

II-79

緩傾斜堤への波の打ち上げ高さに関する数値計算

東北工業大学 正員○高橋 敏彦
東北工業大学 正員 沼田 淳
東北大学工学部 正員 今村 文彦

1. まえがき

海岸堤防や護岸の設計を合理的に行うためには、現地海岸における複雑な地形、構造物条件のもとで波の打ち上げ高さを予測する計算手法を確立しなければならない。設計に際しては水理模型実験が行われることもあるが、その場合費用や時間を多く必要とする欠点がある。それに対し数値計算では、任意の地形条件などの場所的変化を比較的容易に設定できる利点がある。そこで本研究は浅水方程式を用い、波の打ち上げ高さを算定する手法を確立することを目的とした。また、計算結果と比較するため、実験も行った。

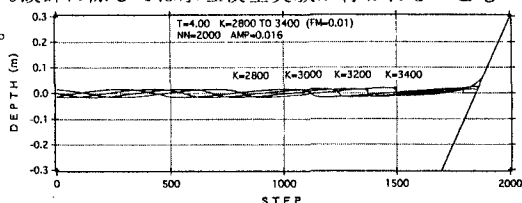


図-1(a) 波の空間波形 (T=4.0sec)

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)、(2)により表せる。¹⁾

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

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

$$Fr = g n^2 D^{7/3} * |M| M$$

ここに、 η : 静水面からの水位、 h : 静水深、 M : x 方向の線流量(単位幅流量)、 D : 全水深(= $h + \eta$)、 g : 重力加速度、 n : Manningの粗度係数(=0.01)である。式(1)の各項の意味は、第2項が微小距離を隔ててとった2つの鉛直面を流出入する水量の差、第1項がそのために生じる静水面からの水位上昇量である。式(2)の各項の意味は、第1項が非定常項、第2項は移流を表す非線形項、第3項は水面勾配項、第4項は摩擦項である。今回差分化する場合の x 方向の空間メッシュ間隔 Δx は、0.01m、計算の時間間隔 Δt は、0.00375secとした。

3. 実験条件及び方法

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を用いた。造波板より17mの位置から滑面の1/5勾配斜面を設置した。入射波条件として、水深が30cmで周期 $T=4.0, 2.0, 1.26$ secの3種類、入射波高 $H=1.08 \sim 8.45$ cmである。斜面上の遡上高の測定は、ガラス面に5cm毎にメッシュを作成し、遡上記録より読み取った。なお、 $T=4.0$ secの波は全て非砕波で、 $T=2.0$ secの場合は $H=2.15$ cm以下が非砕波、 $T=1.26$ secの場合は $H=1.89$ cm以下が非砕波であり、それ以上の波高では斜面上でそれぞれ砕波が認められた。

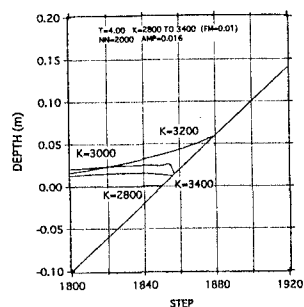


図-1(b) 汀線付近の拡大図 (T=4.0sec)

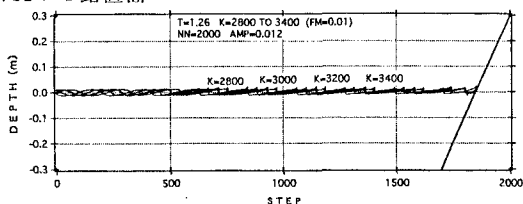


図-2(a) 波の空間波形 (T=1.26sec)

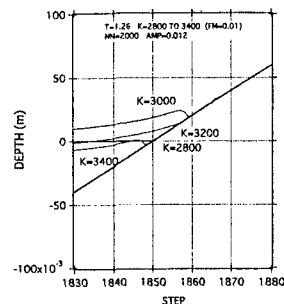


図-2(b) 汀線付近の拡大図 (T=1.26sec)

4. 数値計算の結果

図-1(a), 2(a)は、長さ20m、水深0.3mに1/5勾配の滑面斜面を設置し、入射波高 $H=3.2, 2.4$ cm, 周期 $T=4.0, 1.2$ 6secの正弦波(周期波)を作用させた場合の計算結果である。波長については、微小振幅波理論で求めた値と図中の値は、ほぼ対応しており波の進行過程がよく再現されている。図-1(b), 2(b)は、図-1(a), 2(a)の遡上部分を拡大したものである。図-1(b)より、 $K=2800$ ではまだ斜面に波が到達しておらず、 $k=3000$ で波先端が斜面を遡上中、 $k=3200$ で更に遡上または戻り途中、 $k=3400$ で汀線付近まで戻ってきている。図-2(b)でも、 $K=2800$ では斜面に波が到達していないが、斜面上への遡上、戻りの一連のパターンが再現されている。

5. 最大遡上高さの計算値と実験値の比較

各周期共、図-1, 2と同様 $K=200$ ステップ毎に遡上高さを求めたが、200ステップ毎は0.75sec毎の遡上高さである。このステップ毎で最大遡上高さを求めるのは、かなりラフである。そこで図-1, 2を参考にして図-3(a), (b)に示す様な $K=50$ ステップ(0.1875sec)毎に計算を行い、最大遡上高さを求めた。図-4(a), (b), (c), 5は、周期別及び周期をパラメタとして示した計算値と実験値の最大遡上高さ R の比較図である。図-4, 5より、 H が大きいほど計算値と実験値に差がみられる。これは、 H が大きくなると実験では砕波が発生するため計算値との差が大きくなるためであると思われる。また、 T が長いほど計算値と実験値の差が大きくなる傾向が認められる。特に、 $T=4.0$ secの場合、実験では全て非砕波であるにもかかわらず差が大きくなっている。

6. あとがき

浅水理論を用いた計算値と実験値の打ち上げ高さを比較した結果、計算値が過小評価される結果となった。これらの結果は、同じ方程式を用いて数値計算を行っている宇田ら²⁾の結果と同様の傾向となっているが、この点についてさらに検討していく予定である。最後に、実験、計算に協力していただいた三浦泰浩君、赤間美幸さんに感謝の意を表する。

《参考文献》

- 1) 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
- 2) 宇田高明・伊藤弘之：浅水方程式を用いた波の打ち上げ計算，*海岸・港湾・潮波のある場合*，海岸工学論文集，第38巻，pp. 36～40, 1991

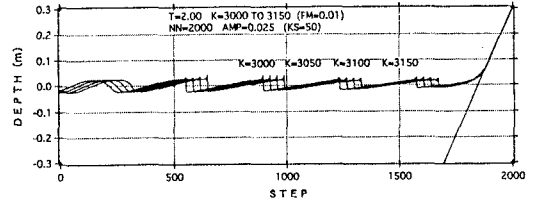


図-3(a) 波の空間波形 ($T=2.0$ sec)

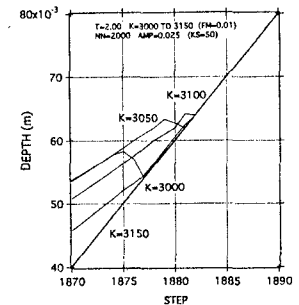


図-3(b) 汀線付近の拡大図 ($T=2.0$ sec)

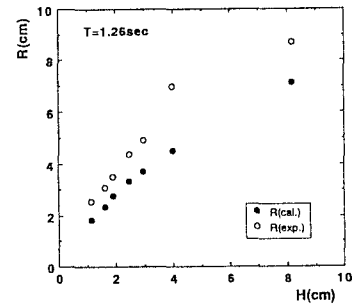


図-4(a) 打ち上げ高の比較図 ($T=1.26$ sec)

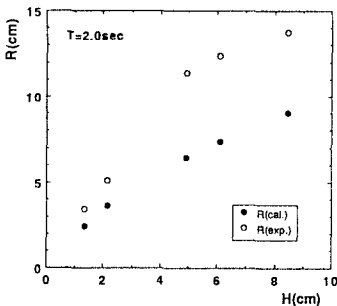


図-4(b) 打ち上げ高の比較図 ($T=2.0$ sec)

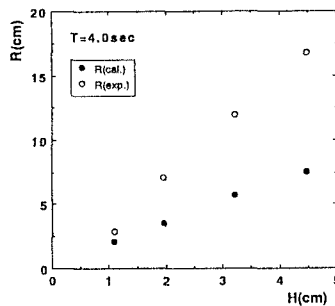


図-4(c) 打ち上げ高の比較図 ($T=4.0$ sec)

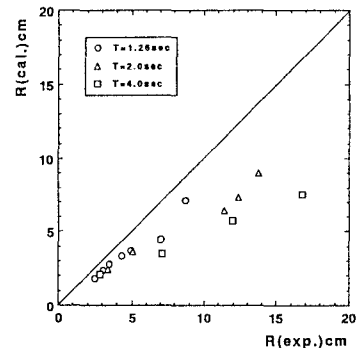


図-5 実験値と計算値の比較