

II-498

等深線変化モデルによる護岸周辺の地形変化予測

建設省土木研究所海岸研究室

正会員 宇多高明

建設省土木研究所海岸研究室

正会員 山本幸次

建設省土木研究所海岸研究室(技研興業(株))

正会員 河野茂樹

1. まえがき

近年、我が国では構造物による沿岸漂砂の連続性阻止を原因とする海岸侵食が増えている。こうした海岸の侵食対策としてしばしば護岸が用いられる。しかし、護岸には沿岸漂砂を制御する能力がほとんどないため、護岸前面の水深がさらに増大して被災を受けたり、あるいは護岸の漂砂下手側端部付近が侵食されることになる。この種の問題を根本的意味より解決するには、護岸周辺の局所的な現象だけに目を奪われず、広域的視点より問題を考察する必要がある。このような場合、3次元的海浜地形変化の予測が可能なモデルは一つの有力な検討手段を提供する。筆者らは、沿岸漂砂量の水深方向分布を考慮することにより、3次元海浜地形変化を予測可能な等深線変化モデルを開発し、移動床実験と比較した(宇多ほか, 1990)。しかし、この研究では護岸がある場合のモデルの適用性は確認されていない。そこで、本研究では護岸周辺での海浜変形の再現が可能となるようモデルを拡張する。また、沿岸漂砂が卓越する海岸において侵食を防止する方法として、ヘッドランドと護岸を組み合わせた場合の海浜変形についても論ずる。

2. 護岸周辺の漂砂移動のモデル化

水深 z_i に対応する等深線が後退し、護岸に達する場合を考える(図-1)。時刻 t において a, b にあった等深線が、時刻 $t+\Delta t$ には a', b' まで後退したとする。このとき b' は護岸の背後にあるため、護岸前面の b に補正されるべきである。しかし、等深線形を $a'b'$ とおいて次のタイムステップに進むと、等深線と波向のなす角度が実際より大きくなり、漂砂量が過大評価されてしまう。そこでまず漂砂量を計算する $x=x_M$ での等深線位置(点 c')が点 c より沖にある場合を考える(図-1(a))。漂砂量 Q_i は等深線を直線 $a'b'$ とすれば計算できる。しかし、点 b' が点 b より陸側にある場合、 $c'b'$ 間に存在する土砂量は三角形 $c'c'f$ の面積(AS_1)に等深線の水深方向の間隔 d_z を乗じて得られる体積 $V_{S1}=AS_1 \cdot d_z$ のみである。このため Δt 時間内に運ばれる土砂量 $\Delta t \cdot Q_i$ が V_{S1} より大きい場合には Q_i を $V_{S1}/\Delta t$ に置き換える。次に、点 c' が点 c より陸側に位置する場合には $Q_i=0$ とし、 Q_{i-1} を補正する(図-1(b))。まず、等深線を直線 $d'a'$ として漂砂量 Q_{i-1} を計算する。一方、 $e'c'$ 間に存在する土砂量は四角形 $e'e'fa'$ の面積(AS_2)に d_z を乗じて得られる体積 $V_{S2}=AS_2 \cdot d_z$ のみである。このため土砂量 $\Delta t \cdot Q_{i-1}$ が V_{S2} より大きい場合には Q_{i-1} を $V_{S2}/\Delta t$ に置き換える。

3. 護岸周辺の海浜変形予測計算

初期地形として沿岸方向に $x=0 \sim 24$ mの一樣斜面(勾配1/10)を設定し、静水面を基準として鉛直上方に z 軸を定める。護岸は $x=16 \sim 24$ mの範囲に設置し、初期の堤脚地盤高を $z=2$ cmとする。計算は2ケースからなる。ケース①では護岸のみを考える。ケース②ではケース①と同様に護岸を設置するが、計算開始後3時間より $x=8$ mの位置に、沿岸漂砂を完全に阻止するため先端水

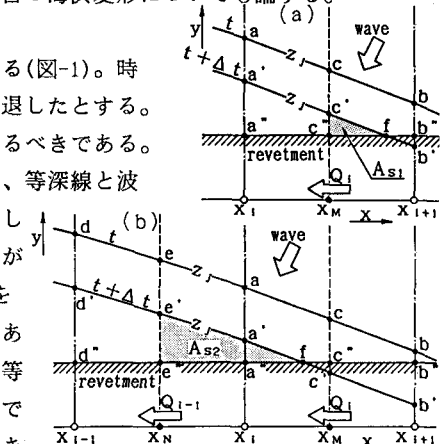


図-1 等深線が護岸に達した時の漂砂量

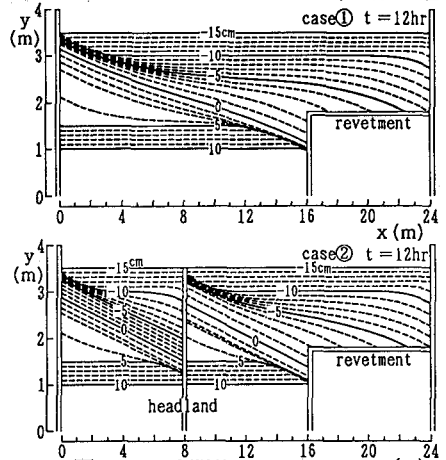


図-2 12時間後の海浜形状

深を十分深く($z=-15\text{cm}$)した、不透過構造のヘッドランドを設置する。領域側方の境界条件は $x=0, 24\text{m}$ での漂砂量を0とする。また、作用させる波浪は計算領域全域で碎波波高 $H_b=5\text{cm}$ 、碎波波向 $\theta_b=10^\circ$ の一定値とし、沿岸漂砂量の水深方向分布を表わす関数形は3次式で設定する。陸上部で波のうちあげによって海浜変形が起こる限界高さ h_R を $0.82H_b$ 、限界水深 h_c を $2.3H_b$ と仮定し、計算範囲はこれを十分に包括する $z=10\sim-15\text{cm}$ とする。

ケース①、②の波作用12時間後の計算結果を図-2に示す。護岸前面の $x=16\sim 24\text{m}$ では両ケースとも $z=-10\text{cm}$ 以浅の等深線間隔が広く、侵食緩斜面が形成されている。等深線間隔は護岸に近いほど広く、また護岸前面の等深線形は両ケースではほぼ同一である。 $x=16\text{m}$ 付近では、両ケースとも等深線が大きく後退し浜崖が形成されるとともに、そのすぐ沖合には侵食緩斜面が形成されている。こうした状況は沿岸漂砂が卓越する海岸に造られた護岸の下手側でよく見られる特徴である。一方、浜崖の形成範囲はケース①の方がケース②より明らかに広い。さらに、 $x=0\text{m}$ 付近では両ケースとも等深線が大きく前進している。ところで、ケース②の $x=0\sim 8\text{m}$ の範囲では $z=2\sim -4\text{cm}$ の等深線が、また $x=8\sim 16\text{m}$ の範囲では $z=2\sim -1\text{cm}$ の等深線がほぼ直線状となっており、地形変化が最も顕著に現われる汀線付近の等深線が安定状態に達していることを示す。これに対し、ケース①ではまだ安定状態に達しておらず、この後も $x=0\text{m}$ における堆積傾向、 $x=16\text{m}$ における侵食傾向は続くと考えられる。このように、ヘッドランドの有無により海浜の侵食状況にかなりの差違が生ずる。つまり、ヘッドランドを設置したケース②でもケース①と同様護岸端部に侵食は生じるが、やがて海浜が安定することにより侵食の進行が阻止できることが明らかである。次に、 $x=16, 20\text{m}$ の断面形の経時変化を検討する(図-3)。 $x=16\text{m}$ では両ケースとも激しく侵食され、浜崖が形成された。計算開始から6時間まで両ケースの断面変化状況はほぼ同等である。その後ケース②では、ヘッドランドを設置した効果が表われて侵食速度が遅くなり、9～12時間では安定状態に達した。一方、ケース①では時間経過とともに侵食が一層激化している。このように沿岸漂砂の卓越する海岸に設置された護岸の下手域での侵食は、護岸よりずっと下手に漂砂阻止構造物を設置しなければ解決し得ないことが分かる。 $x=20\text{m}$ ではヘッドランドの設置の効果はほとんど見られず、両ケースともほぼ同じ地形変化状況を示す。これはヘッドランドの設置位置が下手側に離れているために、この地点まで漂砂を阻止した効果が表われなかったことによる。ところで、一般の侵食断面が上方に凹型を示すのに対して、護岸前面では上に凸型の断面形を示しつつ地盤高が低下する点は注目される。

4. 計算結果と実験結果の比較

実験の初期地形は沿岸方向に $x=0\sim 12\text{m}$ の一様斜面(勾配1/10)である。また、 $x=0\sim 3\text{m}$ には1/3勾配、のり先水深 $z=0\text{cm}$ の緩傾斜堤を設置してある。波浪条件は入射波高 $H_0=5.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.25\text{s}$ である。3時間後の実験結果を図-4に示す。緩傾斜堤前面は侵食され、 $z=-7.5\text{cm}$ まで堤体が露出している。緩傾斜堤端部から下手側では $x=8\text{m}$ まで侵食を受け、陸上部に急斜面、水中部の $z=-12.5\text{cm}$ 以浅に緩斜面が形成されている。 $x=2, 3\text{m}$ 断面の経時変化を図-5に示す。緩傾斜堤の設置されている $x=2\text{m}$ 断面では、堤体前面の地盤高が大きく低下し、侵食緩斜面が形成されている。また緩傾斜堤下手側の $x=3\text{m}$ 断面では、次第に侵食され陸上部には浜崖が形成される。実験で得られた以上の地形変化状況は、いずれも計算結果の傾向と定性的によく一致している。

参考文献 宇多高明・山本幸次・河野茂樹(1990):沿岸漂砂

量の水深方向分布を考慮した海浜変形モデル, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 304-308.

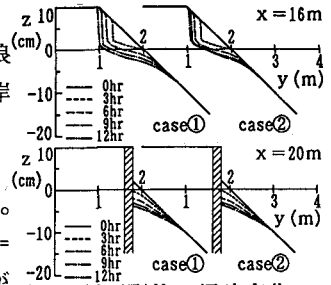


図-3 断面形状の経時変化

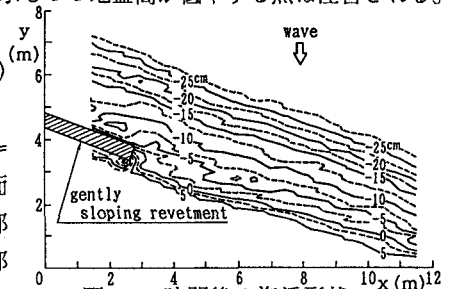


図-4 3時間後の海浜形状

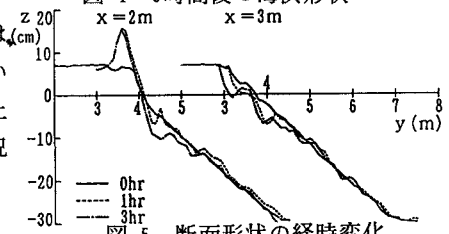


図-5 断面形状の経時変化