

波動による平均水位の変化について

岩手大学 学生員 ○ 牧野 仁
正 員 堺 茂樹

1. はじめに

斜面上を進行する波によって生じる平均水位の変化 (Wave Set-up 及び Wave Set-down) と、波の変形とは互いに関連しあっている。一方、逆流が存在する場合には波の変形特性は、逆流によって大きく影響を受けることが明らかとなっている。そこで、本研究では平均水位の変化に及ぼす逆流の影響を実験的に明らかにし、碎波前は線形理論と、また碎波後では Bowen らの式との比較・検討を試みた。

2. 実験方法

波高及び平均水位は6本の容量式波高計を用い50cm間隔で測定し、特に碎波点近傍では25cm間隔で測定を行なった。実験での水底勾配は1/50であり、実験に用いた単位幅流量 q 、周期 T 、換算沖波波高 H_0 は表-1の通りである。

q (cm ³ /s/cm)	0.00~645.62
T (sec.)	0.90~1.83
H_0 (cm)	4.90~14.10

表-1

3. 波頂高と平均水位

本実験で碎波後の波高 H 及び波頂高 (静水位から波峰までの高さ) η_c の変化を調べると、次のようなことが明らかになった。図-1は、逆流がない場合の波頂高と波高の比 (η_c/H) と、水深と碎波水深の比 (h/h_b) の関係を示したものである。図-2は逆流が存在する場合であり、無次元単位幅流量 q^* を3段階に分類してある。図-1に見られるように、逆流がない場合 η_c/H の値は0.7~0.8付近を示している。ところが図-2において、碎波点での η_c/H は q^* によって多少異なり、 h/h_b が小さくなると η_c/H は増加し、場合によっては1を越すものが見られる。 η_c/H の値が1を越えるということは、波谷が静水面よりも高くなるということである。これは流れのない場合には考え難いことでありその原因は波高の減衰に対する逆流の影響だけではなく、平均水位に対しても逆流が強く影響を及ぼしているためと考えられる。逆流が存在しない場合における平均水位の変化については、Bowen らによって論ぜられ、理論式も示されている。しかし逆流が存在した場合に、これらの結果と一致するかどうかを検討する必要がある。

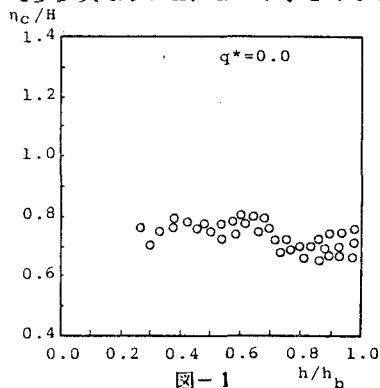


図-1

4. 実験結果及び考察

碎波前の平均水位変化に関して、Longuet-Higgins and Stewart は Radiation Stress の概念を用いて理論式を導いている。また、著者らも、Bernoulli の式の定数項が任意水深での平均水位の変化量に等しい事を報告したが、微小振幅波を対象とした場合には、Longuet-Higgins らの解と同一であり、以下の式となる。

$$\bar{\eta} = -\frac{1}{8} \frac{H^2 K}{\sinh(2kh)} \quad \dots\dots (1)$$

ここで、 $\bar{\eta}$: 静水位からの水位低下量, k : 波数 ($=2\pi/L$)

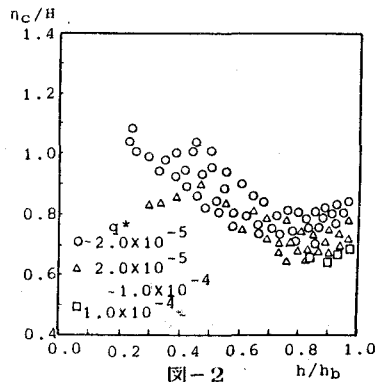


図-2

図-3は流れのない場合での水深変化に伴う波高及び平均水位の変化を示したものであり、理論解(図中実線)は実験値の傾向をよく表わしているといえる。逆流が存在する場合、波動による平均水位の変化の他に、流れそのものによる水面勾配が生じる。そこで流れのみある場合の平均水位と、波・流れが共存する場合の平均水位の差を、波のみによる平均水位の変化量とする。(1)式は波による変化量を示しているのであるから、上述の定義による変化量と(1)式との比較ができる。図-4は流れのある場合の結果であり、理論解は比較的よく実験値と一致しており、逆流の存在する場合にも(1)式が妥当な近似を与えることが明らかになった。

図-4の砕波後の平均水位の変化を見ると、砕波直後は急激に増加している。ある程度エネルギーが減衰し、再生波が生じ始めると、波高の減衰率が低下する。このような状態になると平均水位の増加も低下しほぼ一定値となったり、むしろ減少する場合もある。Bowen は砕波帯内の波高と平均水深との比 γ と、砕波前の Radiation Stress と平均水位の関係をを用い以下の式を導き、実験結果と比較している。

$$\frac{d\bar{\eta}}{dx} = -K \frac{dh}{dx} \quad K = \frac{1}{1 + (8/3)\gamma^2} \quad \text{---- (2)}$$

$$\gamma = H/h + \bar{\eta}$$

本実験のように、逆流が存在する場合にKがどのようなものになるかを示したのが図-5である。ただしKの実測値は上述した再生波の領域になる前までの直線的に増加する範囲のみを対象とした。図中の実線は Bowen が示した砕波帯内の平均的な γ とKの関係であるが、 q^* が小さい範囲ではこれに一致しているが、 q^* が大きくなると流れのない場合に比べてKが大きくなり、平均水位の急激な増加が生じていることを示している。また佐々木・佐伯は流れのない場合にはKは H_0/L_0 に係わらず水底勾配のみによって決定されることを示しているが、逆流の影響を受ける場合には、図-6に示すように H_0/L_0 が大きいほど、Kは小さな値となり、その傾向は q^* が大きいほど顕著である。砕波点近傍で最も大きな低下量となる位置は実験ではかなりばらつきがあり、明確な関係は得られなかった。図-7は最大の低下量と H_0/L_0 との関係を示したもので、 H_0/L_0 の増大に従い減少している。砕波点で最大の低下量となると仮定し、波高を線形理論で計算したのが図中の実線である。 H_0/L_0 の増大に伴い最大低下量が減少する傾向は説明し得るが定量的に推定するには至っていない。これは理論解は線形理論を用いたのに対し、砕波点近傍での非線形性等の影響が強く現れているためであろう。

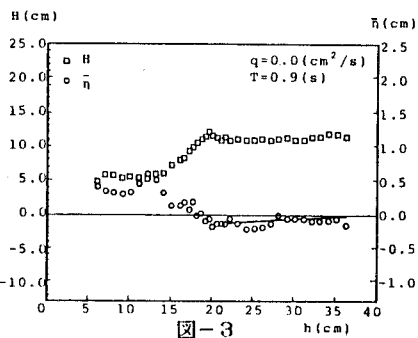


図-3

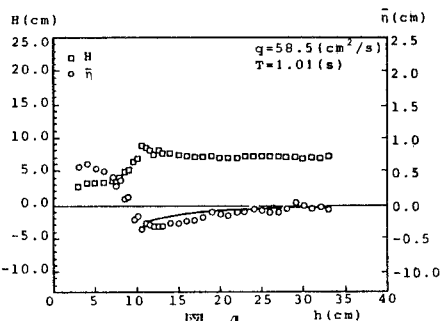


図-4

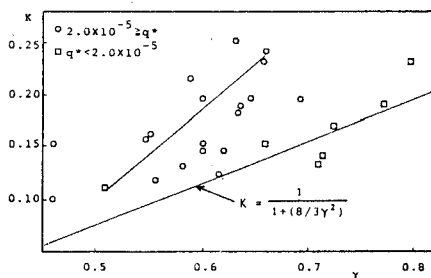


図-5

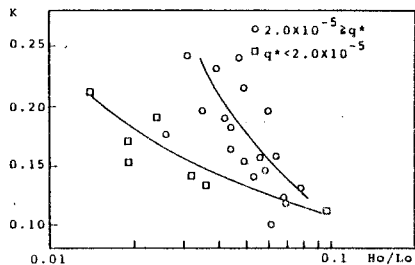


図-6

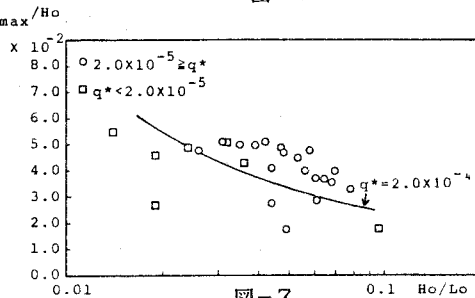


図-7