

一様斜面上での不規則波の碎波率に関する一考察

鹿児島大学工学部 ○ 西 隆一郎・佐藤道郎
Texas A & M Univ. Nicholas C. Kraus

1. まえがき

現地海浜における不規則な入射波浪の碎波率を知る事は、海岸工学に関連した多くの問題を解決する基礎となる。例えば、浅水域における不規則波の波高分布、沿岸流速分布、またそれに関連して生じる漂砂の問題が挙げられる。加えて、碎波帯においてどこで幾つの波が砕けその波高がいくらかである事を知る事は、単一の規則波波高分布と単一の碎波点の概念を用いるよりも、碎波帯での波力の評価を向上させ、より合理的で経済的な海岸構造物の設計を可能にしてくれるであろう。現実の不規則波の碎波過程は時間的にも空間的にも変動し、現象も複雑であるために、研究者によりその定義が若干異なるようである。ここでは合田(G-model)(1975,1983)、Battjes and Janssen(B-J model)(1978)、Thornton and Guza(T-G model)(1983)、Larson and Krausによる Monte Carlo法(M.C.法)(1992)を用いて図1に示すような任意の水深における碎波の割合つまり碎波率について検討を加える事にした。但し、G-model とM.C.法においては碎波率の定義がもともと行われていないので、本論文では彼らの不規則波の波浪変形の概念に基づいて碎波率を定義した。ここでは一様斜面上での不規則波の碎波率に問題を限定して話を進める。

2. 碎波帯における不規則波の碎波率の定義

碎波帯における不規則波の碎波率については1970年代になり、不規則波の波浪変形モデルを確立する上で若干の仮定が行われ始めたが、系統だてて論じたものは見当たらないようである。ここでは不規則波波浪変形モデルに対応する碎波率の定義について説明する。またG-モデルでは、碎波率の定義が成されていないので、波高分布中で限界波高を超えて碎波している部分の面積と、入射波浪の波高分布であるレーリー分布の面積比より碎波率を定義した。また、M.C.法においては成分波に対して "breaking or broken wave" という概念を導入して、全入射波数でその地点で碎波している成分波数を割り碎波率とした。碎波の割合という意味で2次波を考慮しない限りにおいては、M.C.法の碎波率の定義が視覚的な碎波率と最も良く対応するかも知れない。それぞれ詳細は以下に述べる。

2.1. G-モデル(1975,1983)

深海域における不規則波の波高分布はレーリー分布 $P_0(\xi)$ に従うと仮定する。浅海域に波が伝搬しひとたび碎波が始まると、砕けていない部分の波の確率 $P_1(\xi)$ は次式の右辺第一項のように定式化される。

$$P_{br} = \frac{\int_{\xi_2}^{\xi_1} \left(\frac{\xi - \xi_2}{\xi_1 - \xi_2} \right) P_0(\xi) d\xi + \int_{\xi_1}^{\xi'} P_0(\xi) d\xi}{\int_0^{\xi'} P_0(\xi) d\xi}$$

ここで、 ξ_1 と ξ_2 は碎波の上限値と下限値である。それ故、不規則波の碎波率 P_{br} は波高分布中において(碎波している波の領域面積)/(碎波と非碎波の波の領域面積)で定義される。

2.2 B-Jモデル(1978)

Battjes and Janssen(1978)はboreアプローチに基づき、平均波エネルギー密度の変化が単位面積あたりの平均エネルギー消散率に基づき計算されると仮定した。碎波あるいは砕けつつある波の確率を求めるために、与えられた水深において碎波あるいは砕けつつある波の波高は H_m に等しいと仮定する。ここで H_m は、与えられた水深における最大波高である。深海域においてレーリー分布を仮定する事により最終的に碎波確率 Q_b は次のように定義された。

$$\frac{1 - Q_b}{\ln Q_b} = - \left(\frac{H_{rms}}{H_m} \right)^2$$

2.3 T-Gモデル(1983)

Thornton and Guza(1983)はエネルギー保存式に基づいて沖合いから海浜への平均波高変化の方程式を導入した。平均エネルギー消散を得るために、碎波確率 $P_b(H)$ はレーリー分布の重み関数として定義された。彼らは、碎波確率が平均波高 H_{rms} と局所水深 h にだけ依存するとして以下のように碎波率 A_b を定義した。

$$A_b = \int_0^{\infty} P_b(H) dH = \int_0^{\infty} W(H) \cdot p(H) dH$$

$$\text{where } W(H) = \left[\frac{H_{rms}}{\gamma h} \right]^4$$

2.4 M.C.法

M.C.法は、深海域において不規則波の波高がレーリー分布に従うようにランダムに選ばれた一連の成分波を用いる。ランダムに選ばれた成分波は伝搬する途中で変形し、碎波し再生した碎波する。各成分波に対するエネ

ルギー平衡方程式としては以下に示すDally(1980, 1984)により提案された式が用いられている。この方法に基づき、碎波率を求めるために”碎波と砕けつつある波”という概念をここでは用いた。具体的には波の変形計算で波のエネルギーフラックスが安定波エネルギーフラックスより大きければ碎波している波として数える。よって不規則波の碎波率は任意の地点を通過する波数で碎波している波の数を割ったものとして定義できる。

$$\frac{d}{dx} (F \cos \theta) + S_{xy} \frac{dV}{dx} = \frac{\kappa}{h + \eta} (F - F_s)$$

3. 計算結果と考察

G-モデル, B-Jモデル, T-Gモデル, M.C.法に基づいた、1/20勾配の一樣斜面上での不規則波の各碎波率の計算結果を図1-4に示す。各モデルとも深海域から浅海域へ水深が徐々に浅くなり汀線に近づくにつれて、碎波率が0から1に増加する事が分かる。但し、G-モデルとM.C.法では、碎波率が凸型の曲線で増加するのに対し、B-Jモデル, T-Gモデルは凹型の曲線で増加する事が分かる。B-Jモデルについては、碎波率が増加し最終的にエネルギー保存式より導いたHrmsとHmが浅海域で等しくなると碎波率が1になりその後は全碎波となり、浅海域においてモデルをどのように改良するか考えねばならない。

4. あとがき

モデルとしては深海域から浅海域の各代表波高の変化を容易に追いかけられる合田モデルが、海浜変形などへの応用に対して汎用性が高いと思われる。方向スペクトルをも考慮して計算を進めるときには、M.C.法を用いる法が各成分波の周波数スペクトルを考慮できる可能性がある事から適しているように思える。また、実際に現地海浜を対象に計算を進めるときには、負の勾配を持つ海浜地形が現れるので碎波指標の取扱いについて更に考察を進める必要もある。

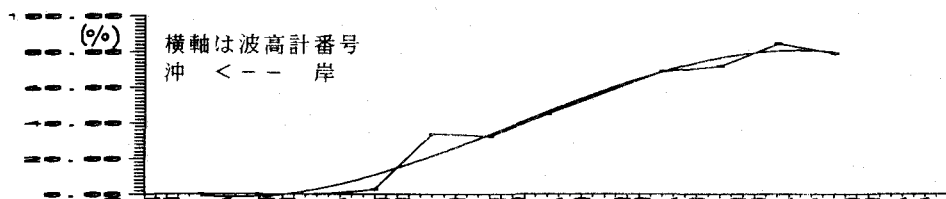


図 1 現地海浜における碎波率の例

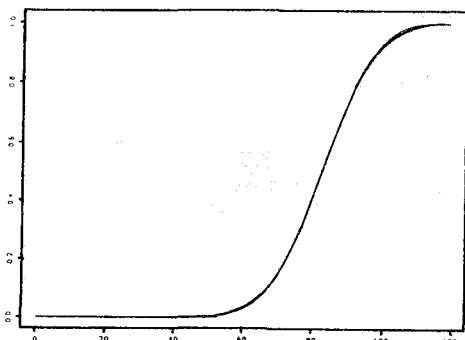


図 2 G-モデルによる不規則波の碎波率

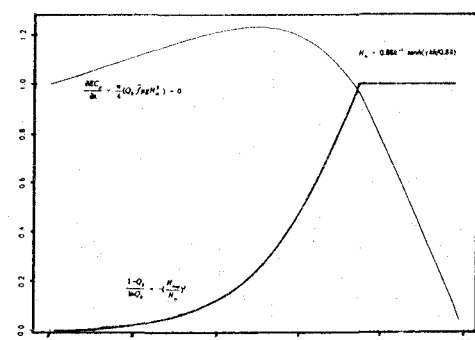


図 3 B-Jモデルによる不規則波の碎波率

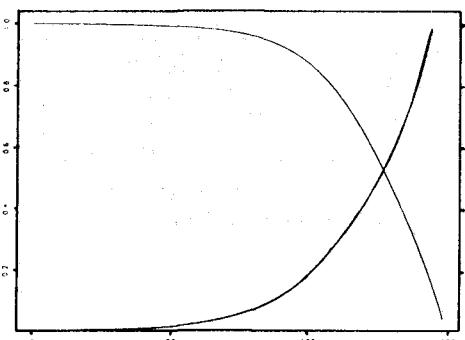


図 4 T-Gモデルによる不規則波の碎波率

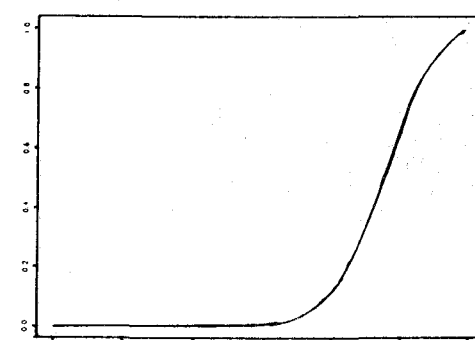


図 5 M.C.法による不規則波の碎波率