

高潮時の海浜断面地形変化に関する数値計算

鳥取大学大学院 学生員 ○孫 彰培 鳥取大学工学部 正会員 野田英明
鳥取大学工学部 正会員 松原雄平 鳥取大学工学部 正会員 黒岩正光

1. はじめに：高波浪および水位変動を伴う高潮は，その持続時間が比較的短く，砕波帯内の地形変化が大きいから砕波による乱流場および砕波帯内で発生する戻り流れによる漂砂が地形変化に大きく影響していることが知られている．本研究では，高潮作用時の断面地形変化を検討対象にし，黒岩ら¹⁾が提案した戻り流れおよび波動成分を考慮した2次元海浜断面変化モデルに波の打ち上げによる漂砂を加えて数値計算を行い，実験結果と比較することによって数値モデルの適用性を検証する．

2. 実験内容および方法：実験は，断面2次元波動水槽（24×0.6×1.1 m）に中央粒径0.017 cmの豊浦標準砂を10 cm厚さに敷きつめた勾配1/10の断面地形を作成し，規則波のもとで行った．底面の断面形状は光学式砂面計を用いて水槽の幅方向の中央および中央から左右5 cm地点の3測線を2 cm間隔で測定し，その平均値で示した．高潮来襲時の平均水位変化は，実際の水位変化を参考にし，図-1に示すように侵食性の波浪条件下で水位を3段階に上昇させ，その後，再び段階的に水位を元に戻して再現した．実験条件は表-1に示すとおりで，高潮時の沖波波形勾配を一定に維持して実験を行った．

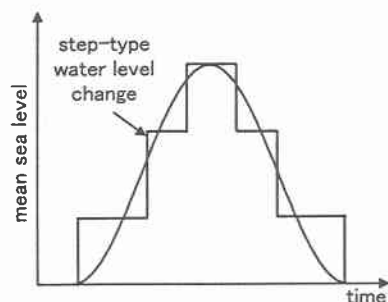


図-1. 高潮時の平均水位変化のモデリング

3. 数値計算：波動成分による掃流砂量および浮遊砂量の算定式としては，それぞれ黒岩ら²⁾および 野田・松原³⁾の提案式(1)および(2)を用いて計算した．

表-1. 実験条件

case	H_0/L_0	H_0 (sec)	T (sec)	最大水位 上昇量(cm)	波の 作用時間	h (cm)
1	0.06	9.4	1.0	10	40 min	40~50
2	0.07	10.9	1.0	10	2 hr	40~50
3	0.045	7.0	1.0	5	3 hr	40~45

$$q_B/w_o d = K F_B (u_{01}/\sqrt{sgd})^3 \quad (1)$$

$$q_s/w_o d = \beta F_s (u_{01}/\sqrt{sgd})^3 \quad (2)$$

ここに， K および β は比例定数， w_o は底質の沈降速度， d は底質粒径， s は底質の水中比重， $u_{01}=C(ka)/\sinh(kh)$ ， C ， k ， h はそれぞれ波速，波数および水深であり， F_B および F_s など詳細については黒岩ら²⁾を参照されたい．これらの式は Stokes の第3近似解による底面水粒子速度が Komer-Miller⁴⁾による移動限界流速を上回ったとき漂砂が発生することになる．つぎに，戻り流れによる漂砂量は，波と流れによる合成底面摩擦応力が限界値を超えると超過分に比例する量の底質が移動状態になり，平均流によって輸送されるという，パワーモデルを適用し，式(3)に示した．

$$q_c = Q_c U_b \quad (3)$$

ここに， U_b は黒岩による底面での戻り流れの流速で $U_b = -3.5H^2/Th(1-H^2/H_b^2)$ ， Q_c は移動状態になる底質の量を決定するパラメーターで $Q_c = A_c(u_*^2 - u_{*c}^2)/g$ であり， H は波高， T は周期， h は水深， H_b は砕波波高， A_c は比例定数， u_* は波と流れ共存場の底面摩擦速度， u_{*c} は底質の移動限

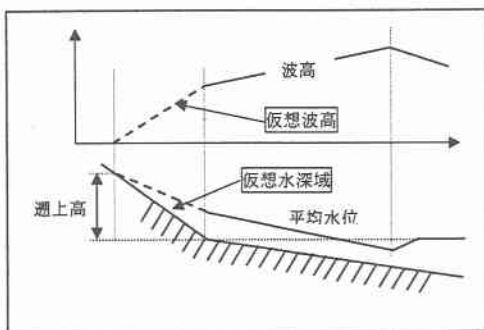


図-2. 通上域における仮想水深および波高分布

界摩擦速度で田中ら⁵⁾を参考にした。このとき、正味の岸沖漂砂量は、式(1)、(2)および(3)を加えることによって求めることができる。また、汀線変化の再現上重要な swash zone の漂砂は、清水⁶⁾にならない、図-2に示すように汀線での wave set-up 高および波高と Hunt の式による最大遡上点を結ぶ遡上域に仮想水深および波高を設定し計算した。

一方、波浪変形は、西村らが提案した微小振幅波の単一進行波のエネルギー保存則に基づいて計算する。波浪計算において碎波点は、合田の碎波条件式を適用した。全漂砂量は、水位上昇を考慮した実水深および波高分布を求め、式(1)、(2)および(3)から漂砂量を計算し、漂砂の連続式より地形変化を計算する。また、各漂砂量式の比例定数は、 K および β を $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1}$ の範囲で、戻り流れによる漂砂量係数 A_c を $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^0$ の範囲とし、それらを組み合わせて計算を行い、オーダーおよび傾向が妥当であると思われる比例定数の組み合わせで計算結果を整理した。

4. 結果および考察：図-3は水深が40 cmから45 cmになるまで水面を3段階に上昇させ、その後、段階的に水位を元に戻した case 4 の実験結果と数値計算結果を示したものである。図中の Δt は各水深での波の作用時間であり、各漂砂量式の比例定数が $K=0.07$, $\beta=0.0045$, $A_c=0.1$ のとき精度よく再現できた。図-4 および図-5 は、それぞれ case 1 および case 3 における最終断面地形の実験結果と同じ比例定数を用いて計算した数値計算結果を示したものである。両 case ともにバー前後の漂砂量が実験値より小さいものの、汀線およびバーの位置は比較的良好に再現されていることがわかる。

5. おわりに：本研究で得られた結果を要約すると以下のようである。1) 戻り流れおよび波動成分を考慮した2次元海浜断面変化モデルは、漂砂量係数の適切な組み合わせによって水位変動を伴う侵食型地形変化の予測に適用できると考えられる。2) 遡上域に仮想水深および波高を設定することによって汀線付近の地形変化がよく再現されることがわかった。

参考文献：1) 黒岩ら：戻り流れを考慮した断面地形変化計算，第51回年次学術講演会 2) 黒岩ら：移動方向を考慮した岸沖漂砂量式，第47回年次学術講演会 3) 野田英明・松原雄平：岸・沖向き漂砂量に関する研究，第27回海溝論文集 4) Komer, P. D., and M. C. Miller : Sediment threshold

under oscillatory waves, Proc.14th Coastal Eng. Conf. 5) 田中 仁・首藤伸夫：波・流れ共存時の底面摩擦に関する実験，第27回海溝論文集 6) 清水琢三：海浜変形シミュレーション，水工学シリーズ 96-B-5，土木学会

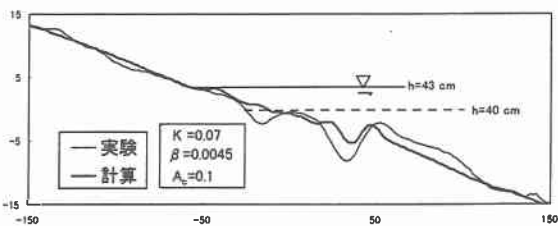


図-4. 高潮終了時地形の実験および計算結果の比較 (case1)

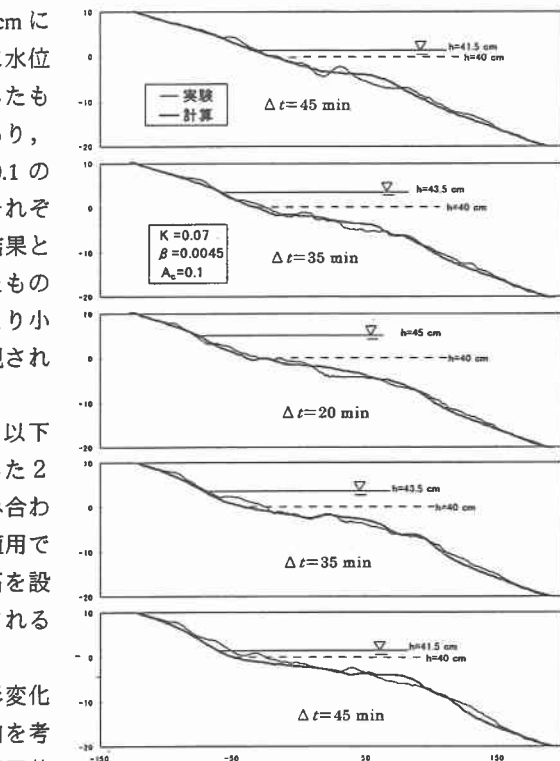


図-3. 水位変動にともなう断面地形変化 (case 4)

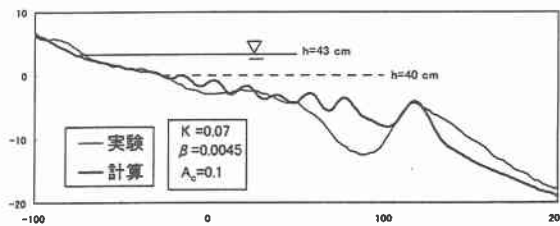


図-5. 高潮終了時地形の実験および計算結果の比較 (case3)