

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21760391

研究課題名（和文） 砕波に伴う渦の 3 次元性を考慮した底質の細部移動構造に関する研究

研究課題名（英文） Development of a Numerical Model for Three-Dimensional Beach Deformation Considering Obliquely Descending Eddy in the Surf Zone

研究代表者

鷲見 浩一 (SUMI HIROKAZU)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：10314048

研究成果の概要（和文）：斜降渦の沿岸方向の発生形態と砕波時の 3 成分の流速分布については、不明な点が多いのが現状である。本研究課題では、斜降渦の沿岸方向の発生形式を検討する。さらに、砕波時の岸沖・沿岸・水深方向の 3 成分の流速分布特性を斜降渦の発生形態と関連づけて考究した。その結果、砕波に伴い沿岸方向に 1 対となって発生する斜降渦は、砕波の進行過程で、2 つの渦の渦軸が特徴的な 3 つの形式となることが判明した。

研究成果の概要（英文）：An obliquely descending eddy caused by wave breaking is a strong three-dimensional phenomenon. However, there have been a limited number of studies using hydraulic model tests that examined the distribution of obliquely descending eddies along coasts and the distribution of the three components of velocity. In the present research, the structure for the formation of obliquely descending eddies was examined. As a result of the study, it was found that obliquely descending eddies formed along coasts can be categorized into different types: “A structure wherein two vortexes come into close proximity,” and “a structure wherein the distance between the two vortexes remains constant.”

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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：海岸侵食，砕波，渦，水理可視化実験

1. 研究開始当初の背景

海岸侵食の機構解明は、海岸背後に集中している人命や資産を防護し、自然環境と調和を図った海岸環境を創出するために重要である。現在では、海浜の安定性を確保するために、入射波を離岸堤の回折効果や人工リーフの強制砕波により減衰させて、海浜流と漂砂を制御する方策が多くとられている。しかし、これらの海岸構造物は高い堆砂機能を有している一方で、海岸線に沿って数 km も設置されている海域もあり、沿岸漂砂の阻止な

ど、自然環境へ甚大な負担を与えている場合もある。人々の価値観が多様化し、かつ自然環境が地球的規模で変化している現代社会においては、災害に対する安全性の向上と環境に配慮した海岸整備が必要とされており、今後、自然環境に与える負荷を軽減した漂砂制御方法の開発が望まれ、海底砂の移動機構について先進的な研究による解明が必要となる。

漂砂の形態は掃流漂砂と浮遊漂砂の二つが主であり、波による岸沖方向の砂の移動と

その限界水深、および砂漣表面からの砂の巻き上げ機構については、ほぼ解明されている。しかし、砕波帯内で発生する渦や流れの乱れによる砂の巻き上げ量は、砂漣からの浮遊砂量よりも格段に多量であるにも関わらず、砕波という力学的に極限状態にある現象の下で発生しているため、その定量的評価が困難であり、依然として不明な点が多い。また、砕波に伴い浮遊した砂は、海浜流により移動し、渦や乱れが弱まった海域に再び沈降し堆積する。したがって、砕波帯内での底質の浮遊・移流・拡散・沈降などの移動現象は、海岸侵食を支配する極めて重要な因子である。

2. 研究の目的

研究課題の位置づけは、自然環境に与える負荷を軽減した新たな漂砂制御方法を構築するための基礎的研究である。砕波時の波内部に発生し、底質の浮遊を誘因する斜降渦は極めて3次元性の強い現象である。本研究課題は、砕波に伴う3次元性の強い渦や乱れのように、砕波水深と砕波波高の和よりも小さな空間スケールの現象をも考慮して、浮遊・移流・拡散・沈降する砂の3次元的な移動機構を解明するものである。さらに、これまでの研究で明らかにしてきた鉛直2次元の砕波時の波内部の流速分布と渦構造、砕波形式の相違による浮遊砂の移動速度特性・浮遊砂濃度の時空間分布などと、本研究課題により明らかにする砕波時の流れの3次元分布と斜降渦の3次元構造とを関連づけて考究し、発展させることで、砕波に伴い浮遊する底質の3次元移動機構を解明する。

3. 研究の方法

一様勾配上で発生する砕波時の波内部の岸沖・沿岸・水深方向の3次元流速分布は、図-1に示す実験水槽と2台のCCDカメラにより砕波点周辺の可視化画像を撮影し、この画像から流速を算定するステレオタイプの3D-PIV装置を用いた実験により明らかにする。2台のCCDカメラによる撮影画像を図-2に示す。

入射波諸元の相違による斜降渦の発生形態の分類と頻度は、トレーサの軌跡を250fpsの高速度カメラにより追跡し、砕波に関するRe数とbreaker-type indexなどのパラメータにより検討し、3次元流速分布とあわせて考察することにより、斜降渦の3次元構造を考究する。

砕波形式の相違による浮遊した砂の移動速度の3次元的な時空間分布は、水中に砂粒子が混在する固液2相流において、砂粒子の移動速度を究明する実験Ⅰと水粒子速度を考究する実験Ⅱを実施することにより明らかにする。二つの実験は、ともに2D-PIV法と3D-PIV法を使用した移動床実験であり、

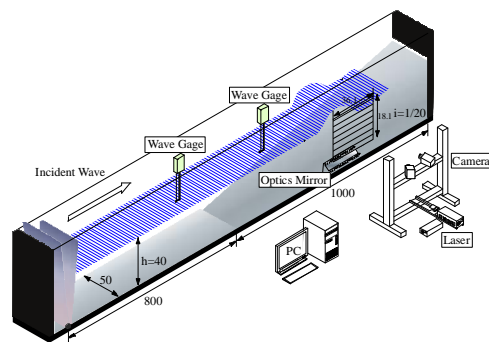
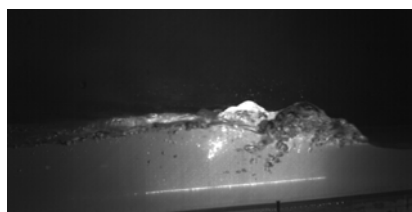
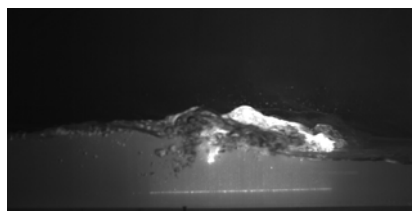


図-1 実験水槽(単位:m)



(a) 岸側カメラ



(b) 沖側カメラ

図-2 高速カメラによる撮影画像

渦の3次元構造の研究結果と対応させるための一様勾配地形を対象とした実験と、バーが形成された平衡断面地形を対象に実施する。渦の生成は3次元性の強い現象であることから、3D-PIV法による流速計測が有用である。しかし、研究の第1歩として、より基礎的な流速分布や渦の生成過程を把握するために、まず2D-PIV法を用いた鉛直2次元の流速計測を実施して、その後、3D-PTV法による詳細な3次元流速計測を行う。このような流速計測の工夫は、実験ⅠとⅡの両実験に適用する。実験Ⅰでは、砂の移動状況を白黒色調の可視化画像内にトレーサとして記録し、2Dと3D-PTV法により、砕波に伴って砂が浮遊・移流・拡散・沈降するときの速度を求める。実験Ⅱでは固液2相流での水粒子速度を2Dと3D-PTV法により計測する。実験Ⅱのトレーサはナイロン12とする。実験Ⅱでは、固液2相流における水粒子速度を計測するので、白黒色調の可視化画像に砂が撮影されないように、砂を黒色に塗装し、ナイロン12のみが撮影されるように工夫する。

以上の実験より明らかにした固液2相流で

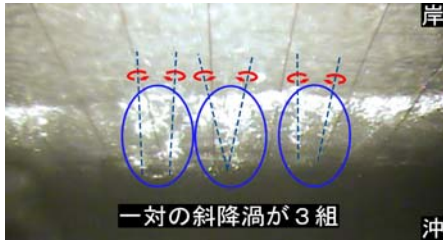
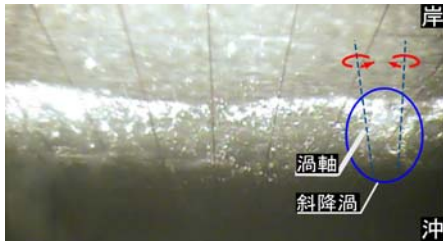
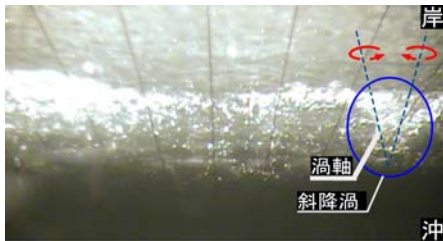


図-3 3組の1対斜降渦



(a) $t/T=0.36$



(b) $t/T=0.39$

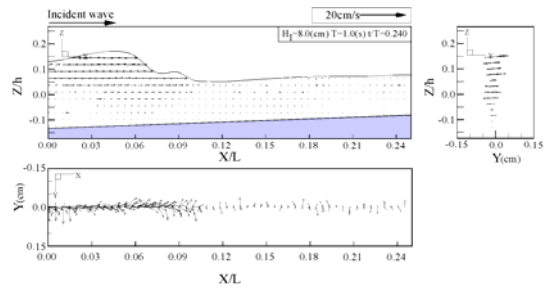
図-4 渦軸が接近する形式の斜降渦

の砂が浮遊・移流・拡散・沈降する速度と水粒子速度の関連を検討し、砕波に伴う浮遊砂の移動速度特性を考究する。

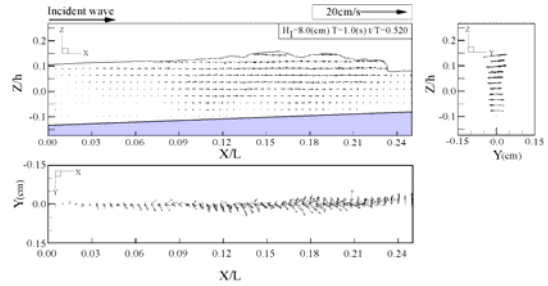
4. 研究成果

(1) 砕波に伴い発生する斜降渦は、単一の渦と回転方向の相異なる1対の渦に大別できた。1対の斜降渦は、撮影領域内で同一な入射波の内部に図-3に示すように3組まで確認することができた。沿岸方向に1対の斜降渦が複数組発生する現象は間欠的であり、両ケースにおいて1対の斜降渦が1組、2組、3組発生する確率は、発生する渦の組数が多くなるほど低下した。

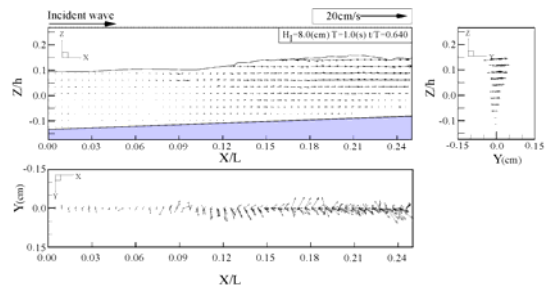
(2) 沿岸方向に1対となって発生する斜降渦は、砕波の進行過程で、2つの渦の渦軸が特徴的な3つの形式となることが判明した。すなわち、波の変形過程で1対の斜降渦の渦軸の間隔が短縮する形式(図-4参照)、1対の斜降渦の渦軸の間隔が短縮し交差する形式、1対の斜降渦の渦軸の間隔が変化しない形式の3形式である。両ケースにおいて、1対の斜降渦が1組形成される場合に、渦軸が接近する形式と渦軸の間隔が変化しない形式の



(a) $t/T=0.24$



(b) $t/T=0.52$



(c) $t/T=0.64$

図-5 波内部の3成分流速

発生確率は、それぞれ約1割であった。

(3) 渦の回転方向は、渦軸が接近する形式では、互いの内方向となる傾向が強くと、1対の斜降渦の渦軸間の距離の縮小には、渦の回転方向が関係していると推察できる。

(4) 斜降渦の発生条件は、砕波帯相似パラメータ ξ と砕波に関するレイノルズ数 Re に支配される。 Re 数が比較的小さい範囲では、1組の斜降渦の発生頻度が高い。一方、 Re 数が大きい範囲では3組の斜降渦の発生頻度が高くなる。砕波高 H_b が大きくなり、 Re が増加すると複数組の渦が生じやすい。また、1組と3組の斜降渦が発生する中間域では2組の斜降渦の生成が顕著となることから、この中間域は1組から3組への遷移域であると推察できる。

(5) 砕波帯内での沿岸流速(以下に v)を考慮した流速分布は、時空間的に不均一な分布特性となった。 v の水深方向の分布は、図-5(a)に示すように砕波前と砕波時では、同程度の大きさで正と負の両方向に存在している。これは、気泡の混入した水塊部下端から発生した斜降渦が前脚部まで接近している状態で

あると推測できる。碎波後の v は、図-5(b)に示すように流速を増加させながら、海底方向へ不規則な分布となる領域を拡大させている。これは、斜降渦が海底面へ向けて発達している過程を示唆している。

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 5 件)

- ① 鷺見浩一，出村拓也，山清太郎，落合実，遠藤茂勝：斜降渦の平面的な分布特性に関する実験的研究，査読有，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.66, No.1, pp.81-85, 2010.
- ② 鷺見浩一，落合実，遠藤茂勝：碎波帯における渦の発生と流速分布に関する実験的研究，査読有，土木学会 海洋開発論文集，Vol.26, pp.1213-1218, 2010.
- ③ 鷺見浩一，野崎猛盛，高江俊之：碎波に伴う渦の発生条件と流速分布に関する実験的研究，査読有，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.65, No.1, pp.106-110, 2009.
- ④ 鷺見浩一，高江俊之，野崎猛盛：碎波帯における底面せん断力の時空間分布に関する実験的研究，査読有，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol.65, No.1, pp.101-105, 2009.
- ⑤ 鷺見浩一，高江俊之，野崎猛盛：碎波帯での底面せん断力特性に関する研究，査読有，土木学会 海洋開発論文集，Vol.25, pp.1257-1261, 2009.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 鷺見浩一：碎波に伴う斜降渦の発生形態と流速分布に関する実験的研究の大規模渦構造，日本混相流学会 年会講演会 2010 講演論文集，静岡県静岡大学，pp.174-175, 2010年7月17日.
- ② 山清太郎，鷺見浩一：可視可実験による碎波時に伴う斜降渦の発生形式に関する研究，土木学会中部支部研究発表，愛知県中部大学，pp.679-680, 2011年3月4日.
- ③ 鷺見浩一，野崎猛盛：碎波帯の大規模渦構造，日本混相流学会 年会講演会 2009 講演論文集，熊本県KKRホテル熊本，pp.88-89, 2009年8月7日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

鷺見 浩一 (SUMI HIROKAZU)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：10314048