

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月15日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360193

研究課題名（和文）砕波帯・波打帯における準3次元土砂輸送モデルの開発と効率的土砂輸送制御の提案

研究課題名（英文）Development of Quasi 3D sediment transport model in wave breaker and swash zone and proposal of effective sediment transport control

研究代表者

真野 明 (MANO AKIRA)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：50111258

研究成果の概要（和文）：砕波帯・波打帯における渦動粘性係数の鉛直分布を明らかにし、浮遊砂濃度の鉛直分布を求めた。高精度 Boussinesq モデルとカップリングした、準3次元土砂輸送モデルを開発し予測精度が高いことを検証した。山元海岸で、ヘッドランドを迂回する浮遊砂フラックスを観測しこの予測モデルを開発した。ヘッドの長さにより、迂回フラックスを制御できることを示した。

研究成果の概要（英文）：Vertical profile of eddy viscosity is modeled in wave breaking and swash zones. It enabled to get vertical profile of suspended sediment. Quasi-3D sediment transport model coupled with the higher order Boussinesq model was developed. Bypass sediment flux around headlands was observed at the Yamamoto coast, the prediction model of which was developed. It is shown the bypass flux is effectively controlled by adjusting the length of the head.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2011年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2012年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	10,800,000	3,240,000	14,040,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

 キーワード：準3次元モデル土砂輸送モデル、渦動粘性係数、底面せん断力、浮遊砂
砕波帯、飛砂

1. 研究開始当初の背景

土砂供給源であった福島県の崖海岸の侵食防止対策が土砂生産を減少させ、これが漂砂上手の南部海岸の土砂供給減につながり、侵食を進行させている。土砂供給源を復活することは望めないため、広域での土砂輸送の動的平衡により海岸を安定化させることは不可能であり、土砂の移動を局所化させることが必要である。このため、海岸管理者である、県や

国は侵食対策として、人工ヘッドランドの設置や試験養浜を行ってきたが、侵食防止効果は限定的であり、試行錯誤が続いている状況にある。効率的な対策を難しくしている要因は、現象が複雑で予測が難しいこと、また対策工の費用が高額で手当てに時間がかかることなどが挙げられる。土砂供給の減少や遮断による、このような海岸侵食は仙台湾南部海岸にとど

ならず、全国各地また無秩序な開発が行われている発展途上国に数多く見られる。このため、砕波帯での土砂輸送現象を再現し効率的な海岸侵食対策の計画に利用できる予測モデルの開発が強く望まれている。

2. 研究の目的

わが国では、土砂供給の減少や遮断により、各地で深刻な海岸侵食が進行し、その対策として人工ヘッドランドや養浜などの方策が講じられているが、その効果を評価する適切な予測モデルが無いため、大部分が対処療法的対応に追われている現状にある。本研究は、土砂輸送が活発な、砕波帯・波打帯において卓越する浮遊砂を主な対象とし、海岸構造物と干渉により生じる3次元挙動を再現できる土砂輸送予測モデルを開発することを第一の目的とする。また、このモデルを用いて、構造物の土砂輸送制御効果を調べ、効率的な海岸侵食の対策方法を見出すことが第二の目的である。

砕波帯における、流れ・土砂輸送・構造物の相互干渉は複雑で、3次元挙動を呈するため、現地観測で流れ場、土砂輸送場を測定することにより、信頼性の高いモデルの開発を目指す。

3. 研究の方法

準3次元土砂輸送モデルの開発

沿岸域での波浪変形を予測する Boussinesq 方程式モデル (Kirby, 2001) を基本とし、これに組み込む砕波流動サブモデルを開発する。砕波による底面土砂の巻上げと大規模渦運動の力学モデルとして、底面せん断力、渦動粘性係数の評価方法を確立する。また、浮遊砂濃度の鉛直分布について検討する。沈降と巻上げフラックスを評価し、準平衡条件の適用性を明らかにする。

仙台湾南部海岸を対象として、構造物周辺での浮遊砂濃度、流動場を実測し上記モデルの適用性を検証する。また、誤差が大きくなる現象については、その原因を調べモデルの改良を行う。

人工ヘッドランドの配置、先端形状によって生じる、砕波、流動、土砂輸送の変化を上記モデルを使って調べ、構造物が土砂輸送におよぼす影響や機構を明らかにし、効率的な土砂輸送制御方法を提案する。また、現地で試験的に行われている、

4. 研究成果

砕波帯・波打帯では、土砂輸送に占める浮遊砂の割合が大きく、これを精度よく再現するが、土砂輸送モデルの改善につながる。浮遊砂濃度は鉛直分布を持つことから、土砂輸送は3次元現象であり3次元格子を使った計算が必要であるが、対象範囲が広く現象

時間が長いことから、鉛直方向の計算を簡略化する準3次元モデルの導入が必要である。

著者らは、純2次元 VOF (volume of fluid) を開発し、実験結果と比較して流動場の予測精度が高いことを検証している。この VOF モデルを用いて、渦動粘性係数の鉛直分布を与える簡易モデルを開発した。砕波帯・波打帯で鉛直方向の2つの浮遊砂フラックス、拡散フラックスと沈降フラックスが平衡するという仮定を設け、平衡濃度分布式を求めた。

波動場を求める準3次元モデルである、Boussinesq 方程式の高精度モデルとカップリングして、準3次元土砂輸送モデルを開発した。開発したモデルは、水理実験における浮遊砂濃度分布や地形変化の測定値を精度よく再現したほか、沿岸域における沿岸流分布に関する既往の知見をも予測できる再現性を検証した。

仙台湾南部山元海岸で、2011年1月から3月までの2カ月間、超音波流速プロファイラーと濁度計を現地海岸に設置し、観測を行った。ヘッドランドを迂回する浮遊砂フラックスを観測しこの予測モデルを開発した。ヘッドの長さにより、迂回フラックスを制御できることを示した。3月4日に機器の回収を行い、データが上手く取れていることを確認した。その一週間後の3月11日に東日本大震災が発生し、大津波が現地の地形を大きく破壊し、観測の継続は難しい状況となった。

回収したデータを分析したところ、この2カ月の間に時化が1回あり、貴重なデータが取れていることが分かった。高波浪時にヘッドランドを回り込む流れと土砂輸送が観測された。この予測計算を行い、ヘッド部の長さを調整することで、迂回土砂量を効率良く制御できることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計49件)

1. A. Mano, Destruction Mechanism of Coastal Levees on the Sendai Bay Coast by 3.11 Tsunamis, Coastal Engineering 2012, 査読有、2013年、印刷中
2. A. Matsumoto, Armor Block Stability of Submerged Breakwaters Predicted by Numerical Wave Flume, Journal of Coastal Research, 査読有, SI65, 2013年, 338-343, DOI: 10.2112/SI65-058.1
3. S. Rhaman, Quasi-3D sediment transport model combined with Bagnold-type bed load transport, Journal of Coastal Research, 査読有, SI65, 2013年, 368-373, DOI: 10.2112/SI65-063.1

4. A. Mano, Breaking process and mechanism of coastal leaves on Sendai Bay Coast hit by the 2011 mega tsunami, Journal of Coastal Research, 査読有, SI65, 2013年, 772-777, DOI: 10.2112/SI65-131.1
 5. Mohammad Bagus Adityawan, Boundary layer approach in the modeling of breaking solitary wave run up, Coastal Engineering, 査読有, Vol.77, 2012年, 167-177, DOI: 10.1016/j.coastaleng.2012.11.005
 6. T. Iida, Breaking Pattern and Mechanism of Coastal Levees on the Sendai Bay Coast hit by 2011 Tsunamis, Proceeding of AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly 2012, 査読有, 2012年, OS07-17-A018
 7. S. Rahman, Coupling of Boussinesq and Sediment Transport Model in a Wave Flume, 土木学会論文集 B1(水工学), 査読有, 2012年, 68, 4, I_259-I-264
 8. A. Matsumoto, Evaluation of the Critical Condition on Armor Block Stability for Submerged Breakwaters, Proceedings of Coastal Structures 2011, 査読有, 2011年, CD-ROM
 9. K. Udo, Application of Rouse's Sediment Concentration Profile to Aeolian Transport: Is the suspension system for sand transport in air the same as that in water? Journal of Coastal Research, 査読有, 2011年, SI64, 2079-2083
 10. A. Matsumoto, A Light Concrete Block Stabilized by Distributed Holes for Submerged Breakwaters, Journal of Coastal Research, 査読有, 2011年, SI64, 567-571
 11. B. Ontowirjo, Performance of a new quasi-3D eddy viscosity model for plunging breaker, Journal of Coastal Research, 査読有, 2011年, SI64, 1145-1149
 12. S. Rahman, Development of a quasi-2D model on suspended sediment transport in surf zone, Journal of Coastal Research, 査読有, 2011年, SI64, 1160-1164
 13. Mohammad Bagus Adityawan, Bed stress importance under solitary wave runup, 水工学論文集, 査読有, 2011年, 55, S241-S246
 14. Mohammad Bagus Adityawan, 浅水流方程式と乱流モデルを組み合わせた孤立波遡上の数値計算, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 査読有, 2010年, 66, No.1, 91-95
 15. Mohammad Bagus Adityawan, Assessment of bottom stress under wave propagation and run-up, 応用力学論文集, 査読有, 2010年, 13, 813-820
 16. Mohammad Bagus Adityawan, A new method for wave run up simulation by coupling k-w model with shallow water equation model, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 査読有, 2010年, 26, 303-308
 17. S. Rahman, Quasi-2D Transport Model of Suspended Sediment in a Wave Flume, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, 査読有, 2010年, 55, CDR0M S121
 18. S. Rahman, Development of an eddy viscosity model in surf zone, 2nd International Conference on coastal zone engineering and management, 査読有, 2010年, 80-81
 19. S. Rahman, Performance of an eddy viscosity model for plunging breakers, Japan-Indonesia Workshop on Estuary and Climate Change, 査読無, 2010年, 7-12
 20. S. Rahman, Performance of a new eddy viscosity model for spilling breakers, Annual Journal of Civil Engineering in Ocean, JSCE, 査読有, 2010年, 26, 315-320
- 〔学会発表〕(計 38 件)
1. A. Mano, 12th International Coastal Symposium 2013, 2013年4月9日, プリマス、イギリス
 2. S. Rahman, 12th International Coastal Symposium 2013, 2013年4月9日, プリマス、イギリス
 3. K. Udo, 12th International Coastal Symposium 2013, 2013年4月9日, プリマス、イギリス
 4. 真野 明, 「安全な国土の再設計」土木学会四国支部タスクフォース主催防災講演会(招待講演), 2013年3月23日, 高知市
 5. A. Mano, 33rd International Conference on Coastal Engineering, 2012年7月3日, サントandel、スペイン
 6. A. Matsumoto, 33rd International Conference on Coastal Engineering, 2012年7月3日, サントandel、スペイン
 7. S. Rahman, 第56回水工学講演会, 2012年3月8日, 松山市
 8. 真野 明, 11th International Coastal Symposium, 2011年5月12日, シチエチン、ポーランド
 9. S. Rahman, 11th International Coastal Symposium, 2011年5月12日, シチエチン

ン、ポーランド

10. Mohammad Bagus Adityawan, 第55回水工学講演会, 2011年3月9日, 東京
11. S. Rahman, 第55回水工学講演会, 2011年3月8日, 東京
12. S. Rahman, 2nd International Conference on coastal zone engineering and management, 2010年11月2日, マスカット、オマーン
13. S. Rahman, Japan-Indonesia Workshop on Estuary and Climate Change, 2010年8月9日, スラバヤ、インドネシア
14. S. Rahman, 第35回海洋開発シンポジウム, 2010年6月24日, 鹿児島市
15. Mohammad Bagus Adityawan, 第35回海洋開発シンポジウム, 2010年6月24日, 鹿児島市

[図書] (計2件)

1. 真野 明、新公論社、「季刊河川レビュー」、41(1), 2012年、13-19
2. 真野 明、古今書院、「日本の河口」、2010年、123-133

[その他]

ホームページ等

<http://potential1.civil.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

真野 明 (MANO AKIRA)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：50111258

(2) 研究分担者

田中 仁 (TANAKA HITOSHI)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：30171755

(3) 研究分担者

有働 恵子 (UDO KEIKO)

東北大学・災害科学国際研究所・准教授

研究者番号：80371780