

鳥取大学 正会員 松原 雄平

鳥取大学 正会員 黒岩 正光

鳥取大学 正会員 渋谷 容子

鳥取大学大学院工学研究科 学生会員 ○山田 隆史

1. はじめに

海岸侵食への保全対策を考える場合、海岸への影響評価が必要となる。現在では、数値計算モデルを用いた海浜変形予測が行われている。海浜変形予測モデルの1つとして等深線変化計算モデルがあり、現在まで、様々なモデルの提案がなされてきた。また最近では、海岸保全対策として、養浜事業やサンドリサイクルといったソフト的な対策が行われる場合があり、投入土砂の影響を考慮した等深線変化計算モデル(渋谷ら,2008)も提案されている。そこで本研究では、養浜による土砂投入の影響を考慮した等深線変化モデル(渋谷ら,2008)に波浪の変化を考慮し、ここでは、養浜時における高波浪の影響について検討する。

2. 等深線変化モデル

本研究では、養浜の土砂投入の影響を考慮した等深線変化モデル(渋谷ら,2009)に波浪特性の変化を考慮する。計算フローを次の図-1に示す。

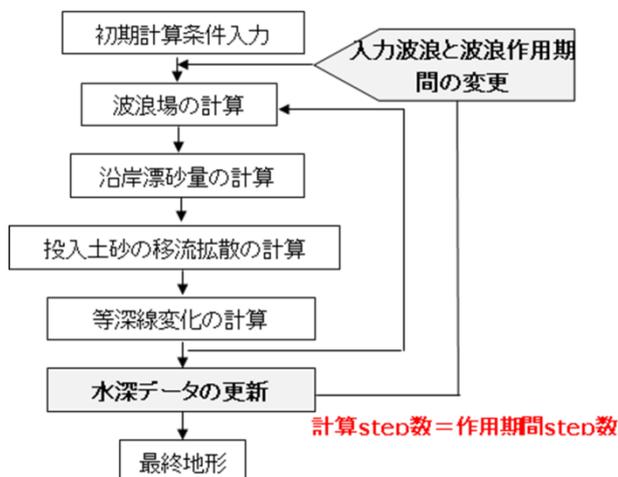


図-1 サブモデル導入後の計算フロー

(1) 波浪場の計算

波浪場の計算では、間瀬ら(1999)の回折を考慮したエネルギー平衡方程式を用いた。

(2) 漂砂量の計算

沿岸漂砂量の計算では、小笹・Brampton 公式(1979)を用いるが、Kamphuis ら(1986)による、粒径を考慮した漂砂量係数を導入する。岸沖漂砂量は、波浪エネルギーフラックスの岸沖成分から計算する。

沿岸漂砂量

$$Q_{my} = \varepsilon_{mx'} \cdot A \cdot H_{bs}^2 \cdot C_{gb} \left(\hat{K}_1 \sin 2\alpha_{bs} - \hat{K}_2 \cos \alpha_{bs} \cot \beta \frac{\partial H_{bs}}{\partial y} \right) \quad (1)$$

岸沖漂砂量

$$Q_{mx'} = A \varepsilon_{mx} H_{bs}^2 C_{gb} \hat{K} \cos^2 \alpha_{bs} \sin \bar{\beta} \cdot \left(\frac{\cot \beta}{\cot \beta_c} - 1 \right) \quad (2)$$

ここで Q_{my} , $Q_{mx'}$: 沿岸及び岸沖漂砂量, ε_{mx} : 漂砂量の水深方向分布を表す係数, A : 粒径の大きさに関する係数, H_{bs} : 砕波点での有義波高, C_{gb}, α_{bs} : 砕波点での群速度と波向き, $\cot \beta$: 海底勾配の逆数, $\bar{\beta}$: 初期勾配, $\cot \beta_c$: 砂の平衡勾配の逆数 \hat{K}_1, \hat{K}_2 : 無次元係数とする。

(3) 投入土砂の移流拡散

養浜事業による投入土砂の挙動は2次元の移流拡散方程式で再現され、沿岸及び岸沖方向に輸送される。

$$\frac{\partial q_n}{\partial t} + C_1 U_s \frac{\partial q_n}{\partial x} + C_2 V_s \frac{\partial q_n}{\partial y} = C_3 K_x \frac{\partial^2 q_n}{\partial x^2} + C_4 K_y \frac{\partial^2 q_n}{\partial y^2} - K_\lambda q_n \quad (3)$$

ここで、 q_n : 投入土砂量, U_s, V_s : 岸沖及び沿岸方向の土砂移動速度, K_x, K_y : 岸沖及び沿岸方向の拡散係数, K_λ : 減衰係数, C_1, C_2, C_3, C_4 : 粒径の大きさを考慮する係数とする。

(4) 等深線変化計算

等深線変化の計算式は、岸沖方向を x (沖向き正)、沿岸方向を y として、次式である。

$$\frac{\partial x_m}{\partial t} = -\frac{1}{h_{mx}} \frac{\partial Q_{mx}}{\partial x} - \frac{1}{h_{my}} \frac{\partial Q_{my}}{\partial y} + q \quad (m = 1 \dots N) \quad (4)$$

ここで、 m : 等深線番号, N : 等深線本数, x_m : m 番目の等深線位置, h_{mx}, h_{my} : m 番目の等深線における岸沖及び沿岸方向の移動高さ, Q_{mx}, Q_{my} : m 番目等深線の岸沖・沿岸漂砂量, q : 投入土砂による寄与分である。

(5) 波浪変更サブモデルの導入

波浪特性の変化を考慮するため、基礎モデルに波浪変更を行うサブモデルを導入し、計算過程内で任意の波浪諸言を選択するように試みた。サブモデル導入後の計算過程は図-1の計算フローに示した通りである。また、波浪特性の変化を考慮するため、各々の波浪に対し、その作用期間(作用 step 数)を定めた(図-2)。

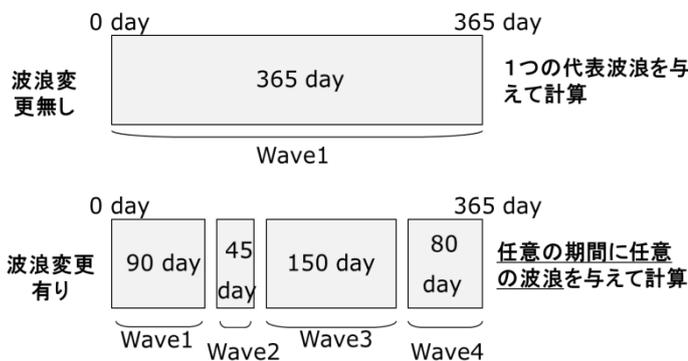


図-2 計算例のイメージ図

(6) 水深データ更新

水深データの更新では、等深線が変化した場合、海底勾配と等深線からの距離を用いて、新たな水深を求める。また、計算内での砕波点は水深値にでも変わるため、水深値を変化させることで波浪諸言の変化を計算へ取り入れることができると考えた。

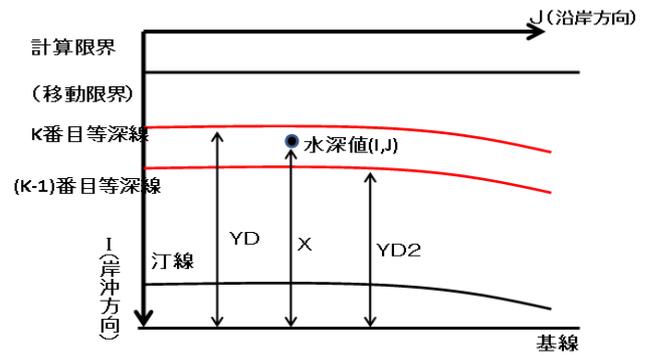


図-3 水深データの変更

3. モデル地形による計算

(1) 初期地形と波浪の設定

ここではモデル地形を用いた数値実験を行い、高波浪の作用時期と養浜の関係について検討する。

図-4に示すような、沿岸方向 2000m、岸沖方向 1000mの直線的な地形を用い、両端を固定境界としたポケットビーチのような海岸を想定し、斜め右方向より波が入射する。海底勾配は 1/50 で一様である。

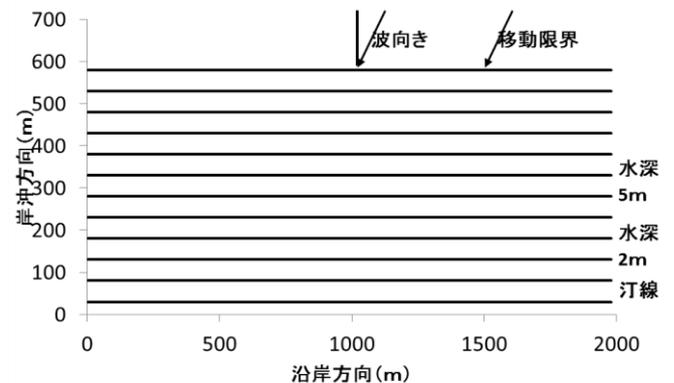


図-4 モデル地形

入力波浪には高波浪を想定した(Wave1)と静穏波浪を想定した(Wave2)を用い、これらの波浪の作用パターンを変化させ、3つのケースとして設定した。波浪条件は表-1に、計算ケースは表-2に示す。また、計算期間内で高波浪の作用時期を変化させるものとする。

表-1 入力波浪諸言

高波浪(Wave1)			静穏波浪(Wave2)		
Hm(m)	Tm(s)	$\alpha(^{\circ})$	Hm(m)	Tm(s)	$\alpha(^{\circ})$
2.5	7.0	-5.0	0.9	5.0	-5.0

表-2 各波浪の作用時期及び期間と計算ケース

	120day	120day	120day
Case1	Wave1	Wave2	Wave2
Case2	Wave2	Wave1	Wave2
Case3	Wave2	Wave2	Wave 1

(2) 高波浪の作用を考慮した等深線変化計算

養浜による土砂投入を行わず、高波浪の作用した場合の等深線変化計算を行った。Case1の波浪パターンによる1年後の等深線図を図-5に示す。図の下側は岸側、上側は沖側を表している。

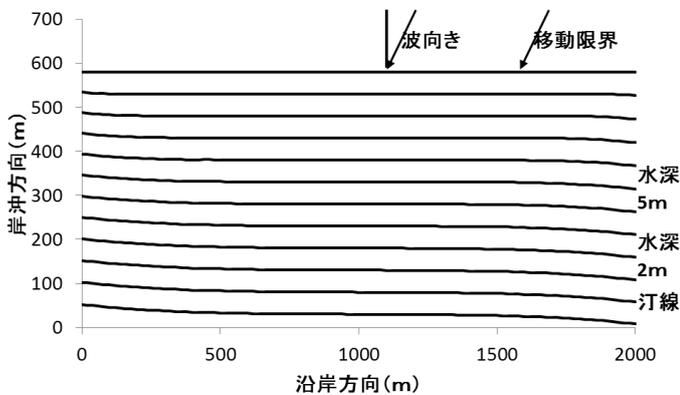


図-5 1年後の等深線形状(Case1,養浜なし)

波を斜めに入射させたことで1年後の等深線形状は流れの上手側で後退、下手側で前進していることがわかる。また Case2,Case3でも同様な等深線形状となった。計算ケースの等深線形状を比較するが、汀線を取り出し、図-6に示す。

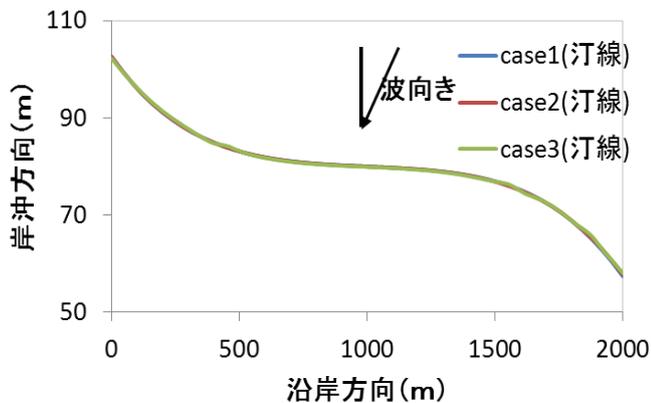


図-6 各計算ケースの1年後の汀線比較

図-6には、それぞれの計算ケースでの汀線形状を示しているが、各計算の汀線は、ほとんど一致している。よって、高波浪の作用時期の違いが地形変化に与える影響は小さいことがわかる。

(3) 高波浪と養浜を考慮した等深線変化計算

養浜による土砂投入を考慮した場合のモデル地形計算を行なう。養浜は、計算領域内の沿岸方向1960mの汀線付近(岸沖方向50m)に、計算開始から30日間かけて10000 m³を投入するものとする。計算ケース及び波浪パターンは(2)と同様である。図-7に、土砂投入を行なった場合の1年後の等深線形状と土砂投入位置を示す。

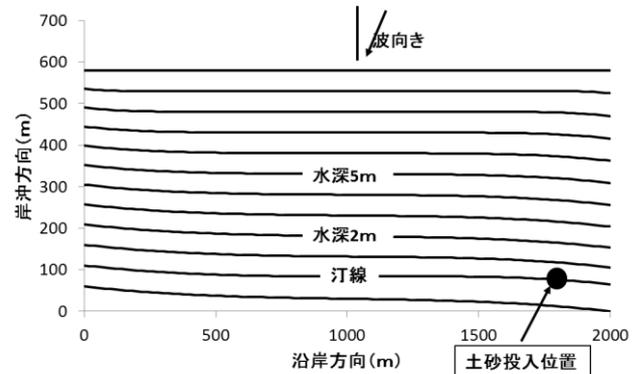


図-7 1年後の等深線形状(Case1,養浜なし)

1年後の等深線は、養浜による土砂投入なしの場合と同様に、流れの上手側で後退し、下手側で前進していることが確認できる。また、土砂投入位置付近の等深線の間隔に相違がみられる。

次に、各計算ケースでの汀線の比較を行う。図-8に、各計算ケースの1年後の汀線形状を示す。Case2及びCase3の汀線変化は、同様の形状を示しており、養浜なしの場合の汀線形状に比べて、侵食域の汀線がはり出すような形状となった。汀線のはり出した箇所は沿岸方向1500(m)~2000(m)の場所であり、土砂投入位置の付近である。従って、土砂投入の影響であるといえる。一方、Case1の汀線形状はCase2及びCase3の形状とは異なる結果を得た。Case1では、Case2及びCase3にみられたような、汀線のはり出すような形状はみられなかった。

り出しはみられない。また、養浜なしの場合に比べて、汀線は全体的に前進している。

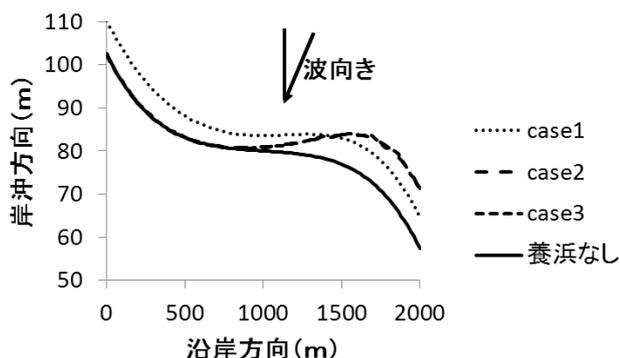


図-8 ケースごとの汀線比較

3つの計算ケースでは土砂の投入量も投入位置も同じであることから、波浪の作用パターンの違いが、1年後の汀線形状に違いを生じさせていると考えられる。今回、土砂の投入は計算開始より30日間にかけて行った。そのため、Case1の計算では、高波浪作用時に土砂投入が行われたことになる。高波浪時期に投入された土砂は、静穏波浪時に投入した時に比べて、土砂の移動は広範囲に指導する。Case2及びCase3の場合では、土砂投入期間の終了後に高波浪が作用していることから、Case2及びCase3で侵食域が回復したと考えられる。Case2及びCase3では、投入土砂量の多くが高波浪によって広範囲に拡散する前に、等深線へ寄与するか、減衰したのではないか。

4. おわりに

本研究では、養浜及び波浪特性の変化を考慮した計算モデルを提案した。検討の結果を以下に示す。

- ・養浜の考慮なしの場合は1年後の地形変化に違いは生じなかった。

- ・養浜の考慮ありの場合は1年後の地形変化に違いが生じた。高波浪時に養浜を行うと、地形は全体的に前進し、静穏波浪時に養浜を行うと、地形は局所的に前進する傾向があることが分かった。

今後は、計算モデルの妥当性の検証、多様な養浜パターンを踏まえた検討をしたい。

参考文献

宇多高明・河野茂樹(1996)：海浜変形予測のための等深線変化モデルの開発，土木学会論文集，No539/II-35，pp.121-139.

佐藤慎司・古屋隆男・坂根博吉・山本幸次・田子洋一・牧野一正(1999)：弓ヶ浜におけるサンドリサイクルシステムの有用性，海岸工学論文集，第46巻，pp.686-690.

清水琢三(1996)：海浜変形シミュレーション，水工学に関する夏期研修会講義集，pp.B-5-1～B-5-26.

澁谷容子 黒岩正光 松原雄平(2009)：移流拡散による土砂供給と沿岸・岸沖漂砂による粒径分級を考慮した等深線変化モデル，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.65，No.1，pp.601-605

間瀬肇・高山知司・国富将嗣・三島豊秋(1999)波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集，第628号，II-48，pp.177-187.

土木学会 海岸工学委員会(2000)：海岸施設設計便覧，pp.124-155.

高山友司・池田直太・平石哲也(1991)：碎波および反射を考慮した海浜変形計算，港湾技術研究報告書，第30巻，第1号，pp.21-67.

Bakker,W.T(1968)：The dynamics of a coast with groyne system, The proceedings of the 11th Inter. Conference on Coastal Eng., pp492-517.

Kamphuis,J.W., M.H. Devies, R.B. Narin and O.J. Syao(1986)：Calculation of littoral sand transport rate, Coastal engineering, Vol.10, pp. 1-12.