

II-27

緩傾斜堤への波の打ち上げ高さに関する一検討

東北工業大学 学生員○中島 康喜

東北工業大学 正 員 高橋 敏彦

東北工業大学 正 員 沼田 淳

1. まえがき

前報¹⁾において波の遡上計算を 4~12 波長程度斜面の前面より始めた場合、波が斜面に到達する前に波高が減衰してしまうため、入射波高を堤脚部より入力して計算を行うことでその傾向を軽減させた。その結果、周期 $T=1.0\sim 2.0\text{sec}$ 程度の波の遡上計算においては、実験値とよく対応する事を報告した。本報では、同様の計算方法で得た数値計算値を現地観測値及び現地と同勾配の緩傾斜堤での実験値と比較検討することを目的とした。

2. 数値計算の方法

浅水理論による支配方程式の連続式及び運動方程式は、式 (1)、

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (M^2/D)}{\partial x} + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + Fr = 0 \quad (2)$$

$$Fr = gn^2/D^{7/3} \cdot |M| \cdot M$$

ここに、 η : 静水面からの水位、 h : 静水深、 M : X 方向の線流量(単位幅)、 D : 全水深 ($=h+\eta$)、 g : 重力加速度、 Fr : (X) 方向の海底摩擦力、 n : Manning の粗度係数 ($=0.01$) である。空間メッシュ間隔 Δx 、計算の時間間隔 Δt は数値計算の安定条件を満たす値を用いた。

3. 実験値との比較

実験は、長さ 20m、幅 0.6m (0.3m に仕切って使用)、高さ 0.7m の両面ガラス張りの波浪実験水路で行った。水深、斜面勾配は、それぞれ 0.3m、1/4(滑面)に固定した。波浪条件は、周期 $T=1.26\text{sec}$ の場合入射波高 $H=0.033, 0.054, 0.073, 0.093\text{m}$ の 4 種類、 $T=2.00\text{sec}$ の場合 $H=0.032, 0.042, 0.052, 0.061\text{m}$ の 4 種類、 $T=3.00\text{sec}$ の場合 $H=0.026, 0.030, 0.040\text{m}$ の 3 種類である。斜面上の打ち上げ高さの測定は、ガラス面に 1cm 毎にメッシュを作成し、打ち上げ高さを読み取った。なお、 $T=1.26\text{sec}$ の $H=0.033\text{m}$ と $T=2.00\text{sec}$ の $H=0.032\text{m}$ と $T=3.00\text{sec}$ のケースは非砕波であり、他は全て斜面上で砕波している。図-1(a),(b),(c)は、 $T=1.26, 2.0, 3.0\text{sec}$ の各入射波高に対する最大打ち上げ高さの比較図である。●印は実験値、○印は計算値である。図より計算値は実験値とよく対応しているのがわかる。

4. 現地観測値との比較

本節では宮城県北部に設置されている 1/4 勾配の緩傾斜堤で観

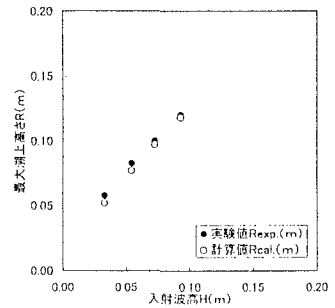


図-1(a) 波の最大打ち上げ高さの比較
($T=1.26\text{sec}$)

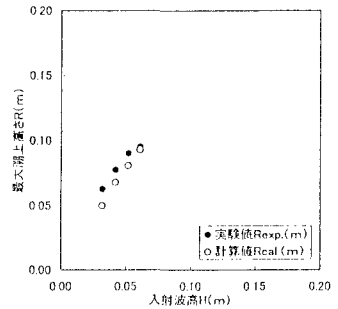


図-1(b) 波の最大打ち上げ高さの比較
($T=2.00\text{sec}$)

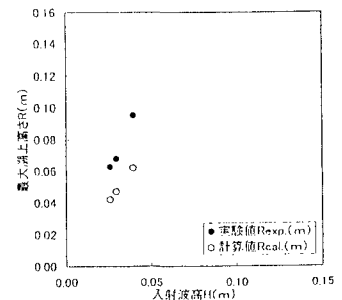


図-1(c) 波の最大打ち上げ高さの比較
($T=3.00\text{sec}$)

測した波の打ち上げ高さのデータを数値計算値と比較することを試みた。比較対象としたデータは 55 ケースである。

4-1. 波の遡上空間波形

図-2 (a),(b),(c)は、 $T_{1/3}$ (以降 T と記述する) =8.9sec. $H_{1/3}$ (以降 H と記述する) =0.789mの波が堤脚部より入射したケースであり、それぞれ遡上時、最大遡上時、遡下時の空間波形を示した 1 例である。また、図-3 は図-2 の波が遡上及び遡下していく状況を 0.375 秒毎に重ねた図である。これらの計算ステップを小さくして最大打ち上げ高さを求めている。

4-2. 相対打ち上げ高さと波形勾配の関係

図-4(a)は、現地観測値 $R_{mean}/(H_{1/3})$ の {波の打ち上げ観測波数は波浪観測波数の約 25~75%に減少している²⁾ ため R_{mean} を用いた。また、 $(H_{1/3})$ は以降 H_o と記述する} 及び計算値 R_{cal}/H_o と H_o/L_o の関係を図示したものである。比較のために Saville⁴⁾ の 1/4 勾配に対する滑面及び石積斜面の実験曲線と、豊島ら⁵⁾ の 1/3 勾配の滑面に対する実験曲線を示している。ただし、Saville の実験曲線は h_i/H_o (堤脚水深/沖波波高) が 3.0 以上での実験結果である。図-4(b)は相対打ち上げ高さで堤脚部での波形勾配の関係を図示したものである。図-4(a)において観測値は、Saville の滑面曲線付近に分布している。豊島らの実験曲線と比較してみると観測値の方が全体的に小さめの値を示している。これは豊島らの実験条件が 1/3 勾配であるのに対し本観測値は、1/4 勾配であるためと思われる。図-4(a)において観測値及び計算値共かなりばらついており、計算値は観測値に比べ小さい値を示している。図-4(b)は浅水効果及び碎波等を考慮したため入射波高の範囲が狭くなり、図-4(a)より観測値及び計算値共にばらつきが小さくなっているが、図-4(a)同様計算値の方が観測値よりも小さい値となっている。これらの原因として堤脚部における波高推算の精度や、打ち上げ高さ等の観測精度、また浅水理論式の適用等種々考えられる。

5. あとがき

波の打ち上げ高さに関する数値計算値を実験値及び現地観測値と比較検討を行った。数値計算値と実験値はよく対応しているが、数値計算値と現地観測値とはそれほど対応はしない結果となった。今後この点に関して検討していく必要がある。最後に、共同で検討を行った布川剛士君に感謝の意を表します。

〈参考文献〉 1) 渡辺孝雄・高橋敏彦・沼田 淳・今村文彦：緩傾斜面への波の遡上特性に関する一検討、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要平成 10 年度、pp180~181、1999。2) 熊谷孝範・高橋敏彦・沼田 淳：波の打ち上げ高さに関する現地観測値の一検討、土木学会東北支部技術研究発表会講演概要平成 10 年度、pp232~233、1999。3) 後藤智明・小川由信：Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法、東北大学土木工学科、1982。4) saville, T. Jr : Laboratory Investigation of Rubble-mound Breakwaters, Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, Vol. 86, No. ww3, pp. 151~156, 1960。5) 豊島ら：海岸堤防への波の打ち上げ高—海岸勾配 1/20—、第 12 回海岸工学講演会講演集、pp180~185、1965。

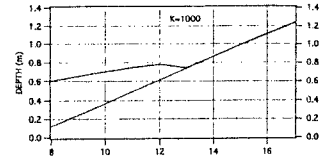


図-2(a) 波の遡上空間波形

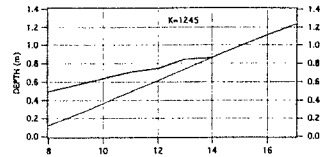


図-2(b) 波の遡上空間波形

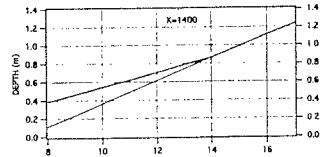


図-2(c) 波の遡上空間波形

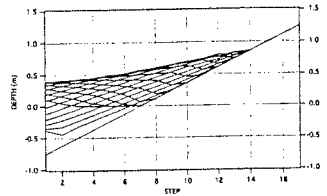


図-3 波の遡上空間波形

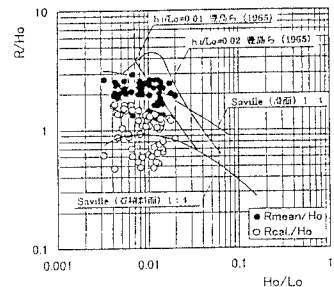


図-4(a) R/H_o と H_o/L_o の関係

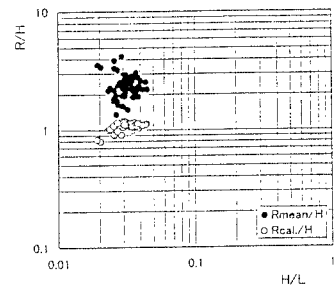


図-4(b) R/H と H/L の関係