

防波堤斜面上の最大水粒子速度について

大阪大学	正員	橋本 亨
大阪大学	正員	岩田 好一朗
・大阪大学	正員	後野 正雄

まえがき

現在、防波堤・海岸堤防等に用いられている捨石・異形ブロックの重量算定に当ってはハドソン式がよく用いられている。このハドソン式、あるいはその基礎になったイリバレン式は、防波堤斜面上の水粒子速度が入射波高の $\frac{1}{2}$ 乗に比例する($v=kH$)という仮定に基づき、捨石重量が波高の3乗に比例する式を導いている。しかし、この仮定がいずれの場合においても成立するかどうかは明確ではない。本研究は捨石防波堤の安定性の再検討を目的として、その基礎研究として捨石に作用する流体力の原因となる斜面上の水粒子の挙動に注目し、周期・斜面勾配・法先水深が水粒子速度に与える影響を実験的に明らかにしようとした。

1. 実験方法

水槽は入射波と防波堤の水粒子速度を比較のため、両者を同時に測定できるように隔壁板を設置して水槽を2つに分けて実験を行なった。防波堤の法先水深 h は10cmで一定とし入射波高 H を3cm, 5cm, 7cmの3種類を用いて波高水深比 H/h (=0.3, 0.5, 0.7)を変化させて実験を行っている。また斜面勾配 θ は30°, 35°, 40°の3種類を用いた。また粗度の影響を除くため防波堤は滑面になるように作製した。実験範囲は $0.015 < H/h < 0.09$, $0.05 < \theta < 0.20$ の範囲である。水粒子速度は2~4mm径のスポンジをトレーサーとして用い、16mmフィルムに撮影したものより読みとった。撮影スピードは50%sec, また水底勾配は $\frac{1}{40}$ の一種類である。

2. 実験結果

α) 影響パラメータ : 一般に斜面上の運動を説明するにはBajjesが提唱したSurf-Similarity parameter ($\xi = \tan\theta/H$)が有効であると言われている¹⁾。しかしこの ξ の物理的な意味は明確ではない。本研究ではこの ξ の代わりに斜面上の重力項 $g\sin\theta$ と波動の内部慣性項 $\omega^2 t$ の比を表わすパラメータ $\zeta = \sin\theta/H$ を用いる。ここで ω に微小振幅波理論の水平方向水粒子速度を用いると上記二項の比は次のように表わされる。

$$\frac{g\sin\theta}{\omega^2 t} = \frac{1}{\pi \tanh^2 kh} \cdot \frac{\sin\theta}{H/L} = \frac{1}{\pi \tanh^2 kh} \cdot \zeta$$

β) 共振について : ここでいう共振現象とは、斜面上で激しい砕波とその足もとで気泡の巻込みを生じ、砕波前頂の水塊が斜面を直撃することを示す。この共振状態においては斜面上の水塊の運動が非常に激しくなり、防波堤の安定に対して危険な場合と想定される。16mmフィルム

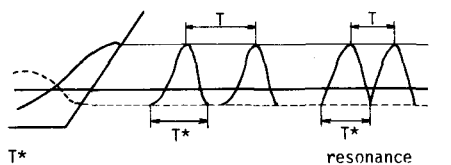


Fig.1 Up-rush, Down-rush wave period

より up-rush, down-rush の周期 T^* を読みとり波の周期 T で無次元化して上述のパラメータとの関係を求めると Fig. 7 のようになる。図中の $\times$ は実験における共振状態を表わしている。この図より共振は T^* と T がほぼ一致するときにあらわれ、また ζ が 5~10 のときにあらわれるが、このときの値は H/h が大きくなるにつれて小さくなっていく。

c) 最大水粒子速度 : 16mm フィルムより求めた最大水粒子速度 V_m を入射波高 H を用いて無次元化し、 ζ との関係求めたのが Fig. 2, 3, 4 である。

Fig. 2 は up-rush 時、Fig. 3 は down-rush 時、Fig. 4 は down-rush 時の $H/h = 0.7$ の場合における法面角度の影響を示す。Fig. 2, 3 では水粒子速度におよぼす H/h の影響が顕著であり、 θ の効果は明確ではないので H/h の相違のみを示してある。無次元水粒子速度は H/h の相違によって図中に示す曲線にそった変化を示すと思われ、 H/h が大きいほど無次元水粒子速度は ζ によって著しく変化する。また $\zeta > 13$ の領域では $V_m/\sqrt{gH}$ の変化が緩やかで、 $V_m/\sqrt{gH}$ がほぼ一定と見なすことができ、 $v = k\sqrt{H}$ の仮定がほぼ成立するとしてよからう。これに対して、 $\zeta < 13$ の領域では共振に近づくにつれて無次元水粒子速度の変化は激しく、特に $H/h = 0.5$ の場合には $v = k\sqrt{H}$ の仮定は成立しない。また法面勾配の影響は H/h が大きくなるにしたがって顕著にあらわれてくるようであり、down-rush 時においてこの傾向は特に著しい。なお Fig. 4 における実線・破線は Fig. 3 の場合を表わしている。防波堤上の捨石の安定性を左右すると考えられる down-rush 時の水粒子速度は Brandtzaeg²⁾ によると波のかけ上り高さと斜面上の水塊の形状および斜面勾配に左右されるとしている。したがって Fig. 2~4 の無次元水粒子速度は上述の ζ のみならず斜面上の水塊の形状・その高さなどに影響されると考えられる。これらの点を考慮して今後さらに研究をつづけたいと考えている。

参考文献

- 1) Per Bruun and A. R. Günbak: "Rubble Mound Structures" Coastal Eng. 15th. Vol. 3. 1976
- 2) Brandtzaeg A.: "A Simple Mathematical Model of Wave Motion on a Rubble Mound Break-water slope" Coastal Eng. 10th. Vol. 1 1966

