

底面境界層におよぼす波の有限振幅性の影響について

京都大学工学部 正員 岩垣 雄一

京都大学工学部 正員 張 義光

京都大学大学院 学生員 O 辻 俊一

1. はじめに 海浜の変形機構を解明するためには、底質移動の外力となる流体場とくに底面近傍に発達する境界層内の流速や応力の変動特性を明らかにし、底質粒子に作用する流体力を正しく評価することが必要となる。振動流あるいは正弦的な波形を有する波の場における境界層については、従来より多くの研究がなされてきており、その成果も数多い。しかしながら、海浜変形が問題となる波動場は勾配を有する海浜であるため、底面境界層内の流体運動は *shoaling* にともなう波の有限振幅性の効果によって変化すると考えられる。本研究では、底面境界層内の流速分布および底面における質量輸送速度におよぼす波の有限振幅性の効果を検討する。

2. 流速分布および質量輸送速度の計算 境界層内の流速分布は、Deanの流れ関数理論を適用して得られる水粒子速度を境界層外縁の流速として与えることにより、層流境界層方程式にもとづいて次のように求めた¹⁾。

$$u_0 = \operatorname{Re} \left\{ (H/T) U_0^* \left\{ 1 - e^{-(1+i)\sqrt{A_1}(\sqrt{Re/2})(z/L)} \right\} \right\} \quad (1)$$

ここに、 $U_0^* = \sum_{n=2,4,\dots}^{\infty} U_{0n}(z) e^{in\pi x}$, $U_{0n} = -(a_n + ib_n) e^{-in\pi x}$, $a_n = (H/T)(n\pi/L) X_{n+2}$, $b_n = (H/T)(n\pi/L) X_{n+3}$, $\pi = 2\pi/L$, H : 波高, T : 波の周期, L : 波長, C : 波速, X_{n+2} および X_{n+3} は水面の変位量に関する定数である。境界層内の流速は式(1)の実数部で与えられる。

また底面の質量輸送速度は次のようにして求めた。すなわち、理論値は

$$\bar{U}_b = (5/4)(\pi H/T)(\pi H/L)(\sinh^2 \pi h) \quad (2)$$

で表わされる Longuet-Higgins によって求められた式を用いて計算し、実験値は固定粗度斜面上で運動する中立粒子の結果をプロットした。ここに h は水深である。波の有限振幅性を表わすパラメーターとしてアーセル数 $U_r = gHT^3/h^3$ を採用し、式(1)および(2)で計算される値が U_r の変化によってどのような変動傾向を示すかを検討した。

3. 結果および考察 図-1 および図-2 は水位変動と $\pi/T = 0.0$, 0.25 および 0.65 の各位相における境界層内の流速分布とを示したものであり、図-1 は $U_r = 113$, 図-2 は $U_r = 242$ の場合の結果である。いずれの場合でもほぼ同様の変動傾向を示しているが、有限振幅性が増すと冲向き流速振幅は小さくなる。図-3 は式(2)で与えられる $\bar{U}_b$ と実験によって得られた $\bar{U}_b$ とを πh に対してプロットしたものである。この図よりわかるように、 $\pi h > 0.7$ の領域では実験値の変動傾向は理論曲線のそれとよく一致しているが、 $\pi h < 0.7$ の領域では理論曲線とかなりの相違を示している。 $\pi h < 0.7$ の領域では波の有限振幅性が増大し、波の非線形性の影響が顕著になってくるためであると考えられる。図-4 は $\bar{U}_b$ の理論値と実験値とをアーセル数に対してプロットしたものである。図より、 $U_r < 30$

Yuichi IWAGAKI, Wi-Gwang PAE, Tōshikazu TSUJI

では実験値の変動傾向は理論値のそれとよく一致しているが、 $U_r > 30$ では U_r の増大にともなうかなりかけはなれてくるのがわかる。一方、首藤²⁾ は波高変化に関する波動理論の適用限界を $U_r < 30$ としており、底面の質量輸送速度の変動傾向も $U_r < 30$ の領域で理論値のそれと一致する。したがって、斜面上における質量輸送速度 $\bar{u}$ は長んでは長ん < 0.7 、アーセル数では $U_r < 30$ の領域において Longuet-Higgins による理論値と同様の変動傾向を有するが、この領域を離れるにつれて、波の有限振幅性が増大するために理論値との不一致が顕著になる。

- 参考文献
- 1) 岩垣・蓑, 第24回海講, 1977.
 - 2) 首藤, 第21回海講, 1974.

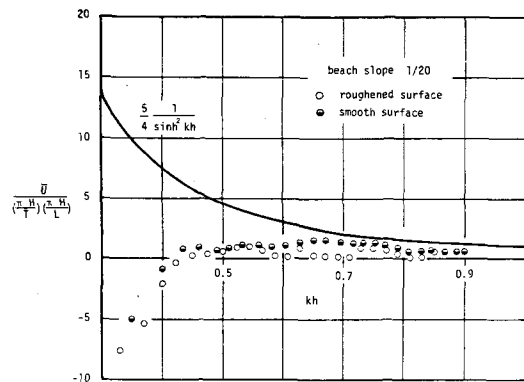


図-3 U_r の変化による質量輸送速度の変動

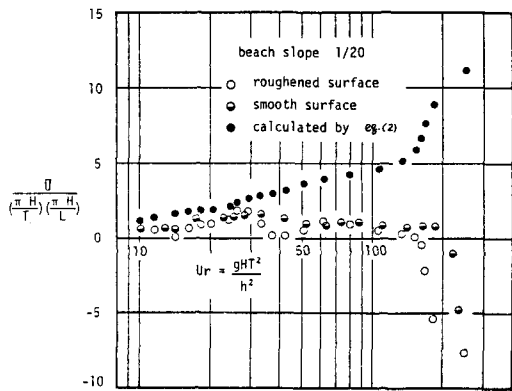


図-4 アーセル数の変化による底面の質量輸送速度の変動

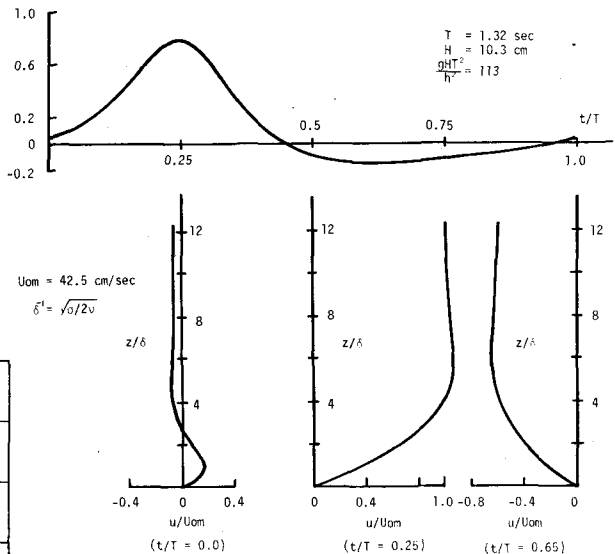


図-1 層流境界層内の流速分布 ($U_r = 1/3$)

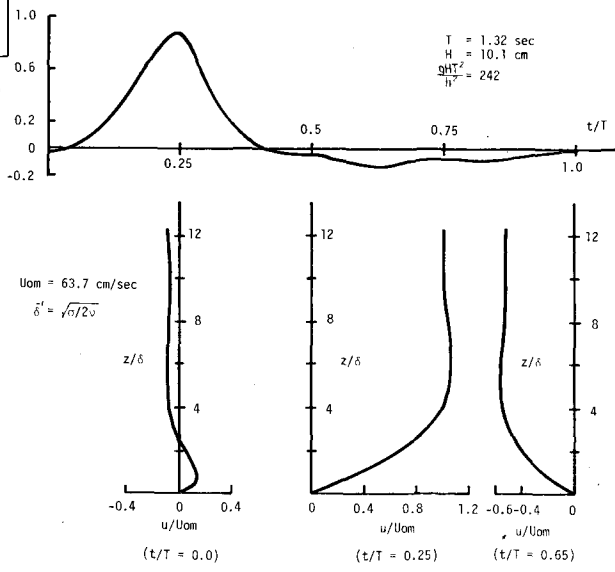


図-2 層流境界層内の流速分布 ($U_r = 2.42$)