

III-355 海浜砂層内間隙水圧の波による変動

鳥取大学 正員 清水正喜・岩成敬介・野田英明
運輸省第三港湾建設局 河崎尚弘

1. はじめに

海浜の砂が波によって侵食を受け移動する海浜変形の問題は海岸工学上重要な課題のひとつであるが、その機構は十分明らかにされてはいない。本研究は、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挙動を把握し、波による海浜砂の侵食機構を土質力学的観点から考察しようとするものである。

2. 実験の概要

鳥取市賀露海岸で現地測定を行った。汀線付近の海浜砂層内に3本の間隙水圧計を4種のパターン(ケース1～ケース4)で配置し、間隙水圧の時間的変動を測定した。ケース1および3では、それぞれ同じ場所で海底表面からの深さ(z)を変えて配置し、ケース2と4ではそれぞれ深さ z を一定にして場所を変えた。場所を表わす測点を汀線に直交する方向にa～eで表わす(図1)。同時に、波高計で沖合の波高を、ビデオカメラで汀線付近の波形を測定した。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取録した。各ケースについて300秒間のデータをサンプリング時間間隔0.1秒でA/D変換し解析した。原位置の砂は、比重2.66、均等係数3.47、最大間隙比0.84～0.87、最小間隙比0.54～0.58であった。原位置での間隙比は場所によって異なるが、0.66～0.89であり、その間隙比に対応する透水係数は室内実験から0.1 cm/secのオーダーと推定された。

3. 実験の結果と考察

図2に間隙水圧の時間的変化の一例を示す。砂層の表面に設置した間隙水圧計#1には、波の影響が直接現れていて、砂層内の#2や#3に比べて変化が激しい。

図3は、各ケースの各間隙水圧計で測定された水圧の平均値($\bar{u}$)と波による圧力変化($\Delta u = u - \bar{u}$)の標準偏差の関係である。ここに、平均値 $\bar{u}$ は近似的に静水圧と考えられる。同じ場所であれば海底表面からの深さが浅いほど、波による圧力変化(Δu)が大きいことがわかる。

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、各ケースについて水圧計を設置した点の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。

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

ここに、 h_e : ある基準面からの位置水頭、 u : 水圧、

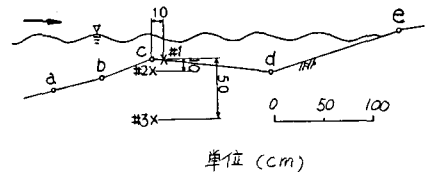


図1 間隙水圧計の配置(ケース1)

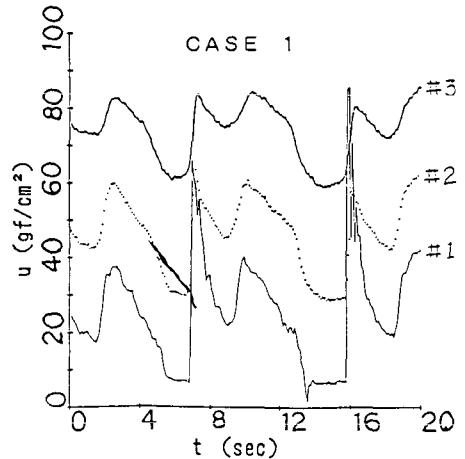


図2 間隙水圧の時間的変化(ケース1)

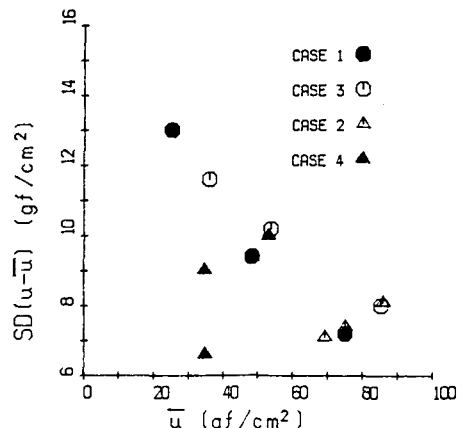


図3 波による水圧変化の統計的特性

ρ : 海水の密度、 g : 重力の加速度、 $\overline{IJ}$: I J 間の距離である。この式で $i_{1-2} > 0$ 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_{2-1} の変動を見ると、 $t=7$ および 16 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、砂層表面近くでは速度の#2-#1方向方向の成分が#2から#1の向き、すなわち鉛直上向きに卓越していることを表わしている。因に海底面に平行の成分の大きさはケース2と4の結果から非常に小さいと推定できる。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海底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。この図より、砂層表面付近で速度の鉛直方向の成分が鉛直上向きである時間割合は約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における海水位の変化と間隙水の見かけの速度ベクトルの#1-#2方向および#2-#3方向成分の大きさを図示した。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. おわりに

以上のことから

海浜砂層付近では、間隙水は鉛直上向きに流れようとし、砂は液状化の状態になっている可能性がある。液状化状態になっている層の深さは海岸工学の分野でいうところの流動層厚に相当するものと思われる。

謝辞 本研究を遂行するに当たり鳥取大学工学部海洋土木工学科木村晃助教授、松原雄平助手、松見吉晴助手を始め、同学科の学生諸君には大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表する次第である。

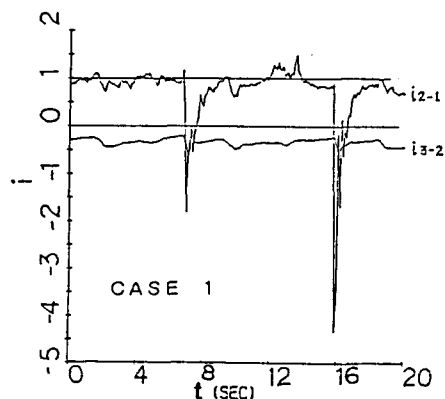


図4 動水勾配の時間的変化（ケース1）

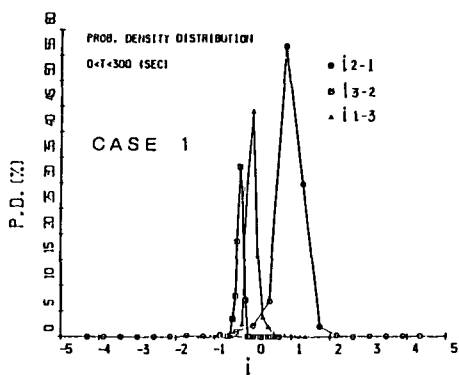


図5 動水勾配の確率密度スペクトル（ケース1）

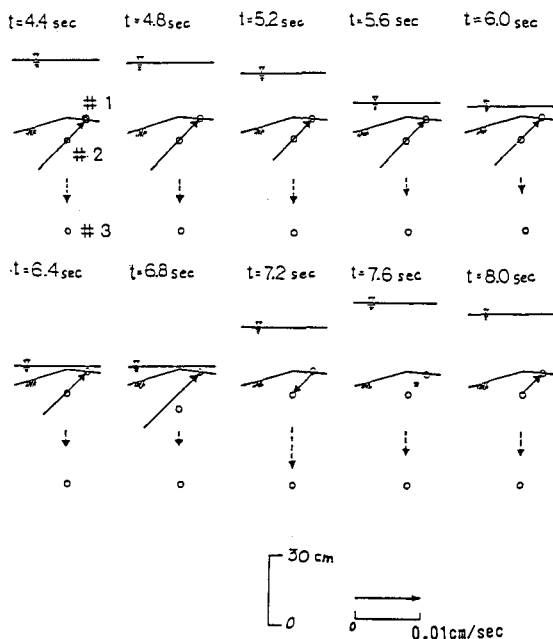


図6 測点cにおける海水位変化と間隙水の流れの速度ベクトルの成分の変化