

透水性海浜における砕波帯内の浸透流

鹿児島大学工学部 学生会員 大石 静
 鹿児島大学大学院理工学研究科 山本洋平
 鹿児島大学工学部 正会員 柿沼太郎

1. 序 論: 海浜の堆積物表層において、明条件下では、光合成により酸素が生成され、逆に、暗条件下では、無機化のために酸素が消費される。ところで、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。その結果、底質内間隙水と水底直上水との交換が助長される場合、堆積物表層における酸素の生成と消費が、浅海域における水質や生態系に対して、より重要な意味を持つことになる (ex. 桑江ら, 2006)。そこで、本研究では、透水性海浜における、間隙水を含む水の運動のメカニズムを解明するための基礎的研究として、砕波帯に存在する透水層内間隙水の運動を可視化し、浸透流の特性について検討する。

2. 実験方法: 図-1 のような長さ 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 β の一様勾配斜面を作成する。静水深 h を水槽全域にわたって 0.22 m とし、斜面勾配を $\beta=1/8$ とする。

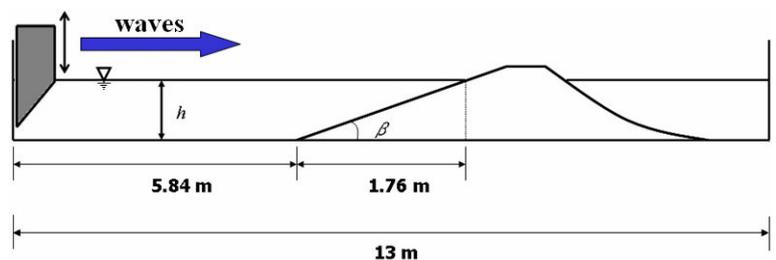


図-1 実験水槽

浸透流の可視化のために、砂中の間隙水を染料で着色する。染料は、ウラニンとし、写真-1 に示す注射器を用いて、実験水槽側面のガラス面に沿って砂中に注入する。各着色部の直径を約 3 mm とし、砕波帯における波動下の浸透流を把握できるように、合計 50 箇所程度にわたり間隙水を着色する。

浸透流は、写真-2 のように、間隙水の着色部をブラック・ライトで照らし出すことによって可視化する。デジタルカメラを用いて、浸透流を 15 s 間隔で自動撮影する。



写真-1 注射器

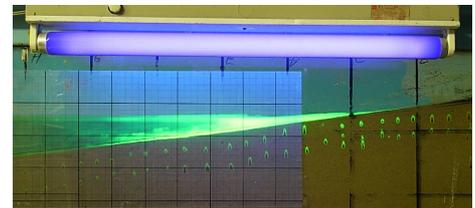


写真-2 可視化された浸透流

着色部の色が希薄になり始めたら、一旦、造波を停止して染料を注入してから、実験を再開する。水底地形がある程度安定して、浸透流が定常流に近付くまで実験を行なう。なお、染料によって、間隙水が着色されており、砂粒子が着色されていないことを確かめている。

入射波として、周期が異なる Case A, B 及び C の 3 通りの規則波を造波する。すなわち、入射波の周期 T 及び波高 H は、それぞれ、Case A では、 $T=0.48$ s 及び $H=3.7$ cm, Case B では、 $T=0.83$ s 及び $H=5.3$ cm, そして、Case C では、 $T=1.20$ s 及び $H=3.0$ cm である。

3. 実験結果: 一定時間間隔で断続的に撮影された写真から、浸透流の速度ベクトルを求める。すなわち、ある時間 $t_1 \leq t \leq t_2$ にわたって間隙水の各着色部を追跡し、時刻 t_1 及び t_2 における各着色部の位置を結び、これをこの軌道上における $t_1 \leq t \leq t_2$ の時間の平均の速度ベクトルとする。なお、染料が時間の経過と共にやや拡散する場合があるが、その場合には、着色部の進行方向の先端部を追跡する。Case A, B 及び C に対する実験結果をそれぞれ図-2, 3 及び 4 に示す。これらの図には、浸透流の平均の速度ベクトル、時刻 t_1 及び t_2 における水底地形の形状、そして、砕波点の存在範囲が描かれている。なお、入射波の周期によって浸透流

の速度が大きく異なるため、平均の速度ベクトルの算出時間間隔 ($t_2 - t_1$) を Case A, B 及び C でそれぞれ 3,000, 1,500 及び 150 s とした。

いずれの場合においても、間隙水は、岸から沖へと流れる傾向のあることがわかる。

入射波の周期が最も短い Case A において、浸透流の速度の最大値は、約 1.5×10^{-5} m/s であった。図-2 のように、 $0.4 \text{ m} \leq X \leq 0.5 \text{ m}$ 周辺に bar が形成されている。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、bar に向かいながら徐々に進行方向を上方へと変え、bar の頂点付近から水底上に流出している。

Case B では、図-3 のように、bar が 2 箇所形成されている。浸透流の流速の最大値は、約 4.0×10^{-5} m/s であった。浸透流は、 $0.9 \text{ m} \leq X \leq 1.0 \text{ m}$ 周辺と、二つの bar に挟まれた $0.25 \text{ m} \leq X \leq 0.4 \text{ m}$ 周辺で透水層内に流入し、二つの bar の頂点付近及びそのやや沖から水底上に流出している。

入射波の周期が最も長い Case C では、浸透流の流速の最大値は、約 3.0×10^{-4} m/s であり、これは、入射波の周期が最も短い Case A の 20 倍にも達する。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ている。Case C では、明確な bar が形成されず、 $0.45 \text{ m} \leq X \leq 0.75 \text{ m}$ 周辺の比較的広い範囲にわたって間隙水が水底上に流出している。

また、Case C では、 $X \leq 0.4 \text{ m}$ において砂漣が形成されたが、この砂漣形状は、sand wave のように、 $7.3 \times 10^{-5} \sim 2.6 \times 10^{-4}$ m/s 程度の速度で岸向きに移動した。砂漣下において、浸透流は、上方へと向かうが、砂漣の移動速度が比較的大きいため、浸透流が砂漣の頂点の移動に追従できず、間隙水の進行は、砂漣の頂点付近に向かう方向に限定されない。これは、bar の頂点付近、または、そのやや沖から間隙水の流出が見られた Case A や Case B と異なる現象である。

4. 結 論: 透水性海浜における砕波帯内の浸透流の可視化実験を行なった。その結果、浸透流の速度は、入射波の周期が長い程大きくなり、また、明確な bar が形成される場合、浸透流は、bar の頂点、または、そのやや沖側で水底上に流出するといった結果を得た。後者の一因として、bar 頂点直上水の振動流速が大きく、圧力が低下することが考えられる。こうした浸透流発生メカニズムについて、今後検討していきたい。

参考文献: 桑江朝比呂ら (2006): 堆積物による酸素消費と生成 — 渦相関法を適用した新たな測定手法の開発 —, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 1411-1415.

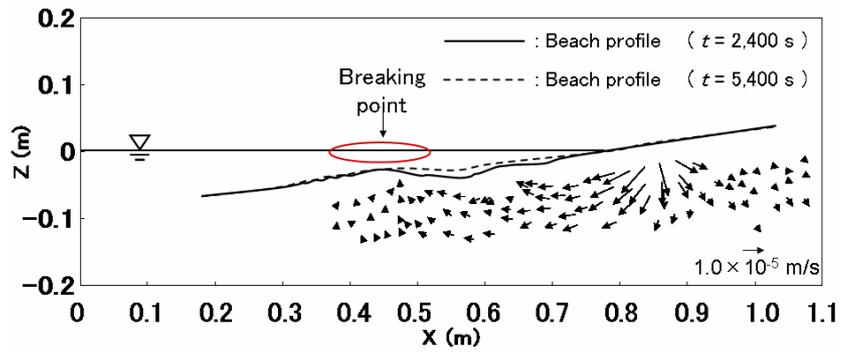


図-2 Case A の浸透流の速度ベクトル及び水底地形 ($T=0.48 \text{ s}$)

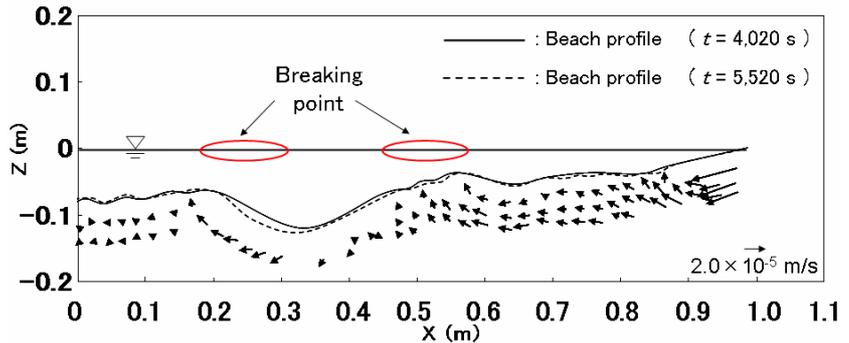


図-3 Case B の浸透流の速度ベクトル及び水底地形 ($T=0.83 \text{ s}$)

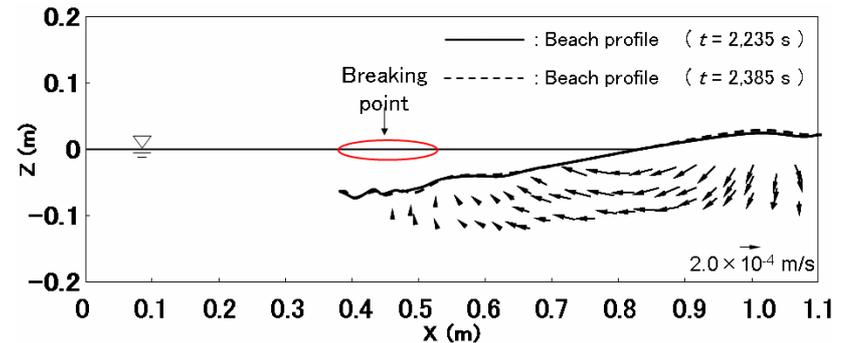


図-4 Case C の浸透流の速度ベクトル及び水底地形 ($T=1.20 \text{ s}$)