

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

東北工業大学 学生員 ○菅原命士

東北工業大学 正 員 高橋敏彦 相原昭洋

1. まえがき

傾斜護岸への不規則波による波の代表打ち上げ高さに関して、加藤ら¹⁾は、相対水深を考慮した波の打ち上げ高さの推定方法を提案している。斎藤ら²⁾は不規則波の代表波高間の関係式を用いて代表打ち上げ高さ間の検討を行っている。一方、不規則波の代表打ち上げ高を定義する際には、入射波数を基準とした結果が近年報告³⁾されている。そこで本研究は、相対水深を考慮した不規則波の代表打ち上げ高さ R_x を入射波数と遡上波数の両方で定義し、それぞれの代表打ち上げ高さ間について検討を行った。

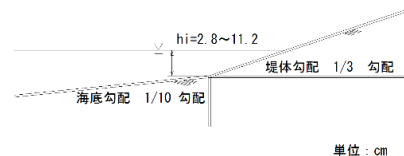


図-1 模型堤体概略図

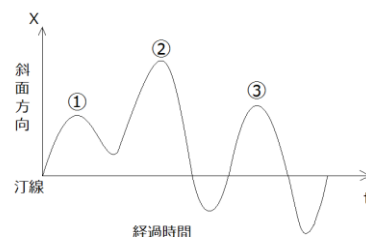
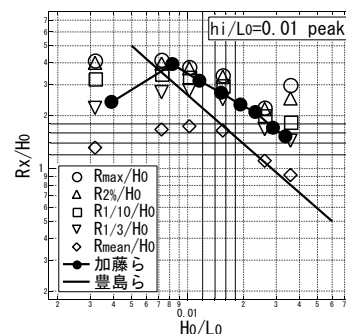


図-2 観測方法

2. 実験条件および実験方法

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。水路の一端にはピストン型反射波吸収制御付不規則波造波装置、他端には合板による 1/10 の海底勾配を作成し、その上に模型堤体を設置した。模型堤体の法勾配は 1/3 とした。実験は一様部水深 $h=32.8\sim42.2\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}=1.34\text{s}$ 、有義波高 $H_{1/3}=1.0\sim10\text{cm}$ 、法先水深・波長比 h_i (法先水深)/ L_0 (沖波波長) $=0.01\sim0.04$ の 5 ケースである。波の打ち上げ高さは、ビデオカメラで観測したデータから遡上した波を読み取った。遡上波は 1~120 波目を読み取り、11 波目からの値を用いて解析を行った。入射波数は、一様水深部に設置した波高計で入射波 11 波目から 100 波を読み取った。波の打ち上げ波数は、入射波数 100 波の時間に対する波の遡上波数を、ビデオカメラを用いて一波一波詳細に測定した。波の打ち上げ高さ及び入射波数の計測は 3 回ずつ行い、その平均値を用いている。図-1 に模型堤体概略図を示す。

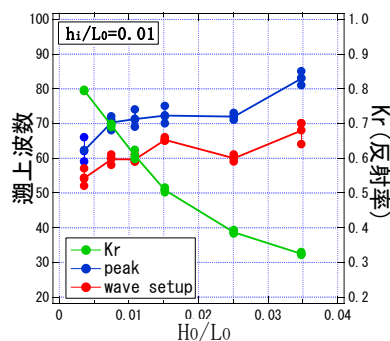
図-3 R_x/H_0 と H_0/L_0 との関係

3. 実験結果及び考察

3-1. 入射波数と遡上波数の検討

図-2 は、波の打ち上げ高さの模式図を示したものである。横軸に経過時間 t 、縦軸に法面方向の距離 X を示している。波の打ち上げ高さは、①～③のように各ピーク値を読み取る方法(以降 peak と呼ぶ)と、②と③の様に、汀線より沖側へ一旦戻ってから打ち上がる波の高さのピーク値を読み取る方法(以降 wave setup と呼ぶ)が考えられる。

図-3 は、peak で読み取った $h_i/L_0=0.01$ における相対水深を考慮した打ち上げ高さによる実験結果の一例である。横軸に H_0/L_0 (波形勾配)、縦軸に R_x/H_0 ($R_{\max}$:最大打ち上げ高さ、 $R_{2\%}$:2%超過打ち上げ高さ、 $R_{1/10}$: 1/10 最大打ち上げ高さ、 $R_{1/3}$: 1/3 最大打ち上げ高さ、 R_{mean} : 平均打ち上げ高さ)の関係を示したものである。比較の為、1/20 海底勾配上に 1/3 勾配の模型堤体を設置した加藤らの不規則波の実験値、1/20 海底勾配上に 1/3 勾配の堤体を設置した豊島らの滑面に対する規則波の実験曲線⁴⁾も併記している。図より、 $R_{\max}/H_0$ 、 $R_{2\%}/H_0$ 、 $R_{1/10}/H_0$ 、 $R_{1/3}/H_0$ 、 R_{mean}/H_0 の順に代表打ち上げ高さが大きく、 H_0/L_0 が大きくなるに従い、 R_x/H_0 の値は小さくなる傾向を示している。なお、佐々木ら⁵⁾によると、peak 及び wave setup で測定した波の打ち上げ高さは、ほぼ同程度となっている。

図-4 H_0/L_0 と入射波数の関係

キーワード：不規則波の代表打ち上げ高さ、入射波数、遡上波数

〒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 都市マネジメント学科 TEL:022-305-3539

図-4 は横軸に H_0/L_0 、縦軸に入射波数 100 波に対する遡上波数を示しており、縦軸右が反射率 kr を示している。peak 及び wave setup の遡上波数はそれぞれ青色、赤色で示している。同一条件で 3 回ずつ実験を行っており、その平均値を結んだものが実線である。図-4 より、青色の peak の場合は 59~85 波、平均値は 72 波、赤線の wave setup では、52~70 波、平均値は 61 波と両方とも 70%、60% へ遡上波数が減少した。なお、図-4 等の詳細については、山中ら⁶⁾に記載している。

3-2. 代表打ち上げ高さの実験値と Longuet-Higgins⁷⁾ が示した代表波高間の関係式を用いた代表打ち上げ高さの比較

Longuet-Higgins は、不規則波の波高分布が Rayleigh 分布に従うとして代表波高 H_x (H_{mean} , $H_{1/3}$, $H_{1/10}$, $H_{2\%}$, H_{max}) 間の関係式を示した。斎藤らは、波の代表打ち上げ高さ R_x (R_{mean} , $R_{1/3}$, $R_{1/10}$, $R_{2\%}$, R_{max}) 間についても上述の関係式にほぼ従うことを示している。

図-5(a),(b)は、peak の方法で測定した波の打ち上げ高さを、遡上波数 100 波と遡上波数 100 波に対する換算入射波数の $R_{1/10}$ と $R_{1/3}$ の関係を図示したものである。Longuet-Higgins が示した代表波高間の関係式($H_{1/10}=1.27 \cdot H_{1/3}$)から、図中の赤実線は、関係式($R_{1/10}=1.27 \cdot R_{1/3}$)の係数 1.27 を示したものである。両図とも、係数 1.27 上にほぼ対応しており、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とほぼ対応するものと思われる。

3-3. 代表打ち上げ高さの実験値と理論値による計算値の比較

図-6(a),(b)は、wave setup の方法で測定した波の打ち上げ高さを、遡上波数 100 波と遡上波数 100 波に対する換算入射波数で求めた、 $R_{1/10}$ の実験値(exp.)と $R_{1/10}=1.27 \cdot R_{1/3}$ の式から求めた計算値(cal.)との比較を示したものである。図中の実線は Ratio=1.0 を示しており、両図とも大きな差が見られなく、全体的にほぼ対応していると思われる。

4. あとがき

不規則波の代表打ち上げ高さについて、入射波数と遡上波数の両方で定義し、それぞれ検討を行った。波の打ち上げ毎のピーク値を読み取る方法(peak)と、汀線より沖側へ一旦戻ってから打ち上がる波の高さのピーク値を読み取る方法(wave setup)では、遡上波数が入射波数に対してそれぞれ 60~70% まで減少した。各代表打ち上げ高さ間の関係においては、Longuet-Higgins が示した代表波高間の関係式とほぼ対応している。また、遡上波数及び入射波数で計算した代表打ち上げ高さの実験値(exp.)と実験による計算値(cal.)の比較に関しても、両ケースともよく対応しているものと思われる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 斎藤裕平, 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, I_841-I_846, 2015.
- 3) 例えば, 玉田崇, 間瀬肇, 安田誠宏: 複合断面に対する不規則波を考慮した打ち上げ高測定法に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.936-940, 2009
- 4) 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, 土木学会, pp.180~185, 1964
- 5) 佐々木ら: 相対水深を考慮した波の打ち上げ高さに関する実験(平成 28 年度, 東北支部投稿中)
- 6) 山中ら: 傾斜護岸への入射波数と遡上波数に関する実験的検討(平成 28 年度, 東北支部投稿中)
- 7) Longuet Higgins, M.S.: On the statistical distribution of sea waves, Jour. Marine Res., Vol. XI, No. 3, pp. 245-266, 1952

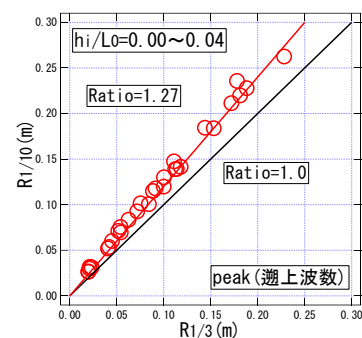


図-5(a) $R_{1/10}$ と $R_{1/3}$ の関係

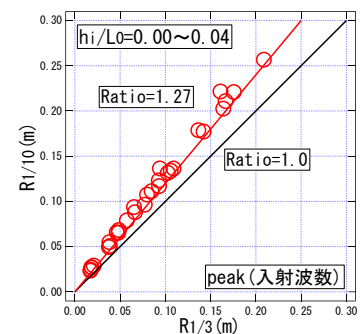


図-5(b) $R_{1/10}$ と $R_{1/3}$ の関係

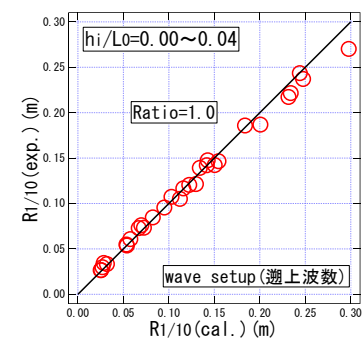


図-6(a) $R_{1/10}$ の実験値と計算値の比較

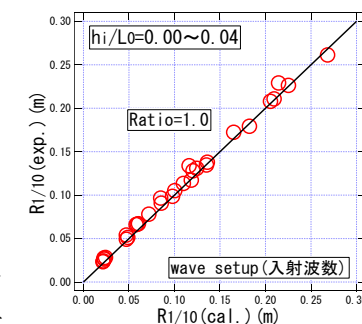


図-6(b) $R_{1/10}$ の実験値と計算値の比較