

II-543 変動水圧によるゆるい堆積砂層の高密度化過程

岡山大学大学院 学生員 八幡 泰史 岡山大学工学部 正 員 名合 宏之
岡山大学工学部 正 員 前野 詩朗 岡山大学大学院 学生員 松本 高之

1. はじめに

著者らは従来より波浪による海底地盤の動的応答特性について研究をすすめてきているが、そこで対象とされてきた地盤は間隙率のかなり小さい密な砂層(間隙率約0.40程度)であった¹⁾。ところが、沿岸部における砂層の堆積過程ではよりゆるい状態が考えられる。このことを考慮して、実験室内でできる限りゆるい砂層(間隙率0.48程度)を作製し、その砂層の変動水圧に対する動的応答について検討した。その結果、高密度化過程、液状化現象について、従来にはみられなかった新しい知見が得られたので報告する。

2. 実験方法

実験は、図-1に示す鉛直1次元の実験装置に周期的変動空気圧を作用させることにより行った。砂層は、試料容器に水を張った後、試料容器の上にロートを置き、乾燥標準砂(豊浦標準砂D₅₀≒0.25mm)をロートを通して自由落下させて作製する。このとき砂層の間隙率は約0.48になる。砂層厚は2mである。その砂層面から上方92cmのところまで水を張った後、変動水圧を作用させ、Pt.1~Pt.4の各測点において間隙水圧の計測を行った。変動水圧作用後に、図-1に示す砂層部の試料容器を5つに分け、その中の砂の乾燥重量と筒の体積と砂の比重より間隙率を算出する。それらの値をそれぞれの筒の中央の深さの間隙率とした。なお、変動水圧の周波数は1Hz、振幅は83cmとした。

3. 実験結果および考察

変動水圧実験より得られた間隙率のデータをもとに考察を行う。図-2は間隙率の時間的変化を示している。この図によると、標準砂を水中自由落下させた初期の段階では、砂層全体にわたって一様に約0.48の間隙率を示す。変動水圧を作用させることによって砂層は上部から高密度化していく。深さ140cmまでは約5分で初期的な高密度化が終わっている。それより深い位置では変動水圧の影響が少なく砂層の高密度化がほとんど進んでいない。5分以後は、表層の部分においてさらに高密度化が進行するが、深さ50cmより深部では顕著な高密度化は認められない。図-1 実験装置 単位:mm

図-3は各測点における変動水圧作用直後10分間連続の間隙水圧変化(静水圧からの変動分)を示している。また、図-4は、変動水圧作用後9-10秒、2分および5分における間隙水圧の時間変化(1周期分)およびその時の有効応力変化を示したものである。変動水圧を作用させた直後には、砂層内の各測点の間隙水圧の平均値および振幅が大きくなるのがわかる。その後、上昇した間隙水圧の平均値および振幅は砂層下部から減少し始め、約3分30秒後には各測点ほぼ同時に定常状態となる。したがって、ゆるい堆積砂層の変動水圧による挙動は、実験開始直後の間隙水圧の平均値が上昇した状態(第1段階)と、間隙水圧の平均値が一定になった後の状態(第2段階)とで異なっていると考えられる。図-4より、砂層内応力状態の第1段階(時刻9-10秒および2分)から第2段階(時刻5分)への遷移過程がわかる。第2段階の間隙水圧分布および有効応力状態は、著者らが従来より取り扱ってきた現象を示しており、その基礎的な特性は明らかにされている¹⁾。

ここでは、第1段階における間隙水圧の平均値の上昇がどのようなもの

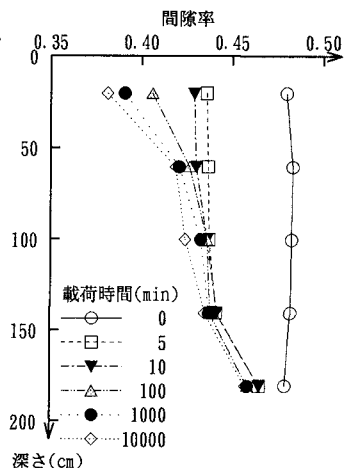
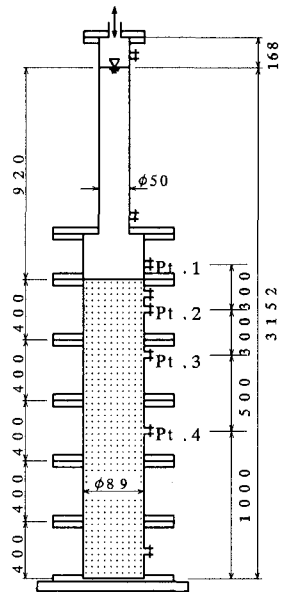


図-2 間隙率の時間変化

であるかを検討する。表-1は、実験開始後9-10秒間における砂層内各測点の間隙水圧の平均値から水中（Pt. 1）の変動水圧の平均値を引いた値(A)と、砂層が液状化し砂と水の混合流体になったと仮定した場合に流体密度の増加により上昇すると考えられる間隙水圧の値(B)とを比較したものである。この表より、両者はほぼ一致することが分かり、第1段階では砂層が砂と水の混合流体になっているとみなすことができる。

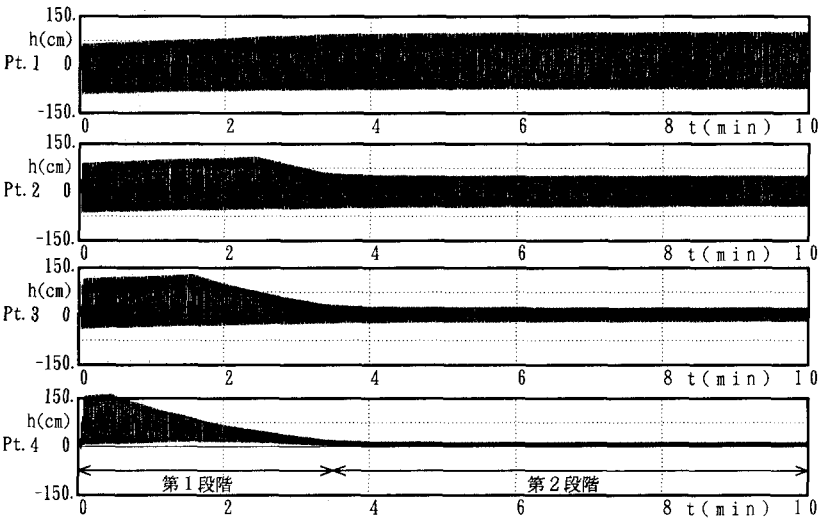


図-3 間隙水圧の時間変化

なお、5分以後における表層の高密度化は第2段階の液状化により進行すると考えられる。

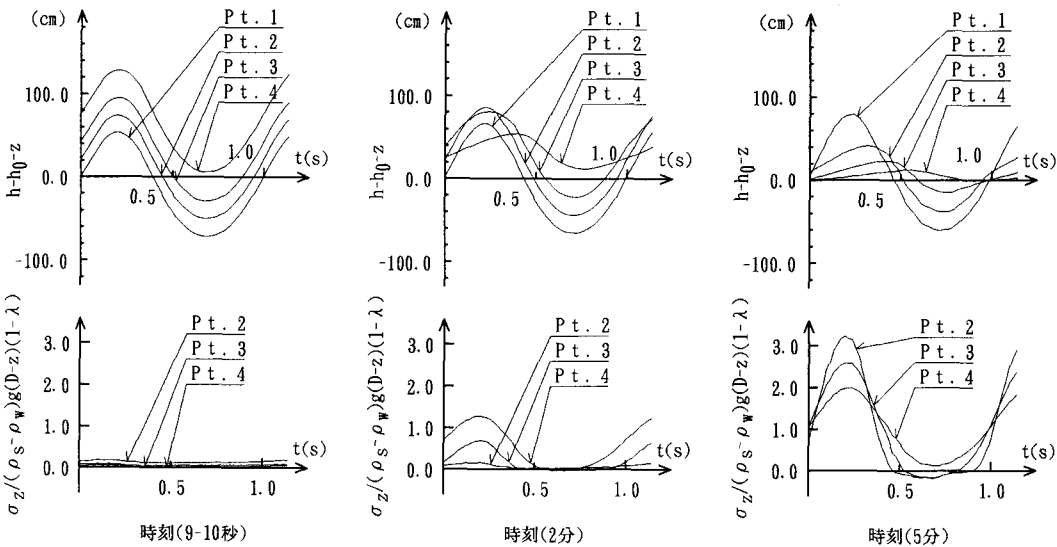


図-4 間隙水圧・有効応力の時間変化

4. まとめ

ゆるく堆積した砂層は、変動水圧の作用による2つの形態の異なる液状化現象を伴

って高密度化することが明かにされた。すなわち、第1段階では、地震時における液状化と同様に、砂層はあたかも砂と水の混合流体となったような液状化状態になる場合がある。この場合砂層は短時間で高密度化しその領域は深部まで達する。第2段階では、変動水圧の水圧伝播の遅れによる液状化が発生する。この場合は液状化領域は表層部に発生し、高密度化も主としてその領域内で進行する。

(参考文献)

1) H. Nago, S. Maeno : Pore Pressure And Effective Stress In A Highly Saturated Sand Bet Under Water Pressure Variation On Its Surface , Natural Disaster Science , Volume 9 , Number 1 ,1987, pp. 23-35