

II-10

捨石斜面への波の打ち上げ高さに及ぼす透水層厚の検討

東北工業大学 学生員○秋元 正人

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

滑面や、防波堤など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、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が、透水性斜面の透水層厚に関する研究例は少なく、これらの透水性や粗度の効果についても明らかにされていない点が多い。そこで本研究では、透水性斜面の層厚・粒径・透水係数が、打ち上げ高さ及び反射率に及ぼす影響を実験的に検討した。

2. 実験条件及び実験方法

実験水槽は、長さ18.0m、幅1.0m、高さ0.8m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20cm、周期1.26sec、波高約0.8～6.5cmで行った。表-1に示す実験条件に基づいて各3回づつ実験を行い、その平均値を実験値とした。模型堤体（図-1）は、1/5勾配に滑面を設置した場合と、その上に捨石斜面としてアルミナボールを層積み（1～13層）した場合とに大別される。捨石斜面の粒径は、5, 10, 20mmの3種類である。入射波高、反射波高はHealyの方法で求め、打ち上げ高さRは、波が安定する20波～40波のRを目視より読み取りその平均値を実験値とした。

表-1 実験条件

実験NO.	周期(s)	入射波高(cm)	粒径(mm)	層
F-0				
P1-1				1
P2-1				2
P3-1				3
P4-1				4
P5-1				5
P6-1				6
P7-1				7
P8-1				8
P9-1				9
P10-1				10
P11-1				11
P12-1				12
P13-1				13
P1-2	1.26	0.8	5.0	1
P2-2				2
P3-2				3
P4-2				4
P5-2				5
P6-2				6
P7-2				7
P8-2				8
P9-2				9
P10-2				10
P1-3		6.5	10.0	1
P2-3				2
P3-3				3
P4-3				4
P5-3				5
P6-3				6
P7-3				7
P8-3				8
P9-3				9
P10-3				10

3. 実験結果及び考察

3-1. R/H_0 , K_r と H_0/L_0 の関係

図-2(a), (b)は、滑面及び滑面上に粒径5mmの粗度球を1～13層まで積み重ねた場合の実験結果を1層から3層おきの相対打ち上げ高さ R/H_0 （ R ：打ち上げ高さ， H_0 ：沖波波高）及び反射率 K_r と沖波波形勾配 H_0/L_0 （ L_0 ：沖波波長）との関係を図示したものである。図-2(a), (b)には、比較のため滑面と石積斜面の1/5勾配に対するSaville及びGreslou-Maheの実験曲線も併記した。図-2より、幾分ばらつきがあるものの層厚が厚くなるにつれて、 R/H_0 , K_r 共に小さくなることが分かる。これらの実験結果から、透水層厚が打ち上げ高さや反射率に影響を及ぼしていることがよく分かる。

3-2. エネルギー消費

各ケースの水表面単位面積当りの総エネルギー消費は、下記の式で求めることができる。

$$E_{loss} = 1/8 \rho g H_i^2 - 1/8 \rho g H_r^2 \\ = 1/8 \rho g \{1 - (K_r)^2\} \dots \dots (1)$$

ここに、 ρ ：密度 g ：重力加速度

H_i ：入射波高 H_r ：反射波高

K_r ：反射率

図-2 (a) R/H_0 と H_0/L_0 との関係

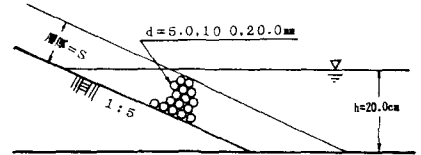


図-1 模型堤体概略図

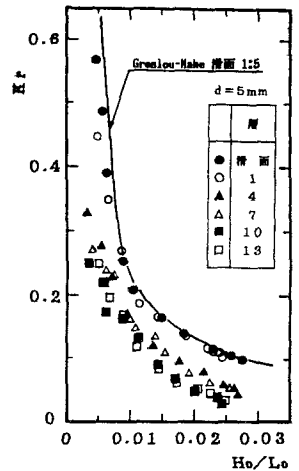


図-2 (b) K_r と H_0/L_0 との関係

以下で述べるエネルギー消費は、(1)式を用いている。

図-3は、滑面のエネルギー消費($E_{b,loss}$)と捨石斜面(滑面に粒径 $d=20\text{mm}$ の粗度球を被覆した実験ケース $P_{1-3} \sim P_{8-3}$)のエネルギー消費($E_{p,loss}$)との比 $E_{b,loss}/E_{p,loss}$ と、層厚の関係を図示したもので、 $H_0/L_0=0.005$ に対するものである。滑面による総エネルギー消費を砕波によるものと仮定すれば、粗度球を1層被覆したときの「 $1.0 - E_{b,loss}/E_{p,loss}$ 」は、透水性よりも粗度による影響が卓越していると思われるのでこれを粗度による効果とすることができる。このように仮定すると、粗度球の層数を増やした場合の透水性の効果は、1層積みの場合の $E_{b,loss}/E_{p,loss}$ の値からそれぞれの層数に対応する $E_{b,loss}/E_{p,loss}$ の値を差し引くことによって求めることができる。図より、透水性斜面の層厚が大きくなるほど透水性の効果が大きくなること分かる。図-4は、波形勾配をパラメータとして $E_{b,loss}/E_{p,loss}$ と層数との関係を示したものである。この図から波形勾配が大きくなると粗度及び透水性の効果が急激に減少することが分かる。

3-3. R/H_0 と H_0^2/K との関係

図-5は、 $d=5, 10, 20\text{mm}$ の透水係数 κ [LT^{-1}]を実験により求めた結果である。ここで、長さの2乗の次元を持つ透水係数 K [L^2]を次式より求める。

$$K = \kappa \cdot \mu \cdot \rho^{-1} \cdot g^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 μ : 粘性係数

図-6は、 R/H_0 と H_0^2/K との関係を図示したもので、透水層厚 S が約40.0mmの場合の実験結果である。この図から層厚が同じなら、粒径に関係なく R/H_0 の値はほぼ同程度の値となるようである。図中の実線は近似直線である。図-7は、図-6で求めた近似直線を各透水層厚 S と沖波波長 L_0 の比 S/L_0 をパラメータとして図示したものである。捨石層の層厚 S と透水係数 K が既知量となれば、任意の H_0, L_0 に対応する R/H_0 が求められることになる。

4. おわりに
捨石斜面への波の打ち上げ高、反射率、エネルギー消費などについて透水層厚の影響がかなり明らかになった。また、透水層厚、透水係数を用いた R/H_0 の算定図も示した。最後に、御助言をいただいた東北大学首藤伸夫教授、並びに共同実験者の池田量幸君に感謝の意を表します。

《参考文献》

- 1) Saville, T. Jr.: Laboratory Investigation of Rubble-mound Breakwaters, Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, Vol. 86, No. WW3, pp. 151~156, Sept. 1960.
- 2) Greslou, L. et Y. Mahe: Etude du Coefficient de reflexion d'une houle sur un obstacle constitue par un plan in-cline, Proc. of 5th Conf. on Coastal Engineering, pp. 68~84, 1955.

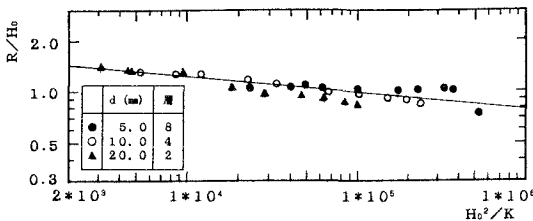


図-6 R/H_0 と H_0^2/K との関係

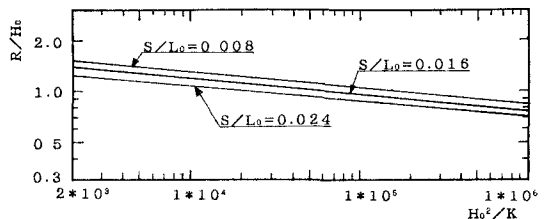


図-7 R/H_0 と H_0^2/K との関係

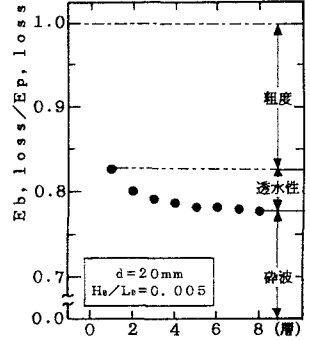


図-3 総エネルギー消費に対する各層のエネルギー消費

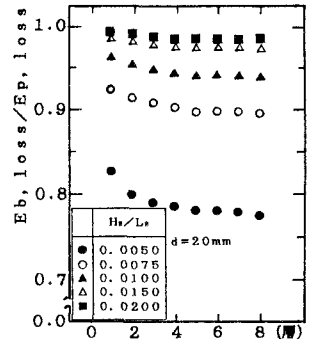


図-4 総エネルギー消費に対する各層のエネルギー消費

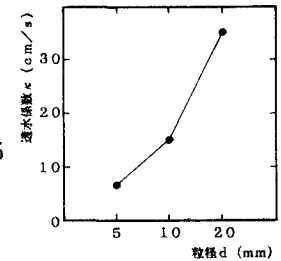


図-5 透水係数と粒径との関係