

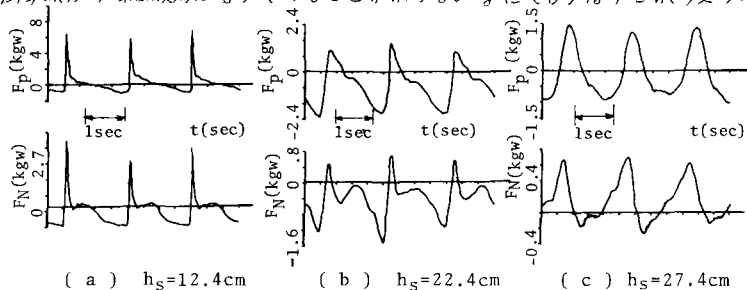
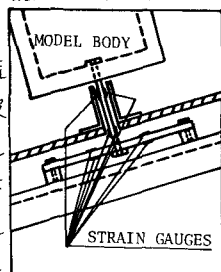
急斜面上の物体に作用する非衝撃波力の特性について

愛媛大学工学部 正会員 中村孝幸
(株)CRC 正会員 〇武名裕史
呉市役所 佐森英裕

1. まえがき：斜面上の物体に作用する波力の特性は、破壊現象を伴う斜面上の流体場の解明が遅れていることから、従来十分に究明されるに到っていない。本研究は、流速計などを用いた流体場の実測結果に基づき斜面上の二次元物体に作用する波力の特性を検討したもので、特にMorrison波力式の用性の観点から非衝撃波力に着目してみたものである。

2. 実験装置および実験方法：(1) 実験装置；i) 実験水槽；長さ28 mの二次元波水槽で、一端に斜面勾配1/3の不透過性斜面が設置してあり、模型物体に作用する波力の実験と模型物体がない場合の流体場の測定実験が同時に行えるように水槽を隔壁板により幅方向にほぼ2等分してある。ii) 波力計；波力計の振動応答特性を高めるためおよび模型物体に作用する斜面に平行並びに垂直な方向の波力成分を同時に測定できるようにするため、図-1に示すような両端固定梁に片持梁を剛結した構造形式の波力計を採用した。iii) 流速計；岩田¹⁾により使用されているのと同様な片持梁形式の流速計(CLV) 図-1 波力計および設置状況を2台製作し、これを斜面に平行並びに垂直な方向の流速の測定に用いた。iv) 模型物体；一辺10 cmの正方形断面および直径9 cmの円形断面を有する二次元物体である。(2) 実験方法；模型物体を取り付けた波力計を斜面の下側に平行に設けた固定台上を移動させ、斜面上の各位置において物体に作用する斜面に平行な方向の波力成分(以下 F_p と称す)並びに斜面に垂直な方向の波力成分(以下 F_N と称す)を測定した。この際、模型物体の下端と斜面の表面との間の垂直距離 e は、2 cmに固定してあり、斜面上における模型物体の各設置位置をその設置水深 h_s で示すならば、 $h_s = 2.4$ cmより5 cm毎に $h_s = 32.4$ cmまでの7ヶ所になっている。またこれら F_p と F_N の測定と同時に、2台のCLVをもう一方の水路側の物体中心位置に対応する位置に設置して斜面に平行な方向の流速成分(以下 V_p と称す)並びに斜面に垂直な方向の流速成分(以下 V_N と称す)の測定を行った。そして、波変形についても上記の各測定と同時に波高計およびビデオカメラを用いて観測を行った。採用した波条件は、斜面の弦先水深 h_0 を68.5 cmと一定にして、周期 $T = 1.6, 2.2, 2.8$ secの3種類および入射波高 $H = 9, 18$ cmの2種類で計6種類である。

3. 衝撃波力と非衝撃波力との分類：図-2は、矩形物体を対象に測定された波力時間波形の設置位置に伴う変化を示すもので、図中の(a)より(c)は設置水深が深くなる場合の結果を表わしている。そして図中の(a)では、 F_p 、 F_N の両者共にピークが鋭く立上がる典型的な衝撃波力の時間波形になっているのに対して、(c)では細細振動波形に近い非衝撃波力の時間波形になっていることがわかる。また(b)は、これら2つの場合の遷移領域にある波形と考えられる。図-3は、矩形物体の F_p を対象にこのようにして判定した衝撃波力、非衝撃波力の分類を示すもので、横軸には破砕点を原点として物体の設置点までの水平距離 x_c を破砕点における微小振幅



(a) $h_s = 12.4$ cm (b) $h_s = 22.4$ cm (c) $h_s = 27.4$ cm
($T = 1.6$ sec, $H = 18$ cm)

図-2 F_p の時間波形の設置位置に伴う変化

波理論による波長 L_b で無次元化したものがとてある。また図中の上下段は、各々 up-rush, down-rush 時における F_p を示し、測定された碎波波高および物体の代表径 D で無次元化してある。そして、図中に付記してある B が衝撃波力の卓越する場合を、D, I あるいはそれらの両者の付記してあるものが非衝撃波力の卓越する場合を各々表す。そしてこの図より、 F_p において衝撃波力が卓越しはじめる位置は、ほぼ碎波点以浅になっていることや down-rush 時には、衝撃的な波力は作用しないことなどがわかる。本研究では、矩形物体の F_N や円形物体の F_p , F_N についても同様の検討を行っているが、衝撃波力の卓越するのは、上記と同様じ up-rush 時において碎波点以浅になっていたことを確認している。

4. 非衝撃波力の特性: 上記のように分類した非衝撃波力に着目して、Morison 波力式の適用性を検討してみた。まず最初に図-4 に一例を示すように波力、流速、加速度の時間波形を利用した位相差法に基づき、抗力 F_D 、慣性力 F_I の分離・解析を行い、それらの卓越度の波条件および設置位置による変化について調べてみた。この結果の一例を示すのが図-3 であり、図中に付記してある D, I は各々 F_D , F_I が卓越する場合を、D と I の両者が付記してあるのは $F_D \approx F_I$ の場合を示す。この図より、down-rush 時には、 F_D が卓越する場合が多いが、全体的に見ると F_I の卓越する場合もあり、Hudson 公式の誘導において使用されている作用波力=抗力という仮定は必ずしも成立しないことがわかる。また図-5 は分離・解析した F_D , F_I を用いて最大波力 (F_p) max が Morison 波力式に基づき予測されるかを検討したものである。この図より、(F_p) max の計算値と実測値との比はかなりばらばらっているものの、全体的に両者はほぼ一致しているものとみなせ、 F_p については Morison の波力式が適用されるものと結論される。図-6, 7 は、従来よりの比較データがある斜面上の円柱についての抗力係数 C_D 、慣性係数 C_M の $K-C$ 数による変化を表す。図中には、Sarpkaya²⁾ による水平床上に置かれた円柱の C_D , C_M も比較のため併せて示してある。そしてこれらの図に見られるように、斜面上の円柱の C_M は、水平床上のそれに比してかなり小さいものの C_D については、ほぼ両者は対応した結果となっている。

本研究では、 F_N についても上記と同様な解析を試みているが、 F_N の時間波形において波の2倍周期成分の卓越する場合などが見られ、 F_N の表現式としては、Morison 波力式よりも揚力式の方が妥当であることなどを確認している。

参考文献 1) 岩田将一郎, 山本祐文, 図-5 Morison 波力式による (F_p) max の予測
“浅海域における水平粒子速度の簡便な算定式”, 土木学会 第38回 年次学術講演会, 講演概要集(II), PP. 303~304, 1983. 2) Sarpkaya, T. and Rajabi, F. 1980. Hydrodynamic Drag on Bottom-Mounted Smooth and Rough Cylinders in Periodic Flow. OTC Paper No. 3761, Houston, TX.

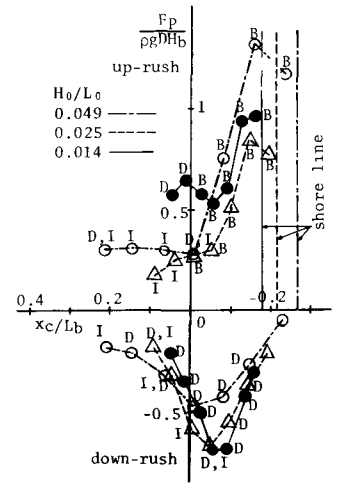


図-3 F_p の空間分布および波力波形に基づく分離

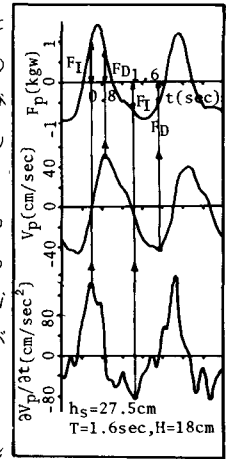


図-4 抗力 F_D , 慣性力 F_I の分離法

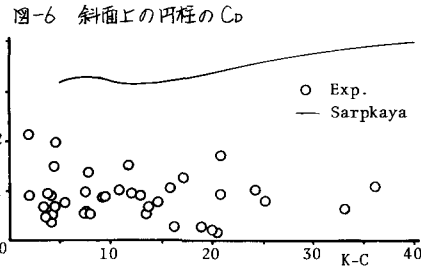
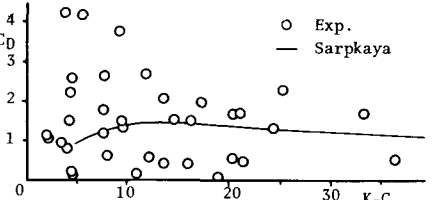
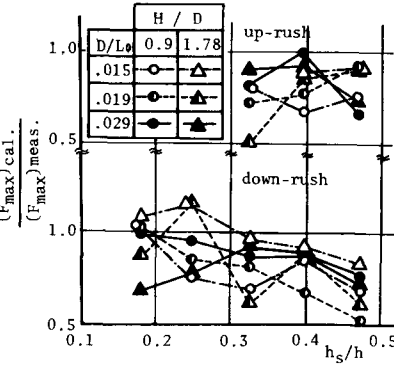


図-7 斜面上の円柱の C_M