

弾性支承上のはりとした鋼管杭式栈橋の座屈解析

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. まえがき

鋼管杭式栈橋構造は港湾における代表的な構造の一つである。この鋼管杭式栈橋は兵庫県南部地震の際に座屈し破損した事例が確認された。また地震以外にも船舶の衝突や地盤変状等の様々な外力が生じ、設計の際にこれら外力に対して鋼管杭の安全性を検討する必要がある。これらが外力は複合化して複雑な形態をとる。本研究ではこれら外力による鋼管杭の耐荷性特性について3種類のケースに単純に分類して検討する。

2. 解析モデル

本研究において鋼管杭式栈橋は弾性支承上のはりとみなしモデルを作成した。解析対象の鋼管杭式栈橋を図-1に示す。このモデルは3列の鋼管杭と床板からなる。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。鋼管杭の直径は1.4m、板厚は14mmとし、全長を37mとする。規格はSKK400である。鋼管杭は非線形はり要素とし、非線形性をバイリニアモデルで表現した。鋼管杭を支持する地盤は非線形ばね要素でモデル化し、鋼管杭に垂直方向と鉛直方向に配置する。解析は有限要素法汎用プログラムSOLVIA03を使用した。栈橋の鋼管杭それぞれに荷重を与え座屈解析を行う。本研究では地震や船舶の着岸時の外力(ケース1)、粘土層のみの側方流動(ケース2)、捨石層と粘土層の側方流動(ケース3)と3種類の条件を設定した。ケース1では地震時慣性力あるいは接岸力として鋼管杭の頭部に鉛直力と曲げモーメントをそれぞれ1000(kN)と14500(kN・m)同時に作用させた。ケース2では鋼管杭の粘土層の位置に強制変位1mに対応する8000(kN/m)作用させた。陸側の埋立て地の沈下による側方流動に伴うケース3では鋼管杭の捨石と粘土層の位置に強制変位を作用させた。これらの荷重は100stepに分割して構造物に順次加えていった。これらのケースの海側の鋼管杭をモデル化したものを図-2にそれぞれ示す。

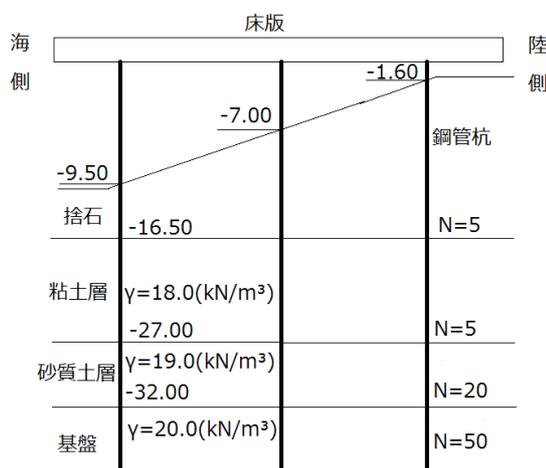


図-1 解析モデル

表-1 地盤条件

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

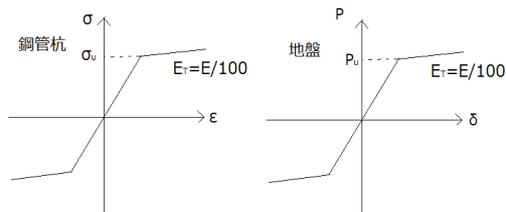
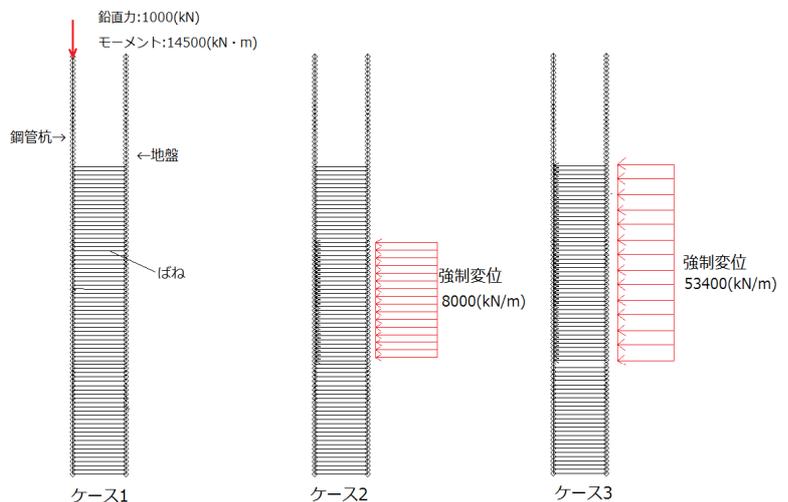


図-2 海側の鋼管杭のケース別モデル

キーワード 栈橋 鋼管杭 弾性支承上の梁 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座屈時の荷重、形状、座屈個所を計算した。それぞれのケースにおける破壊時の荷重を表-2、表-3 および表-4 に示す。ケース1では座屈荷重は全ての杭では同じ値になることが確認出来た。水平力（ばね定数 x 強制変位量）を与えたケース2とケース3では座屈荷重が海側杭では大きく、陸側杭では小さくなっている。また、水平力を加えたケース2とケース3では座屈時の荷重が大きく違うことが確認できる。

次に座屈時の鋼管杭の形状をそれぞれ図-3、図-4、図-5 に示す。また、鋼管杭の座屈個所を図-6 に示す。変形の形状はそれぞれ違っているが、共通しているのは海側の杭の変化量が大きい状態で座屈し、陸側の杭は変化量が小さい状態で座屈した。ケース1では杭頭の変化量は最大で約40cmとなっている。また鋼管杭の変形は地盤と接していない部分から変形していることが確認出来る。ケース2では杭頭の最大変化量は30cmである。ケース2の変形の特徴は水平力が作用している粘土層の変化が大きくなっている。粘土層と地表までの距離が短い方が杭頭の変化量が大きくなっている。そのため、変化量は地盤が高い陸側に行くにつれ小さくなっている。ケース3では砂質層まででは大きな変形はしていないが、粘土層から急激に変形を生じていることが確認できた。その結果杭頭の最大変化量は80cmと他の2つのケースよりも大きくなっている。図-6を見ると座屈位置が上から1、2、3の順になっていることが確認出来る。

表-2 ケース1の座屈荷重

	鉛直力V	曲げモーメントM
	kN	kN・m
1.海側杭	710	10295
2.中間杭	710	10295
3.陸側杭	710	10295

表-3 ケース2の座屈荷重

	水平力H
	kN/m
1.海側杭	6080
2.中間杭	5920
3.陸側杭	4640

表-4 ケース3の座屈荷重

	水平力H
	kN/m
1.海側杭	17088
2.中間杭	16020
3.陸側杭	11214

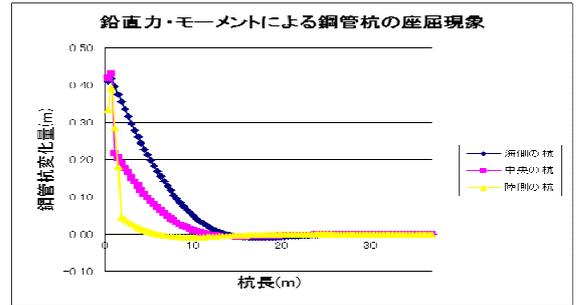


図-3 ケース1の変形図

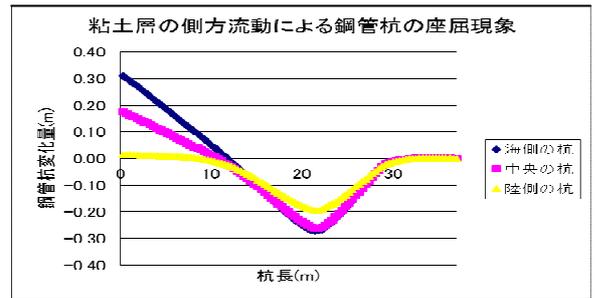


図-4 ケース2の変形図

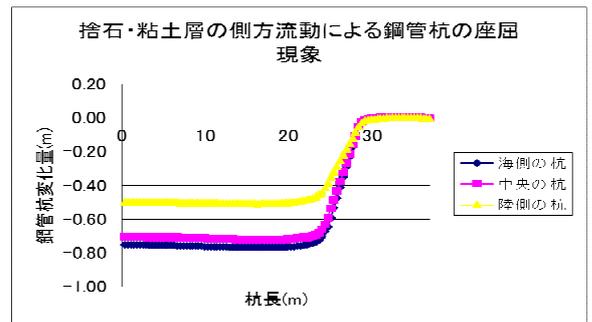


図-5 ケース3の変形図

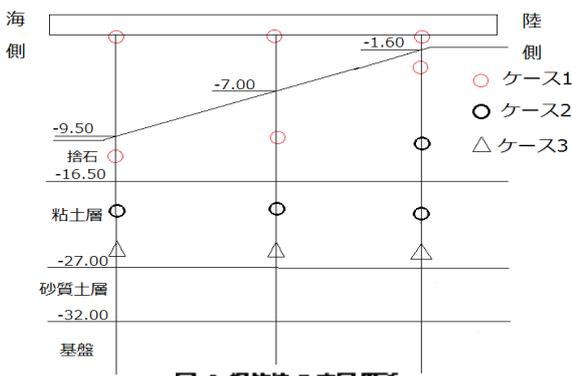


図-6 鋼管杭の座屈箇所

4. 考察・結論

鋼管杭の変形は荷重を受けている位置によって変化するので、座屈位置も同様に变化する。そのため杭頭に荷重を受けるケース1と、鋼管杭の側面から荷重を受けるケース2、3では座屈形状が異なる。陸側の杭の座屈時の変形が他の2つと比較しても小さいのは地盤による抵抗をより受けているためと考えられる。以上のことから外力によって鋼管杭がどのように座屈破壊をするのかを確認することが出来た。地震時などでは外力として慣性力と地盤からの側方流動による強制変位を受けるので座屈にいたる荷重や座屈発生位置が複雑に異なることが推定される。

参考文献

『鋼管杭-その設計と施工-』 JFE スチール株式会社 2009 年
 『道路橋示方書・同解説 I 共通編』 社団法人日本道路協会 2011 年