

液状化地盤における鋼管杭の動座屈崩壊挙動 Collapse Mechanism of Dynamic Buckling for Steel Piles in Liquefied Soil

○木村祥裕・田村修次・小野原公一・栗木周

○Yoshihiro KIMURA, Shuji TAMURA, Koichi ONOHARA, Amane KURIKI

When slender steel piles beneath buildings experience high axial compression forces as a result of vertical loads increased by $P-\Delta$ effects with inertia forces acting on the buildings and then the soil liquefies, buckling of the piles may occur even though they are restrained laterally by the liquefied soil. This paper describes the collapse mechanism of dynamic buckling for slender steel piles in liquefied soil on centrifuge tests.

1. はじめに

現行の設計指針では、一般に軟弱地盤であっても軸圧縮力によって生じる鋼管杭の曲げ座屈は、地盤の水平剛性によって十分拘束できると考えられている。しかし、地震時に地盤が液状化した場合、上屋構造物の慣性力によって生じる $P-\Delta$ 効果により転倒モーメントが偶力として杭頭に作用すると、軸圧縮力の増加に伴い、細長比の大きい鋼管杭は曲げ座屈を生じる可能性がある。

そこで本研究では、遠心载荷実験により、上屋構造物・杭基礎における鋼管杭の動座屈崩壊挙動を再現し、そのメカニズムを解明する。

2. 遠心载荷実験概要

図1に試験体及び計測位置を示す。試験体は杭-基礎部-上屋構造物系とし、実験は全て40g場で行った。今回の実験では、予備実験として地盤拘束が無い状態で2体の実験を行い、その後液状化地盤で2体の実験を行った。液状化地盤における地盤モデルは全層液状化層とし、ケイ砂で相対密度-11%程度とした。杭頭、杭端は固定しており、基礎部の水平変位も拘束しているが、基礎部の回転は許容している。また、加振には正弦掃引波を用い、実大スケールにおいて加振開始10秒後から50秒間で入力波の周期を2.0秒から0.3秒まで下降させた。本実験においては静的解析の結果を元に、杭材中央の水平変位が材長の0.3%に達した時点で動座屈とみなす。

3. 遠心载荷実験結果

地盤拘束が無い状態で行った実験に用いた試験体は、板バネの長さが45mmと35mmの2種類を用い、最大加速度振幅は100galで加振した。板バ

ネが45mmの試験体の方がより大きな変動軸力が作用したため、45mmの試験体は動座屈を生じたが、35mmの試験体は動座屈を生じなかった。

液状化地盤で行った実験も同様に板バネの長さが45mmと35mmの2種類を用い、最大加速度振幅は200galで加振した。上屋構造物が共振することにより杭頭に変動軸力が作用し、杭材の軸歪が大きく変動した。それに伴い杭材の水平変位が大きくなり、最終的に動座屈により崩壊した。

曲げ歪分布はどの試験体も両端固定の境界条件に近い曲げ歪分布となった。また、杭頭の方が杭端よりも小さい値となったが、これは基礎部の回転を許容しているため杭頭の固定度が杭端よりも低いためである。また、地盤が無い場合も液状化地盤の場合も、崩壊時の圧縮力はどの試験体においてもほぼ同程度の値となった。

地震時に地盤が液状化することで鋼管杭は動座屈を生じ、構造物が崩壊する危険性を示した。

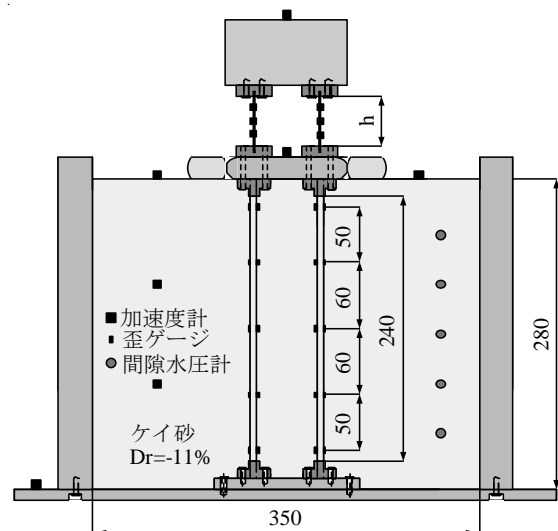


図1 試験体及び計測位置(単位: mm)