

波による傾斜底面上での質量輸送について

大阪府立工業高等専門学校

正員 平山秀夫

堺市 正員 桜本 浩

京都市 正員 寺田孝一

1. はしがり：一般に、海浜地形変化と論じる場合、漂砂量の場所的分布とその時間的変動を知ることが必要であるが、そのためには、掃流および浮遊砂の移動方向と移動量と定量的に把握することが不可欠である。

これまで、漂砂の移動方向と支配する要因の1つとして、質量輸送や砂運上が発生する渦などが指摘されているが、質量輸送速度の方向と底質の移動の方向とが必ずしも一致しないなどの報告もあり、両者の関係については、まだ充分検討されているとはいえない。特に傾斜底面上での質量輸送速度の特性に関しては、実験データも少なく、不明な点も多い。

本研究では、このような観点から、海浜の変形予測の基礎研究として傾斜底面上での質量輸送速度に着目し、その場所的分布特性を主として実験的に調べ、その結果を同一条件下の2次元海浜変形の実態と対比させながら、質量輸送と底質の移動の関係を明確にしようとするもので、ここではその第1号として、まず最初に砕波直近傍に到るまでの水底傾斜面上(滑面)における質量輸送速度の水平分布を実験的に詳しく調べ、従来提案されている水平床上での理論値や斜面勾配を考慮に入れた理論値などと比較し、これらの理論値や実験値などの程度説明されるかを調べる。次いで、質量輸送速度の水平分布の特性と砕波型式別に比較検討し、その相違点を明確にする。

2. 実験装置・実験条件・解析方法：実験は、水槽の端部に勾配 $1/10$ の斜面と設置した長さ 21 m 、高さ 1 m 、幅 70 cm の片面ガラス板で水槽を用いて行った。実験の方法は、造波開始後10波目と300波目の波の場合について、水底傾斜面の所定の位置に単一粒子(スケール樹脂; 粒径 $=1.9\text{ mm}$ 、比重 $=1.04$)を投入し、その1周期ごとの位置をモータードライバカメラで連続撮影を行った。その機構は、造波源であるACモーターの部分に接触部を設け、モーターが1回転する度に、瞬間的にカメラのシャッターが降りるように工夫した。単一粒子の投入位置は、斜面上と砕波直から沖側に断面I~Vまでの5断面に分り、断面I, IIはそれぞれ、汀線から 3.14 m 、 2.14 m に固定し、断面III, IV, Vはそれぞれ砕波直から約40, 20, 0 cmの位置と選んだ。実験条件は、水深 $h=45.0\text{ cm}$ と常に一定とし、周期 $T=0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0$ の各場合について、沖波波高 $H_0=4.5\text{ cm}$ ~ 14.6 cm の間で適当に変化させた。また、底面には、滑面として $70\text{ cm} \times 105\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ のフクリル板を使用した。実験結果の解析法は、得られた木がフィルムから京大海岸研究所のモーションアナライザーを用いて、波の1周期ごとの単一粒子の位置の座標を順次求め、それから質量輸送速度 $\bar{U}$ を求めた。

3. 実験結果および考察：①質量輸送速度に及ぼす単一粒子の粒子特性などの影響：図-1(1), (2)は、それぞれ単一粒子の粒径・比重の相違などの粒子特性および1周期平均するときの初期位相の相違による質量輸送速度の変化と調べたもので、これらの図から明らかなように、本実験条件の範囲内では、分布特性の明確な差異は見られないようである。

Hirayama-Hideo, Sakuramoto-Hiroshi, Terada-Koichi.

(2) 水平質量輸送速度の理論値と実験値の比較:

こゝでは、従来提案されている水平床上での理論結果 (Longuet-Higgins 及び著者らによるもの) 斜面勾配を考慮した Bijker らの理論結果が実験値とどの程度説明できるかを調べた。その結果が図-2(1)~(2)で、図中の各曲線は、表-1 に示してあるように、Longuet-Higgins による境界層外縁での conduction solution の結果 ($\bar{U}_1$)、同じく境界層外縁での Stokes 波の $\bar{U}_1$ 次近似解を用いて計算した結果 ($\bar{U}_2$) および境界層外縁での結果 ($\bar{U}_3$)、さらに著者らが示した波速の $\bar{U}_1$ 次近似解に基づく Stokes 波の $\bar{U}_1$ 次近似解による結果 ($\bar{U}_4$) とそれぞれ次式のように無次元化して示した (図中の重印は、それぞれ斜面工および水平床上での実験結果を示す)。

$$\bar{U}_1/(H/T) = \frac{5}{4} \pi \frac{H}{L} / \sinh^2 kh, \quad (1)$$

$$\bar{U}_2/(H/T) = \frac{1}{4} \pi \frac{H}{L} \left\{ (1-r^2)(5-8e^{-5}+3e^{-25}) + 2r(-3+8e^{-5}\sin\theta+3e^{-25}) \cdot \sin 2kx \right\} / \sinh^2 kh, \quad (2)$$

$$\bar{U}_3/(H/T) = \frac{T}{H L} A^2 \left\{ -2e^{5\cos\theta} + \frac{3}{4}e^{25} + \frac{5}{4} \right\} + \frac{T A}{2 H} \frac{dA}{dx} \left\{ 2e^{5\sin\theta} + \frac{3}{4}e^{25} - \frac{5}{4} \right\}, \quad (3)$$

$$\bar{U}_4/(H/T) = \frac{5}{4} \pi \frac{T}{H L} A^2 - \frac{3}{4} \frac{T A^2}{2 H} \frac{dA}{dx}, \quad (4) \quad \bar{U}_5/(H/T) = \frac{1}{2} \frac{H}{L} (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2) \quad (5)$$

$$\bar{U}_6/(H/T) = \frac{1}{2} \frac{H}{L} (F_1^2 + F_2^2) + \frac{3 H}{8 L} \coth kh \cdot (-F_1 \sin kx - F_2 \cos kx - 1) \quad (6)$$

こゝで、 $A = \sqrt{\frac{2 \cosh^2 kh}{2kh + 2 \sinh^2 kh}} \cdot \frac{\pi H_0}{T \sinh kh}$, $S = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}}$, $r = \text{反射率}$, F_1, F_2, F_3 は H, L, k の関数、式(2)中の x は $x=0$ とした。これらの図から明らかになるように、本実験条件の範囲内では、式(5)に最も近いことが明らかである。このことは、図-3の理論結果と実験結果の差の絶対誤差の水平分布からも明らかである。なお、図-4は Brebner & Collins に従って、本実験結果を図示したもので、この図から、傾斜面工での質量輸送速度の分布は、水平床上のそれとは若干異なっていることが明らかである。

(3) 碎波型式による水平分布特性の相違: 前掲の図-2(1)~(3)は、それぞれ碎波型式が崩れ波、巻き波、碎り奇也波の場合の結果の一例で、これらの図から明らかになるように、全般的に碎波型式による分布特性の差異はほとんどなく、いづれの場合にも碎波更(地)で最大値をとるようである。

最後に、1/4拍速を以て、岩浜正一教授に謝意を表す。

表-1 図-2の記号の説明

(1) Longuet-Higgins	(2) Longuet-Higgins(8)	(3) Bijker et al. (boundary layer)	(4) " (outside bound. layer)	(5) Author by Stokes(1, 3rd)	(6) Author by Stokes(2, 2nd)
max.	min.	max.	min.	max.	min.

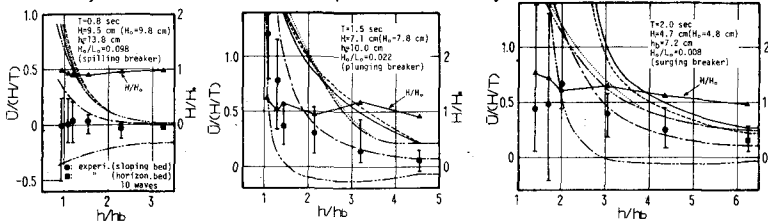


図-2 理論値と実験値の比較 (碎波型式による底面質量輸送速度の水平分布)

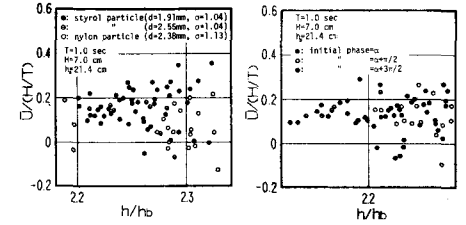


図-1 質量輸送速度に及ぼす粒子特性・初期位相の影響

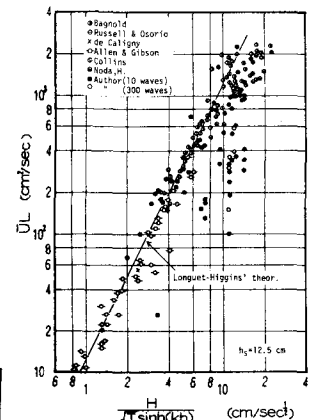


図-4 水平および傾斜面における質量輸送速度の比較

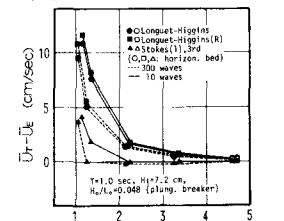


図-3 理論値と実験値の絶対誤差の水平分布の比較