

II-63

空隙率・層厚を考慮した透水性斜面の波の打ち上げ高さに関する実験式

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、前報¹⁾では、透水層内の空隙率・透水層厚等に着目し、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、前報と堤脚水深の異なる実験を行い、前報と同様の方法で波の打ち上げ高さに関する実験式を求め、その推定方法について検討を行う事を目的とした。

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射波分離法を用い、波の最大打ち上げ点の汀線からの水平目視距離を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。

表-1 実験条件

実験No.	周期(sec)	入射波高H(cm)	粒径(mm)	型
P-0	1.26	0.5 ～ 14.0	5.0	滑面
P1-1				1
P5-1				5
P10-1				10
P15-1				15
P18-1				18
P20-1				20
P1-2			10.0	1
P5-2				5
P10-2				10
P1-3			20.0	1
P4-3				4
P8-3				8

3. 実験結果及び考察

3-1. Q_i/Q_o と Lo/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 $Q_o^{(2)}$ 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

Q_i/Q_o の比を縦軸に Lo/S を横軸として粒径dをパラメータとして示したのが、図-2である。図中の直線の式は $H_o/L_o=0.005 \sim 0.025$ 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る。 Q_i/Q_o と Lo/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。表-2は、 Q_i/Q_o と Lo/S の関係式を、まとめたものである。

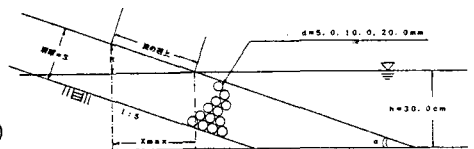


図-1 模型堤体概略図

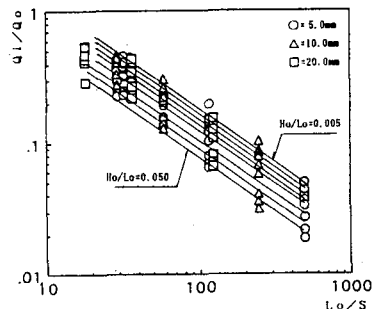


図-2 Q_i/Q_o と Lo/S の関係 ($h=30.0\text{cm}$)
 ($H_o/L_o=0.005 \sim 0.050$ の範囲)

3-2. 係数 A, B, A', B' と Ho/Lo の関係

表-2の式は、 $Q_i/Q_o = A' \cdot (Lo/S)^{B'}$... (3)の形となっており、係数A', B' と Ho/Lo の関係を示したものが図-3である。図中には、前報¹⁾の h=20 cm で同様の方法で求めた係数A, Bの値も記してある。係数A', B' の回帰式は、それぞれ(4), (5)式で表される。

$$A' = 19.029 \cdot (Ho/Lo)^{0.286} \dots\dots\dots (4)$$

$$B' = (-0.701) + (Ho/Lo) \cdot (-5.605) \dots\dots\dots (5)$$

更に前報¹⁾の回帰式A, B(表-3)として、(6), (7)式を示す。

$$A = 4.569 \cdot (Ho/Lo)^{-0.031} \dots\dots\dots (6)$$

$$B = (-0.751) + (Ho/Lo) \cdot (-3.180) \dots\dots\dots (7)$$

(4), (5)式あるいは(6), (7)式を代入すれば、 Q_i/Q_o はLo/SとHo/Loの関数として求められる。

表-2 Ho/Loに対応する Q_i/Q_o の式 (h=30.0cm)

沖波波形勾配	Q_i/Q_o とLo/S
Ho/Lo=0.005	4.132 (Lo/S) ^{-0.711}
Ho/Lo=0.010	4.498 (Lo/S) ^{-0.731}
Ho/Lo=0.015	5.368 (Lo/S) ^{-0.767}
Ho/Lo=0.020	7.186 (Lo/S) ^{-0.843}
Ho/Lo=0.025	7.712 (Lo/S) ^{-0.876}
Ho/Lo=0.030	8.031 (Lo/S) ^{-0.901}
Ho/Lo=0.040	7.604 (Lo/S) ^{-0.941}
Ho/Lo=0.050	6.386 (Lo/S) ^{-0.994}

表-3 Ho/Loに対応する Q_i/Q_o の式 (h=20.0cm)

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

3-3. R/Hoの計算値と実験値の比較

前節で、 Q_i/Q_o とLo/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。

$$\frac{Q_i}{Q_o} = S \cdot X_{max} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \lambda \cdot \frac{2\pi}{Ho \cdot Lo} \dots\dots (8)$$

ここで、 $\tan \alpha = R/X_{max}$ の関係を導入し X_{max} を消去して整理すると、次式で表される。

$$\frac{R}{Ho} = \frac{Q_i}{Q_o} \cdot \frac{Lo}{S} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2\pi \cdot \lambda} \dots\dots (9)$$

(9)式のR/Hoは Q_i/Q_o , Lo/Sに関係し、 Q_i/Q_o は(4)~(7)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/Ho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 $0.005 \leq Ho/Lo \leq 0.05$ である。図-4には、h=30cmのケースは、○印としてd=5.0mmの48点、△印としてd=10.0mmの22点、□印としてd=20.0mmの24点、h=20cmのケースは●印としてd=5.0mmの127点、▲印としてd=10.0mmの74点、■印としてd=20.0mmの51点の計346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、実験値とよく対応している。

4. おわりに

(9)式中の Q_i/Q_o をLo/Sの関数として $Q_i/Q_o = A \cdot (Lo/S)^B$ の形で表し、係数A, BをHo/Loの関数として実験式を求めた。その結果を(9)式に代入してR/Hoの値を計算し実験値と比較した。h=20cm, 30cmで係数A', B'及びA, Bをそれぞれ(6)(7)及び(4)(5)式を用いて計算すると、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、係数を1本にまとめる事が課題と思われる。

<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.

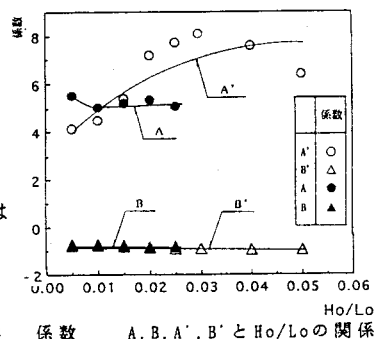


図-3 係数 A, B, A', B' と Ho/Lo の関係

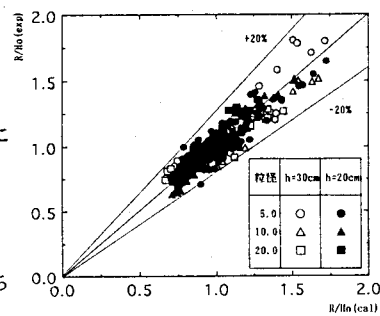


図-4 R/Hoの実験値と計算値の比較