

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○佐藤翔太

東北工業大学 正 員 菅原景一・高橋敏彦

1. まえがき

波の打ち上げ高さに及ぼす相対水深の影響に関しては、規則波についてはある程度^{1,2)}検討されているが、不規則波によるそれらの影響に関しては、加藤ら³⁾、斎藤ら⁴⁾以外それほど検討されていない。さらに、東日本大震災以降、仙台南部海岸に新しく施工された護岸の1/2 勾配⁵⁾では、ほとんど検討されていない。そこで本研究では、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対する相対水深の影響について検討を行った。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。

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の両面ガラス張りの造波水路を使用した。水路の内部に、1/30の海底勾配を作成し、その上に1/2の模型堤体を設置した。実験は、一様部水深 $h=31.7\text{cm}\sim 42.9\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}\div 1.34\text{s}$ 、有義波高 $H_{1/3}\div 2.0\sim 10.0\text{cm}$ 、相対水深 hi (法先水深)/ L_0 (沖波波長) $\div 0.00\sim 0.04$ 迄の0.01刻みに5ケースである。入射波数は一様部水深に設置した波高計で測定した。波の打ち上げ高さは、波が遡上する様子をビデオカメラで撮影し、1波ずつ詳細に読み取った。遡上波は、1波～120波以上を読み取り、100波前後の値を用いて基本的解析を行った。波の打ち上げ高さの測定は、同じ条件で実験を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、表-1に実験条件を示す。

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法面方向の距離 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①、③となる。

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、 $hi/L_0\div 0.01$ 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1/30海底勾配上に1/2勾配を設置し、 $hi/L_0\div 0.01$ で実験を行った豊島らの規則波の実験曲線²⁾を併記してる。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

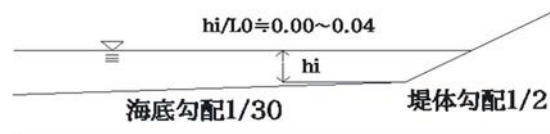


図-1 模型堤体概略図

表-1 実験条件

実験NO.	堤体勾配	海底勾配	$T_{1/3}(\text{sec})$	$H_{1/3}(\text{cm})$	$hi(\text{m})$	hi/L_0
A-1	1/2	1/30	1.34	2.0~10.0	0.000	0.00
A-2					0.028	0.01
A-3					0.056	0.02
A-4					0.084	0.03
A-5					0.112	0.04

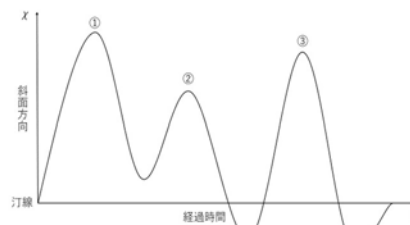
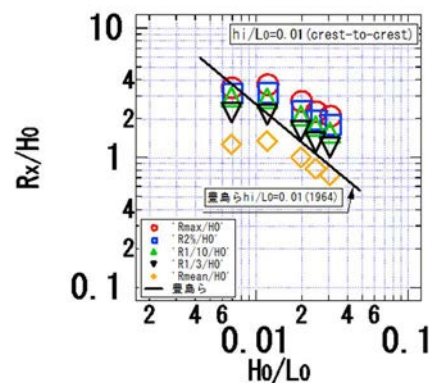


図-2 波の打ち上げ高さの模式図

図-3 R_x/H_0 と H_0/L_0 の関係

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

〒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

きい。また本実験値は、豊島らの値と同様に、 H_0/L_0 が大きくなるに従って、 R_x/H_0 の値が小さくなる傾向を示している。本実験値の $R_{1/3}/H_0$ と規則波の実験曲線を比較すると、 $R_{1/3}/H_0$ の値の方が幾分大きい値を示しており、ほぼ同傾向を示している。

3-2. 沖波波形勾配 H_0/L_0 と反射率 K_r の関係

図-4 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 の値が大きくなるにつれて K_r が増加する傾向を示しており、 $h_i/L_0 \div 0.03, 0.04$ で K_r は、同程度の値を示している。

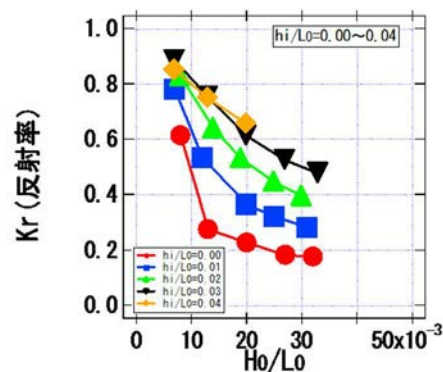


図-4 沖波波形勾配 H_0/L_0 と反射率 K_r の関係

3-3. crest-to-crest と zero-up-cross の遡上波数の関係

図-5 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。図より、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 よりも遡上波数が多い結果となった。また、入射波数 100 波に対する各遡上波数の全体の平均は zero-up-cross で読み取った値を 1 とすると、crest-to-crest で読み取った場合が 1.06 となった。すなわち、zero-up-cross よりも crest-to-crest で読み取る波数の方が 6%程度多い結果を示している。図に示してはいないが、代表打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_0$ は crest-to-crest よりも zero-up-cross で測定した値の方が 2%程度大きい値となった。

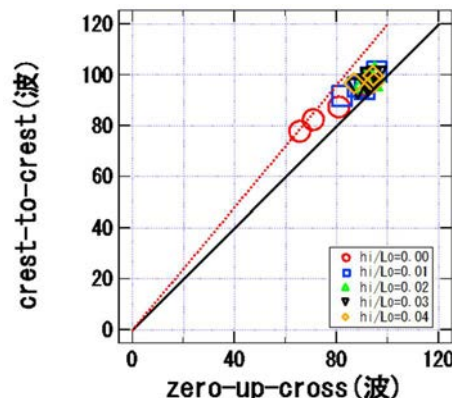


図-5 crest-to-crest と zero-up-cross の遡上波数の関係（入射波数 100 波）

3-4. 不規則波の波の打ち上げ高さに及ぼす法先水深

図-6 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、 $h_i/L_0 \div 0.00 \sim 0.05$ で実験を行った豊島らの規則波の実験曲線を併記している。豊島らの $h_i/L_0 = 0.00, 0.01$ の値は H_0/L_0 が大きくなるに従って右下がり、 $h_i/L_0 = 0.02, 0.03, 0.05$ の値は H_0/L_0 がある値を最大値として、 H_0/L_0 が大きくなるに従って右下がりとなっている。本実験値もほぼ同傾向を示している。また、 $R_{1/3}/H_0$ が最も大きい値は $H_0/L_0 \div 0.02$ で $h_i/L_0 = 0.03, 0.02, 0.04, 0.01, 0.00$ の順となっている。

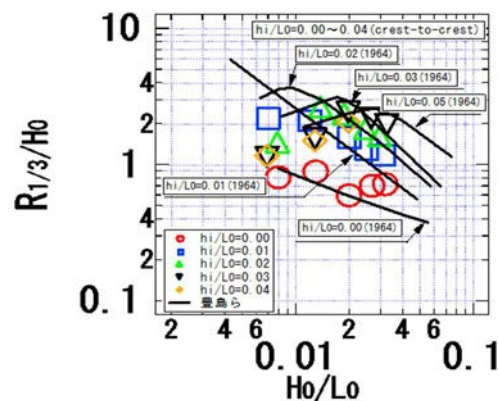


図-6 $R_{1/3}/H_0$ と H_0/L_0 の関係

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對水深の影響について比較検討を行い、 $R_{1/3}/H_0$ が最も大きい値は $H_0/L_0 \div 0.02$ で $h_i/L_0 = 0.03, 0.02, 0.04, 0.01, 0.00$ の順となっている。波の遡上波数は crest-to-crest で読み取る方が zero-up-cross より 6%程度多い結果となった。波の打ち上げ高さは、zero-up-cross で読み取る方法が 2%程度大きい値となった。

<参考文献>

- 1) 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 pp. 180~185, 1965
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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 1-841~1-846, 2015
- 5) 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 (2021 年 12 月 9 日閲覧)