

斜面上の波動中における単一粒子の挙動について

大阪府立工業高等専門学校 正員 平山秀夫
関西電力 大石晴弘
岸本建設 浦井 功

1. はしがき: 斜面工における波動場での質量輸送速度の実態を把握することは、海浜流系の機構や海浜漂砂の動態を究明する上で重要なことである。これまで質量輸送の問題は、Stokes を端緒にレイ Longuet-Higgins など多くの研究者によって理論と実験の両面からかなりの研究がなされてきたことは周知のとおりであるが、これらはほとんど一定水深上での結果であって、海浜の変形機構を論じる場合に最も重要となる砂波突を含む斜面工での研究成果とレイは、Eagleson & Dean や Bijker et al. などの研究を除いて他にほとんど見当たらないようである。中でも Bijker らは斜面勾配を考慮に入れた傾斜底面上における質量輸送速度を理論的に算出し実験値と比較するとともに、質量輸送速度の場所的分布特性と実験的に調べるなど興味ある結果を示しているが、理論値と実験値との差異はかなり著しく、しかも実験的にも砂波型式と質量輸送速度の分布特性との関連や鉛直方向の質量輸送速度の特性などに因レイはほとんど言及していないなど残された課題も少なくない。

本研究では、このような観点から、これまでの水平床工での研究成果を踏まえて、斜面上での質量輸送速度の特性を主として実験的に検討しようとするもので、ここではまず最初に、斜面工での単一粒子の挙動特性、特にその速度や軌跡の特性を詳しく調べるとともに、単一粒子の残留速度の時・空間的分布特性なども調べて、海浜の変形機構を探るための基礎資料を得ようとするものである。

2. 実験装置・実験方法・解析方法: 実験は、水槽の端部に勾配 $\frac{1}{50}$ の斜面を設置した長さ2/m、幅70cm、高さ1mの片面ガラス張り水槽を用いて行った。実験の方法は、造波開始後7波目、100波目および1000波目の波の場合について水表面の位置から単一粒子(粒径2.21mm、沈降速度2.99cm/sec、比重1.043)を水中に投入し、その挙動とストロボを照射して写真撮影を行った。単一粒子の投入位置は、目測の砂波突から沖側にほぼ約0.9mおよび2.0mの位置の2ヶ所を選んだ。実験条件は、水深 $h=45.0$ cmと常に一定として、周期 $T=1.0, 1.5, 2.0$ secの各場合について沖波波高を $H_0=4\sim 15$ cmの間で適宜に変化させた。実験結果の解析法は、このようにして得られたネガフィルムから、フィルムモーションアナライザーを用いて、単一粒子の速度が $u=0, w=w_{max}$ と考えられる位置から逐次 Δt (ストロボの照射周期で、ここでは $\Delta t=0.077$ sec)時間ごとの位置の座標を読みとり、それから速度や残留速度を求めた。

3. 実験結果および考察: (1)斜面上における単一粒子の速度と軌跡: 図-1, 2および3はそれぞれ斜面上における単一粒子の水平速度、鉛直速度および軌跡を示したもので、これらの図中の各理論曲線は、従来の方法に基づいて求めたものである。すなわち、実験は微小振幅波理論に基づく解析的解法、1実験線は微小振幅波理論による差分法、破

線は Skjelbreia の 3 次近似解による差分法, 又実験線は波速の 2 次定義に基づく Stokes 波の 2 次近似解による差分法および実験線はハイバボリック波による差分法に基づく結果で, また Δ 印は実験の単一粒子の位置の座標を用いて微分振幅波理論から各測定点における流速を見積った結果, $\circ$ 印は実験結果である。これらの図から明らかなように, 速度および軌跡とも, 各理論曲線間の差異や理論値と実験値との間の位相や大きさの差異が著しく, 最早や実験値を説明できる理論曲線は存在していないようであるが, 水深が浅くなってくるとハイバボリック波による結果が他の理論曲線に比べてより実験値に近いようである。なお, 図-4 は一例として水平速度の実験値(u_e)と理論値(u_t : 単一粒子の実験の座標を用いて微分振幅波理論から算出した結果)との適合の程度を調べるため, 両者の差異の鉛直分布を一定水深の場合と斜面上の場合とで比較したもので, この図から斜面上においては特に水表面と底面に近づくにつれて理論値と実験値が著しく相違することが明かである(図中の h_0 : 斜面上の測定点での水深)。

(2) 斜面上における単一粒子の残留速度の鉛直分布: 図-5 は水平残留速度の鉛直分布の一例を示したもので, 図中の $\bullet$, $\circ$ および Δ 印はそれぞれ 7 波後, 100 波後および 1000 波後の場合の実験結果を, また各曲線は, 参考のために従来示されている一定水深上における理論結果を示したものである。この図から明らかなように, 斜面上では波の継続時間の差による実験値の分布特性の差異が明確でなく, しかも実験値の分散の程度も著しく, 一般的にその分布傾向は従来の一定水深上の場合でのいかなる理論曲線でも表わし得ないようである。一方, 図-6 は鉛直残留速度の鉛直分布の一例を示したもので, 図中の記号は図-5 のそれと同じである。鉛直残留速度の場合も, 全般的に一定水深上の場合と比較して実験値の分散の程度が著しいようである。このような原因の 1 つとして斜面上における波形の变形や碎波による乱れおよび底層流れなどの影響が考えられよう。

最後に, 本研究を実施するに当り終始御指導と賜った岩理雄一教授に心から感謝の意を表する。

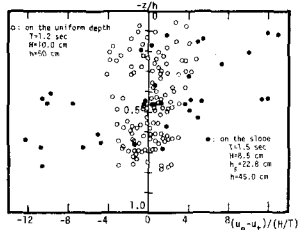


図4 単一粒子の水平速度の実験値と理論値との差の鉛直分布

