

II-412

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、透水層内の空隙率・透水層厚等に注目し、波の打ち上げ高さの推定方法について検討した。本研究は、2種類の堤脚水深について打ち上げ高さの実験を行って、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、この推定方法の妥当性について検討する事を目的とした。

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波水路の水路幅を2分し、片側0.3mの水路で行った。実験は、水深20.0または30.0cm, 周期1.26sec, 波高0.5~14.0cm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(1~20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波分離法を用い、汀線から波の最大打ち上げ点迄の水平目視距離を X_{max} とし、波が安定する20~40波の X_{max} 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。

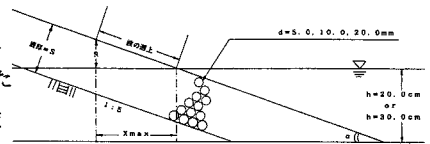


図-1 模型堤体概略図

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
P 10-1			5.0	10
P 15-1				15
P 18-1		0.5		18
P 20-1		14.0		20
P 1-2	1.26			1
P 5-2			10.0	5
P 10-2				10
P 1-3				1
P 4-3			20.0	4
P 8-3				8

3. 実験結果及び考察

3-1. Q_i/Q_0 と L_0/S との関係

汀線から最大打ち上げ点 X_{max} 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、次式で表すことが出来る。

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

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、沖波一周期単位幅当りの輸送水量 Q_0 ²⁾は(2)式で表される。

$$Q_0 = H_0 \cdot L_0 \cdot \frac{1}{2\pi} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 H_0 :沖波波高、 L_0 :沖波波長

図-2は、 Q_i/Q_0 の比を縦軸に L_0/S を横軸として粒径dをパラメータとして示した1例である。図中の直線は $H_0/L_0=0.005 \sim 0.025$ 迄0.005毎と、0.030~0.050の間は0.010毎の合計8ケースに対応する回帰曲線であり、表-2、表-3はそれぞれ $h=30$ cm, 20cmに対応する曲線式を一覧にしたものである。 Q_i/Q_0 と L_0/S の間には、粒径の大小にかかわらず各波形勾配とも相関係数0.98以上でかなり高い相関関係が認められる。

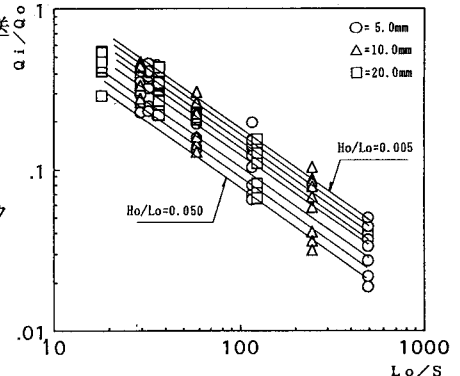


図-2 Q_i/Q_0 と L_0/S の関係 ($h=30.0$ cm)
($H_0/L_0=0.005 \sim 0.050$ の範囲)

3-2. 係数 A, B と H_o/L_o の関係

表-2, 3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は水深によってかなりのバラツキがあるが、このバラツキを無視して $h=20, 30\text{cm}$ 両方の実験結果を一体とした係数A, Bの回帰式を求めると、それぞれ(4), (5)式の様になる。

$$A = 13.873 * (H_o/L_o)^{0.213} \dots (4)$$

$$B = (-0.716) + (H_o/L_o) * (-5.150) \dots (5)$$

(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ことが分かった。(1), (2)式より Q_i/Q_o は次式で表される。

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

上式に、 $\tan \alpha = R/X_{\max}$ の関係を導入し $X_{\max}$ を消去して整理すると、 R/H_o は次式の様に表される。

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

(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 $0.005 \leq H_o/L_o \leq 0.050$ である。図-4には、 $h=30\text{cm}$ のケースは、○印として $d=5.0\text{mm}$ の48点、△印として $d=10.0\text{mm}$ の22点、□印として $d=20.0\text{mm}$ の24点、 $h=20\text{cm}$ のケースは、●印として $d=5.0\text{mm}$ の139点、▲印として $d=10.0\text{mm}$ の84点、■印として $d=20.0\text{mm}$ の61点の計370点をプロットしてある。ほとんどの値が誤差20%以内に収まっており、各粒径共に、実験値とよく対応している。

4. おわりに

(7)式中の Q_i/Q_o を L_o/S の関数として $Q_i/Q_o = A * (L_o/S)^B$ 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。その結果、粒径及び層厚に関係なく計算値と実験値は良く対応する事が分かった。今後は、種々の堤脚水深についての実験を行い、この様な推定方法の適用範囲を明確にする事がこれからの課題と思われる。

<参考文献>

1) 奥・高橋・沼田(1993): 透水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一検討, 平成4年度東北支部技術研究発表会, PP. 172~173.

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 ($h=30.0\text{cm}$)

沖波波形勾配	Q_i / Q_o と L_o / S
$H_o/L_o=0.005$	$4.132 (L_o/S)^{-0.711}$
$H_o/L_o=0.010$	$4.498 (L_o/S)^{-0.731}$
$H_o/L_o=0.015$	$5.368 (L_o/S)^{-0.767}$
$H_o/L_o=0.020$	$7.186 (L_o/S)^{-0.843}$
$H_o/L_o=0.025$	$7.712 (L_o/S)^{-0.876}$
$H_o/L_o=0.030$	$8.031 (L_o/S)^{-0.901}$
$H_o/L_o=0.040$	$7.604 (L_o/S)^{-0.941}$
$H_o/L_o=0.050$	$6.386 (L_o/S)^{-0.934}$

表-3 H_o/L_o に対応する Q_i/Q_o の式 ($h=20.0\text{cm}$)

沖波波形勾配	Q_i / Q_o と L_o / S
$H_o/L_o=0.005$	$5.498 (L_o/S)^{-0.772}$
$H_o/L_o=0.010$	$5.022 (L_o/S)^{-0.774}$
$H_o/L_o=0.015$	$5.220 (L_o/S)^{-0.797}$
$H_o/L_o=0.020$	$5.326 (L_o/S)^{-0.819}$
$H_o/L_o=0.025$	$5.070 (L_o/S)^{-0.829}$

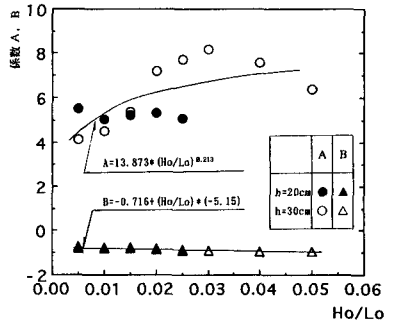


図-3 係数A, B と H_o/L_o の関係

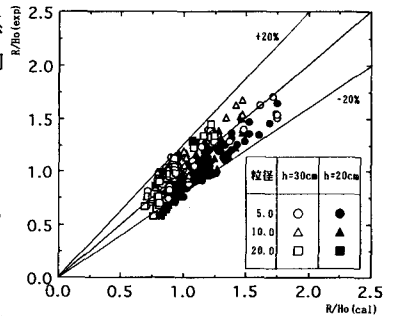


図-4 R/H_o の実験値と計算値の比較