

不規則波による砂丘・海浜侵食の簡易モデルについて

鹿児島大学工学部 西隆一郎・佐藤道郎
University of Florida Hisang Wang

1. 序論

波の変形や砕波の現象についてはこれまでに数多くの研究が行われてきており、その結果、規則波・不規則波ともにその波高分布を数値的に予測することはある程度可能になっていると思われる。このような波浪モデルとは対象的に、写真1に示すような現地海岸の不規則波による変形のモデル化は規則波のものに比べればまだ少なく、実用的なモデルの開発が望まれよう。通常、海浜変形の数理実験や数値実験を行う場合には簡便性や使いやすさから、不規則波の代わりに規則波を用いて実験を行うことが広く行われているようである。ところがこれまでの研究によれば、不規則波による海浜地形は規則波のものに比べてかなり滑らかな海浜形状を持つことが知られている(例えば大塚ら, 1984)。このような海浜地形の差異は、図1, 2に示すような規則波と不規則波の空間的な波高分布の違いにより生じているのではないかと考えた。というのは、海底面での底面流速や剪断応力あるいは、その他の漂砂量を求めるのに必要な諸量が局所波高と関連付けられるからである。本研究では具体的に不規則波による海浜変形の計算を行うにあたり、合田の不規則波の変形モデル(1975)を用いて波浪場の計算を行い、 $H_{1/10}$, $H_{1/3}$, H_{mean} 等の各代表波高を求めた。実際、合田のモデルではどのような代表波高を求めることも可能なので、必要であればその他の代表波高と漂砂量を比較することも可能である。この手法は例えばBattjes and Janssen (1978), Thornton and Guza (1983)等の手法では平均波高しかもとまらないことを考えるとより汎用性のある手法といえるし、サーフビートの効果も含んでいる。ここでは、砕波基準を修正した合田の不規則波変形モデルを用いて主にマクロスケールの海浜地形変化を計算しようとするものである。

2. 数値計算

本モデルも通常の岸-沖漂砂モデルと同様に、i)波浪変形モデル ii)岸-沖漂砂モデル iii)底質の連続式の3つのサブモデルにより構成されている。波浪変形モデルにおいては、上記したように合田の不規則波浪変形モデルを用いて任意の点における各代表波高の計算を行う。漂砂量については、例えば、Larson and Kraus (1989)により、砕波帯での岸-沖漂砂量と単位体積当たりの波エネルギーフラックス散逸が良く対応する事が示されているので、(代表)波高よりもとまるエネルギーフラックスから漂砂量を求めるDeanタイプの漂砂量式を用いる事にした。底質の連続式については規則波と全く同じものを用いて計算を行った。以下に各サブモデルの概要について述べる。

2.1 不規則波モデル

砕波体における波高分布を求めるモデルとしては合田



写真 1 吹上浜における砂丘侵食例

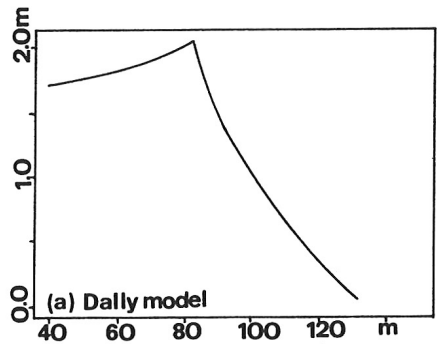


図 1 規則波の波高分布 (Dally model)

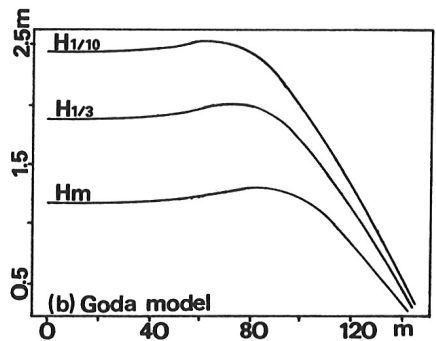


図 2 不規則波の波高分布 (合田モデル)

のモデルを用いた。このモデルでは沖側の入射波浪の波高分布としてレーリー分布を仮定し、砕波体において波が砕け始めると、砕波した分の波エネルギーが砕波していない分の波に再分配される事になっている。砕波帯内では砕波していない波の波浪分布は(1)式に示すような波高分布を持つとして、(2)式で波高の再分布を考慮し各代表波高を求めている。

$$\begin{aligned}
 p_r(x) &= P_0(x) \quad ; \quad x \leq x_2 \\
 &= P_0(x) - \frac{x-x_2}{x_1-x_2} P_0(x) \quad ; \quad x_2 < x \leq x_1 \\
 &= 0 \quad ; \quad x_1 < x
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$P(x) = \alpha \cdot P_r(x) \quad 1/\alpha = \int_0^{x_1} P_r(x) dx \quad (2)$$

但し、プログラムでは $x=H/H_{sig}$, $a=H_{sig}/H_{rms}$ とした。このようにして求められた各代表波高の分布の計算例は図2に示してある。

2.2 岸沖漂砂モデル

ここで用いた漂砂量モデルは Moore(1982)によるエネルギー散逸のアプローチ、また、Larson and Kraus(1989)により用いられた発展モデルと同様に、基本的には任意の地点での漂砂量が、その地点での波エネルギーフラックスと安定波の波エネルギーフラックスとの差よりもとまるという(3)式に示すタイプのものである。

$$q = K[D - D_{eq} + \frac{\epsilon}{K} \frac{\partial h}{\partial x}] \quad \text{for } D > [D_{eq} - \frac{\epsilon}{K} \frac{\partial h}{\partial x}] \quad (3)$$

但し、 q は局所漂砂量、 K は漂砂量係数、 D は波のエネルギーフラックス、 D_{eq} は安定波の波エネルギーフラックスである。

2.3 底質の連続式

(3)式において岸沖漂砂量の空間分布がもどまるので、次に、連続の式より時間刻み Δt 内での地形変化量 Δh を求めれば良いことになる。ここでは底質の連続式として(4)式を用いた。

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4)$$

3. 実験結果と考察

図3に規則波と不規則波(図1, 2に対応)による計算実行途中の岸-沖漂砂量分布を示す。図1はDally等のモデルによる数値計算結果であるが、不規則波の波高分布と比べて、砕波点(不規則波の場合には波高の最大地点)で、波高の変化が急激に起こる事が分かる。従ってこのタイプの波高分布から計算される底面水粒子速度、剪断応力も砕波点前後で急激に変化する事になり、漂砂量の何らかの平滑化あるいは補正が必要になる。さて漂砂量の分布については図3に示すように、規則波のものは不規則波のものに比べて砕波点近傍での漂砂量の勾配が大きく予想される地形変化も不規則波に比べて砕波点付近で大きい事が分かり、規則波の方で明瞭なバー地形が再現される。

次いで図4に一樣勾配海浜に不規則波が作用した場合の侵食地形の計算例を示す。この計算例では、例えば、Detteらの実験で示されたように、砕波点付近で明瞭なバーが形成されず、滑らかな地形が形成されている。しかし、今回の計算では明瞭なバー地形を再現できず、現地海浜で生じているバーがどうして出来るかという疑問に明かな答を出すに至っていない。

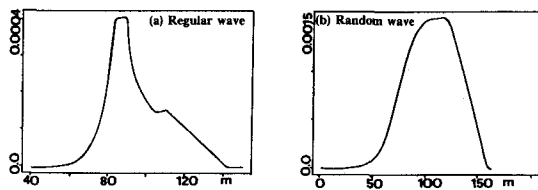


図3 漂砂量分布

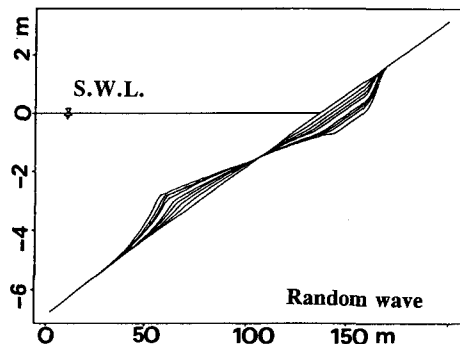


図4 一樣斜面上での侵食例

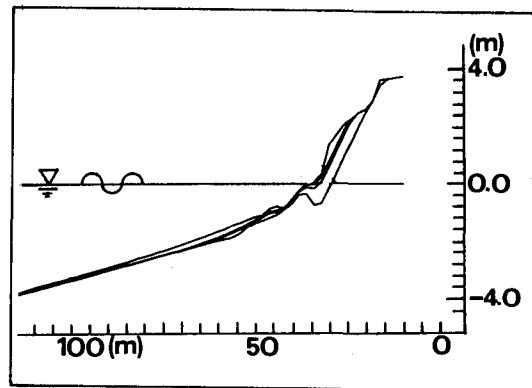


図5 砂丘断面侵食例

4. 結語

本モデルは不規則波を対象として実用的で簡便な海浜変形モデルを作ろうと試みたものであるが、実用化までには更に現地データに基づき検討を加える必要がある。

参考文献

- 合田良実：浅海域における波浪の砕波変形，港湾技術研究所報告，第14巻 第3号，1975，pp. 59-106
- 大塚行則・三村信男・渡辺 晃：不規則波による二次元海浜変形と岸沖漂砂，第31回海講，1984，pp. 321-325
- Larson, M., and Kraus, N.C.: SBEACH: Numerical model for simulating storm-induced beach change, T.R., CERC-89-9, 1989, 256p
- Moore, B.D: Beach profile evolution in response to change in water level and height, M.S. thesis, Univ. of Delaware, Newark, DE