

II - 40

波の遡上特性に関する一検討

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
東北工業大学 正員 阿部 至雄

1. まえがき

前報¹⁾において、浅水理論による支配方程式を用いた波の打ち上げ高さについて検討を行い報告を行った。その中で、入射波高が大きい場合最大打ち上げ高さの計算値と実験値に大きな差が認められ、計算値が過小評価される結果となった。そこで、本研究では遡上過程における波先端軌跡の実験値を計算値と比較することにより、最大打ち上げ高さの差異について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),(2)により表せる。²⁾

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

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

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

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。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で行った。水深、斜面勾配は、それぞれ $0.3m$ 、 $1/5$ (滑面)に固定した。波浪条件は、周期 $T=1.26sec$ の場合入射波高 $H=3.86cm$ 、 $T=2.0sec$ の場合 $H=1.34, 7.90cm$ 、 $T=3.0sec$ の場合 $H=1.25, 2.46, 3.97, 6.02cm$ である。波の遡上及び空間波形は、 $8mm$ カメラ($30コマ/秒$)で観測した波の解析対象としては、遡上が安定している30波目とした。斜面上の遡上高の測定は、ガラス面に $2cm$ 毎にメッシュを作成し、遡上記録より読み取った。なお、 $T=1.26sec$ と $T=2.0sec$ の $H=7.9cm$ の両ケースは斜面上で碎波しているが、他は全て非碎波である。

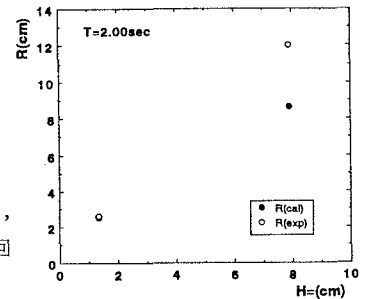


図-1(a) 波の打ち上げ高の比較図
($T=2.0sec$)

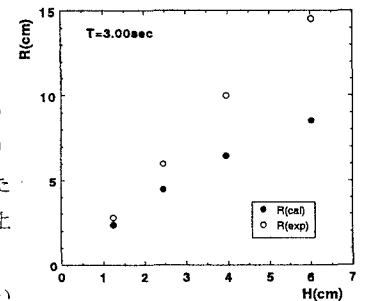


図-1(b) 波の打ち上げ高の比較図
($T=3.0sec$)

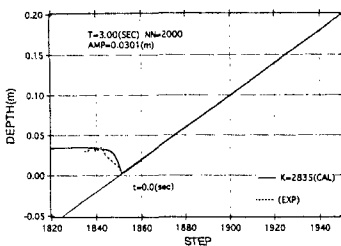


図-2(a) 波の遡上空間波形
(汀線時)

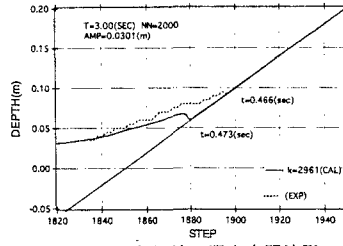


図-2(b) 波の遡上空間波形
(遡上時)

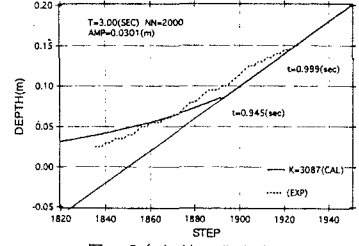


図-2(c) 波の遡上空間波形
(最大遡上時)

4. 最大遡上高さの計算値と実験値の比較

図-1(a),(b)は、今回実験を行った $T=2.0, 3.0\text{sec}$ に対する最大遡上高さの実験値と計算値の比較図である。実験値は、21波～40波の平均値、計算値は $k=200\text{ステップ}(0.75\text{sec})$ から50ステップ (0.1875sec) 、最終的には25ステップ (0.0938sec) 毎の遡上高さより求めた最大遡上高さである。前報と同様、入射波高が小さい場合はほぼ同程度の値となるが、入射波高が大きくなるにつれてその差は大きくなっている。

5. 波の遡上空間波形の比較

図-2(a),(b),(c)は、実験値及び計算値の波先端が汀線に到達した時を $t=0$ (a)として、遡上時(b)、最大遡上時(c)までの遡上波形及び経過時間を示した一例($T=3.0\text{sec}, H=6.02\text{cm}$)である。(b)では、計算値 $t=0.473\text{sec}$ 、実験値 $t=0.466\text{sec}$ と汀線通過後の経過時間がほぼ同じであるにも関わらず、実験値の遡上が高くなっている。(c)では、いずれも最大遡上時の空間波形を示しており、実験値が約15cmの遡上高さ(R)に対して計算値では約8cmで約2倍弱の差が生じている。なお、汀線通過後の経過時間は計算値 $t=0.945\text{sec}$ 、実験値 $t=0.999\text{sec}$ となっており、実験値の方が、遡上高さが大きい分幾分経過時間が多くなっている。

6. 波先端軌跡の比較

図-3(a),(b),(c),(d)は、図-2を参考に波先端が汀線を通じた時を $t=0$ として遡上時及び遡下時の波先端軌跡の計算値と実験値を比較したものである。実験値は、15コマ/秒 (0.0667sec) 毎、計算値は、18ステップ (0.0675sec) 毎に示してある。図-3(a)は、図-1(a)で打ち上げ高さの計算値と実験値がほぼ同じ波に対するものである。遡下時の汀線付近での流下速度に大きい差が見られるものの、全般的にはほぼ同程度である。図-3(b),(c),(d)は、入射波高が大きく、計算値と実験値の波の最大打ち上げ高さが異なるケースである。遡上直後は、計算値の波先端が幾分早く遡上しているか同程度なのに対し、それ以降の遡上は実験値の方が急激に遡上高さを増す特徴が共通してみられる。ただし、いずれのケースも実験値と計算値の汀線から最大遡上時までの経過時刻は、ほぼ同程度である。

7. あとがき

浅水理論を用いた計算値と実験値の波先端軌跡等を比較した結果、入射波高が大きい場合遡上途中から計算値に比べ実験値の方が急激に遡上高さを増す事が分かった。その結果最大打ち上げ高さは、実験値に比べ計算値が過小評価される。今後この点についてさらに検討していく予定である。

最後に、計算に協力していただいた織田賢一、林耕太郎の両君に感謝の意を表する。

《参考文献》

- 1) 高橋敏彦・沼田淳・今村文彦：緩傾斜堤への波の打ち上げ高さに関する数値計算，東北支部平成7年度，pp.230～231,1996
- 2) 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

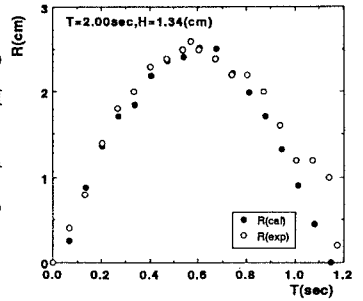


図-3(a) 波先端軌跡の比較
($T=2.0\text{sec}, H=1.34\text{cm}$)

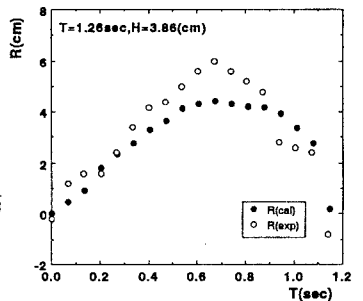


図-3(b) 波先端軌跡の比較
($T=1.26\text{sec}, H=3.86\text{cm}$)

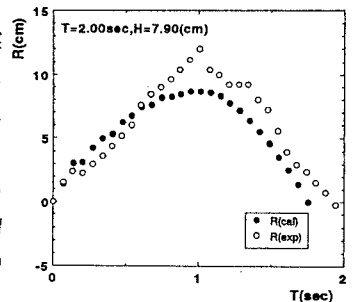


図-3(c) 波先端軌跡の比較
($T=2.0\text{sec}, H=7.9\text{cm}$)

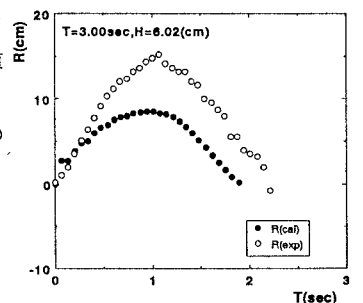


図-3(d) 波先端軌跡の比較
($T=3.0\text{sec}, H=6.02\text{cm}$)