

II-226 規則波による流速成分の適用限界について

北見工業大学 ○ 正会員 鰐目 淑範
 北見工業大学 正会員 佐藤 幸雄
 北見工業大学 田中 淳

1. はじめに 現在、波の流速を算出する場合には波形の適用限界をそのまま適用しているが、波による流速の水平方向成分の適用限界が波形の場合と差異が生じている可能性がある。

本実験においては、電磁流速計（アレックス電子・AM250）を用いて波による水平方向最大流速を測定し、その水深方向の分布形状等について微小振幅波・有限振幅波理論の波形適用限界と比較・検討し、波形の場合と同様に比水深 h/L 、波形勾配 H/L を用いて流速成分の適用限界を定めることの可能性について考えてみた。

2. 波形の適用限界と実験波の特性 波形および波高による各種波動理論の適用限界は、大概の場合では $0.1 < h/L < 0.5$ では微小振幅波が適用できるとされているが、その他種々提案されている。

第3次近似ストークス波の2次波発生限界は $HL^2/h^3 \leq 48$ (1)

第2次近似ストークス波の2次波発生限界は $HL^2/h^3 \leq 8\pi/3$ (ただし $H/L < 0.0796$) (2)

微小振幅波の適用限界は $HL^2/h^3 \leq 8\pi/30$ (ただし $H/L < 0.00796$) (3)

Iversen による緩斜面上での波高変化を伴う微小振幅波の適用限界は $h/L \geq 0.50(H/L)^{1/2.38}$ (4)

Wilsonらは、水面上の波峰の高さ η を用いて次のように分類した。

$\eta_0 L^2/h^3 < 1$ なら Airyやストークス波 (5)

$1 < \eta_0 L^2/h^3 < 10$ なら クノイド波 (6)

$10 < \eta_0 L^2/h^3 < 40$ なら 孤立波 (7)

$40 < \eta_0 L^2/h^3$ なら 伝達に伴い変形する波 (8)

上記の(1)～(7)までの適用限界を、 $\eta_0 = H/2$ としてその最大側を示したのが図-1、図-2における(1)～(7)の曲線である（ただし、(2)は省略）。

本実験における波は、図-1・図-2に示したように、大概では微小振幅波が適用可能であり、(4)式の適用範囲にある。また、Wilsonらの分類では(6)式の適用範囲にある。そこで、波長と波高の関係について微小振幅波の波長の式を用いて比較すると、波高の大きさに寄る影響は殆どなく、微小振幅波理論によくあっている。

3. 流速分布の分類および考察 図-1 は流速分布形状による分類であり、図-2 は底面から波谷迄の平均流速による分類である。 $\bar{u}_b$ は微小振幅波の値であり、 $\bar{u}_s$ は第3次近似ストークス波による値であり。 $\bar{u}_2$ は測定値を(9)式の形で近似させた平均値である。 $\bar{u}_b$, $\bar{u}_s$, $\bar{u}_2$ は $u/\sqrt{gL}$ で無次元化した値である。

$$u_2 = A((h+z)/L)^2 + B((h+z)/L) + C, \quad \bar{u}_2 = 1/(h+0.5H) \int u_2 dz \quad (A, B, C \text{ は各波による定数}) \quad (9)$$

図-1 において H/L 、 h/L ともに小さいときには有限振幅波的な流速を示しているが、 $H/L > 0.01$ の領域では、 h/L が小から大になるにつれ有限振幅波的な流速分布を示し、 $h/L > 0.15$ の領域では H/L が小さくなるにつれて有限振幅波的な流速分布を示している。また、図-2 においても同様の傾向が現れており、波形の適用限界と流速の適用限界に差異が生じている可能性が考えられる。

図-3 は各波について (9)式を用いて G を算出し H/L で整理したものである。ここで $u_b < u_2 < u_s$ の関係を示す波の G が小さい点を結ぶと図-3 の直線 ($1/G = 78.3 - 733.3H/L$) が得られる。この直線を H/L と h/L で表すと図-1、図-2 の太い曲線になる。図-2 においては微小振幅波及びストークス波の平均流速の境界を示すのは当然であるが、図-1 においても H/L 、 h/L の大きな領域を除いた実験波の領域では分布形状の分

類境界を示している。

$$G = \sqrt{\pi/2} (H/L) \tanh(2\pi h/L) / \sinh(2\pi h/L) \quad (10)$$

図-4 は実験波の測定値を用いて算出した底面から波谷までの運動エネルギーを E_k として HL^2/h^3 との関係で示した図である。図中の直線は微小振幅波理論値を示しており、 λ_1 、 λ_2 は次のような値である。

$$\lambda_1 = \sinh(4\pi(h-0.5H)/L) / \sinh(4\pi h/L), \quad \lambda_2 = 1 + (4\pi(h-0.5H)/L) / \sinh(4\pi h/L) \quad (11)$$

$2 < HL^2/h^3 < 13$ の範囲では微小振幅波理論値にほぼ合っているが、 $HL^2/h^3 < 2$ の領域では上に外れ有限振幅波の流速分布を示す波と考えられ、 $HL^2/h^3 > 13$ の領域では下に外れており、長波あるいは極浅水波のような流速分布を有する波と考えられる。

また、(9)式 ならびに微小振幅波・ストークス波の各流速式から $\Delta u / \Delta((h+z)/L)$ の形で、各水深における流速分布の傾きを求め、その変化を比較してみると図-1 と同じような分類傾向が得られる。

4. 結論 分布形状、平均流速、運動エネルギー等について考えた場合、本実験の実測値と(4)~(7)式の適用限界との間に差異が生じているが、微小振幅波及びストークス波の流速分布式の適用限界を H/L 、 h/L で定めることの可能性は推察できる。波谷以下の平均流速を用いる場合、図-3 の直線、図-1・図-2の太い曲線が微小振幅波理論の適用限界と考えられる。この曲線は波谷以下の運動エネルギーを考えた際の微小振幅波の適用限界 $2 < HL^2/h^3 < 13$ の下限に近く、(3)式の曲線部を延長した場合とほぼ等しい。

図-1 流速分布形状の分類

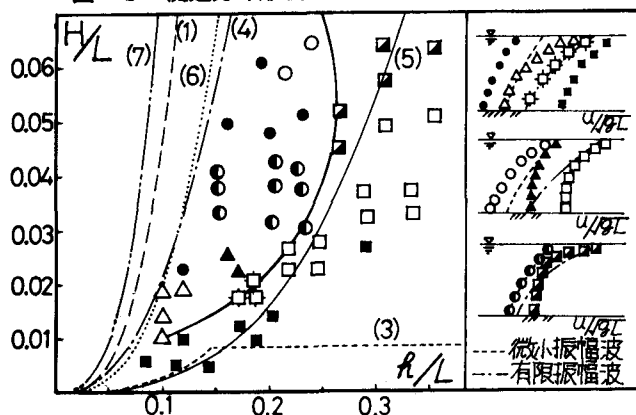


図-2 $\bar{u}_b$, $\bar{u}_s$, $\bar{u}_2$ と h/L , H/L

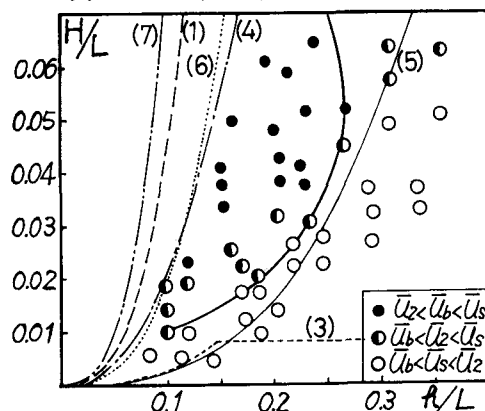


図-3 $\bar{u}_b$, $\bar{u}_s$, $\bar{u}_2$ と G

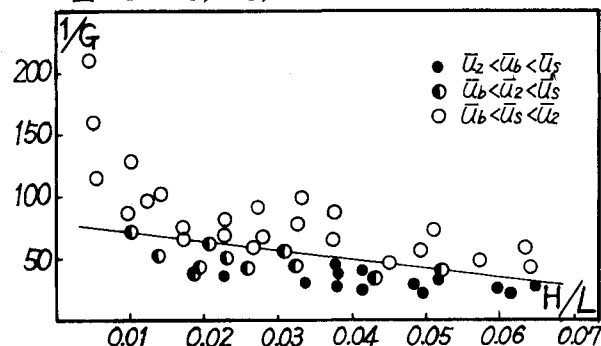
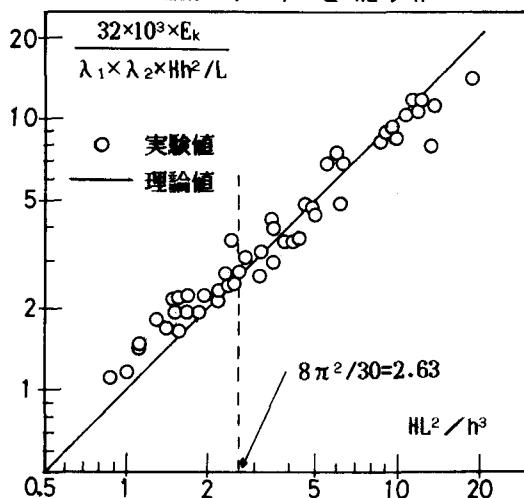


図-4 運動エネルギーと HL^2/h^3



【参考文献】

- 1) 土木学会編：水理公式集（昭和38, 46, 60年度版）
- 2) 鯛目淑範・佐藤幸雄：規則波による流速分布の適用限界について（昭和61年度土木学会北海道支部論文報告集第43号p153~p158）