

広島大学大学院 学生会員 ○松井章弘
 広島大学大学院 正会員 土田孝
 清水建設(株) 正会員 浅海綾一

1. 背景・目的

近年、沿岸環境改善事業として人工干潟を造成する事例が増加している。干潟は、底生動物などの多様な生物を育み、沿岸生態系の重要な構成要素である。干潟が良好な生態系を維持するためには、干潟表層に10～20%の細粒分が含まれていることが必要である。しかし実際では人工干潟造成後、数年の時間経過とともに人工干潟の覆砂中の細粒分が流出してしまう現象が確認されている。これでは、良好な生態系は維持できず、干潟の生息環境が不安定であるため、細粒分の流出の原因解明が必要である。

既往の研究として、波高1.2mの一次元水圧変動を24時間、細粒分含有率10%の模型地盤に载荷したところ、水圧応答の遅れによる液状化と、細粒分の抜け出しが起こることを確認した^{1),2)}。さらに、細粒分の粘性の有無・飽和度の違いによって抜け出しやすさが異なることが確認されている。しかし、実現象として波高1.2mの波浪が24時間継続して起こることは考えられない。また、実際の波浪は進行波であるため、水圧変動と同時に水圧変動による地盤内にせん断変形が伴っている。そこで本研究では模型地盤の側方変位を許容した水圧変動载荷実験を行い、細粒分流出のメカニズムを解明していく。

2. 実験概要

模型実験は Fig.1 のような一次元水圧変動型模型装置を用いて行った。模型上部より一次元水圧 (sin 波) を载荷した時に、セルの内側にゴム膜を取り付けることで、側方への変動を許した。試料寸法は、直径19cm、高さ25cmで、ゴム膜は円周の60°分カットされており、そこから地盤面から2cm間隔で間隙水圧計を設置し、水圧変動载荷時の地盤内の間隙水圧を測定した。側方への変動は直径に対するひずみで±1%程度になるように空気タンクの空気量を調節した。

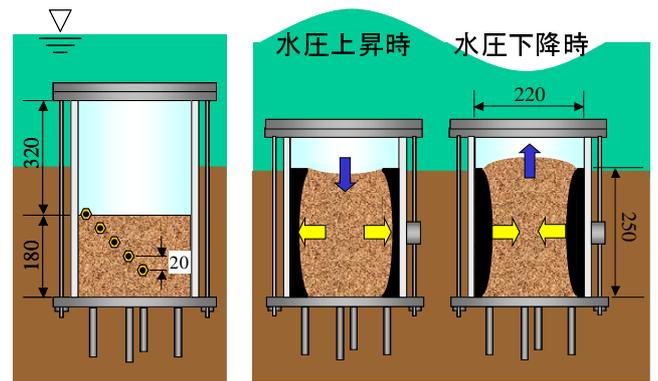
実験条件は相対密度 $D_r=50\%$ 、設定水深を2mとして、波高1.2m、周期5秒の波を2時間(1500波)载荷した。2時間载荷後、細粒分の流出の程度を確認す

るためセル内の中心部と境界部の2箇所ですり取りを行い、所定の高さごとの細粒分含有率と粒度分布を測定した。試料は5号珪砂と細粒分として碎石粉 (sand flour)、海性粘土 (cray) を混合したものを用い、細粒分含有率が10%に調節した試料で行った。その混合比を Table.1 に示す。ここでの飽和は模型地盤に CO_2 を通風した後、脱気水を通水し地盤内の飽和度を高くしたことを示し、不飽和は水道水で通水したのみで特に飽和度を高くしていないことを示す。また、既往の研究で行っていた一次元水圧変動のみの模型実験も2時間载荷の条件で実験し、結果を比較した。

3. 実験結果

(1)細粒分含有率・粒度分布結果

Fig.2 は2時間载荷後のセル中央部の深さ方向の細粒分含有率の変化を示したものである。まず不飽和条



一次元水圧変動 载荷実験 側方変位を許容した 水圧変動载荷実験

Fig.1 実験装置

Table.1 実験試料

試料名	細粒分10%中の添加率(%)		飽和度
	海成粘土	碎石粉	
C0-SF10	0	10	不飽和
			飽和
C3-SF7	3	7	不飽和
			飽和

件の場合は、一次元水圧変動のみの場合は表層部でやや細粒分含有率の値が減少しているがほとんど抜け出しは起きなかった。一方、側方変動を許容した場合の結果では、C0-SF10、C3-SF7ともに値が増加しており、細粒分流出が確認された。また飽和条件で行った実験では細粒分の流出は抑制されている。粘着性を考慮したC3-SF7では抜け出しが確認できた。さらに抜け出しが確認された細粒分(75 μ m以下)の粒度分布の結果は、細かな細粒分が水中へ抜け出したことによって全体的に粗粒化傾向になった。これより、抜け出す際に土骨格の再構成が行われていることがわかる。

(2)地盤内間隙水圧測定結果

Fig.3は水圧変動载荷中の地盤内の深さごとの間隙水圧の測定結果であるが、水圧変動载荷中に地盤内の間隙水圧が上昇しない現象がおきた。この原因は水圧上昇のせん断変形によって正のダイレイタンスが発生することにより間隙が増加し、水圧が上昇しにくくなったと考えられる。この結果から、地盤内の過剰間隙水圧を算出すると、水圧上昇時に正の過剰間隙水圧が発生せず、水圧応答の遅れによる液状化の発生はみられなかった。以上の結果より、細粒分流出の原因は液状化ではない可能性がある。

(3)間隙水の流れについて

水圧変動载荷中にアクリル境界面において、水圧下降時に地盤がリバウンドし、その時に上向きの間隙水の流れと一緒に細粒分が移動している様子が確認された。この間隙水の流れの原因は、不飽和により地盤の圧縮性よりも間隙水の圧縮性が大きいことにより水圧減少時に地盤内から間隙水が流出すると考えられる。

4. 結論

- 1)細粒分の流出は、側方変位を許容した模型実験では一次元水圧変動のみと比べて増加した。
- 2)側方変位を許容した実験では間隙水圧が一次元水圧変動のみにように上昇せず、有効応力が消失する液状化は発生しなかった。地盤に側方変位が生じるような大きな波が作用したときは液状化しにくいことを意味するが、実現象でも同様のことが起こるかについては今後検討が必要である。
- 3)細粒分流出の原因として、地盤のせん断変形によるダイレイタンスや間隙空気の圧縮・膨張に起因する水の地盤中への流出入だと推測される。

参考文献

- (1) 土田孝・吉牟田卓・浅海綾一：一次元水圧変動による海底地盤表層からの細粒分移動に関する研究，海岸工学論文集，第53巻，2006，pp.491-495.
- (2) 土田孝・高橋祐子・浅海綾一：波浪による水圧変動をうける砂質土地盤からの細粒分の流出に関する研究，海岸工学論文集，第54巻，2007，pp.1266-1270.

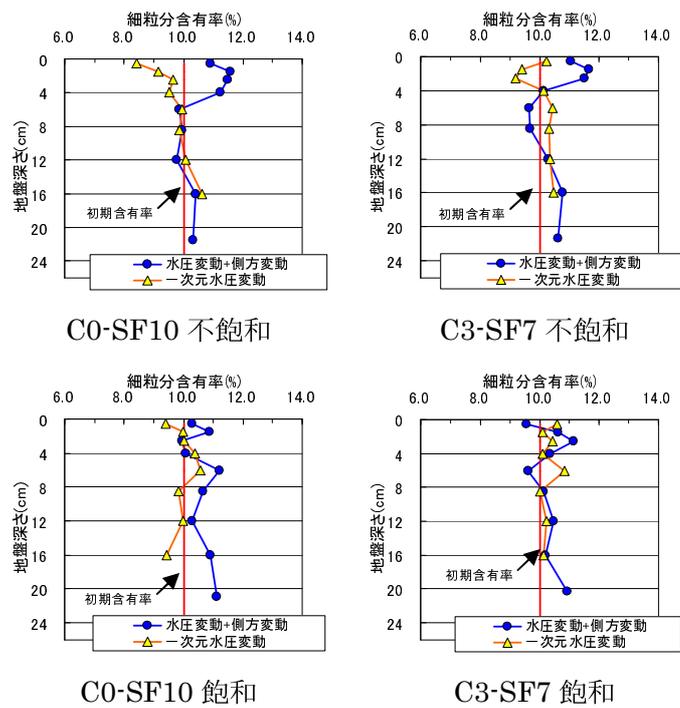


Fig. 2 細粒分含有率結果 (セル中心部)

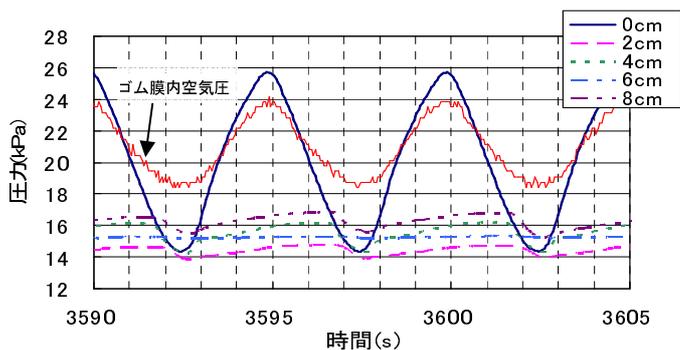


Fig.3 地盤内間隙水圧測定結果 (C0-SF10 不飽和 载荷 60 分後)