

【例題 5.19】 実用 1 one-line theory による汀線変化予測

- (1) ある海底勾配をもつ直線的な平行等深線海岸に突堤が建設された状況下で、沖波波高 H_0 , 周期 T の波浪が波向き α_0 で入射した場合に生じる汀線変化を one-line theory に基づき予測せよ.
- (2) 例題(1)のように平行等深線海岸に離岸堤が建設された状況下で生じる汀線変化を予測せよ.

解

(1)

one-line theory では、沿岸漂砂の収支により発生する土量の変化量を、次の仮定の基に汀線の前進・後退量に置き換えられるものとしている。海浜断面の変形は図 1 に示すように、ある漂砂の移動高 D_s の範囲で平行に前進あるいは後退移動するものとする。その場合、海浜の変形をある代表等深線で表すものとし、一般的にその代表等深線として汀線を用いる。図 1 に示すように、沿岸方向に Δx の間隔、岸沖方向には移動高 D_s で定義される領域内に、時間 Δt の間に出入りする沿岸漂砂量 Q , 岸沖漂砂量 q_s , q_0 の収支を考える。次に、その領域内の土砂変化量 ΔV を移動高さ D_s で除すことにより 汀線の岸沖方向の移動量 Δy に変換する。

し、Snell の法則による屈折変形 計算および浅水計算を実施する．波高 H および波向 α は

$$H = K_s K_r H_0$$

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \right)$$

で求められる．ここに C は波速であり， K_s は浅水係数， K_r は屈折係数で，

$$K_s = \sqrt{C_{g0}/C_g} \dots\dots\dots (6)$$

$$K_r = \sqrt{\cos \alpha_0 / \cos \alpha} \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる．なお，添字 0 は沖波であることを示す．また，碎波位置は波高 H と水深 h の比 γ で判定するような簡易的 方法で求めることができる．

$$H_b = \gamma h_b \dots\dots\dots$$

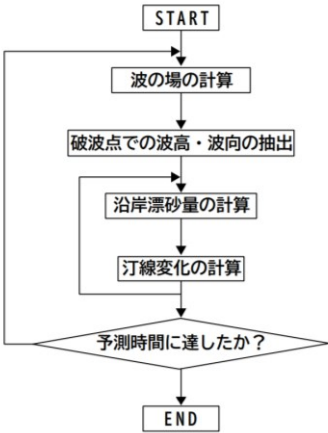


図3 汀線変化モデルの計算フロー

構造物が存在する場合には、状況に応じて回折計算を行う必要がある。各種構造物による波の変形計算については文献を参照のこと。さらに最近では、平面的な波浪場の計算結果から碎波点の波浪諸元を求めることも可能である。

汀線変化を数値的に計算する方法として、差分法を用いる。対象とする海岸線を等間隔の区間 Δx に分割し、また時間方向にもある時間間隔 Δt を用いることで、(1)式を離散化する。なお、時間方向の離散化には陽解法を用いる。

$$y_{si}^{n+1} = y_{si}^n - \frac{\Delta t}{D_s \Delta x} (Q_{i+1}^n - Q_i^n - \Delta x q_i^n) \dots\dots\dots (9)$$

ここに、i は計算格子番号、n は時間ステップを表す。図 4 に示すように汀線位置と漂砂量を定義する位置は半格子ずれており、同じ格子番号でも位置が異なることに注意を要する。

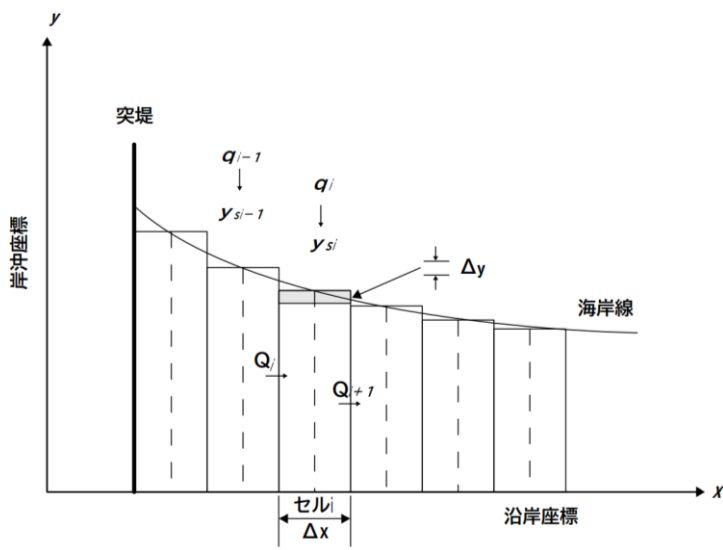


図 4 計算座標および変数の配置

境界条件として、各種構造物および計算領域の両端部の処理が必要となる。この例題では、突堤が沿岸漂砂を完全に 阻止するとし、突堤位置での沿岸漂砂は、

$$Q = 0..... (10)$$

とする。

ただし、実際には突堤の先端水深が移動限界水深よりも浅い場合、あるいは突堤周辺の汀線が前進して突堤先端 水深が浅くなってきた場合には、突堤を通過する沿岸漂砂量を適切に評価する必要がある。この場合も含めて、離岸堤な どの構造物に対する処理については参考文献を参照のこと。また、両端の境界条件としては、汀線位置が変化しない固定 境界とすると、

$$Q_b = Q_{b\pm1}..... (11)$$

境界での漂砂量の場所的变化量を外挿する、いわゆる自由境界とすると、

$$Q_b = 2Q_{b\pm1} - Q_{b\pm2}..... (12)$$

となる

上気の数値解法に基づいて作成したプログラムの内容については、添付のソースプログラム oneline.for（汀線 変化予測計算）を参考されたい。このプログラムを実行し、画面の指示にしたがって波の条件（波高、周期、波向および入射波を設定する水深）、海底勾配、漂砂量係数、漂砂の移動高、左右端の境界条件、計算対象とする海岸の延長、突堤の 位置、計算時間および計算時間間隔を入力すれば、時間的、空間的な汀線の変化が求められる。なお、このプログラムでは、入射波はある設定した水深位置での条件であることから沖波として与える場合は水深をその条件に適したように設定 する必要がある。また、計算格子間隔は海岸延長を 100 等分した長さとなるよう自動設定している。さらに、計算時間間隔は、時間方向の離散化に陽解法を用いていることから、次式で求める時間間隔よりも短くなければ、計算は発散してし

まうことに注意が必要である。このプログラムでは Δt の目安として、入射波設定地点での条件より求めた Δt の上限値を表示するようにしてある。

$$\frac{\Delta t K (EC_g)_b \cos 2\alpha_{bs}}{\Delta x^2 D_s} \leq 0.5 \cdots \cdots (13)$$

【参考文献】

- 1) 小笹博昭・A.H. Brampton (1979)：護岸のある海浜のてい線変化計算，港湾技術研究所報告，第 18 卷，第 4 号，pp.77-104.
- 2) 河田恵昭・柴山知也編集代表（1998）：漂砂環境の創造に向けて，土木学会海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会.
- 3) 堀川清司 (1985)：海岸環境工学，東京大学出版会.
- 4) Coastal Engineering Research Center (1977): Shore Protection Manual, U.S. Army Corps of Engrs., U.S. Govt. Printing Office, 3 Vols.
- 5) Hanson H. and Kraus N. (1991), GENESIS: Generalized model for simulating shoreling change, Report 1 Technical Reference, Dept. of the Army, US Army Corps of Engrg. Washington

(2) 離岸堤周辺の汀線変化を予測するためには、離岸堤による回折波の計算が必要である。回折波の計算手法は様々であるが、ここでは計算負荷が小さい間瀬らの回折項を考慮した多方向不規則波に関するエネルギー平衡方程式を用いた場合の離岸堤周辺の波浪場の計算を行う。計算から得られる碎波点における波高と波向きを用いて汀線変化の予測を行う。

また、回折の影響により、沿岸方向の波高分布が一様ではないため、沿岸漂砂量の算定には、沿岸方向の波高分布を考慮する必要がある。小笹・Brampton が提案した波高の沿岸分布を考慮した沿岸漂砂量公式（水理公式集 669 頁、式(5-6.8)）を適用する。ここでは、間瀬らのエネルギー平衡方程式の計算から出力される有義波高を用いてるため、クラウスら(1981)による有義波高を用いた場合の公式

$$Q = (H_{1/3}^2 C_g)_b \left(\hat{K}_1 \sin 2\alpha_{bs} - \hat{K}_2 \cos \alpha_{bs} \cot \beta \frac{\partial H_{1/3b}}{\partial x} \right)$$

を用いることとする。ここに、

$$\begin{aligned} \hat{K}_1 &= K_1 / \left\{ 16 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1 - \lambda) 1.416^{5/2} \right\} \\ \hat{K}_2 &= K_2 / \left\{ 8 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1 - \lambda) 1.416^{5/2} \right\} \end{aligned}$$

である。また、 $\cot \beta$ は海底勾配の逆数、1.416 は有義波からエネルギー平均波への換算値である。

まず、エネルギー平衡方程式を用いて対象とする領域全体の波浪場の計算が必要である。プログラムでは、まず、沖側境界（入射境界）における水深、海底勾配、離岸堤の設置水深（設置位置）、離岸堤の長さ、波高、周期、波向きの条件が必要である。

上記の離岸堤周辺の汀線変化予測の数値解析プログラムは例題(1)の oneline.for を改良したものである。添付のソースプログラム oneline2.for を画面の指示にしたがって漂砂量係数、漂砂の移動高、左右端の境界条件、計算時間および計算時間間隔を入力すれば、時間的、

空間的な汀線の変化が求められる。なお、このプログラムの実行では、事前に離岸堤周辺の碎波点における波高、波向を計算しておく必要がある。

以下に、条件設定、実行方法を示す。

【地形条件の作成】

topographyset.exe を実行し、海底地形、離岸堤の長さ、設置位置の地形情報を作成する。topographyset.exe すると

data¥depth.dat : 水深データ

ヘッダー部分に岸沖方向格子点数、沿岸方向格子点数、格子サイズ、海底勾配の逆数が作成され、その次の行から水深値が作成される。

data¥str.dat : 水域、陸域（離岸堤含む）に関するデータ
(陸域 10、海域 0)

【波浪場の計算】

この段階で波浪条件の設定を行う。data¥wave-input.dat ファイルに有義波高、有義波周期、主波向き、Smax、格子の大きさを設定し、EBED.exe を実行すると、波高分布が計算され、碎波点における諸量が出力される。なお、ここでは、碎波点の判定は例題(1)と同様に碎波波高と碎波水深の比を条件としている。

実行後に作成されるデータファイルは
outputdata¥wave¥ このフォルダに計算領域全体の波高、波向きなどが出力される。

data¥bpdata.dat : 汀線変化計算で用いるデータファイル

【汀線変化の計算】

ソースプログラム one-line2.for をコンパイルし実行する。指示に従って、数値を入力して実行すると、output フォルダの中に計算結果が出力される。出力形式は例題（1）と同じである。

