

海上構造物の離岸距離による汀線の変化傾向

若築建設 正会員 ○山口 洋

九州大学 学生会員 申 承鎬 正会員 入江 功

1 概要

海上構造物, 沖合人工島等が建設されると, その背後の海浜では入射する波の特性が変化し, 汀線などの海浜形状に多大な影響を及ぼすことがあり, また, 構造物の延長及び離岸距離によっても, 海浜変形の傾向は変化する. 空港など, 内陸部に用地確保が難しくなってきた施設を沖合い構造物とする等の要望が高まる近年, 海上構造物の延長及び離岸距離による海浜変形の傾向を知り, 現象を正確に予測することは, 背後の海浜の保全や, 施工後の養浜計画等を考える上で非常に重要である. 本研究では, 汀線の変化傾向に着目し, 数値解析に汀線変化モデルを用いて, 構造物の延長及び離岸距離による変化傾向を調べていく. まず, 汀線変化モデルの特性を把握することで, 構造物が海浜に与える影響を評価する場合にモデルの持つ物理的意味合いとその適用性を検証し, 数値解析結果と, 中型平面水槽における移動床実験より得られた汀線変化量を用いて分析を行い, 考察を加える.

2 汀線変化モデルによる数値計算

汀線位置の算定には, 以下の関係式を用いた.

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left(\frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (1)$$

x_s は海岸線の前進量, Q は空隙を含む沿漂砂量, q は岸沖方向の土砂移動量である. D_s は漂砂帯縁端水深で, 計算には以下の式を用いた.

$$D_s \simeq D_{SH} = \frac{2.9H_0}{\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho} - 1}} - \frac{110H_0^2}{\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho} - gT^2}}$$

D_{SH} は沿岸漂砂が活発な範囲の沖側限界水深, H_0 , L_0 , T はそれぞれ沖波の波高と波長, 周期, g は重力加速度である.

漂砂量 Q の計算には, 小笹, ブランプトンの漂砂量算定式の代表波高を有義波高とした以下の式(クラウスら, 1981)を用いた.

$$Q = (H^2 c_g)_B (\hat{K}_1 \sin 2\alpha_{B_s} - \hat{K}_2 \cos \alpha_{B_s} \frac{\partial H_B}{\partial y}) \quad (2)$$

ただし,

$$\hat{K}_1 = \frac{K_1}{16(\frac{\rho_s}{\rho} - 1)(1 - \lambda_v)1.416^{5/2}}$$

$$\hat{K}_2 = \frac{K_2}{8(\frac{\rho_s}{\rho} - 1)(1 - \lambda_v) \tan \beta 1.416^{5/2}}$$

H_B , c_{gB} はそれぞれ碎波波高, 群速度, α_{B_s} は碎波時の波峰線が海岸線となす角, K_1 , K_2 は無次元係数, ρ_s , ρ はそれぞれ砂と海水の密度, λ_v は砂の空隙率, $\tan \beta$ は海底斜面勾配である.

碎波点座標, 碎波波高, 碎波点における波向, 碎波水深などの波浪データは, ブシネスク方程式により計算したものをを用いた. また, 式(2)の各項の効果を明確に調べるために, 初期地形における波浪データのみを用いて計算を行った. 方程式の差分化においては, 式(1)の各変数の計算点を, スタッガードメッシュ上で定義し, 陽解法を用いて計算を行った. また, 同様の条件で中型平面水槽における移動床実験も行っており, 計算結果の検証を行う際都合がよいように, その条件に合わせて計算条件を決定した. 計算領域は, 沿岸方向に $y = 15.4m$, 岸沖方向に $x = 10.2m$, 構造物(離岸堤)延長 $3m$, 初期海底勾配 $\beta = 1/20$ に設定し, 計算領域を左右対象とみなして, $y = 7.7m$ で半分に切った領域とした. また, 側方境界は $Q = 0$ の閉境界とした. この領域に, 沖側水深 $h = 0.3m$, 沖波波高 $H = 0.05m$, 周期 $T = 1.0s$, の規則波を直入射させ, 構造物の離岸距離により, $CaseL1$ (離岸距離 $l = 3.0m$), $CaseL2$ (離岸距離 $l = 2.0m$), $CaseL3$ (離岸距離 $l = 4.0m$) の3ケースについて計算を行った.

3 結果と考察

図1a~図1cに初期地形に12分間波を作用させた時までの $CaseL1$ の各漂砂量の計算結果を3つの時間ステップで示す. Q_{sK1} は式(2)括弧内第一項の計算値で, 主に碎波点での波向と無次元係数 K_1 の効果を, Q_{sK2} は式(2)括弧内第二項の計算値で, 碎波波高の勾配 $\frac{\partial H_b}{\partial y}$ と無次元係数 K_2 の効果を表す. Q_s は式(2)の計算値である. 計算が進むにつれ, Q_{sK1} の値と Q_{sK2} の値がバランスして, 結果的に Q_s の値はゼロに近付き, 汀線形状が計算上安定していくのが見える. Q_{sK1} は, 計算上では, 碎波点の波向の寄与を表し, 汀線の変動により汀線角度と碎波点の波向との差である α_{B_s} も変動し, 波向による効果は徐々に小さくなると考えられる. 物理的には, 碎波点での波浪エネルギーフラックスの沿岸方向成分と漂砂

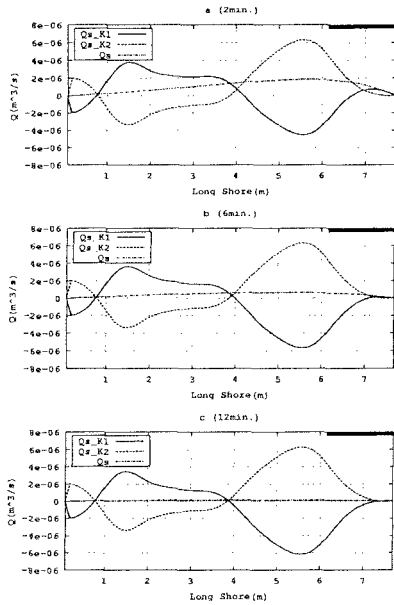


図 1: 沿岸漂砂 (Case L1, $K_2 = 0.2$)

の水中重量を結びつけたものであり、沿岸流の効果を表現していると考えられる。 Q_{SK2} は、の式(2)計算においては、離岸構造物背後に現れる循環流により起こる漂砂を離岸構造物の回折と遮蔽の効果による砕波波高分布で表現しようとしたものであると考えられる。

計算結果では、12分という短い時間で汀線形状が安定している。本来このような漂砂計算では、ある程度地形変化を計算した後、変化した地形における波浪データを改めて計算し、その値を用いてさらに漂砂量を計算するという手順を繰り返すのだが、今回の計算では、初期地形における波浪データのみを使用して漂砂量を計算していることから、汀線がこれ以上変動しにくくなっているものと思われる。言い換えれば、地形データと波浪データを更新すべきタイミングであるとも言える。

図2aに、12分間波を作用させた時、図2bに、砕波点における波高分布の項を考慮しない場合の同時時間($K_2 = 0.0$)の汀線移動量の計算結果を示す。図2cに計算とはほぼ同条件の移動床実験により得られた、離岸構造物設置後60分波を作用させた時の汀線移動量を示す。

まず、図2a～図2cにおいて、離岸距離の一番近いCaseL2では、離岸堤背後の汀線前進量が一番大きいことがわかる。係数 K_2 をゼロとした計算でもこの傾向が出ていることから、これは係数 K_1 の効果を示す傾向であると考えられる。

図2aより、式(2)の計算では、構造物の離岸距離の大きさに従い、局所的侵食、堆積量が減少し、影響は広範

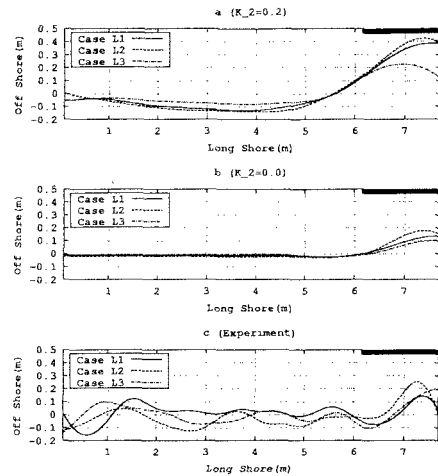


図 2: 汀線移動量

囲に広がっていく傾向になることがわかる。これは、構造物離岸距離が大きくなることで波の回折領域も広範囲に及び、その影響範囲が沿岸方向に広がるためと考えられる。したがって、式(2)において、 $\frac{\partial H_L}{\partial y}$ 項の効果として漂砂量計算結果に現れることになる。

図2bでは、汀線の変動量は全体的に小さく、図2aと比較すると、 $\frac{\partial H_L}{\partial y}$ の効果は、離岸構造物背後の汀線変動に大きく影響していることがわかる。また、この計算では、構造物背後の汀線形状に出っぱった部分の頂点が境界近くに現れるが、 $K_2 = 0.2$ とした計算結果と実験結果では、境界から少し離れた点に頂点がある。この違いからも、式(2)第2項が構造物背後の汀線変化に重要な効果をもつことが分かる。

図2cの実験では、一様勾配の地形ではなく、しばらく波を作用させて準平衡状態にした地形に離岸構造物を設置したので、計算とは初期条件が違い、一概に比較はできないが、式(2)による計算値と実験の汀線変動では侵食位置に異なる傾向が見られることがわかる。

4 おわりに

小笹、ブランプトンの式による汀線変化モデルの特性を把握し、簡単なモデル地形に適用し、離岸距離による比較検討を行った。

今後は、変化後の地形における波浪データを使用した繰り返し計算を行い、移動床実験とのより詳細な比較検討を重ね、さらに完全移動限界水深 D_c についての検討を加えていき、構造物の延長及び離岸距離による汀線変化モデルの適用性をさらに検討していく予定である。