

波による海浜砂層内の間隙水圧の変動

鳥取大学 正員 清水正喜・岩成敬介
運輸省第三港湾建設局 ○河崎尚弘

1. はじめに

鳥取県では海浜砂が波によって侵食されることによる海岸地形の変化が問題になっている。侵食を防止するための工法が考案され実施に移されようとしているが、その種の工法の効果が未だ明らかでない。本研究の目的は、波による海浜砂の侵食を土質力学的に考察するために、波によって発生する間隙水圧の変動を実際に現地の海岸で測定し、波の特性と関連させてその基本的特性を把握しようとするものである。

2. 実験の概要

鳥取市賀露の海岸で現地測定を行った。同海岸は海浜侵食の激しい海岸である。海浜砂層内に3本の間隙水圧計を数種のパターンで配置し、間隙水圧の時間的変動を測定した。同時に波高計で沖合の波高を、ビデオカメラで海浜の波形を測定した。本報告では、図1に示すように水圧計(#1~#3)を配置したケースの結果について述べる。間隙水圧計は動歪計を介してデータレコーダに接続しデータを収録した。原位置の砂は、比重2.66、均等係数3.47、最大間隙比0.87、最小間隙比0.58であった。原位置での間隙比は0.66であり、その間隙比に対応する透水係数は室内実験から0.101 cm/secと推定された。

3. 実験の結果と考察

図2に間隙水圧の時間変動を示す。砂層の表面に設置した#1では短周期の成分波が見られるが、砂層内の#2や#3ではそれが顕著でない。圧力変動の短周期の成分は地盤内で減衰が大きいという従来の結果と矛盾していない。

図3は、#1と#2の圧力変動のクロススペクトルより求めたフェイズと周波数の関係である。この図より、周波数の大きい波の成分は位相時間の遅れはほとんどないが、周波数の小さい成分波ではかなりの位相時間の遅れが見られる。

次に砂層内の間隙水の流れが波によってどのように変化するか定性的に調べる。間隙水の流れはダルシーの法則に支配されると考え、水圧計を設置した2点間の動水勾配の時間的変動を解析した。例えば2点I、J間の方向の速度成分を考えると、動水勾配は次式で与えることができる。

$$i_{I-J} = [(u_I - u_J) / \rho g - (h_{eI} - h_{eJ})] / \overline{IJ}$$

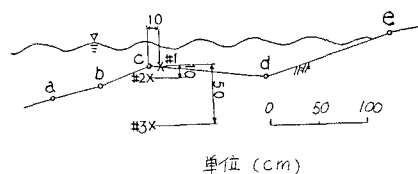


図1 間隙水圧計の配置

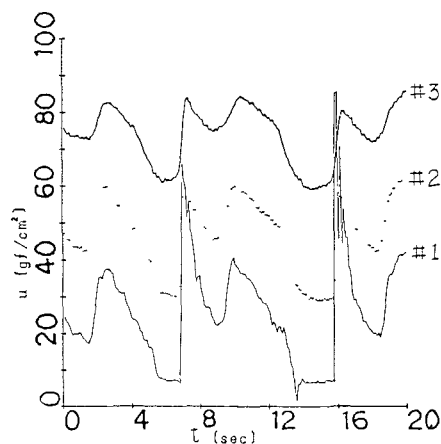


図2 間隙水圧の時間変動

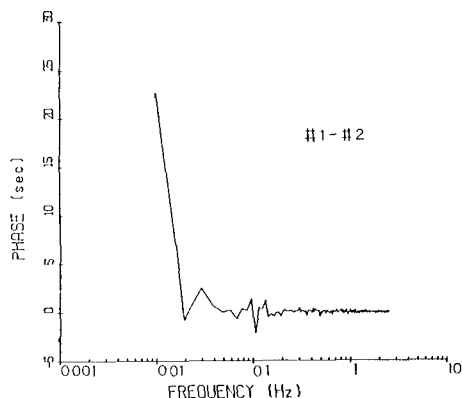


図3 #1と#2とのフェイズ

ここに、 h_e : ある規準面からの位置水頭、 u : 水圧、 ρ : 海水の密度、 g : 重力の加速度、 IJ : I 、 J 間の距離である。この式で $i_{I-J} > 0$ のとき I から J に水が流れることを表わす。この式から動水勾配を計算し、その時間的変動を示すと図4のようになる。 i_{3-2} はつねに負、すなわち #2 から #3 へ水が流れている。一方、 i_{2-1} の変動を見ると、 $t=7$ 、 18 sec 付近を除いて正であり、大きさは 1 付近で変動している。これは、#2 から #1 への流れ、すなわち砂層表面近くでは鉛直上向きの流れが卓越していることを表わしている。さらに、原位置砂の限界動水勾配が約 1 であることを考えると表面付近では砂は重量を失い、いわゆる液状化が頻繁に起こっていると想像できる。

図5は動水勾配の確率密度スペクトルである。300 秒間のデータを 0.1 秒間隔で解析している。この図より、砂層表面付近で鉛直上向きに流れる確率は約 97%、また限界動水勾配を越える確率は約 42% であることがわかる。すなわち、砂の液状化が非常に高い割合で起こっている可能性を示している。

間隙水の流れと水位の変動の関係を調べる。図6に測点 c における水位の変化と間隙水の見かけの速度ベクトルを図示した。表面付近では鉛直上向き、深いところでは鉛直下向きの流れが卓越していることを示す。 $t=7.2$ sec で流れの向きが逆転しているが、そのとき水位が急激に上昇していることがわかる。#1 の水圧は水位の急激な変化に対応して上昇するが #2 の水圧は上昇が遅れるからである。

4. まとめ

以上の結果をまとめる。

- 1) 間隙水圧変動の短周期成分は砂層内での減衰が大きい。
- 2) 間隙水圧変動の長周期成分は砂層内で位相の時間遅れが大きい。
- 3) 海浜砂層付近では鉛直上向きの間隙水の流れが卓越し、頻繁に砂の液状化が起こっている可能性がある。この結果は海岸侵食の機構を考えるうえで興味深い。
- 4) 砂層表面付近で間隙水の流れが鉛直下向きに変化するのは水位が急激に上昇したときである。

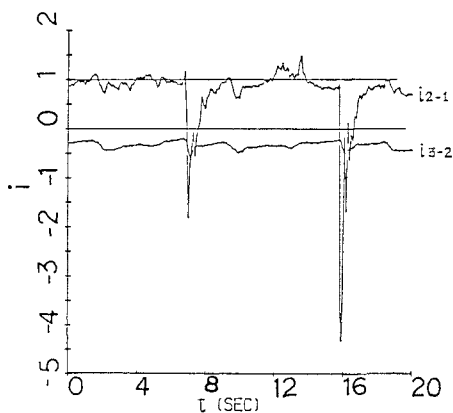


図4 動水勾配の時間的変動

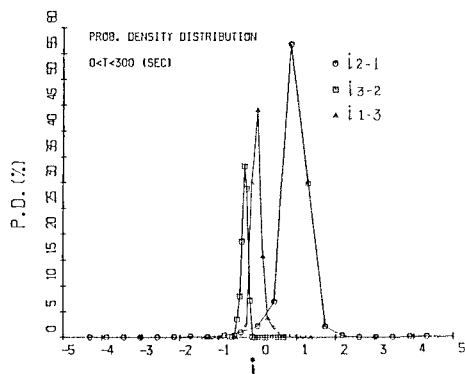


図5 動水勾配の確率密度スペクトル

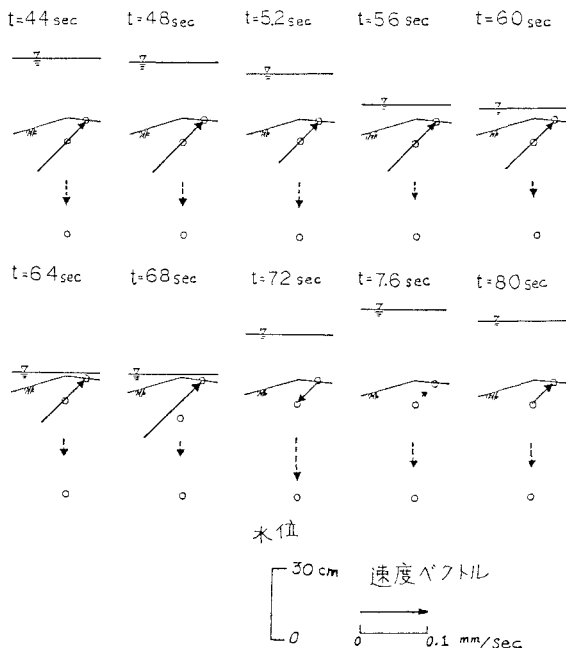


図6 測点 c における水位の変化と間隙水の見かけの速度ベクトル