-2 の係数を用いた各打ち上げ高さの計算値 $(R_x/H_0)_{\text{cal}}$ と実験値 $(R_x/H_0)_{\text{exp}}$ の比較を示したものである。図中の○、△印は、表-2 を用いた計算値及び Mase の実験式²⁾ (適用範囲 $1/30 \sim 1/5$) を用いて $1/5$ 勾配のみの計算値をそれぞれ本実験値と比較したものである。○印の本実験値と計算値は、ばらつきが小さく良く対応している。一方、△印の Mase の計算値は、本実験値より幾分大きい値を示しているが全体的に良く対応していると思われる。最後に本解析は、本学学生阿部裕也君との共同研究である。ここに記して感謝の意を表する。

4. あとがき

前報のデータを用い、波の打ち上げ高さの頻度分布や入射波の砕波・非砕波による波の打ち上げ高さの違い、代表打ち上げ高さ $R_{2\%}$ についてかなり明らかにすることができた。

<参考文献>

- 1) 川上・高橋・阿部：不規則波による波の打ち上げ高さに関する検討、東北支部、2003
- 2) Mase, H: Random-wave-runup-height-on-gentle-slope, J. Waterway, Port, Coastal, and-Ocean-Eng. Vol. 115, No5, p. 649-661, 1989

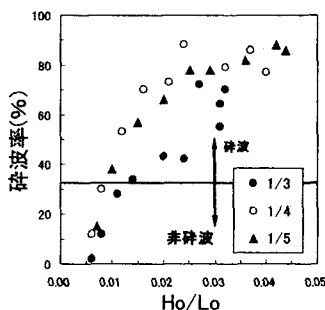


図-2 砕波率と沖波波形勾配の関係

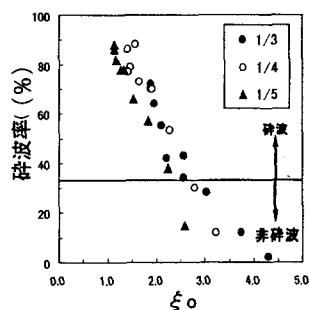


図-3 砕波率と ξ_0 の関係

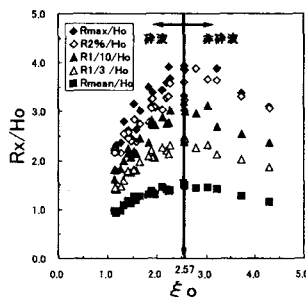


図-4 R_x/H_0 と ξ_0 の関係

表-2 各打ち上げ高さの係数

適用範囲	1.14 ≤ ξ₀ ≤ 2.57 (砕波)				
	0.011 < H₀/L₀ ≤ 0.044				
	tan α = 1/3 ~ 1/5				
	R _{max}	R _{2%}	R _{1/10}	R _{1/3}	R _{mean}
a	2.07	2	1.6	1.34	0.91
b	0.7	0.75	0.75	0.67	0.57

適用範囲	2.57 < ξ₀ ≤ 4.30 (非砕波)				
	0.006 ≤ H₀/L₀ ≤ 0.011				
	tan α = 1/3 ~ 1/5				
	R _{max}	R _{2%}	R _{1/10}	R _{1/3}	R _{mean}
a	6.13	4.68	5.13	3.94	2.44
b	-0.45	-0.26	-0.53	-0.51	-0.5

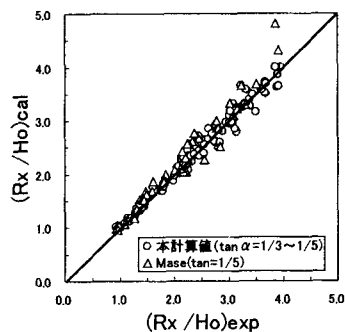


図-5 実験値と計算値の比較