

海浜の動的平衡について

九州大学工学部 学生員○小野信幸 学生員 中野 優
九州大学工学部 正会員 入江 功 正会員 武若 聡

1. はじめに

自然の海浜は長い年月にわたってその海岸特有の波の作用を受けて形成されており、長期的には代表的な波浪特性に対し平衡状態にあると考えることができる。養浜工を施したり、海岸構造物を設置することは、新たなインパクトを加えることになり、海浜は新たな平衡状態を求めて変形する。従って、この平衡断面の特性を明らかにすることは、海浜変形モデルを構築する上で重要である。

海浜の平衡状態とは、海底の底質は絶えず移動をしているが岸沖方向の漂砂量が場所的に釣り合う、いわゆる動的平衡の状態と考えられる。そこで、動的平衡状態の底質移動をモデル化し、数値計算と移動床実験により考察する。

2. 平衡断面特性を入れた海浜変形モデル

著者ら¹⁾(1995)は海浜変形予測において、初期の平衡断面(平均的な自然海浜断面等)やそれを形成する代表波浪(エネルギー平均波等)は、調査対象海岸から得られるべきもので、本来これらは与件と考え、これを実験結果から求める海浜変形モデルを構築した。

モデルでは、まず平衡断面(実験値)を入力し、これに実験と同じ特性の波を作用させても、断面の変化が一切生じないところの平衡条件を求める。この平衡断面に断面掘削のようなインパクトを与え、非平衡状態から平衡状態に至る海浜変形過程を計算する。

3. 海浜の平衡状態

海浜は、各砂れん間で底質の交換を繰り返し、絶えず移動をしている。従って、海浜の平衡状態は、砂れん間の砂の交換量が釣り合い、岸沖方向の局所漂砂量がゼロとなる動的平衡状態である。本研究では、海浜の平衡状態を次のように定義した。

平衡断面の沖浜帯の一部について考えると、水深が浅くなるに従って、底面に沿う水粒子軌道(d_0)や砂れん波長(λ)は大きくなる。波の一周毎に、ある一つの砂れん(i)の移動に寄与する砂の量を Q とすると、 Q もまた水粒子運動の激しさに応じて変化する量である。ここでモデル上の取扱いを簡単にするための仮定を設ける。(仮定: Q は d_0 の範囲に分配され、図-1に示す様に砂れん($i-1$)から生じた Q の内、 Q_r は($i-1$)内に、 Q_d が隣合う砂れんにそれぞれ分散する。)砂の移動をこのように取り扱うと、砂れん $i-1$ と i について、 $Q_{d(i-1)} > Q_{d(i)}$ であるので、砂の交換量の

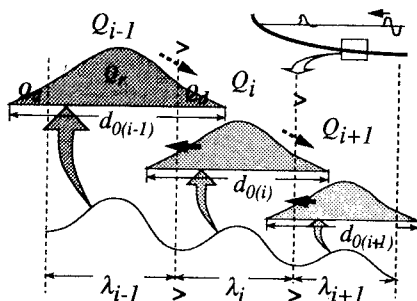


図-1 動的平衡状態の定義

差 $\Delta Q (= Q_{d(i-1)} - Q_{d(i)})$ による沖向きの漂砂が発生する。平衡状態が成り立つためにはそれを補償する岸向きの漂砂が存在しなければならない。この岸向きの漂砂は砂れん上一周期あたりの底質運動の結果生じる。

即ち、海浜の平衡状態では、沖浜帯のある一つの砂れんを蛍光砂で置き換えた場合、その分布の重心は岸向きに移動していくと考えられる。このような砂の分散量の違いによる砂移動については、Price¹⁾(1968)も指摘しており、海浜の平衡状態を議論する上で非常に重要である。今回の数値モデル上では、この為の補正を行って平衡状態を再現した。

4. 実験と数値計算による検証

上述のことを数値計算と移動床実験により調べた結果を以下に示す。まず、平衡断面条件を組み込んだモデルで平衡断面における蛍光砂の拡散現象の数値計算を行った。計算に用いた平衡断面は、図-2のように実験で得られた断面を曲線回帰したものを用いた。波の条件等は後に示す実験条件と同じである。図-3に、平衡断面(図-2)のA, B, Cの位置に蛍光砂をトレーサーとして数値的に投入した場合の蛍光砂分布の時間変化を示す。図中、 Q_{in} は蛍光砂の投入量で、 Q_k は拡散後の各砂れんに含まれる蛍光砂量である。今回の計算では、拡散の特性を短時間で知るため、 Q_{in} として、3節で定義した Q の計算開始直後の値を用いた。これは数値上の蛍光砂の投入量は実験と比較して非常に小さく、またA, B, C地点それぞれの Q_{in} には $Q_{in(A)} > Q_{in(B)} > Q_{in(C)}$ の関係があるという事を意味する。結果として、平衡断面条件下では、無限に波を作用させても断面は数値的には全く変動しないが、それぞれの位置に投入された蛍光砂は、場所毎に異なる速度で岸沖方向へ拡散し、その重心は海底の運動の最も激しい地点である砕波点(B, P)に向かっている。

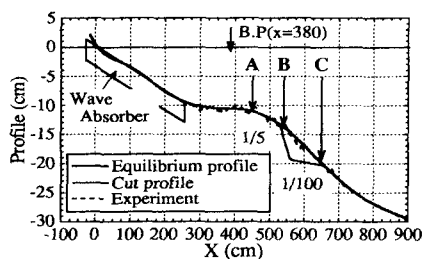


図-2 平衡断面形状

次に実験結果について説明する。まず平衡断面を作成した。中央粒径 0.16mm 、初期勾配 $1/30$ の模型海浜に入射波高 6.0cm 、周期 1.3s の波を 40 時間作用させ、ほぼ安定した地形を得た。しかし、反射波の影響による砂堆の発達が著しい断面となった(中野ら³⁾(1996)) ため、砂堆を均し、前浜に消波材を設置し再び地形が安定するまで波を作用させた。これは砂堆によって砂移動が拘束される事を防ぎ、数値計算による検証を容易にするためである。図-2はこうして得られた平衡断面の形状である。図-4は、図-2の B 地点の砂れん一つを蛍光砂で置き換え、各砂れんの表面に分布する蛍光砂を数えたものであるが、その分布の重心は沖向きに移動した。図-5に実験時の地形変化から読み取った投入点 ($X = 535\text{cm}$) における沖向きの土砂通過量 Q_0 と、蛍光砂の鉛直混合層厚 b (蛍光砂が分布した砂れんの頂部から蛍光砂の存在が認められた深さ) の $1/2$ を砂の移動層と考えた場合の蛍光砂の移動量 ($X_g \times b$) の時間変化を示す。 X_g は投入点からの重心移動距離(沖向き正)である。蛍光砂は実際の砂ほどは沖へ移動しておらず、図-1に示す効果が伺える。

そこで沖向きの漂砂がある場合の蛍光砂現象を計算した。図-6は図-2の Cut profile の様に B 地点付近を掘削して、沖向きの漂砂を生じさせた時、B 地点に投入した蛍光砂の拡散の様子である。このように沖向きの漂砂がある時には蛍光砂の分布もまたそれに応じた移動をするが、時間の経過と共に、平衡状態に近づくので、徐々に岸向きに移動する量が増加する傾向も見られる。

5. まとめ

海浜の平衡断面条件達成のための岸沖漂砂に必要な条件を明らかにし、海浜の動的平衡状態をモデル化した。岸沖漂砂がゼロの平衡断面においても、蛍光砂トレーサーは水粒子軌道の最も大きい砕波点へ向かって移動する。

参考文献

- 1) 小野ら, 1995: 平衡断面特性を考慮に入れた 2 次元海浜変形数値モデル, 平成 6 年度土木学会西部支部, pp.338-339.
- 2) W.A.Price, 1968: Variable Dispersion and its Effects on the Movements of Tracers on Beachs, Proc. 11th Int. Conf. on Coastal Eng. London, ASCE 1968. Vol. 1 pp.329-334.
- 3) 中野ら, 1996: 平衡海浜の底質移動特性に関する研究, 平成 7 年度土木学会西部支部

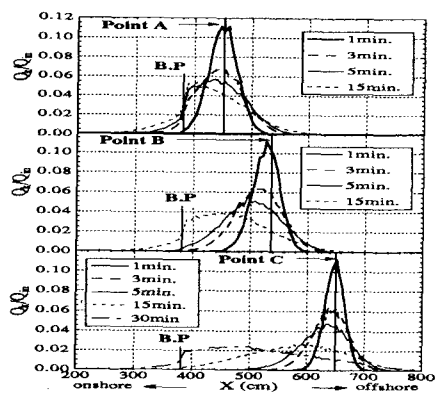


図-3 蛍光砂分布の計算 (平衡断面)

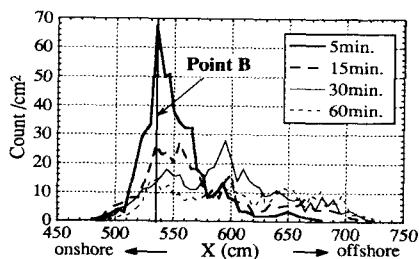


図-4 蛍光砂分布の時間変化 (実験)

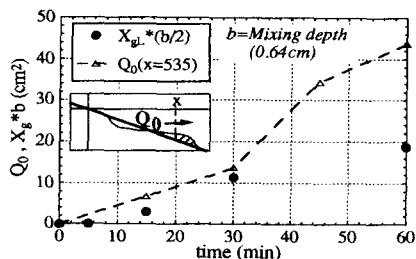


図-5 蛍光砂分布の重心移動と漂砂量

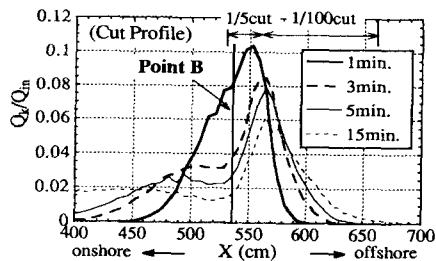


図-6 蛍光砂分布の計算 (掘削断面)