

II-482 海浜の粒度組成を考慮した汀線変化モデル

東北大学工学部 学生員○鈴木 正
東北大学工学部 正 員 田中 仁

1. 概論 ウォータフロントの利用形態が多様化するにつれて、海浜に対する要望は従来の汀線の維持のみでなく、さらに高度なものに進展すると考えられる。そのひとつが底質粒度に関するものである。しかし、従来の海浜変形モデルでは粒径に関する情報を得ることは出来なかった。そこで、本研究では従来の ONE LINE MODELに粒度の保存則を組み込み、海浜砂の粒度変化を考慮した汀線変化予測モデルを提案する。さらに、これを単純な形状を有する海浜に対して適用し、均一粒径と仮定した予測結果との差異を検討した。

2. 計算方法 汀線変化の計算法は ONE LINE MODEL のそれと同一である。粒度組成の計算には、平野¹⁾によって提案された粒度の連続式を用いる。よって、基礎方程式は以下のようになる。

表-1 計算条件

海浜勾配	$m = 1/40$
砕波波高	$H_b = 1\text{m}$
交換層厚	$a = 4\text{m}$
波の入射角	$\alpha = 10^\circ$
移動限界水深	$D = 5\text{m}$

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} = -\frac{1}{D(1-\lambda)} \frac{\partial Q}{\partial y} \dots (1) \quad \frac{\partial i_b}{\partial t} = -\frac{1}{aD(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial (i_b Q)}{\partial y} - i_b \frac{\partial Q}{\partial y} \right\} \dots (2)$$

x_s : 基準面から測った汀線的位置, Q : 沿岸漂砂量, i_b , i_b : ある粒径範囲の砂粒が漂砂中および交換層中に占める割合, D : 移動限界水深, a : 交換層の水平方向の厚さである。ここに交換層とは、汀線の表層で粒度組成が変化する層を示す。この層より下では粒度分布が不変である。ただし、式(2)は汀線が前進の場合に用いる式で、後退の場合には幾分異なる式¹⁾を用いる。漂砂量式としては、従来CERC式がよく使われる。しかし、同式は粒径に依存しないため、底質分級の計算には用いることが出来ない。そこで、本研究ではKamphuis²⁾の式を用いる。ここでは、沿岸方向(y方向)に波の入射角とエネルギーフラックスが一定で、さらにy軸に対する汀線の傾きが小さいと仮定すれば、粒径別漂砂量式は以下のようになる。

$$i_b Q = i_b 0.002 (\rho / \rho_s) (g/2\pi)^{1/2} (m H_b^{7/2} / d_i) (\tan \alpha - \partial x_s / \partial y) \dots (3)$$

ここに、 ρ : 海水の密度, ρ_s : 砂の密度, g : 重力加速度, m : 海浜勾配, H_b : 砕波波高, d_i : i番目の砂の粒径, α : y軸に対する波の入射角である。

計算では、図-1に示す様に間隔2000mの2本の突堤に挟まれた海浜に養浜がなされたケースを想定した。計算条件を表-1に示す。Krausら³⁾の現地海岸での蛍光砂調査によると、砕波帯内での混合深さは約10cmであり、斜面勾配を考慮すれば交換層の水平方向の厚みaは表中の値となる。砂は4種類の粒径から成るとし、小さい順に0.1mm, 0.3mm, 0.6mm, 1.0mmとした。初期条件は汀線では $x_s=0$ で、粒度は領域aでは $i_b(1)=30\%$, $i_b(2)=50\%$, $i_b(3)=20\%$, $i_b(4)=0\%$ で、領域bでは $i_b(1)=0\%$, $i_b(2)=20\%$, $i_b(3)=40\%$, $i_b(4)=40\%$ である。なお、()の中の添え字は粒径の小さいものからの昇順であり、領域a, bの位置は図-1に示した。境界条件は、汀線については $\partial x_s / \partial y = \tan \alpha$, 粒度については外挿によった。以上の基礎式を差分によって解いた。格子間隔は20mとした。

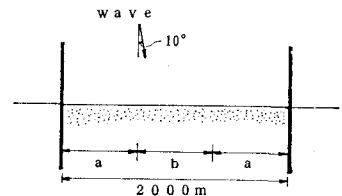


図-1. 計算対象領域

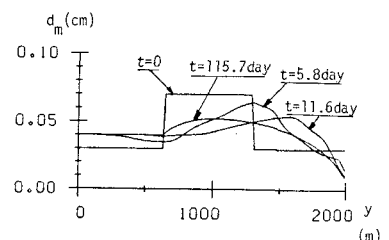


図-2. 平均粒径の沿岸方向分布

3. 結果と考察 図-2は平均粒径の汀線方向分布の時間変化を示したものである。ここで、 d_m は平均粒径である。時間が経つにつれて下手側へ凸の部分が伝播して行くのが分かる。図より、約100日後に粒度分布はほぼ平衡状態に至っている。突堤間の中央付近では初期条件で大きな粒径を与えた名残が残っているのに対し、下手

側では最小粒径0.1mmの砂がほぼ100%を占めている。

図-3(a),(b),(c)は、汀線の日変化を示している。

図-2と比べると、汀線が平衡状態になるのに要する時間 t_{e1} は、粒度分布のそれ t_{e2} に比べるとより長い。碎波高、波の入射角、底質条件、突堤幅などの値によって、 $t_{e1} < t_{e2}$ となる場合も考えられ、この時には汀線平衡時において初期粒度の影響がより顕著に汀線に残ることになる。

図-4(a),(b),(c)は交換層中に占める砂粒の割合の沿岸方向分布を示したものである。ここで、図中の数字はi番目(昇順)の砂の存在率であることを示している。細かい粒径ほど速く下手側へ伝播していくのが分かる。約10日後に $i_b(1)$ が下手ではほぼ100%占めてしまうのは、細かい粒度の漂砂量が他に比べ極端に多いことによる。

図-5は均一砂と混合砂で計算した突堤基部での汀線変化量の日変化量を比較したものである。図中には左右両端の値を示したが、両者はほぼ一致しており区別はつかない。ここで、 x_s は突堤基部での基準面から測った汀線位置である。日が経つにつれて平衡状態に近づくが、均一砂と混合砂で平衡状態の汀線変化量に差は見られない。ただし、初期において均一砂に比べ、混合砂での汀線変化がより速い。これは、小粒径の砂の移動によりもたらされたものである。

4. まとめ 混合粒径の効果を加味した汀線変化モデルにより、数値計算を行った。ただし、今回の計算では簡単のために波向きや碎波波高を一定と仮定したが、実際には波の屈折・回折・浅水変形を計算する必要がある。また、漂砂量式には砂の移動限界が考慮されていない。流砂現象と同様に、粒径毎の移動限界の相違による選択輸送が生じる可能性もある。さらに、粒径変化により海浜勾配も変化する²⁾。これにより、碎波波高・混合層厚が変化する。今後、これらの点について検討を行なう予定である。

謝辞：本研究を行うに際し、ご指導を承りました東北大学首藤教授に感謝します。なお、本研究に対して、文部省科学研究費(奨励研究(A))補助を受けたことを付記する。

参考文献：

- 1) 平野宗夫：Armoringをともなう河床変化について，土木学会論文集，第195号，1971.
- 2) Kamphuis, J.W. et al.: Calculation of littoral sand transport rate, Coastal Eng., Vol.10, 1986.
- 3) Kraus, N.C. et al.: 沿岸漂砂量に関する現地観測，第27回海岸工学講演会論文集，1980.

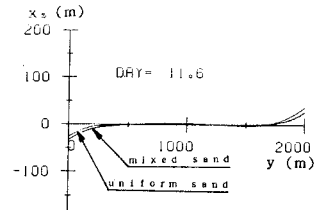


図-3(a). 汀線変化($t=11.6$ day)

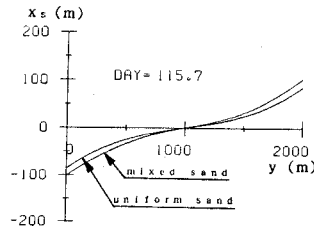


図-3(b). 汀線変化($t=115.7$ day)

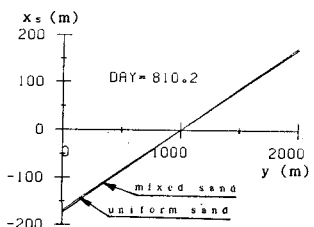


図-3(c). 汀線変化($t=810.2$ day)

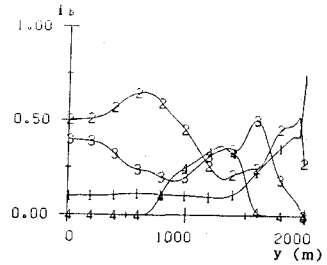


図-4(a). 底質粒度組成($t=5.8$ day)

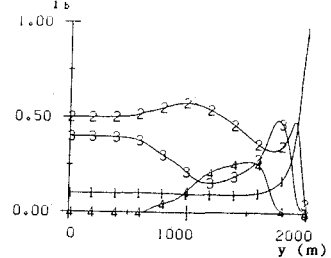


図-4(b). 底質粒度組成($t=11.6$ day)

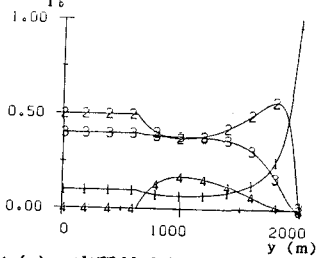


図-4(c). 底質粒度組成($t=115.7$ day)

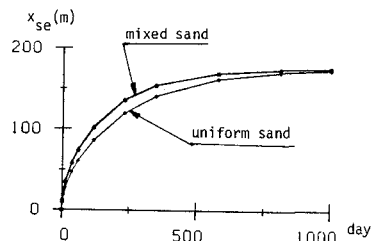


図-5. 突堤基部汀線位置の変化