

混合粒径砂の分級過程を考慮した3次元海浜変形予測に関する研究

株式会社杉本建設 正会員 ○中本 良平

日本建設コンサルタント(株) 正会員 口石孝幸

鳥取大学工学部 正会員 松原 雄平 黒岩 正光

鳥取環境大学 フェロー 野田 英明

1. はじめに

海浜変形予測における3次元海浜変形モデルは、汀線変化、混合砂の分級過程などを考慮したモデルが提案されているが、あらゆる条件に適用できるモデルが確立されているとは言い難い。黒岩らは汀線変化を考慮したモデル（2004年 ICCE）を提案しているが、単一粒径砂の条件のもので地形変化に伴う底質の粒度変化は再現できない。本研究では、汀線変化と混合粒径砂の粒度変化を考慮した新たな3次元海浜変形モデルを提案し、モデルの適用性を実験結果と比較し検討する。

2. モデルの概要

波浪場および海浜流場はそれぞれエネルギー平衡方程式に基づく多方向不規則波浪モデルおよび準3次元海浜流モデルを用いて算定した。なお、後述する規則波浪場の実験結果との比較では、線形波理論を適用した。漂砂量は掃流漂砂および浮遊漂砂に分けて定義し、水深変化は粒径毎の漂砂量から得られる水深変化を足し合わせて求めた。遡上域における漂砂量分布を汀線近傍の漂砂量から外挿して求め、汀線変化を表した。地形変化後の粒度変化は、全漂砂による水深変化および粒径毎の漂砂量による水深変化から、平野（1971）の混合砂の「交換層」の概念に基づく粒径毎の含有率変化式を用いて算定した。

・堆積域(海底面上昇)

粒径毎の土砂量 $V^{(k)}$ と全土砂量 V の計算式は次式に示す。

$$V^{(k)} = \left\{ (B - \Delta z) \mu^{(k)} + \Delta z^{(k)} \right\} \Delta x \Delta y, \quad k=1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$V = \sum_{k=1}^N V^{(k)} = B \cdot \Delta x \Delta y \quad (2)$$

ここに、 B は交換層厚であり、 Δz は鉛直上方にとった軸における各時刻の全地形変化量を示し、 $\Delta z^{(k)}$ は各粒径毎地形変化量である。したがって、堆積域での含有率の計算式は次式となる。

$$\mu^{(k)'} = \frac{V^{(k)'}}{V} = \mu^{(k)} + \frac{1}{B} \left\{ \Delta z^{(k)} - \Delta z \cdot \mu^{(k)} \right\} \quad (3)$$

ここに $\mu^{(k)'}$ は、時刻 $t + \Delta t$ での含有率の値である。

・侵食域(海底面低下)

侵食域での土砂量の計算式を次式に示す。

$$V^{(k)} = \left\{ B \cdot \mu^{(k)} + \Delta z^{(k)} - \Delta z \cdot \mu_B^{(k)} \right\} \Delta x \Delta y, \quad k=1, 2, \dots, N \quad (4) \quad V = \sum_{k=1}^N V^{(k)} = B \cdot \Delta x \Delta y \quad (5)$$

ここに、 $\mu_B^{(k)}$ は地形変化前の海底の含有率を示す。侵食域での含有率の計算式は次式で与えられる。

$$\mu^{(k)'} = \frac{V^{(k)'}}{V} = \mu^{(k)} + \frac{1}{B} \left\{ \Delta z^{(k)} - \Delta z \cdot \mu_B^{(k)} \right\} \quad (6)$$

なお、粒径毎に得られる含有率を粒径毎の漂砂量に乘じ粒度の影響を考慮した。

最終地形は、ある程度地形が変化した後、波と流れ計算へフィードバックする非定常解析より求めた。

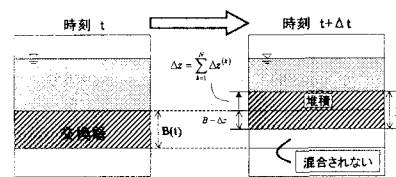


図-1 地形変化後の交換層(堆積域)

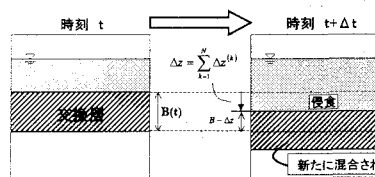


図-2 地形変化後の交換層(侵食域)

3. 計算結果

本研究では、漂砂量係数や交換層厚の与え方、モデルの適用性を検討した。まず小型の鉛直 2 次元波動水槽を用いて行った規則波浪下の混合粒径砂による縦断地形変化に関する実験結果と比較した。

図-3 は中央粒径 0.7mm と 0.3mm の砂を 3: 7 で混合された底質の縦断地形(勾配 1/10)に、 $H_o=9.0\text{cm}$, $T=0.9\text{s}$ の規則波を 20 時間作用させた実験結果と比較した一例である。この図からバー形成付近では 0.3mm の粒径の含有率が増加し、一方、汀線付近では、0.7mm の含有率が増加

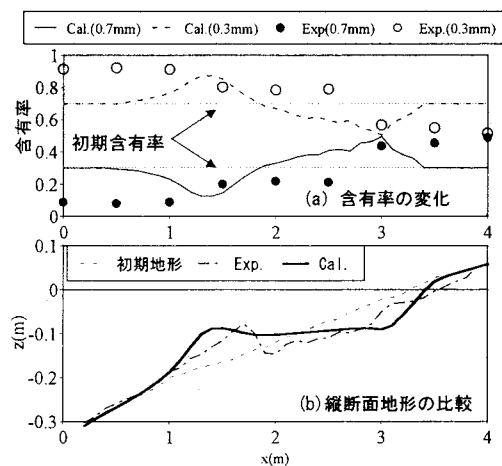


図-3 含有率変化と縦断地形変化の実験結果との比較(20 時間後)

しており、バー形成に伴う細粒化と汀線後退による粗粒化が再現され、実験結果とほぼ一致することがわかる。つぎに、熊田ら(2003)の規則波浪場における沿岸漂砂による海浜変形移動床実験結果と比較した。図-4(a)~(c)は熊田ら(2003)による実験結果と比較したものである。図から沿岸漂砂が卓越する場において汀線後退および前進と、侵食域と堆積域における粒度変化が再現されており、本モデルは実験結果を良く再現できることがわかる。

最後に、現地レベル(多方向不規則波浪場)における離岸堤周辺の海浜変形計算を試みた。図-5(a), (b)はそれぞれ現地レベルにおける離岸堤周辺の地形変化と汀線付近における中央粒径の沿岸方向分布を計算した一例である。図から離岸堤両端部の洗掘、離岸堤背後の舌状砂州の形成が計算でき、また舌状砂州の形成に伴う堆積域の底質の細粒化および汀線後退による粗粒化が再現されている。

4. おわりに

本研究では、混合砂の分級過程を考慮できる 3 次元海浜変形モデルを提案し、モデルの適用性を検討した。その結果、平野(1971)の概念を適用し、比較的簡単な手法で混合粒径を有する海浜の汀線変化を含む 3 次元海浜変形および粒度変化が計算可能で、定性的ではあるが実験結果を再現できることがわかった。さらに現地レベルでも粒度変化と汀線変化を考慮した 3 次元海浜変形計算が可能であることがわかった。

今後、実際の養浜対策における層厚の考慮、および表面が粗砂で覆われた場合等の粒子の遮蔽の影響を考慮するなど、更なるモデルの改良が必要である。

参考文献：平野宗夫(1971)：Armoring をともなう河床低下について、土木学会論文集，第 195 号，pp.111-115。熊田ら(2003)：

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，海工論文集，第 50 巻，pp.481-485。

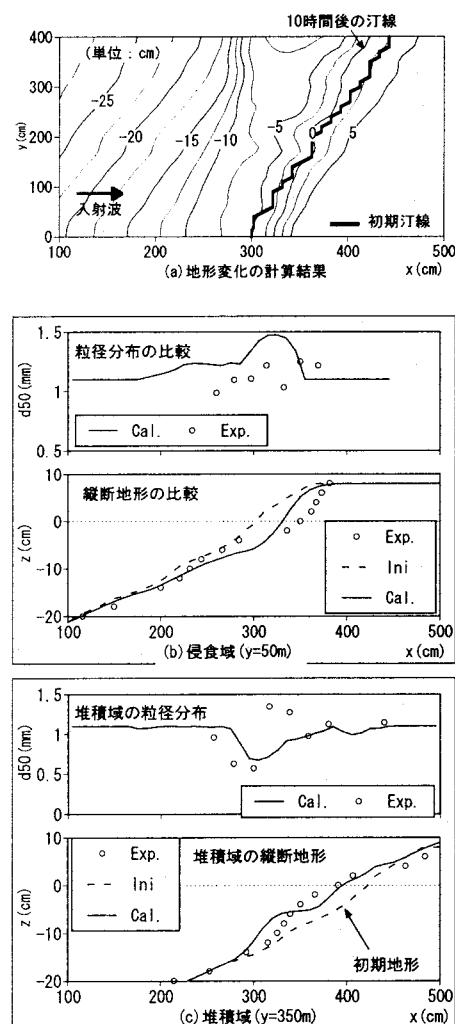


図-4 平面 2 次元水槽による実験結果との比較(10 時間後)

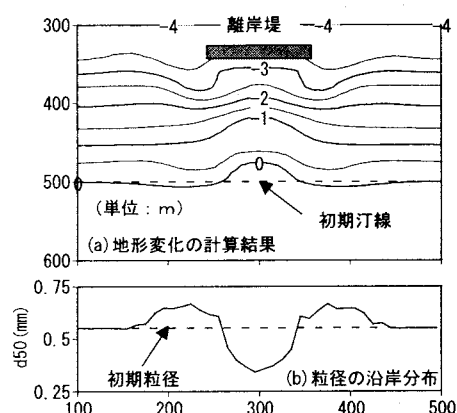


図-5 離岸堤周辺の地形変化と粒径の沿岸分布の数値計算例(15 日後)