

透水性海浜における砕波帯の浸透流

鹿児島大学大学院	学生会員	○山本 洋平
株式会社平成建設		大石 静
鹿児島大学大学院	正会員	柿沼 太郎
鹿児島大学大学院	正会員	北村 良介

1. 研究の目的

砕波帯において波の作用を受ける透水性海浜では、水底上の振動流、波の遡上、砕波に伴う wave set-up や流れによる底層の洗掘等を通して、透水層内の水の運動が波の影響を受ける。波による底質内間隙水と水底直上水との交換 (Precht・Huettel: J. Sea Res., Vol. 51, pp.93-107, 2004.) は、堆積物表層における酸素の生成と消費に伴い、水質や生態系に影響を及ぼす。砕波帯内では、波の各位相において変動する外力が、時間平均的な流れとして現れる浸透流に関与するであろう。そこで、砕波帯の透水層内間隙水の運動を可視化し、浸透流の流速ベクトル求め、更に、間隙水の圧力を測定して、浸透流の特性に関して検討する。

2. 研究の方法

長さ 13 m, 幅 0.4 m の造波水槽内に、豊浦標準砂を用いて斜面勾配 $\beta = 1/8$ の一様勾配斜面を作成する。斜面前後の一様静水深を 0.22 m とする。入射波は、周期 T が異なる 3 通り、すなわち、Case A ($T = 0.48$ s, 入射波波高 $H = 3.7$ cm), B ($T = 0.83$ s, $H = 5.3$ cm) 及び C ($T = 1.20$ s, $H = 3.0$ cm) の規則波とする。

1) 浸透流の可視化実験では、写真のように砂中の約 50 箇所にわたって間隙水を染料(ウランin)で着色し、着色部をブラック・ライトで照らし出すことにより浸透流を可視化する。一定時間間隔で自動撮影された写真を用いて間隙水の各着色部を追跡し、浸透流の速度ベクトルを求める。また、2) 浸透流の圧力測定では、図-1 に示す砂中の 8 箇所に圧力計 (KYOWA PGM-02KG) を固定し、各点における圧力変動を測定する。

3. 主要な結論

1) 浸透流の可視化実験: 図-2 及び 3 に、Case A 及び C に対する速度ベクトルの実験結果、水粒子追跡の開始時刻 t_1 及び終了時刻 t_2 における水底の形状、そして、砕波点の存在範囲を示す。間隙水は、概ね岸から沖へと流れる。Case A の浸透流は、 $0.8 \text{ m} \leq X \leq 0.9 \text{ m}$ 周辺で透水層内に流入し、 $0.4 \text{ m} \leq X \leq 0.5 \text{ m}$ に形成された bar に向かいながら徐々に進行方向を上向きへと変え、bar の頂点付近から水底上に流出する。周期の長い Case C の浸透流の流速の最大値 (約 $3.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$) は、Case A の約 20 倍に達する。Case C の浸透流は、 $0.9 \text{ m} \leq X \leq 1.1 \text{ m}$ 周辺で透水層内に流入し、明確な bar が形成されないため、 $X \leq 0.75 \text{ m}$ の比較的広範囲で水底上に流出し、 $X \leq 0.4 \text{ m}$ では、砂漣が sand wave のように岸向きに移動し、浸透流が砂漣の頂点の移動に追従できず、水底上への流出箇所が砂漣頂点付近に限定されない。

2) 浸透流の圧力測定: Case B の圧力の、5 分間の時間平均値を図-4 に示す。岸に近い程、圧力水頭が大きく、沖向きの流れが形成される。なお、入射波周期が長い程、岸沖方向の圧力差が大きかった。静水面下 6 cm の深さの圧力は、12.5 cm の圧力より $0.58 \text{ m} \leq X \leq 0.8 \text{ m}$ で低く、 $0.5 \text{ m} \leq X < 0.58 \text{ m}$ で高い。前者で鉛直上向きの、後者で鉛直下向きの力が間隙水に働く。前者では、底面上の振動流の流速が大きく、底面付近の圧力が低下すると考えられる。Case C の、ある 1 波の砕波後の水面形及び Ch. 3 と 4 の圧力水頭の差をそれぞれ図-5 及び 6 に示す。砕波の plunge が底面に押し付けた水塊により、 $2.3 \text{ s} \leq t \leq 2.4 \text{ s}$ で鉛直下向きの浸透流を起こそうとする力が働く。Case C の等圧線の時間変化を図-7 に示す。概ね岸側の圧力が沖側より高いが、 $t \cong 2.2 \text{ s}$ において、波の伝播に伴い $0.5 \text{ m} \leq X \leq 0.58 \text{ m}$ で圧力が増加し、 $X = 0.6 \text{ m}$ 付近の圧力がその岸側及び沖側より低くなり、流れの集中を生む。砕波後の波が通過する $t = 2.4 \text{ s}$ では、図-7 の範囲の全域で圧力がほぼ一样になる。その後の引き波時に上向きの浸透流が生じる。底面上の流速が遅い位相で wave set-up の効果が卓越する。

キーワード 浸透流, 砕波帯, 可視化, 間隙水圧

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究科, Phone: 099(285)8467

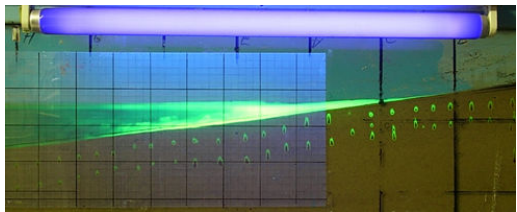


写真 浸透流の可視化実験（染料を注射器により砂中に注入し、ブラック・ライトを照射した。）

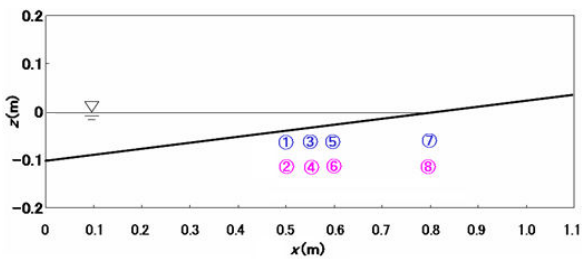


図-1 圧力計の設置位置

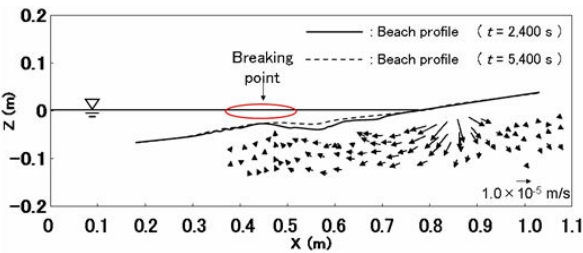


図-2 Case A（周期：短）の浸透流の速度ベクトル及び水底地形

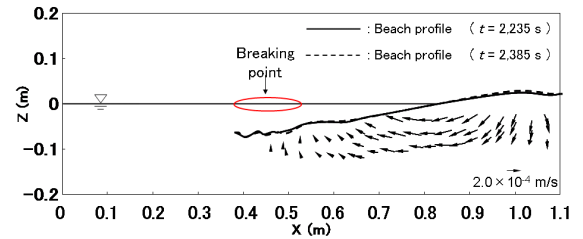


図-3 Case C（周期：長）の浸透流の速度ベクトル及び水底地形

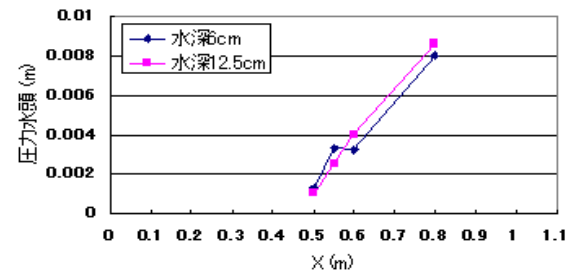


図-4 Case B（周期：中）における圧力の時間平均値（本論文では、各点の圧力として、静水時からの圧力水頭の変位を示す。）

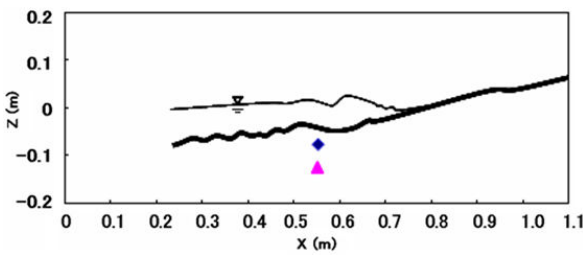


図-5 Case Cにおけるある1波の砕波後（ $t = 2.4\text{ s}$ ）の水面形（ここで、plunging 砕波において前方に投げ出された水塊が水面に落下してから約0.3 s後の水面形が描かれている。なお、図-5～7の時刻 $t = 0\text{ s}$ は、実験開始時刻と異なる。）

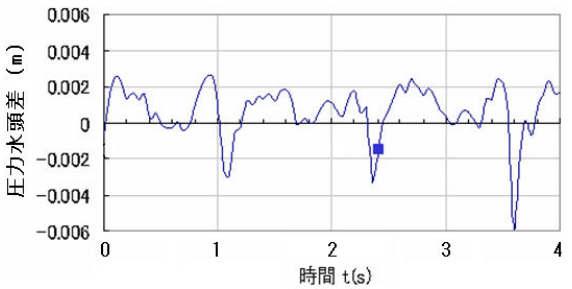


図-6 Case Cの Ch. 3 及び 4 における圧力水頭の差（ここで、図-1 の④における圧力から、③における圧力を引いた値を示している。）

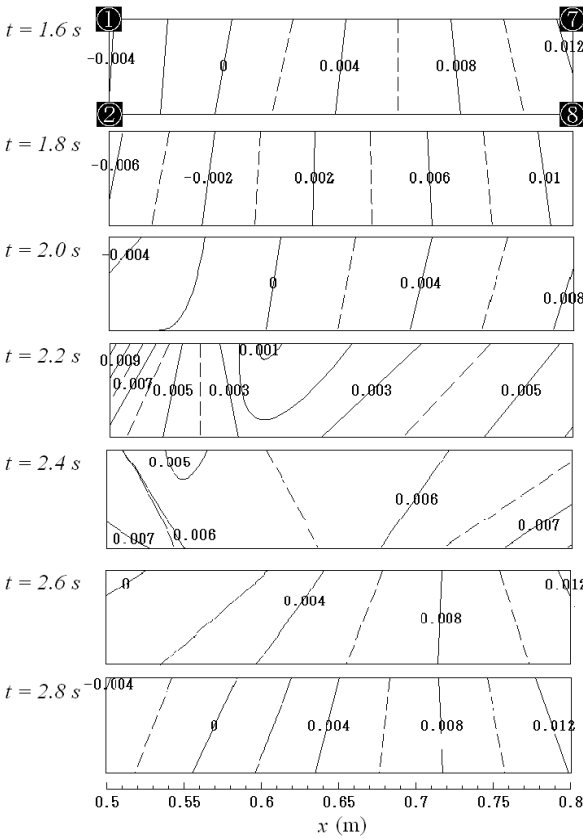


図-7 Case Cにおける等圧線の時間変化（各等圧線の値は、圧力水頭（単位: m）を表わす。）