

相対水深を考慮した傾斜護岸への波の打ち上げ高さの検討

東北工業大学 学生員 ○伊藤 和樹
東北工業大学 正員 高橋 敏彦

1. はじめに

前報¹⁾において、改良仮想勾配法²⁾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³⁾や本実験結果と比較すると、相対水深 hi/L_0 (提脚水深)/ L_0 (沖波波長)=0.01 以上になると過小評価となることが示された。そこで本研究は、 hi/L_0 の条件によって改良仮想勾配法による波の打ち上げ高さの計算結果に、相対水深を考慮した傾斜護岸への波の打ち上げ高さの推定方法を検討した。

2. 実験条件⁴⁾

前報において報告しているもので、要約して記述する。ただし、改良仮想勾配法が適用でき、本報告で検討した実験条件を表-1 に示す。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 1/3 である。実験は、一様部水深 $h=32.80\sim 44.00\text{cm}$ 、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)/ $L_0=-0.02\sim 0.05$ 迄の 0.01 刻みに 8 ケースである。

表-1 実験条件

| 実験No. | $T_{1/3}$ (s) | $H_{1/3}$ (cm) | hi (cm) | hi/L_0 | h (cm) |
|-------|---------------|----------------|-----------|----------|----------|
| B-1 | 1.34 | 1~10.0 | -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. 改良仮想勾配法と本実験結果の波の打ち上げ高さの関係

図-1(a)~(b)は、 R_x/H_0' (exp.) (不規則波の実験値の代表打ち上げ高さ)と R/H_0' (改) (改良仮想勾配法より求めた打ち上げ高さ) の関係を hi/L_0 の範囲毎に示したものである。(a)~(b)はそれぞれ $hi/L_0=0.01\sim 0.03$ 、 $0.04\sim 0.05$ の範囲である。図-1(a)の $hi/L_0=0.01\sim 0.03$ では、 R/H_0' (改)の値は実験値 R_{mean}/H_0' の値より幾分小さい。また、 $R_{1/3}/H_0'$ の値が Ratio ≈ 2.0 付近を示していることからその値の約 1/2 となっていることが分かる。図-1(b)では、図-1(a)とは異なる関係を示しており、右下がりの傾向が認められる。 $hi/L_0=0.01\sim 0.03$ では、改良仮想勾配法で求めた R/H_0' は過小評価、 $hi/L_0=0.04\sim 0.05$ ではケースによって過小評価となることが認められる。図-2 は、 $hi/L_0=0.01$ のケースで、 $R_{1/3}/H_0'$ (exp.)と R/H_0' (改)の関係を示したものである。図中の実線は回帰直線で良く対応しており、 $R_{1/3}/H_0'$ (exp.)= $1.90\{R/H_0'$ (改)}^{1.39} で表すことができる。

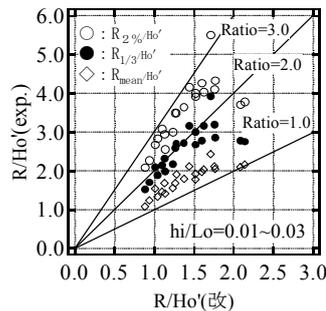


図-1(a)算定地と実験値の比較
($hi/L_0=0.01\sim 0.03$)

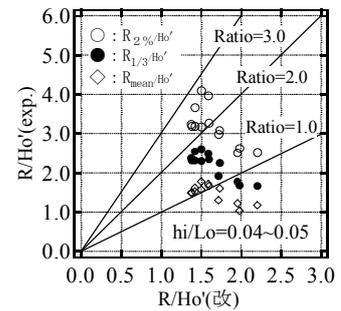


図-1(b)算定地と実験値の比較
($hi/L_0=0.04\sim 0.05$)

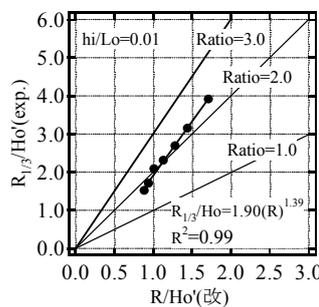


図-2 $hi/L_0=0.01$ の $R_{1/3}/H_0'$ (exp.)と R/H_0' (改)の関係

表-2 改良仮想勾配法による打ち上げ高さ
と各代表波の関係 ($hi/L_0=0.01$)

| |
|--|
| R_x/H_0' (exp.) = $a \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^b$ |
| $R_{\text{max}}/H_0' = 2.60 \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^{1.41}$ |
| $R_{2\%}/H_0' = 2.49 \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^{1.44}$ |
| $R_{1/10}/H_0' = 2.18 \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^{1.56}$ |
| $R_{1/3}/H_0' = 1.90 \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^{1.39}$ |
| $R_{\text{mean}}/H_0' = 1.37 \cdot \{R/H_0'$ (改) $\}^{1.18}$ |

キーワード: 相対水深, 改良仮想勾配法, 波の打ち上げ高さ, 代表打ち上げ高さ, 不規則波

3-2. 改良仮想勾配法による打ち上げ高さ R/H_0' (改) と各代表打ち上げ高さ R_x/H_0' の関係

表-2 は、図-2 と同様の方法で $hi/L_0=0.01$ に対する、各代表打ち上げ高さ $\{R_{mean}, R_{1/3}, R_{1/10}$ (1/10 最大打ち上げ高さ), $R_{2\%}$ (2% 超過打ち上げ高さ), R_{max} (最大打ち上げ高さ) $\}$ と改良仮想勾配法による打ち上げ高さの関係を、 $R_x/H_0' = a \cdot \{R/H_0'(\text{改})\}^b$ の式で表したものである。いずれの相関係数も 0.96 以上の高い値を示しており、改良仮想勾配法による打ち上げ高さ (R/H_0') の計算値と各代表打ち上げ高さ (R_x/H_0') の関係は、上式でよく対応することが認められる。

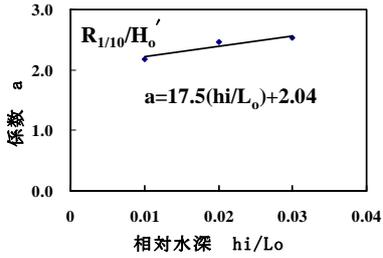


図-3 hi/L_0 と係数 a の関係の一例

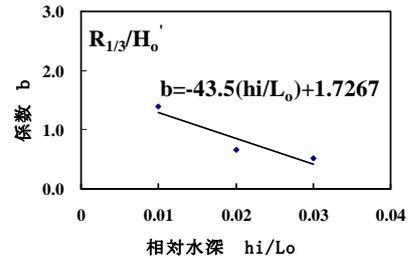


図-4 hi/L_0 と係数 b の関係の一例

表-3 代表打ち上げ高さを求める実験式

| 勾配 | $R_x/H_0'(\text{exp}) = a \cdot \{R/H_0'(\text{改})\}^b$ | 係数 a, b | 範囲 |
|-----|---|---|-------------------------------|
| 1/3 | R_{max}/H_0' | $a = 7.5(hi/L_0) + 2.67$ $b = -34.5(hi/L_0) + 1.54$ | hi/L_0 0.01 ~ 0.03 |
| | $R_{2\%}/H_0'$ | $a = 11.5(hi/L_0) + 2.51$ $b = -38(hi/L_0) + 1.62$ | |
| | $R_{1/10}/H_0'$ | $a = 17.5(hi/L_0) + 2.04$ $b = -51(hi/L_0) + 1.95$ | |
| | $R_{1/3}/H_0'$ | $a = 7(hi/L_0) + 1.86$ $b = -43.5(hi/L_0) + 1.73$ | |
| | R_{mean}/H_0' | $a = -0.5(hi/L_0) + 1.38$ $b = -25.5(hi/L_0) + 1.36$ | |

3-3. hi/L_0 を考慮した波の打ち上げ高さ

表-2 より $hi/L_0=0.01$ のケースでは $R/H_0'(\text{改})$ に対する $R_{1/3}/H_0'$ は $R_{1/3} = 1.90 \{R/H_0'(\text{改})\}^{1.39}$ ($a:1.90, b:1.39$) の関係にあることが認められる。図-3、4 は、これらの関係を $hi/L_0=0.01 \sim 0.03$ の範囲でプロットしたものである。縦軸はそれぞれ $R_{1/10}/H_0'$ と $R_{1/3}/H_0'$ の係数 a, b、横軸は相対水深 hi/L_0 である。図中の実線は一次の回帰直線である。同様に、各代表打ち上げ高さについて係数 a, b をまとめると、表-3 のようになる。

3-4. 代表打ち上げ高さの実験値と実験式による計算値の比較

図-5、6 は、 $hi/L_0=0.01 \sim 0.03$ の範囲で、 $R_{2\%}/H_0'$ 、 $R_{1/3}/H_0'$ の実験値と計算値の比較を示したものである。図中の破線は誤差 25% を表している。図より、 $R_{2\%}/H_0'$ 、 $R_{1/3}/H_0'$ において誤差 25% から幾分外れているケースはあるが、全体的にはほぼ対応していると思われる。図-7 は、 $hi/L_0=0.04 \sim 0.05$ の範囲で、 $R_{1/3}/H_0'$ の実験値と計算値の比較を示したものである。計算はこれまで、 $hi/L_0=0.01 \sim 0.03$ で示した方法と同様である。紙面の都合上、 $hi/L_0=0.04 \sim 0.05$ の各代表波の a, b の実験式等 (表-2、表-3 に対応する表) は割愛した。図-7 より、図-5、6 と同様、計算値と実験値はほぼ対応している。

4. おわりに

相対水深 $hi/L_0=0.01 \sim 0.05$ の範囲で相対水深を考慮した波の打ち上げ高さを、改良仮想勾配法より求める一推定法を示した。今回の方法で求めた計算値は、実験値とほぼ対応することが分かった。

参考文献

1) 茂木ら: 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, 平成 18 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, II-47.2) 中村ら: 複合断面における波の打上げに関する研究, 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) 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.

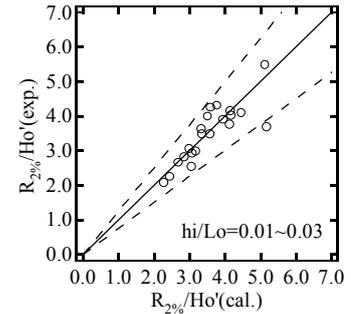


図-5 $R_{2\%}/H_0'$ の実験値と計算値の比較 ($hi/L_0=0.01 \sim 0.03$)

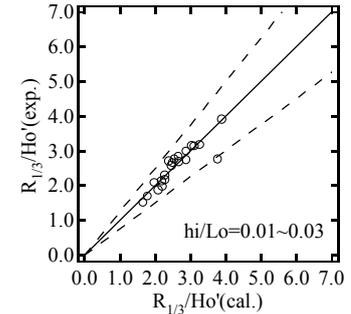


図-6 $R_{1/3}/H_0'$ の実験値と計算値の比較 ($hi/L_0=0.01 \sim 0.03$)

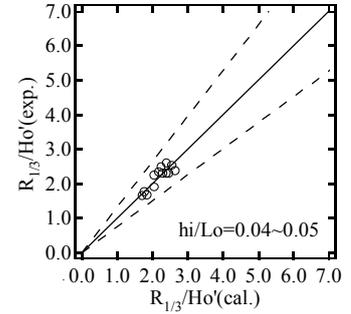


図-7 $R_{1/3}/H_0'$ の実験値と計算値の比較 ($hi/L_0=0.04 \sim 0.05$)