

福井工業高等専門学校 ○正会員 広部英一
金沢大学 工学部 正会員 石田 啓
金沢大学 工学部 正会員 高瀬信忠

1. はじめに 海岸過程における岸沖漂砂の移動機構を解明するためには、波の浅水変形と碎波後の流速場の特性を知らなければならぬ。碎波点や碎波帯内における流速や乱れの時空間分布については、最近多くの成果が発表とされているが、海岸断面全域についての観測や実験結果は少ない。特に底質の砂移動を取り扱う場合、底面付近の流速場の現象把握が重要であり、したがって、ここでは、二次元造波水槽内に一様勾配斜面を設置し、崩れ波、巻き波、碎け寄せ波の各碎波状態における底面流速を測定し、その変動特性を調べた。また斜面上の砂粒子の移動を追跡し、底面流速変動との関連性を調べた。

2. 実験条件 実験は幅60cm、深さ80cm、長さ26mの造波水槽で行なった。斜面には、1/50勾配の鋼製アングル上に、耐水性ペニヤ板を張り付けたものを用いた。実験条件を表-1に示すが、波は3種類の碎波形式が生じるように、周期と波高を選定した。

表-1 実験条件

碎波形式	周期	沖波波高	沖波波形	碎波点 X_b
崩れ波	1.0 sec	6.3 cm	0.041	23.9 cm
巻き波	1.5 sec	5.6 cm	0.016	25.5 cm
碎け寄せ波	2.0 sec	2.7 cm	0.004	18.4 cm

3. データの解析法 (1) 底面流速の測定法 図-1に示す16個所の測定点で、円筒型の熱膜流速計を用いて底面上5mmの高さで流速を測定した。同時に波高も、容量式波高計により一様水深部と流速測定位置で測定した。各波に対し、各測定点ごとの流速と波高を、サンプリング間隔0.01 secで50 sec間記録した。記録は、AD変換器を内蔵したマイコンを、流速計と波高計のンプに直接に接続し、測定後、フロッピーディスクに転送して保存した。また円筒型の熱膜流速計は、流速の絶対値のみが測定されるので、画面内に0.01 secごとの経過時間を表示するビデオカメラで測定点側面から撮影し、微細なゴミの移動方向が、一周期上のどの時刻で変化するかを観測して目安をつけ、その時刻前後で流速が最小値となる時刻を流速方向反転の時刻とした。流速が最小値となる時刻の搜索や流速の向き反転は、マイコンのプログラムにより行なり、その結果を水位とともにCRT画面に出して確認した。乱れ成分の抽出には、数値フィルタを用いたが、この際、乱れ成分の自己相関関数に、波の周期に相当する周期変動が残らないように留意した。

(2) 砂粒子の移動速度および質量輸送速度の測定法 底質としては、ほぼ球状の径約4mmと径約2mmの砂粒子を用いた。水槽内の斜面に格子状に線を引き、図-1に示した16個所の測定点に砂粒子を置き、その動きをビデオカメラで撮影した。後にCRT画面に、コマ送りで再成して、砂粒子の移動を追跡した。また、底面における質量輸送速度として、径約3mmのポリスチレン粒子の動きを、上記の方法で追跡する手法で求めた。

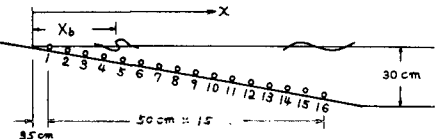


図-1 海岸断面形状と測定点

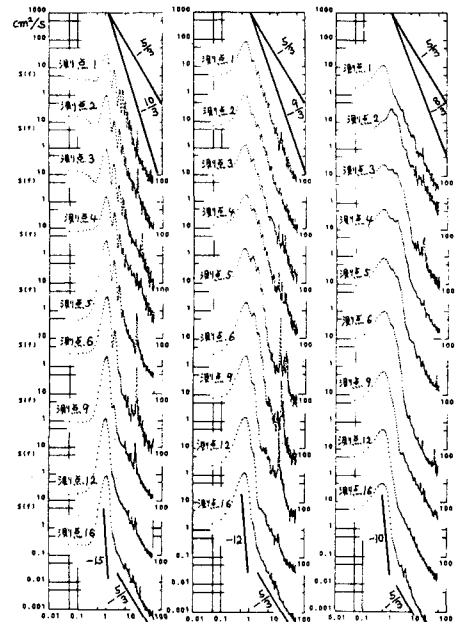


図-2 底面流速のパワースペクトル

4. 実験結果と考察 (1) 底面流速のパワースペクトル

図-2に各測定点における流速のパワースペクトルを示す。スペクトル形ほどの碎波形の場合も、同期波成分に相当するエネルギー生成領域と、乱れ成分に相当する慣性領域が、明確に表われている。乱れ成分の3~5Hz以下においては、どの測定点も $-\frac{1}{3}$ 乗に比例しており、また同期波成分の $f < 3 \sim 5 \text{ Hz}$ においては、測点16では $-15 \sim -10$ 乗に比例しているもの、勾配は次第に緩やかになり、測点1では、 $-\frac{10}{3} \sim -\frac{8}{3}$ 乗に比例している。

(2) 底面流速変動の場所的分布 図-3に一周期間の質量輸送速度 $\bar{U}$ 、定常流速 $\bar{u}$ 、流速変動のskewness、乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ を示す。 $\bar{U}$ はポリスチレン粒子5個分の平均値であり、その他は20波分の平均値である。 $\bar{U}$ と $\bar{u}$ は、沖浜帯では相互に異なる傾向を示すが、崩れ波と巻き波の碎波帯では、相方共に同程度の沖向主流流がある。skewnessは、沖より碎波点にかけての波も通が増加し、碎波点から岸までは減少しているが、砕け寄せ波では余り減少せず、岸沖方向の流速は、非対称性のままである。

(3) 底面砂粒子の移動速度の場所的分布 図-4には、各測定点で測定された5個分の砂粒子の一周期間の移動速度の平均値 $\bar{U}_s$ が示されている。これによると、粒径の大きい4mm砂粒子は崩れ波では $0.5 < \frac{x}{X_b} < 0.8$ のつち込み付近と $1.6 < \frac{x}{X_b}$ の沖浜帯で沖向きに動き、巻き波でもその傾向がみられるが、砕け寄せ波では、全測定点で岸向きの移動となっている。これに対し、粒径の小さい2mm砂粒子は、すべて岸向きに移動するか、停止したままである。

(4) 底面流速変動と底面砂粒子移動との関係 砂粒子の移動要因を、底面の質量輸送速度や流速変動の非対称性と考え、その関係をみたものが図-5である。これによると、 $\bar{U}$ と $\bar{U}_s$ の関係およびskewnessと $\bar{U}_s$ の関係ともに、海浜全域にわたり共通の一般的関係を見出す事は出来ない。巻き波と砕け寄せ波では、沖浜帯において $\bar{U}$ やskewnessとの相関がみられるが、つち込み点では碎波による乱れの影響が大きいため、沖浜帯では斜面の重力効果が大きいようである。 $\bar{U}$ と $\bar{U}_s$ の関係において、第3、第4象限の点がつち込み点の砂粒子であり、第2象限の点が沖浜帯で沖向きに移動した区間の砂粒子である。なお $\bar{U}_s$ は、一周期間の岸沖方向移動の積分値であるが、一周期間の砂粒子の移動パターンには、図-6に示すように3種のパターンがあった。文献) 瀬田・藤部・野澤・堀井, 第27回海議, pp.40~44.

2) 瀬田・近藤・田中, 港湾技術報告, 21巻2号, pp.49~106. 3) 岩垣・森・若口, 第28回海議, pp.242~246.

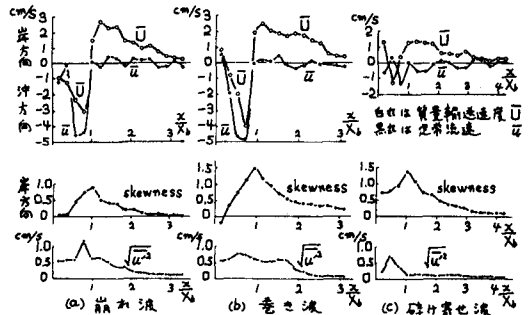


図-3 底面流速変動の場所的分布($\bar{U}$, $\bar{u}$, skewness, $\sqrt{u'^2}$)

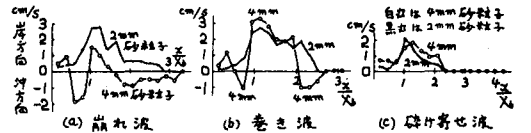
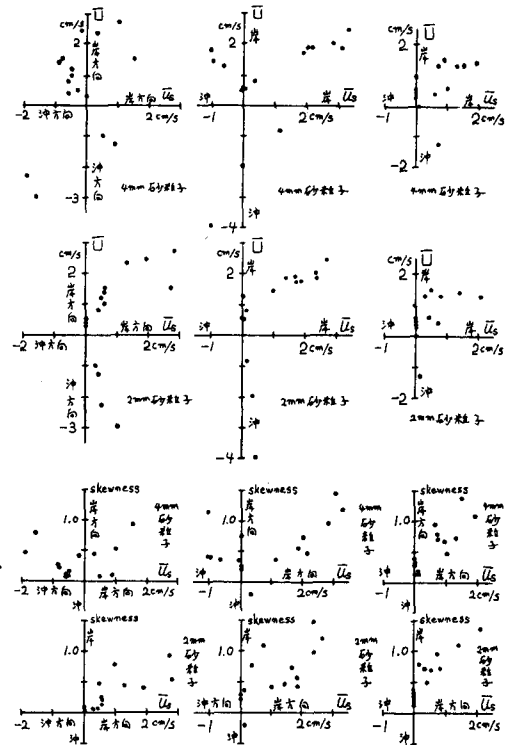


図-4 底面砂粒子の移動速度の場所的分布



(a) 崩れ波 (b) 巻き波 (c) 砕け寄せ波
図-5 底面流速変動と底面砂粒子移動との関係

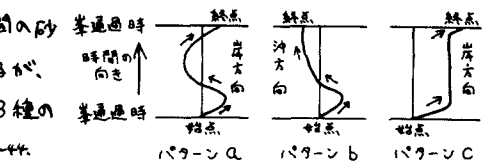


図-6 一周期間の砂粒子の移動