

II-68

透水斜面向への波の打ち上げ高さに関する実験式の検討

東北工業大学 ○学生員 奥 康彦
東北工業大学 正 員 高橋敏彦
東北工業大学 正 員 沼田 淳

1. はじめに

護岸や、防波堤等の前面を消波ブロックで被覆した構造物への波の打ち上げ高さや、反射率に関する研究例は、これまで数多く発表されている。しかし透水性斜面の透水層厚に関する研究例は少ない。その中で、著者ら¹⁾は、2種類の堤脚水深について打ち上げ高さの実験を行い、透水層厚を考慮した打ち上げ高さに関する実験式を求め、この推定方法に於ける妥当性について検討指摘した。本研究では、もう一種類の堤脚水深を加え、再検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験条件及び実験方法

実験水槽は、長さ20.0m、幅0.6m、高さ0.7m、の両面ガラス張り造水路の水路幅を2分し、片側0.3mの水路で行った。追加実験は、水深40.0cm、周期1.26sec、波高0.5～9.0cmで行った。表-1に示す実験条件に基づいて実験を行った。模型堤体は図-1に示す様に1/5勾配に滑面を設置し、その上に透水性斜面としてアルミナボールを層積み(1層～15層)にした。透水性斜面の粒径dは5, 10, 20mmの3種類である。入射波高・反射波高は合田の入反射分離法を用い、汀線から波の最大打ち上げ点迄の水平目視距離をXmaxとし、波が安定する20～40波のXmaxを読み、その平均値より打ち上げ高さRを計算し実験値としている。尚、水深h=20.0, 30.0cmのデータは前報¹⁾より引用した。

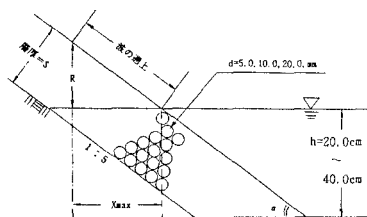


図-1 模型堤体概略図

表-1 実験条件

実験 No.	周期(sec)	入射波高H (cm)	粒径(mm)	層
P-0				滑面
P 1-1				1
P 5-1			5.0	5
P 10-1			10.0	10
P 15-1			15.0	15
P 1-2	1.26	0.5		1
P 5-2		9.0	10.0	5
P 10-2			20.0	10
P 1-3				1
P 4-3			20.0	4

3. 実験結果及び考察

3-1. Q_i/Q_o と L_o/S との関係

汀線から最大打ち上げ点Xmax迄の斜面に垂直な体積の透水層内に水が飽和したと仮定すると単位幅当りの貯留水量 Q_i は次式で表す事が出来る。

$$Q_i = S \cdot X_{max} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \lambda \cdot 1 \dots \dots \dots (1)$$

ここに、S:透水層厚, $\cos \alpha$:斜面勾配, λ :空隙率(=0.4)

一方、沖波を正弦波と見なした時、沖波一周単位幅当りの輸送水量 Q_o ²⁾は、(2)式で表される。

$$Q_o = H_o \cdot L_o \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 H_o :沖波波高, L_o :沖波波長

図-2は、 Q_i/Q_o を縦軸に L_o/S を横軸として粒径dをパラメータとして沖波波形勾配毎に示した一例で、 $H_o/L_o=0.005$ の場合の Q_i/Q_o の値を水深をパラメータとして粒径に関係なく L_o/S で整理してプロットしたものである。図中の実線は、回帰曲線を示している。

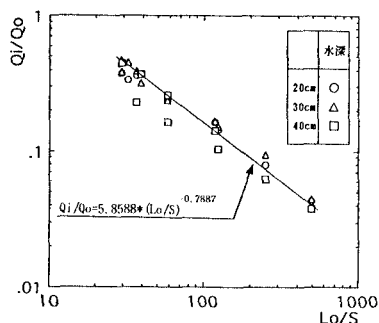


図-2 Q_i/Q_o と L_o/S の関係(一例)
($H_o/L_o=0.005$)

表-2は、 $H_o/L_o=0.005\sim0.025$ 迄0.005毎と0.030～0.050の間は0.010毎の合計8ケースに対し、図-2と同じ要領で示した曲線式を一覧にしたものである。 Q_i/Q_o と L_o/S の間には、粒径の大小、水深に関わらず各波形勾配共相関係数0.97以上で高い相関関係が認められる。

3-2. 係数A, Bと H_o/L_o の関係

表-2の式は、 $Q_i/Q_o=A*(L_o/S)^B\dots(3)$ の形となっており、係数A, Bと H_o/L_o の関係を示したものが図-3である。係数A, Bともに H_o/L_o を関数として回帰式を求めるとそれぞれ(4), (5)式の様になる。

$$A=5.434+34.148*(H_o/L_o) \dots\dots\dots(4)$$

$$B=(-0.765)+(-3.833)*(H_o/L_o) \dots\dots\dots(5)$$

(3)式に(4), (5)式を代入すると、 Q_i/Q_o は L_o/S と H_o/L_o の関数として求められる。

3-3. R/H_o の計算値と実験値の比較

前節で、 Q_i/Q_o と L_o/S の相関関係がかなり高い事が分かった。

(1), (2)式より、 Q_i/Q_o は次式で示される。

$$\frac{Q_i}{Q_o} = S \cdot X_{max} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \lambda \cdot \frac{2\pi}{H_o \cdot L_o} \dots(6)$$

上式に $\tan \alpha = R/X_{max}$ の関係を導入して X_{max} を消去し、(3)式の関係も加えて整理すると、 R/H_o は次式の様に表示される。

$$\frac{R}{H_o} = \frac{Q_i}{Q_o} \cdot \frac{L_o}{S} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \dots(7)$$

(7)式の R/H_o は Q_i/Q_o , L_o/S に関係し、 Q_i/Q_o は(4), (5)式及び(3)式を用いて計算できる。図-4は、相対打ち上げ高さ R/H_o の実験値(exp)と計算値(cal)を比較したものである。計算の適用範囲は $0.005 \leq H_o/L_o \leq 0.050$, $29 \leq L_o/S \leq 495$ である。図-4には、 $h=20\text{cm}$ のケースは○印として72点、 $h=30\text{cm}$ のケースは△印として85点、 $h=40\text{cm}$ のケースは□印として83点の、合計240点をプロットしてある。ほとんどの値が誤差20%以内に収まっているが、水深によっては収まっていないケースもあり特に $h=40\text{cm}$ のケースの誤差が大きい様に思われる。

4. おわりに

(7)式中の Q_i/Q_o にあたる部分を L_o/S の関数として(3)式の形で表し、係数A, Bを H_o/L_o の関数として実験式を求めた。その結果を(7)式に代入して R/H_o の値を計算し実験値と比較した。結果、水深40cmの場合の値が3割程誤差20%以内に収まらないケースがあるものの、外の値に於いては粒径・層厚・水深に関係なく計算値と実験値は対応する事が示された。尚、これまでの実験によると、透水層の厚さが約10cm以上になると R/H_o と H_o/L_o の関係がそれ以下の場合と逆の傾向を示す様になるので、その原因の解明と、式(7)が適用出来る透水層厚の限界点の見極めが課題と思われる。

<参考文献>

- 1)奥・高橋・沼田(1994):空隙率・層厚を考慮した透水性斜面への波の打ち上げ高さに関する実験式, 平成5年度東北支部技術研究発表会, PP. 188～189.
- 2)石原・岩垣・三井(1957):海岸堤防の越し波防止効果について, 第4回海岸工学講演会講演集, PP. 99～109.

表-2 H_o/L_o に対応する Q_i/Q_o の式
($h=20.0\text{cm}\sim40.0\text{cm}$)

沖波波形勾配	Q_i/Q_o と L_o/S	相関係数 r
$H_o/L_o=0.005$	$5.8588 (L_o/S)^{0.7977}$	0.9768
$H_o/L_o=0.010$	$5.8527 (L_o/S)^{0.8054}$	0.9822
$H_o/L_o=0.015$	$5.8838 (L_o/S)^{0.8222}$	0.9851
$H_o/L_o=0.020$	$5.8509 (L_o/S)^{0.8348}$	0.9874
$H_o/L_o=0.025$	$5.9401 (L_o/S)^{0.8624}$	0.9891
$H_o/L_o=0.030$	$6.6689 (L_o/S)^{0.8888}$	0.9913
$H_o/L_o=0.040$	$6.8129 (L_o/S)^{0.9174}$	0.9954
$H_o/L_o=0.050$	$7.2629 (L_o/S)^{0.9886}$	0.9979

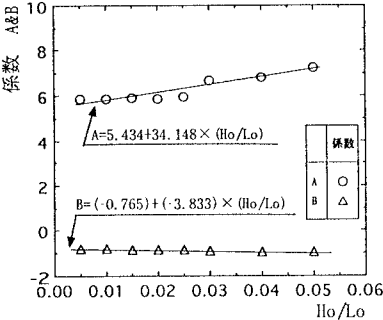


図-3 係数A, Bと H_o/L_o の関係

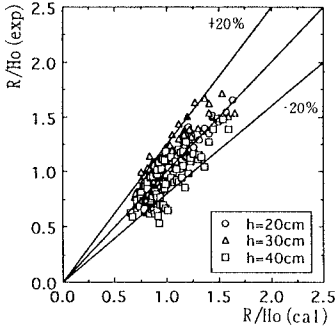


図-4 R/H_o の実験値と計算値の比較