

急傾斜護岸への代表打ち上げ高さに関する検討

東北工業大学 学生員 〇田山 栄祐

東北工業大学 正 員 菅原 景一・高橋 敏彦

1. まえがき

斎藤ら¹⁾は、不規則波による代表打ち上げ高さの関係について Longuet-Higgins²⁾が示す代表波高間の関係式が波の打ち上げ高さにはほぼ対応すると報告している。これらの検討条件としては、相対水深 h_i （堤脚水深）/ L_0 （沖波波長） $= -0.02 \sim 0.05$ と比較的 h_i/L_0 が小さい条件の結果となっている。また、鈴木ら³⁾は、 h_i/L_0 が比較的大きな緩傾斜護岸の 1/3 勾配においても実験的検討を行って、代表波高間の関係式が波の打ち上げ高さにはほぼ対応している結果を報告している。そこで本研究は、 $h_i/L_0 = 0.05 \sim 0.1$ と比較的 h_i/L_0 の大きな急傾斜護岸を対象に実験を行い、波の打ち上げ高さの頻度分布や Longuet-Higgins²⁾が示す代表波高間の関係式が波の打ち上げ高さに対応するのか検討を行ったので報告する。

2. 実験条件

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。模型堤体の法勾配は急傾斜護岸の 1/0.5 とした。実験は一様部水深 $h = 15.0 \sim 30.0$ m、有義波周期 $T_{1/3} = 1.42$ s、有義波高 $H_{1/3} = 2.0 \sim 10.0$ cm、 $h_i/L_0 = 0.048, 0.064, 0.095$ の 3 ケースである。遡上波は

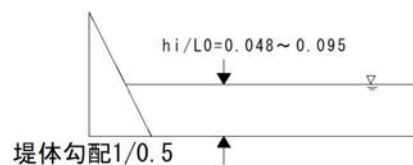


図1 模型堤体概略図

120 波以上を読み取り、11~110 波目の 100 波を基本的な解析対象とした。図-1 は模型堤体概略図を示している。本研究では各波のピーク値を読み取る（以降 crest-to-crest と呼ぶ）測定方法と、汀線を越えて打ち上がった波が汀線より沖側へ戻った遡上波の最高値を読み取る（以降 zero-up-cross と呼ぶ）測定方法を使用した。詳細な実験方法は三上ら⁵⁾が示しているので割愛する。

3. 実験結果及び考察

3.1 波の打ち上げ高さの頻度分布

高橋ら⁴⁾は、現地観測値の波の打ち上げ高さに関して頻度分布特性を検討し、ほぼ Rayleigh 分布に従うことを示唆している。

また、鈴木ら³⁾は水平床上に 1/3 勾配の傾斜護岸における実験結果で同様に検討し、ほぼ Rayleigh 分布に従うことを示している。そこで本実験でも同様の検討を行った。ただし、水平床上に 1/0.5 勾配の急傾斜護岸を設置した。図-2(a)、(b) は $h_i/L_0 = 0.095$ の実験ケースで zero-up-cross と crest-to-crest、図-3(a) は $h_i/L_0 = 0.064$ の実験

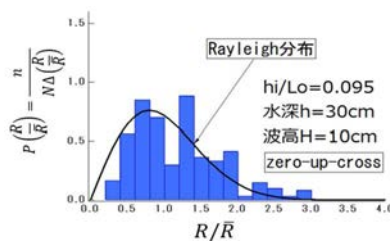


図-2(a) 打ち上げ高の実験値と理論値

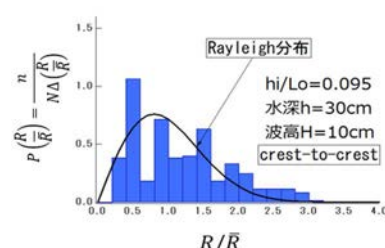


図-2(b) 打ち上げ高の実験値と理論値

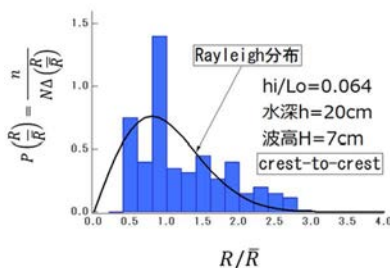


図-3(a) 打ち上げ高の実験値と理論値

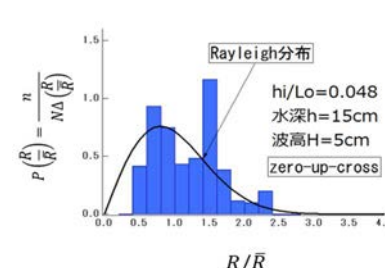


図-3(b) 打ち上げ高の実験値と理論値

ケースで zero-up-cross、図-3(b) は $h_i/L_0 = 0.048$ の実験ケースで zero-up-cross でそれぞれ波の打ち上げ高さを読み取った確率密度を柱状グラフで示したものである。図中の実線は Rayleigh 分布曲線を示している。図中では、Rayleigh 分布曲線より幾分大きい値や小さい値を示しているところもあるが、比較的 h_i/L_0 が大きな値の実験データを基に

キーワード 不規則波の代表打ち上げ高さ、Rayleigh 分布、遡上波数、入射波数

した場合でも、全体的に実験による波の打ち上げ高さの確率分布は Rayleigh 分布とほぼ同様の分布を示している。crest-to-crest と zero-up-cross の2つの測定方法の柱状グラフは幾分異なるものの、全体的に実験による波の打ち上げ高さの確率分布は Rayleigh 分布と同様の分布を示している。

表1 代表波高間の関係 (N=100)

	H _{mean}	H _{1/3}
H _{mean}	1.00	0.63
H _{1/3}	1.60	1.00
H _{1/10}	2.03	1.27
H _{2%}	2.24	1.40
H _{max}	2.45	1.53

3.2 代表打ち上げ高さの実験値と Longuet-Higgins が示した代表波高間の関係式を用いた打ち上げ高さの比較

Longuet-Higgins²⁾は、不規則波の波高分布が Rayleigh 分布に従うとして N(波の波数)=100 とした場合、代表波高間 H_x(H_{max}:最大波高,H_{2%}:2%超過確率波高,H_{1/10}:1/10 最大平均波高,H_{1/3}:1/3 最大平均波高,H_{mean}:

平均波高)間の関係式を示した(表-1)。斎藤ら¹⁾は、波の代表打ち上げ高さ R_x(R_{max}:最大打ち上げ高さ,R_{2%}:2%超過確率打ち上げ高さ,R_{1/10}:1/10 平均打ち上げ高さ,R_{1/3}:1/3 平均打ち上げ高さ,R_{mean}:平均打ち上げ高さ)間においても上述の関係式にほぼ従うことを示している。

図-4(a)、(b)は、 $h_i/L_0=0.048\sim0.095$ のケースでそれぞれ $R_{1/10}/H_0$ と $R_{1/3}/H_0$ 、及び $R_{1/3}/H_0$ と R_{mean}/H_0 の実験値の関係を示したものである。図中の実線は Longuet-Higgins²⁾が示した代表波高間の関係式を代表打ち上げ高さ間に適用したものである ($R_{1/10}/H_0/R_{1/3}/H_0=1.27$ 、 $R_{1/3}/H_0/R_{mean}/H_0=1.60$)。両図より、幾分ばらつきはあるものの各代表打ち上げ高さ間の関係においても各代表波高間の関係にほぼ対応するものと思われる。

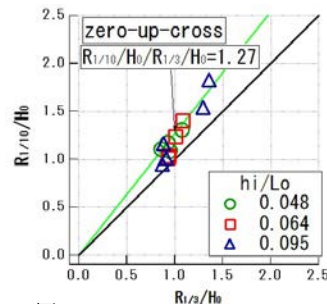
図-5(a)、(b) は、相対水深 $h_i/L_0=0.048\sim0.095$ の範囲で $R_{1/10}/H_0$ 及び $R_{1/3}/H_0$ の代表打ち上げ高さの実験値を横軸に、表-1 { $R_{1/10}/H_0(\text{cal.})=1.27R_{1/3}/H_0$ 、 $R_{1/3}/H_0(\text{cal.})=1.60R_{mean}/H_0$ } の関係式を用いた計算値を縦軸にプロットし比較したものである。図-5(a)、(b) の縦軸の計算値はそれぞれ $R_{1/3}$ 及び R_{mean} の実験値を基準として求めた値である。図中の破線は 20%の誤差を示している。両図ともいずれの h_i/L_0 でもほぼ対応していると思われる。

4.あ と が き

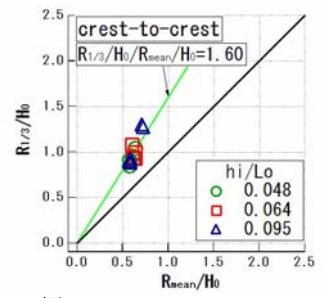
実験データを用いて波の打ち上げ高さの確率密度分布を検討した結果、相対水深 $h_i/L_0=0.05\sim0.1$ で 1/0.5 の急傾斜護岸の実験データを基にした場合でも crest-to-crest と zero-up-cross の両測定方法とも Rayleigh 分布とほぼ同分布を示した。Longuet-Higgins が示した不規則波の代表波高間の関係式が代表打ち上げ高さの関係式ともよく対応することが示された。

参考文献

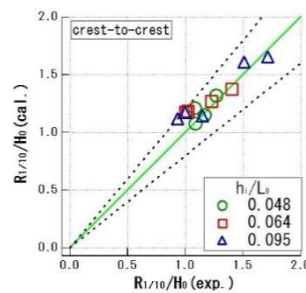
- 1) 斎藤祐平・高橋敏彦・小林且幸・新井信一：傾斜護岸への法先水深を考慮した波の打ち上げ高さに関する一検討、土木学会論文集 B2(海岸工学),Vol.71,No.2,pp.841-846,2015.
- 2) Longuet-Higgins,M.S : On the statistical distribution of sea waves,Jour.Marine Res.,Vol.XI,No.3,pp.245-266,1952.
- 3) 鈴木優治・高橋敏彦：相対水深を考慮した緩傾斜堤への波の打ち上げ高さに関する実験,令和2年度土木学会東北支部,II-88
- 4) 高橋敏彦・沼田 淳：緩傾斜護岸への波の打ち上げ高さ及び遡上特性に関する現地観測値の基礎的検討,海洋開発論文集,第15巻,pp.701-706,1999.
- 5) 三上圭吾・菅原景一・高橋敏彦：急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実験,令和3年度土木学会東北支部,投稿中

図-4(a) zero-up-cross の $R_{1/10}/H_0$ と

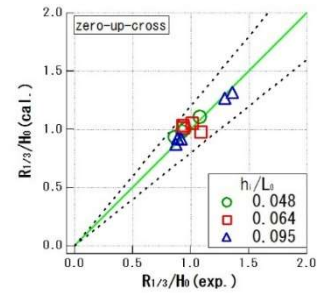
$R_{1/3}/H_0$ の関係

図-4(b) crest-to-crest の $R_{1/3}/H_0$ と

R_{mean}/H_0 の関係

図-5(a) crest-to-crest の $R_{1/10}$ の

実験値と算定値

図-5(b) zero-up-cross の $R_{1/3}$ の

実験値と算定値