

側方流動に対する鋼管杭の座屈解析

早稲田大学 学生会員 ○若林 学
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. 目的

鋼管杭式栈橋や鋼管井筒基礎等の港湾構造物は、軟弱地盤に建設される事例が多い。軟弱地盤では地震時に液状化や側方流動が発生する。これらの液状化や側方流動は栈橋の鋼管杭に影響を与える。東北地方太平洋沖地震や兵庫県南部地震の際には地盤の変状による鋼管杭の変形や座屈した事例が見られ、港湾構造物に大きな被害をもたらした。これらの原因の究明と対策が早急に要望されている。本研究では鋼管杭の側方流動に対する鋼管杭式栈橋を対象に耐荷性能について数値解析を行う。数値解析により座屈現象の追跡と適切な設計法の提案を目的とする。

2. 解析モデル

解析対象の鋼管杭式栈橋を図-1に示す。このモデルは3列の鋼管杭とRC床板より構成されている。地盤の構成は4種類の層に分けられる。それぞれは第一層が基盤、第二層が砂質層、第三層が粘土層、第四層が捨石層となっており、表層地盤は軟弱な状態となっている。これらの地盤の条件を表-1に示す。鋼管杭の規格は

SKK400であり、直径は1.4m、板厚は14mmとし、全長を37mとする。鋼管杭はシェル要素で再現し、非線形性をバイリニアモデルで表現した。鋼管杭のモデルを図-2に示す。鋼管杭を支持する地盤は非線形ばね要素でモデル化し、鋼管杭の円周方向に垂直方向と鉛直方向に配置した。ばねの値は『道路橋示方書・V耐震設計編』により計算した。解析は有限要素法汎用プログラムSOLVIA03を使用し、鋼管杭に荷重を与え座屈解析を行う。本研究では栈橋の鉛直荷重と地震によって生じる側方流動を水平荷重として粘性土層に作用させた。座屈解析の際に鋼管杭の圧縮側の結果を得るため、二種類のケースを考えた。ケース1は側方流動を陸側から作用させ海側の鋼管杭を解析、ケース2は側方流動を海側の鋼管杭を解析する。側方流動の荷重は『道路橋示方書』を参考に土圧荷重として与えた。

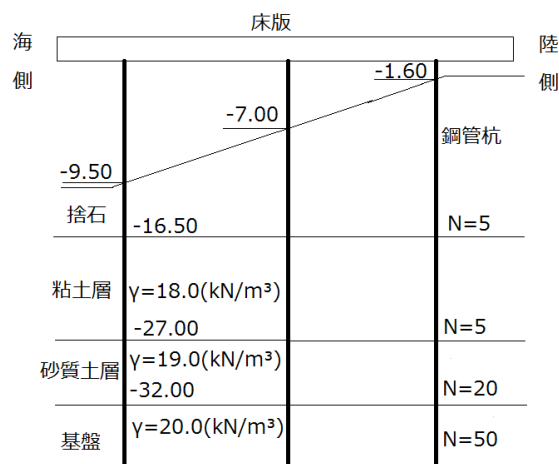


図-1.解析モデル

地盤	N値	ヤング率E(N/m ²)	ポアソン比
捨石	5	239400000	0.49
粘性土層	5	158774000	0.49
砂質層	20	410456000	0.49
基盤	50	613193000	0.49

表-1 地盤条件

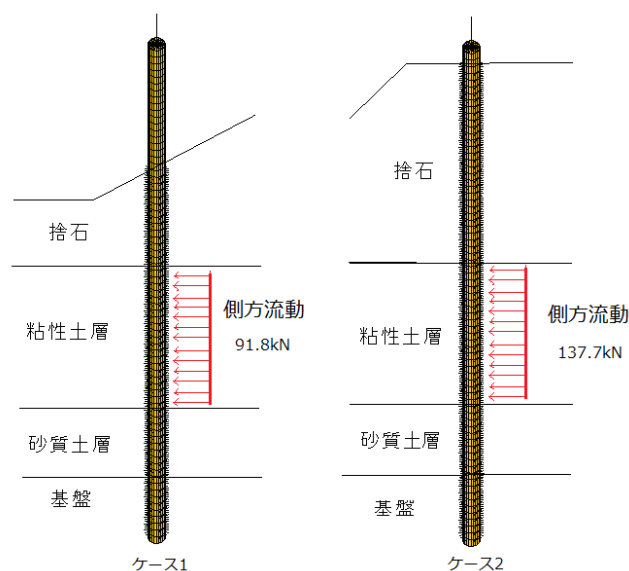


図-2 モデル化した鋼管杭と荷重の作用位置

キーワード 栈橋 鋼管杭 座屈 側方流動

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学研究科清宮研究室 TEL 03-5286-3852

3. 解析結果

SOLVIA03 による解析によって鋼管杭の座屈箇所、座屈時の形状、ひずみ分布を確認することが出来た。ひずみ量が 0.44~1.21%以上発生している箇所を座屈したときと考えた。図-3 に座屈箇所を示す。鋼管杭は粘土層内で座屈し次に基礎地盤内で座屈した。図-4 は座屈が発生しているときの鋼管杭の変形状とひずみ分布を示している。粘性土層の座屈箇所が 1m 程のずれが生じた。また座屈箇所のひずみ量は陸側の方が大きく発生していることが確認できる。

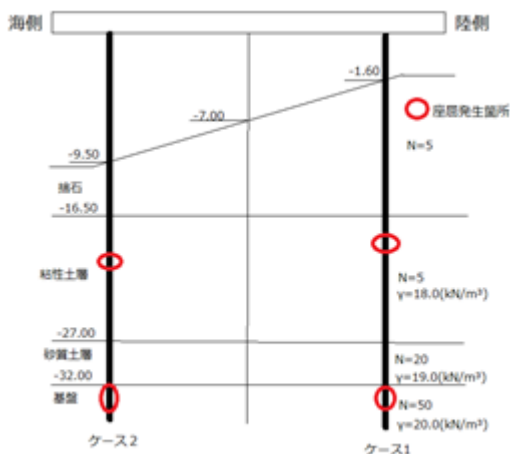


図-3 座屈箇所

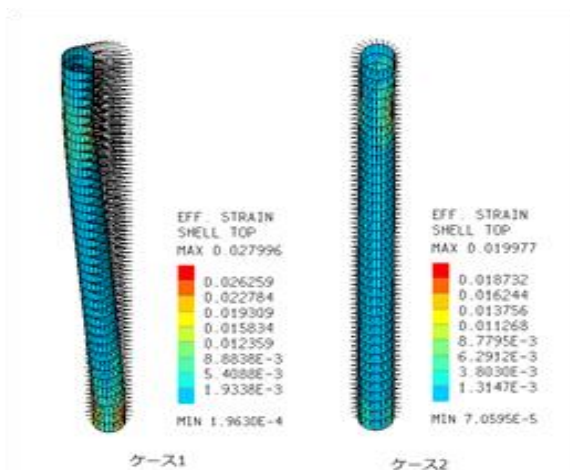


図-4.座屈箇所のひずみ分布

また、鋼管杭の最大変位はケース 1 が 1.35m、ケース 2 では 0.23m となり、ケース 1 の方が大きかった。座屈箇所の横断面の変形状況を図-5 と図-6 に示す。図-5 は粘性土層の座屈箇所、図 6 は基礎の座屈箇所の横断面の変形である。ケース 1 では変形量がケース 2 より大きかった粘性土層の座屈変位が基礎のよりも大きいということが分かる。図-7 に陸側杭に関してばね定数値を 0.5 倍と 2.0 倍したときの荷重変位関係を示す。

ばね定数が大きくなると座屈荷重は 3 割程度増加し小さいと 1 割程度減少した。

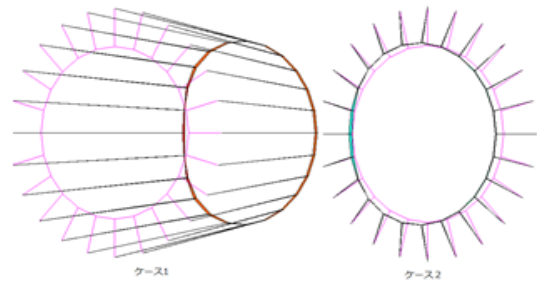


図-5.粘性土層における座屈箇所の変形図

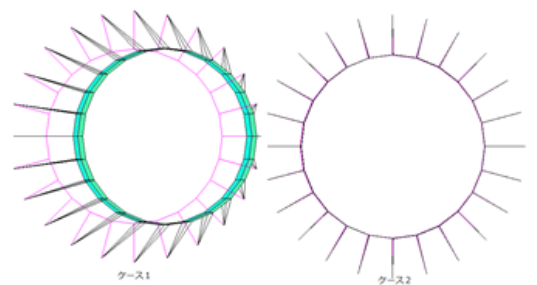


図-6.基礎における座屈箇所の変形図

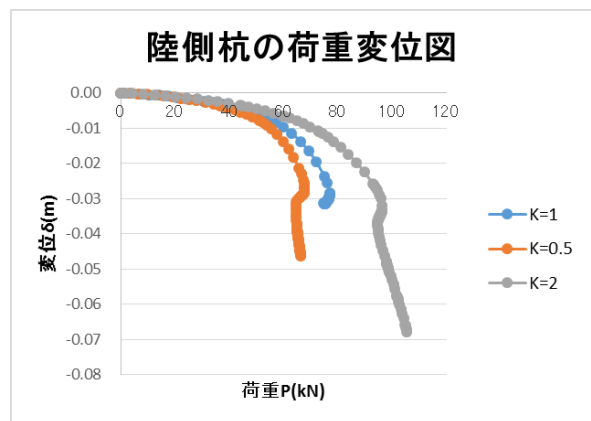


図-7.陸側杭の荷重変位図

4. 考察・結論

粘土層の側方流動を受けたとき鋼管杭の座屈箇所は粘性土層との 2 箇所に発生することが確認できた。また、鋼管杭の座屈には地盤からの影響が大きいと考えられ、有限要素法による鋼管杭の座屈解析では地盤ばね定数によって座屈荷重がかなり異なった。鋼管杭の耐荷力や座屈現象を把握するためにはさらに条件を変えた解析を行う必要があると考えられる。

参考文献

- (1)『鋼管杭-その設計と施工-』 JFE スチール株式会社 2009 年
- (2)『道路橋示方書・V耐震設計編』 社団法人日本道路協会 2011 年