

II-44

砕波後の波の波高変化に及ぼす平均水位の影響

鹿児島大学 工学部 正会員 佐藤道郎

1. ま え が き

海流や平均水位の変化などの波の存在によって生じる nearshore zone 特有のさまざまな水理現象の把握にはこの領域での波高分布の推定が重要である。特に砕波後の波の波高変化の推定は難しい内容を含む問題であるが、砕波限界を越える波は存在せず余剰なエネルギーを砕波によって放出するという観点に立てばエネルギーの消散過程にそれほど立ち入らなくても簡単に砕波条件を用いて波高を見積ることができる。この考えが多くとられてきた。だが、一方、砕波後の波の減衰機構を明らかにして波エネルギー消散量を見積り、波高変化を求めようという観点からの努力もされてきた。そこで考慮されているのは砕波によって生じる乱れや底面摩擦によるエネルギー消散が主で、さらに空気混入の影響なども検討されてきた。砕波後の波の減衰においてこれらはおそらく主要なものである。だが、もしそのような機構で砕波帯での波エネルギーの殆どが消散されてしまうものとする wave setup や、ひいては海流のエネルギーの source は一体何なのかという素朴な疑問につき当る。それらの現象の解析には質量と運動量の保存方程式が用いられるため見過ごされている点かもしれないが、波の存在下での現象であれば砕波帯の波エネルギーが前述のような機構で消散されるばかりでなく、平均運動のエネルギーに変換される部分があると考えられるはずである。

ところで著者はかつて粘性や乱れによる波エネルギー消散が無い場合でも wave setup のような平均水面の勾配があると波エネルギーの変化が生じ得ることを指摘したことがある。これは波エネルギーの一部が波の伝播する場のポテンシャルエネルギーに変換されることによるものと考えることができる。

そこで本文では wave setup による平均水面勾配の存在が砕波後の波の波高変化に対してどの程度の

役割を果たしているかという点についての概観を得るために大きな検討を加えてみた。

2. 平均水面が勾配をもつときの波エネルギーの変化

平均水面に勾配があるとき波エネルギーがどうなるかという点を簡単に考察してみよう。図1に示すようにA点で波高がHであった波がB点まで進み、もしB点でも波高が変わらずにHであったとするとB点ではA点より平均水面が高いからA点と同じ高さの基準線からポテンシャルエネルギーを測ればB点ではA点よりも大きなエネルギーを有することになる。したがって、AからBに至る過程でエネルギーの補給が無ければ同じ波高ということとはあり得ず、この場合にはBの方が波高が小さくなるはずである。しかし、この波高の減少は粘性等による非可逆的な消散によるものではなく、逆にBからAに進む場合には波高が大きくなることになる。

ところで波のエネルギー密度は $E = (1/8) \rho g H^2$ であり、これは Kinsman の表現を借りれば

$$E = (\rho g H) \cdot \left(\frac{1}{8} H\right)$$

としてみると、単位水面積当りの波エネルギーは、その単位水面積をおおう厚さHの水のシートを $\frac{1}{8}H$ に等しい高さだけ持ちあげる際の仕事に等しい。一方、砕波帯では wave setup により岸近くで砕波高の25%程度までも平均水面が高くなることを合わせ考えれば砕波後の波高変化にこの水面勾配の影響も無視し難いことが考えられる。

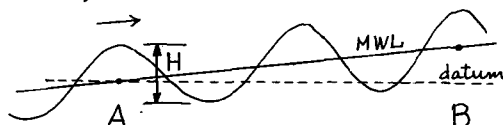


図 1

3. 計算 および その結果

図2に示すような一様勾配海浜で砕波後の波を考える。底面摩擦や乱れによるエネルギー逓散は考えず、wave set downについては無視し、質量輸送変化を補償する流れも含め定常流も無視する。定常状態を考え、wave setup は本来はエネルギー方程式と運動量方程式とを連立させて求めるべきであるが、従来より知られている表現を用い、そのような勾配をもった水面を波が伝播する場合の水面勾配の効果のみを考えるとすることとする。波は簡単に微小振幅波理論を用いる。

波のエネルギー式はこのとき次で表される。

$$(1) \quad \frac{d}{dx}(EC_g) = -gM \frac{d\bar{s}}{dx}$$

$$(2) \quad \bar{s} = K(h_b - h) + \bar{s}_b$$

$$(3) \quad K = \frac{1}{1 + 8/(3\delta^2)}$$

$$(4) \quad M = \rho \int_{-h}^{\bar{s}} u dz = \frac{E}{C}$$

$$(5) \quad h = h_b - \tan\beta \cdot x$$

(2) より

$$(6) \quad \frac{d\bar{s}}{dx} = -K \frac{dh}{dx} = K \cdot \tan\beta$$

これを (1) に代入して

$$(7) \quad \frac{d}{dx}(EC_g) = -gK \tan\beta \cdot \frac{E}{C}$$

$C = C_g = \sqrt{gh}$ として 上式を解くと最終的に次の関係を得る。

$$(8) \quad \frac{H}{H_b} = \left(\frac{h}{h_b}\right)^{-\frac{1}{4}} \left(\frac{h}{h_b}\right)^{\frac{K}{2}}$$

$(h/h_b)^{-\frac{1}{4}}$ は浅水変形による波高変化を表し、通常 K_s (浅水係数) で表されるものである。 $(h/h_b)^{\frac{K}{2}}$ が、平均水面に勾配があることによって生ずるものである。 $r = 0.73$ として $K = 0.167$ としたときの $(h/h_b)^{\frac{K}{2}}$ を示すと図3のようになる。図中にはこれまでに報告されている砕波後の波高変化に関する結果も示した。平均水位の存在が砕波後の波高変化を決める決定的な因子ではないが、これを無視した場合には乱れや底面摩擦、とくに前者によるエネルギー損失を幾分、過大に見積もってしまうことが考えられる。

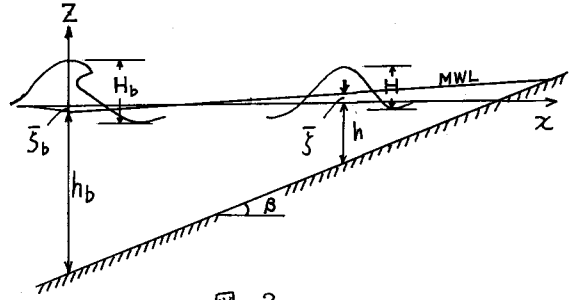


図 2.

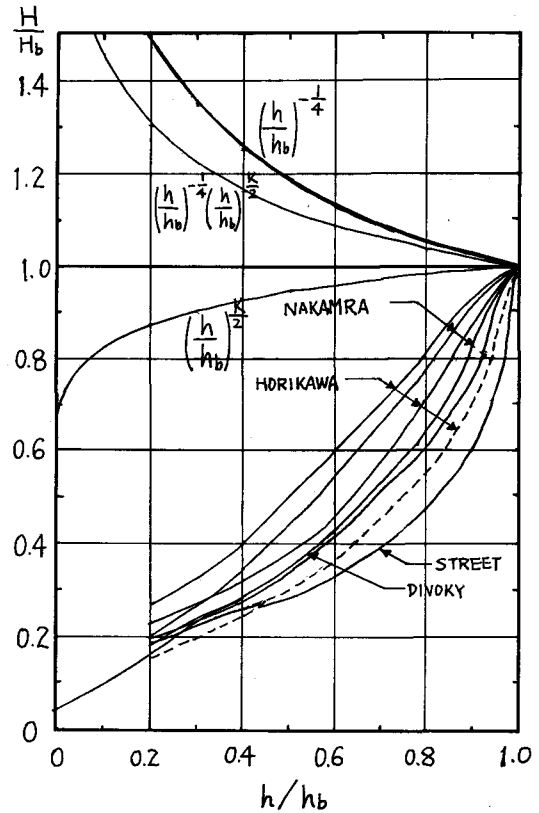


図 3.

(参考文献)

- 佐藤 通郎： 不等流を遡る波の波高変化に関する基礎的研究。土木学会論文報告集。第242号。
1975. 10. pp. 15~29.
Kinsman, B: Wind Waves, Prentice-Hall.
1965. pp. 150