

京都大学 工学部 正員 岩垣雄一

京都大学 工学部 正員 平山秀夫

1. はしがき 海岸波浪によって、なぜ底質が浮遊し運ばれるかという、いわゆる漂砂の浮遊機構を解明するため、ここ3年間にわたって重複波動中における1個の浮遊粒子の挙動特性を、主として実験的に調べてきているが、特に前報では、浮遊粒子の沈降速度による鉛直残留速度についての理論計算を行ない、若干の実験例を示した。しかしながら、従来は重複波の節の部分の結果しかなく、その妥当性について十分検討することができなかった。ここでは、まず、その後の底面が滑面と粗面の場合、重複波のほぼ全域にわたる詳細な実験に基づき、浮遊粒子の水平残留速度に対する理論結果の妥当性を検討するとともに、水平残留速度の場所的变化を論じる。次いで、すでに示したような²⁾、残留速度の分散値から得られる水平方向の拡散係数について、その水平および鉛直方向の場所的变化特性と実験的に調べようとするものである。

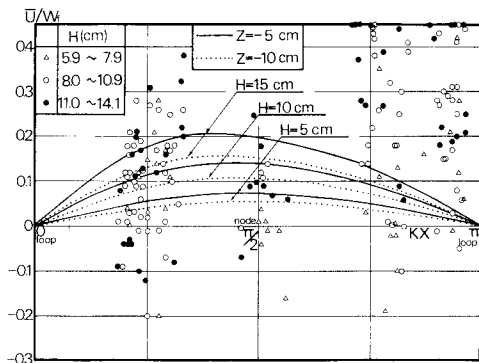
2. 実験装置および方法 実験装置および方法は、浮遊粒子の投入位置と重複波の腹の付近および腹と節の間付近を重複的に選んだことを除けば、前報の場合と全く同様であるので、ここでは詳細は省略する。

実験は長さ5m、幅50cm、高さ60cmの片面ガラス張り水槽で重複波を発生させ、浮遊粒子(スケロール樹脂、比重1.02、粒径約2mm)を所定の位置に投入し、ストロボを用いてその挙動を撮影した。実験は、滑面と粗面の両方の場合について、 $kx \approx \pi/4, 3\pi/4, 9\pi/10$ ($k = 2\pi/L$, $L = \text{波長}$) の位置で、それぞれ底面から5cm, 15cm, 25cmの深さに対して約20~80回ずつ行ない、浮遊粒子がほぼ同一鉛直面内で運動している場合のみを解析した。

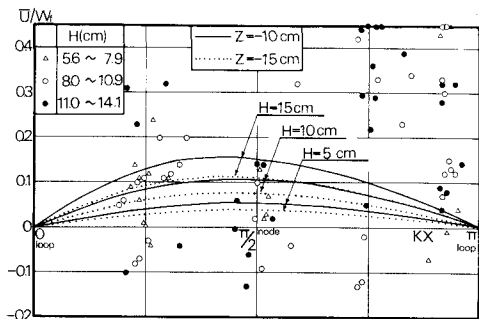
3. 実験結果および考察 (1) 沈降速度による浮遊粒子の水平残留速度: すでに前報¹⁾で、浮遊粒子がx方向には水粒子の水平速度成分で、y軸方向には水粒子の鉛直成分と静水中の沈降速度の和の速度で運動するという仮定のもとに、理論的に残留速度を計算し、その水平成分 $\bar{U}$ を次式のように表わした。

$$\begin{aligned} \bar{U}/\omega_1 = & \pi H/2 \cdot \left\{ \sinh k(h+\bar{z})/\sinh kh \cdot \sin k\bar{x} - (3k/2a) \cdot (\pi a/2)^2 \cdot \left\{ \sinh 2k(h+\bar{z})/\cosh 2kh \right\} \right. \\ & \times (1 - \coth^2 kh) \cdot \sin 2k\bar{x} - (ka)^2 (g/k)^2 \cdot \left\{ -9k/a \cdot \beta_3 \cdot \sin 3k\bar{x} \cdot \sinh 3k(h+\bar{z}) \right. \\ & \left. \left. + k/3a \cdot \beta_1 \cdot \sin k\bar{x} \cdot \sinh k(h+\bar{z}) + (3k/a) \cdot \beta_3 \cdot \sin 3k\bar{x} \cdot \sinh 3k(h+\bar{z}) \right\} \right\} \text{-----} (1) \end{aligned}$$

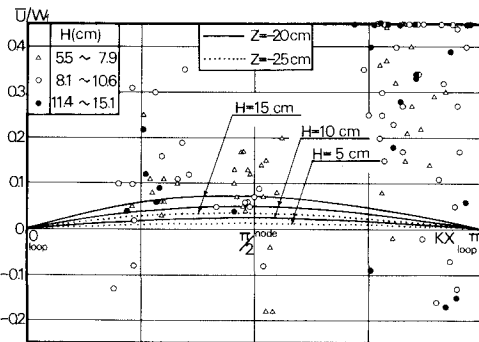
図-1(a), (b)はそれぞれ底面が滑面と粗面の場合における(1)式の理論曲線と実験値と波高別に比較したもので、横軸は反射板からの距離を $k\bar{x}$ で表わして示したものである。図中、実線と点線が(1)式の理論曲線で、このように深さ $\bar{z}$ の2つの異なった値について理論値を示したのは、実験値の $\bar{z}$ の値がこれらの間にはさまれるからである。図の(1), (2), (3)は浮遊粒子がそれぞれ $\bar{z} \approx -5\text{cm}$ (水表面付近), -15cm , -25cm の地点を中心に運動する場合の結果である。これらの図から明らかなことは、まず第一に、底面の粗滑によらず、実験値がかなり正負に幅広く散乱していて、波高による分布特性が明確でないこと、しかも、それらの実験値の平均値をあらわす図-2を見ても、滑面の場合、 $kx \approx 3\pi/4$ 付近の値は別として、浮遊粒子の運動の中心位置の深さによる残留速度の差異はほとんど見られないが、水平方向には、かなり場所的に変化している。一方、粗面の場合には、浮遊粒子の運動の分布特性が滑面の場合と相違し、特に $kx \approx 3\pi/2 \sim \pi$ 付近では平均残留速度が負の値をとるなど、両者には著しい差異が見られる。このように、滑面の場合でも粗面の場合でも、全般的に理論値と実験値はあまりよく合致していない。なお、図-2のプロットは図-1に示した実験データを $kx \approx \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ および $9\pi/10$ の4つ



(a)(1) $Z \approx -5 \text{ cm}$

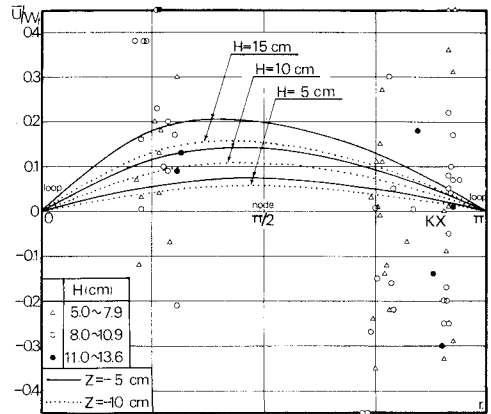


(a)(2) $Z \approx -15 \text{ cm}$

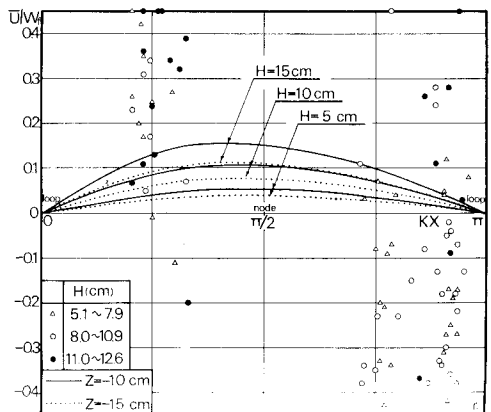


(a)(3) $Z \approx -25 \text{ cm}$

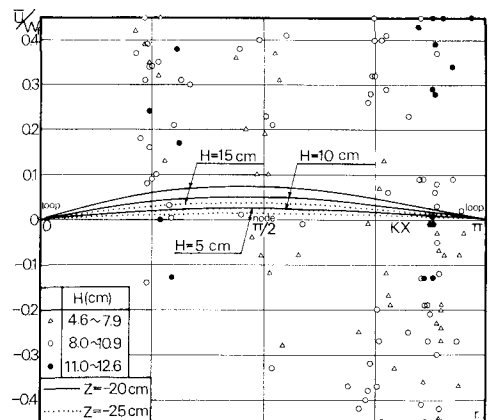
図-1 浮遊粒子の水平残留速度の理論値と実験値の比較
(a) 滑面, (b) 粗面)



(b)(1) $Z \approx -5 \text{ cm}$



(b)(2) $Z \approx -15 \text{ cm}$



(b)(3) $Z \approx -25 \text{ cm}$

の部分に分けて、それぞれの平均値を示したものである。
文2に、実験値の散乱の分布の程度が、底面の粗滑のみならず、節の両側によってかなり異なっているということである。このような傾向は、鉛直残留速度にも見られるが、これについては、次の機会に述べることにし、ここでは水平残留速度の分散特性について調べたい。

(2). 水平残留速度の分散特性: すでに、昨年の海岸工学講演会²⁾で、潮流の水平混合と類似の考え方で、浮遊粒子の残留速度の分散値から拡散係数を次式のように定義できることを示した。

$$k_x = \omega_f^2 \cdot T \cdot \sum_{i=1}^N (\bar{U}_i / \omega_f - m)^2 / N = T \cdot \omega_f \cdot \sigma^2 \text{-----} (2)$$

ここで、 N は実験値の個数、 $m = (\sum_{i=1}^N \bar{U}_i / \omega_f) / N$ 、 $\sigma = \{(\sum_{i=1}^N (\bar{U}_i / \omega_f - m)^2) / N\}^{1/2}$ である。本実験では、波の周期は一定で、浮遊粒子の沈降速度もほぼ一定であるので、この分散値(σ^2)の分布が拡散係数の分布を示すことになる。

図-3(a), (b)は、それぞれ底面が滑面と粗面の場合における分散値の水平分布と、それぞれ $z \approx 5\text{cm}$, -15cm , -25cm の位置に分けて示したものである。滑面の場合、図の(a)から明らかなように、 $k_x \approx 9\pi/10$ (腹付近)を除いて、分散値の水平分布は、浮遊粒子の運動の中心の鉛直方向の位置に無関係にほぼ類似しており、全体的に節の付近が最も小さく、腹に近づくほど大きくなっている。一方、粗面の場合には、節の部分のデータが一部欠除れているので全般的なことはわからないが、滑面の場合と比較して全体的に分散値が大きく、しかもその分布の傾向は滑面の場合と若干異なっているように思われる。

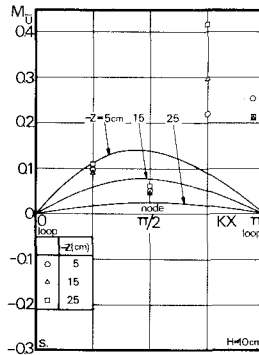
図-4(a), (b)は水平残留速度の鉛直分布を、 $k_x \approx \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ および $9\pi/10$ に分けて示したもので、縦軸に静水面からの距離をとって、図-3の結果をそのまま書き換えたものである。これらの図から明らかなように、(a)の滑面の場合には、その分散値の鉛直分布は、 $k_x \approx \pi/2$ と $3\pi/4$ ではいずれも逆Uの字型を示すが、 $k_x \approx \pi/4$ および $9\pi/10$ ではUの字型分布をしており、水平位置によってかなり分布特性が変化している。一方、粗

面の場合には、水平位置によって鉛直分布特性がかなり変化しているが、滑面の場合とは全く逆で、 $k_x \approx 3\pi/4$ ではUの字型分布、 $k_x \approx \pi/4$ および $9\pi/10$ では逆Uの字型分布をしている。

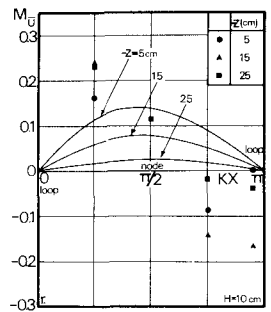
以上、浮遊粒子の残留速度のうち水平残留速度のみについて、その水平ならびに鉛直分布特性を論じてきたが、鉛直残留速度については、海岸工学講演会で述べる予定である。

最後に、本実験を行なうにあたり、ご協力いただいた京都大学工学部学生古市真君に心から感謝の意を表するとともに、本研究は文部省科学研究費による総合研究(代表者土屋義人教授)の一部であることを付記し、謝意を表する。

参考文献： 1) 岩垣・平山：重複波の波動下における浮遊粒子の沈降速度の変化について、第88回年次講演会概要、文工部 pp.6~7。 2) 岩垣・平山：重複波による浮遊粒子の挙動の特性について、第20回海岸工学講演会論文集、pp.319~326。

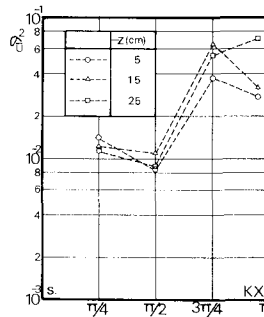


(a) 滑面

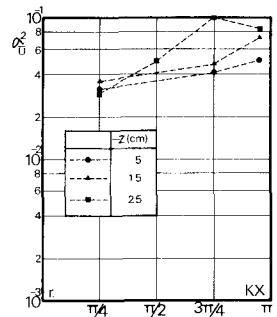


(b) 粗面

図-2 浮遊粒子の水平残留速度の平均値の水平分布

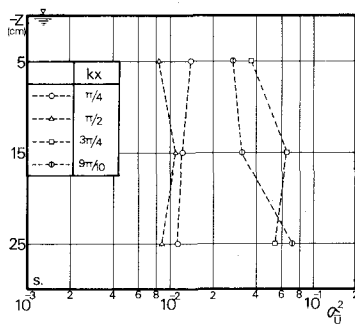


(a) 滑面

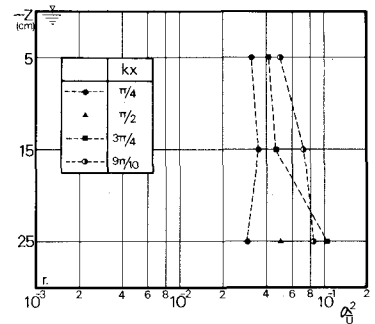


(b) 粗面

図-3 浮遊粒子の水平残留速度の分散値の水平分布



(a) 滑面



(b) 粗面

図-4 浮遊粒子の水平残留速度の分散値の鉛直分布