

相対水深を考慮した 1/2 傾斜護岸への波の打ち上げ高さに関する実験

東北工業大学 学生員○小野寺貴也

東北工業大学 正員 菅原景一・高橋敏彦

1. まえがき

東日本大震災以降、仙台南部海岸沿いに 1/2 勾配の傾斜護岸が施工された<sup>1)</sup>。佐藤ら<sup>2)</sup>は、水平床上に 1/30 の海底勾配を作成し、その上に 1/2 傾斜護岸を設置して波の打ち上げ高さに関する相対水深の影響について検討を行っている。ただし相対水深は  $hi/L_0=0.00\sim 0.04$  までの比較的小さい場合である。そこで本研究は、1/2 傾斜護岸について佐藤らより更に相対水深の大きい場合の波の打ち上げ高さに関する検討を行った。また波の打ち上げ高さの測定方法の違いによる波の遡上波数及び代表打ち上げ高さの比較検討も行った。

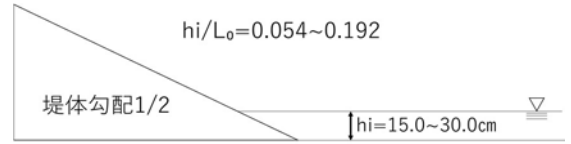


図-1 模型堤体概略図

2. 実験条件及び実験方法

実験水路は、長さ 20.0m、幅 0.6m、高さ 0.7m の両面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付不規則波造波装置、他端に法勾配 1/2 の模型堤体を設置した。実験は一様部水深  $hi=15.0\sim 30.0\text{cm}$ 、有義波周期  $T_{1/3}\cong 1.0\text{s}, 1.34\text{s}$ 、相対水深  $hi(\text{法先水深})/L_0$  (沖波波長) $\cong 0.054\sim 0.192$  の 4 ケースである。波の打ち上げ高さは、波が遡上する様子をビデオカメラで撮影し、ビデオカメラの記録から 1 波 1 波詳細に読み取った。遡上波は 1~120 波以上を読み取り、11~110 波目の値を用いて基本的解析を行った。入射波数は、一様部水深に設置した波高計で測定した。波の打ち上げ高さの計測は 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、表-1 に実験条件を示す。

表-1 実験条件

| 実験No. | 堤体勾配 | 海底勾配 | $T_{1/3}(\text{sec})$ | $H_{1/3}(\text{cm})$ | $hi(\text{cm})$ | $hi/L_0$ |
|-------|------|------|-----------------------|----------------------|-----------------|----------|
| A-1   | 1/2  | なし   | 1.34                  | 2.0~10.0             | 15.0            | 0.054    |
| A-2   |      |      |                       |                      | 20.0            | 0.071    |
| A-3   |      |      | 30.0                  |                      | 0.107           |          |
| A-4   |      |      | 1.0                   |                      | 0.192           |          |

3. 実験結果及び考察

図-2 は、波の打ち上げ高さの模式図である。横軸は経過時間  $t$ 、縦軸は堤体勾配 1/2 斜面方向の距離  $x$  を表している。図-2 に示している通り、波の打ち上げ高さの測定方法は、各遡上波の最大値を読み取る方法(以降 crest-to-crest と呼ぶ)と汀線を超えて打ち上がった波が、汀線に戻るまでの複数の遡上波の中から最大値を読み取る方法(以降 zero-up-cross と呼ぶ)の 2 種類が考えられる。図より、crest-to-crest の読みは、①、②、③となるが、zero-up-cross は②、③となる。

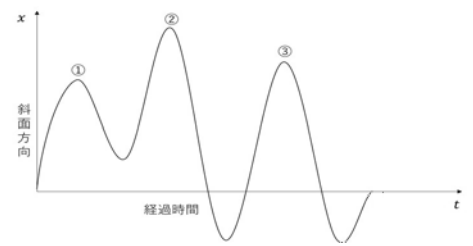


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

3-1. 各代表打ち上げ高さ  $R_x/H_0$  と沖波波形勾配  $H_0/L_0$

図-3 は、 $hi/L_0\cong 0.107$  における沖波波形勾配  $H_0/L_0$  とそれぞれの各代表打ち上げ高さ  $R_x$ (静水面上鉛直打ち上げ高さ)/ $H_0$ ( $R_{max}$ :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)の関係をパラメータとして図示したもので、 $H_0/L_0$  を横軸に、 $R_x/H_0$  を縦軸にプロットしたものである。図には比較のため

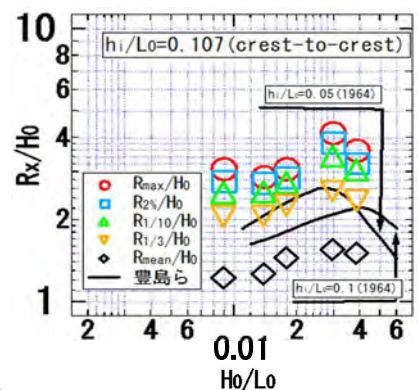


図-3  $R_x/H_0$  と  $H_0/L_0$  の関係

1/30 海底勾配上に 1/2 勾配を設置し、 $hi/L_0=0.05$  と 0.10 の豊島らの規則波の実験曲線<sup>3)</sup>を併記してる。図より、豊島らの値は両曲線共に  $H_0/L_0$  が増加すると  $R_x/L_0$  も増加し、ある  $H_0/L_0$  の値を最大値として右下がりとなっている

キーワード：不規則波の代表打ち上げ高さ、相対水深、1/2 傾斜護岸

る。本実験値の  $R_{1/3}/H_0$  と豊島らの値実験曲線を比較すると、ほぼ同様の傾向を示しており、本実験の  $R_{1/3}/H_0$  の値が幾分大きな値となっている。

### 3-2. 不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深

図-4 は crest-to-crest による代表打ち上げ高さ  $R_{1/3}/H_0$  と沖波波形勾配  $H_0/L_0$  の関係を  $h_i/L_0$  をパラメータとして図示したものである。図中には、比較のため 1/30 海底勾配上に 1/2 勾配を設置し、 $h_i/L_0=0.05$  と 0.10 で実験を行った豊島らの規則波の実験曲線<sup>3)</sup>を併記している。図より豊島らの値は両曲線共に  $H_0/L_0$  がある値を最大値として  $H_0/L_0$  が大きくなるにしたがって右下がりとなり、本実験でも同様の傾向を示している。また  $H_0/L_0=0.008\sim 0.05$  の範囲において  $h_i/L_0=0.054\sim 0.192$  の  $R_{1/3}/H_0$  は  $R_{1/3}/H_0\approx 2.0$  とほぼ同程度の値を示し、 $R_{1/3}/H_0$  の推移は、豊島らの実験曲線における  $h_i/L_0=0.05$  に対応している。

### 3-3. 沖波波形勾配 $H_0/L_0$ と反射率 $K_r$ の関係

図-5 は堤体勾配 1/2 における沖波波形勾配  $H_0/L_0$  と反射率  $K_r$  の関係をパラメータとして図示したもので、 $H_0/L_0$  を横軸に、 $K_r$  を縦軸にプロットしたものである。図より、各  $h_i/L_0$  の値は、 $H_0/L_0$  が大きくなるにつれて  $K_r$  が減少する傾向を示している。また、 $h_i/L_0=0.054\sim 0.107$  いずれも  $H_0/L_0=0.008\sim 0.013$  の間において  $K_r$  の値の大きな変化は見られず、 $K_r\approx 0.8$  とほぼ一定の値となった。

### 3-4. 測定方法の違いによる遡上波数と代表打ち上げ高さの関係

図-6 は、入射波数 100 波における各遡上波数の関係を  $h_i/L_0$  をパラメータとして図示したもので、横軸は zero-up-cross、縦軸は crest-to-crest の遡上波数を

示している。図中の点線は、20%の差を示す。また、図-7 は波の打ち上げ高さを crest-to-crest と zero-up-cross で各 100 波読み取った代表打ち上げ高さ  $R_{1/3}/H_0$  の関係をパラメータとして図示したものであり、図中の点線は、20%の差を示す。図-6 より、入射波数 100 波に対する各遡上波数は、crest-to-crest の方が zero-up-cross よりも幾分多い結果となった。図-6 における遡上波数の zero-up-cross に対する crest-to-crest の割合の全体の平均は 1.08 となり、zero-up-cross よりも crest-to-crest で読み取る波数の方が 8%程度大きい結果となった。また、図-7 における代表打ち上げ高さ  $R_{1/3}/H_0$  の zero-up-cross に対する crest-to-crest の割合の全体の平均は 0.98 となり、zero-up-cross より crest-to-crest で読み取る  $R_{1/3}/H_0$  の方が 2%程度小さい値となった。

## 4. あとがき

各代表打ち上げ高さの関係を示し、不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響について比較検討を行った。 $h_i/L_0$  が比較的大きい場合、波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響はほとんど認められなくなり、 $H_0/L_0=0.008\sim 0.05$  の範囲において  $R_{1/3}/H_0\approx 2.0$  となりほぼ同程度の値となる。波の打ち上げ高さは zero-up-cross よりも crest-to-crest で読み取る方が 2%程度小さい値となった。

### <参考文献>

- 1) 国土交通省 東北地方整備局 仙台河川交通事務所 [http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/kasen\\_kaigan/fukkou/kouzou.html](http://www.thr.mlit.go.jp/sendai/kasen_kaigan/fukkou/kouzou.html) (2022年12月15日閲覧) 2) 佐藤翔太、高橋敏彦、菅原景一:1/2 傾斜護岸への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技術研究発表会公演概要集 3) 豊島修、首藤伸夫、橋本宏: 海岸堤防への波の打ち上げ高-1/30-, 第11回海岸工学講演会講演集 pp.260~265,1964

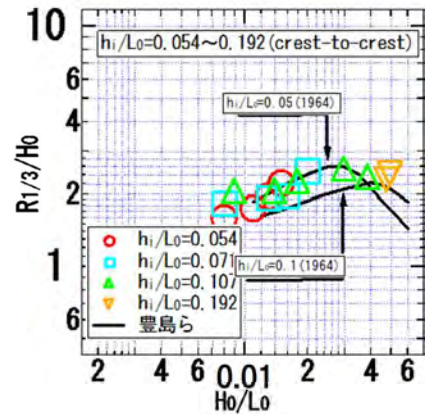


図-4  $R_{1/3}/H_0$  と  $H_0/L_0$  の関係

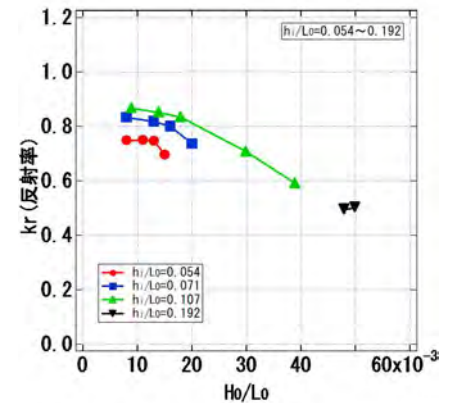


図-5 沖波波形勾配  $H_0/L_0$  と反射率  $K_r$  の関係

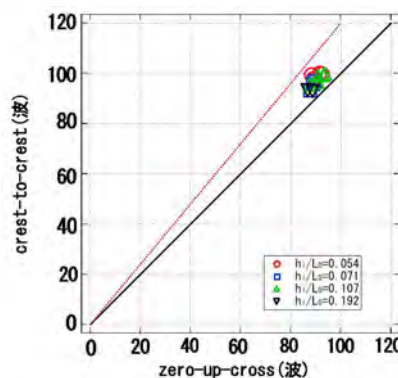


図-6 crest-to-crest と zero-up-cross の入射波数 100 波時の遡上波数の関係

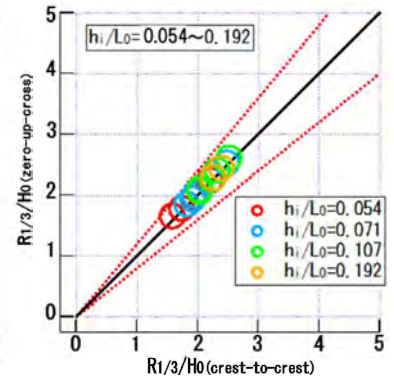


図-7 crest-to-crest と zero-up-cross の打ち上げ高さの関係