

波による地盤液状化とサクシオン基礎およびモノパイル基礎の安定性

東洋建設（株）	正会員	宮本 順司
港湾空港技術研究所	正会員	佐々 真志
東洋建設（株）	正会員	鶴ヶ崎 和博
同上	正会員	○角田 紘子

1. はじめに

別報¹⁾では、日本周辺の観測波浪データ（ナウファス）より、海底地盤の液状化をおこしえる厳しさの高波が度々来襲していることを示した。本報では、サクシオン基礎を対象に遠心力場の波浪実験を行い、液状化にともなう基礎の不安定化の過程を示し、モノパイル基礎の場合と比較する。

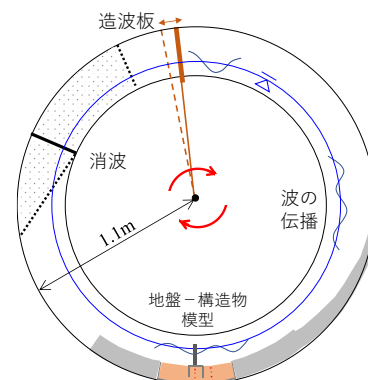
2. 遠心模型実験

ドラム型遠心载荷装置（東洋建設（株））の円筒水路（半径 1.1m）を用いて、砂地盤－サクシオン基礎バケットの波浪実験を行った（図－1）。実験は遠心力場 70g で実施した。実験ケースを図－2 に示す。（a）緩い砂地盤にサクシオン基礎を設置したケース，（b）先端を密地盤に一定深度根入れしたケース，（c）モノパイル基礎を緩い地盤に設置したケース²⁾である。代表実験断面を図－3 に示す。地盤材料には、ケイ砂 7 号（ $G_s=2.64$, $D_{50}=0.16\text{mm}$, $e_{\max}=1.11$, $e_{\min}=0.65$ ）を使用した。地盤の間隙流体は、粘性スケーリングにより、水の 70 倍の粘性流体（メチルセルローズ溶液）を用いている。サクシオン基礎模型寸法は径 85mm，スカート長 73mm である。これは、実物換算でバケット径 6m，スカート長 5m であり、今後の基礎の大型化を考えると実物の 1/2～1/3 程度の大きさである。载荷した波浪は振幅が漸増する規則波（10Hz，原位置換算周期 7 秒）である。

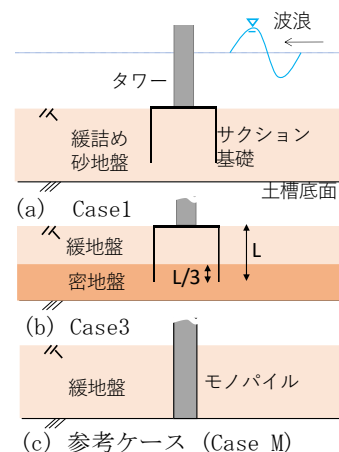
3. 実験結果

1) 液状化の発生と拡大 サクシオン基礎周辺地盤の液状化の発生と拡大を示す。地表面の波圧変動，地盤内の過剰間隙水圧の時刻歴を図－4 に示す。波圧が増加すると，地盤内の過剰間隙水圧が上昇し始める。はじめに，地盤浅部の過剰間隙水圧がその深度の σ_{v0}' のレベルに達し液状化が発生する（図－4(b)）。地盤浅部が液状化すると地盤中部の過剰間隙水圧の上昇が加速し液状化に達する（図－4(c)）。続いて，地盤深部，底部が順に液状化に至っている（図－4(d)(e)）。すなわち，液状化は地盤浅部で発生し，そのあと，地盤中部，深部，底部へと液状化が拡大したことがわかる。

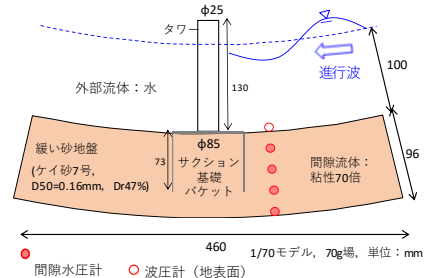
2) 液状化と基礎の不安定化との関わり 液状化とサクシオン基礎の不安定化との関わりを図－5 に示す。図－5(a) は，周辺地盤の液状化深度拡大の時刻歴を示している。図－5(b)は，サクシオン基礎タワーの変位の時刻歴を示している。地盤浅部で液状化が発生した時点（図－5 中の A 時点）ではタワーの動きは観察できない。その後の波浪作用で，液状化が深度方向に拡大していくが，図－5(b)中の B 時点よりタワーは急速に変位し始める。この変位が急発達し始めた時刻（B 時点）において，液状化はサクシオン基礎の先端まで達していることが図－5(a)よりわかる。すなわち，液状化が発生したのち，サクシオン基礎の先端付近まで液状化が拡大すると，基礎は急速に不安定化するといえる。



図－1 ドラム遠心の実験水路



図－2 実験ケースの概要図



図－3 代表的な実験模型断面

キーワード 波浪，液状化，サクシオン基礎，遠心模型実験

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設（株）鳴尾研究所 TEL0798-43-5903

3) モノパイル基礎の場合との比較 液状化の拡大と基礎の不安定化との関係をモノパイル基礎の場合と比較する(図-6). 地盤浅部で液状化が発生した時点(図-6中のA時点)ではモノパイルの動きは観察できないが, その後, モノパイルの根入れ長 L の $1/3$ の深さまで液状化が進展すると, モノパイルの変位が急増する(図-6中のB時点). モノパイルの場合もサクシヨン基礎の場合も, 周辺地盤の液状化の拡大にともなって急速に不安定化することは共通している. しかし, モノパイルの場合は値入れ長の $1/3$ 程度の深度まで液状化すると不安定化するのに対し, サクシヨン基礎の場合はバケット先端まで液状化が拡大して不安定化するという点で大きく異なる.

4) 密地盤への値入れの効果 サクシヨン基礎の先端深度まで地盤が液状化すると基礎変位が増大することから, バケット先端を密地盤に根入れすると, サクシヨン基礎は安定を保つことが予想できる. この点は, 密地盤に根入れしたケース3の結果(図-7)より明らかである. このケースでは, 緩い地盤全体が液状化に至るがその下の密地盤は液状化しない(図-7(a)). すなわち, バケット先端まで液状化しない. タワー変位の観察結果を見ると, 緩い地盤が液状化しても顕著な変位が発生していないことがわかる(図-7(b)). バケット先端を密地盤に一定深度根入れし, バケット先端まで液状化を拡大させないことが基礎の安定化のために重要である.

4. まとめ

遠心力の場合波浪実験で液状化とサクシヨン基礎の不安定化との関わりを示した. 波により液状化が発生したのち, サクシヨン基礎の先端深度まで液状化が拡大すると基礎は急速に不安定化する. 一方, モノパイル基礎は表層から根入れ長の $1/3$ の深さまで液状化すると急速に不安定化する. このように, 液状化にともなう海洋構造物基礎の不安定化過程が基礎様式によって大きく異なることが明らかとなった. 参考文献: 1) 宮本, 佐々(2020). 日本沿岸の観測波浪を用いた液状化の危険度評価, 第75回年次学術講演会講演概要集(投稿中) 2) 宮本ら(2018). 波浪—地盤—洋上モノパイルの相互作用に関するドラム遠心実験, 土木学会論文集B3(海洋開発), 74-2, pp. I_856-861.

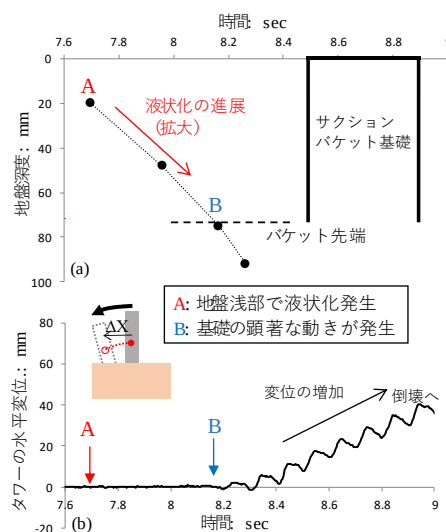


図-5 (a) 液状化の発生・拡大と(b)基礎の変位の発達との関係 (Case1)

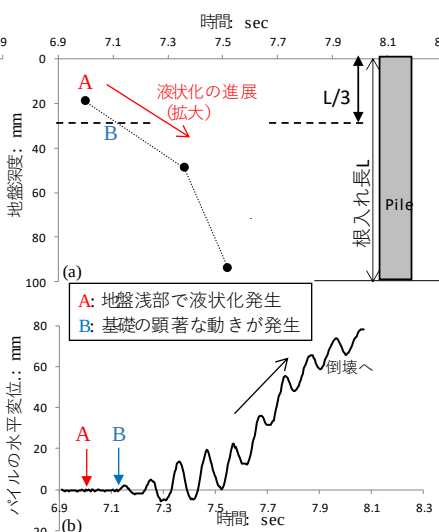


図-6 (a) 液状化の発生・拡大と(b)基礎の変位の発達との関係 (CaseM)

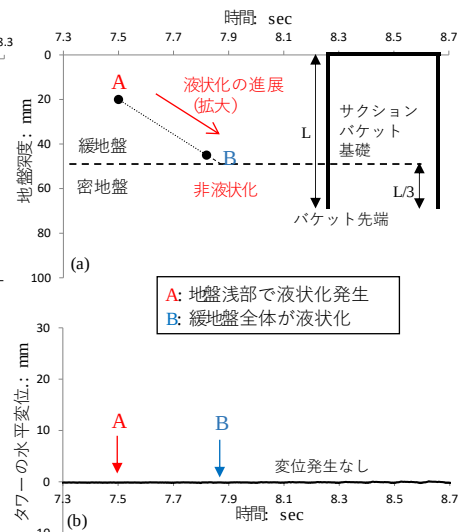


図-7 (a) 液状化の発生・拡大と(b)基礎の変位の発達との関係 (Case3)

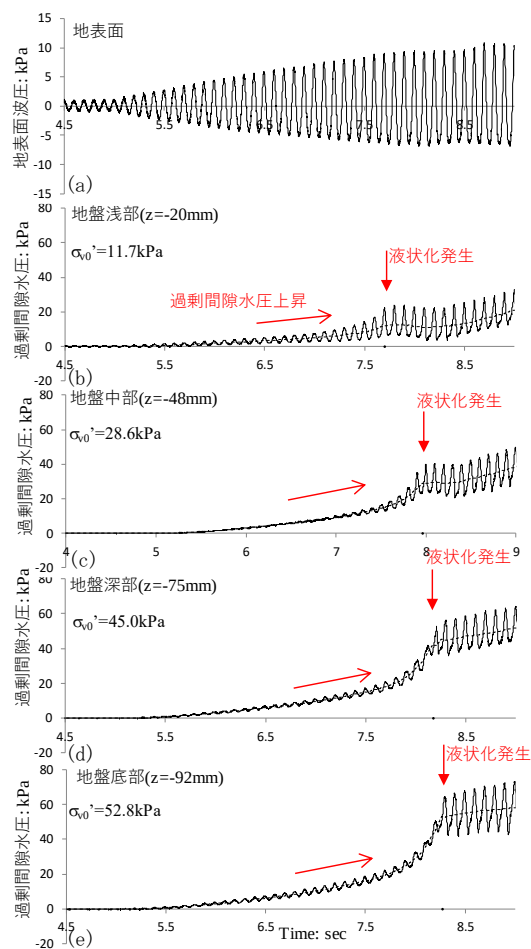


図-4 基礎周辺地盤の地表面波圧と過剰間隙水圧の時刻歴 (Case1)