

ジャケット式栈橋の地震応答解析

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 赤木 領太
 早稲田大学大学院理工学研究科 フェロー 清宮 理
 早稲田大学大学院理工学研究科 フェロー 依田 照彦

1. はじめに

港湾において、鋼管杭式栈橋は、代表的な構造物であり、ケーソン式等に比べて構造自体が軽量であり、耐震性も優れているとされている。兵庫県南部地震以前は地震による被害はほとんど経験しなかったが、この地震により神戸港内の杭式栈橋は大きな被害を受けた。それ以後、レベル2地震動についての研究が各種実施されてきた。そこで、本研究では、杭式栈橋とジャケット式栈橋について、動的及び静的（push-over 解析）特性の解明と、モデル化の方法、および、解析条件、杭式とジャケット式による差異を調べるため、有限要素法による動的解析をおこなった。

2. 解析モデル図

図1が今回使用したモデルの概要である。護岸斜面に鋼管杭を打設している。解析で用いた鋼管杭は、杭長44m、杭径0.8m、板厚20mmである。この杭の材質は、SKK490である。なお、ヤング率 $E = 2.10 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比 0.3、単位体積重量 78.0 kN/m^3 、降伏応力 $\sigma_y = 3.20 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$ である。また、杭のM - 関係は、トリリニアモデルとして非線形性を考慮した。表層地盤は4層に分け、Ramberg-Osgoodモデルで、非線形性を考慮した。

上部工は、高さ0.35m（舗装0.05m）、長さ18m、奥行き5mのRC製である。ヤング率 $3.0 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比0.16、単位体積重量 23.5 kN/m^3 、として、非線形性は考慮しなかった。

入力地振動には、兵庫県南部地震の - 85mで観測されたポートアイランド観測地震波（最大加速度679gal）を用い - 45mの位置を入力地震動の基盤

面とした。なお、杭式栈橋のモデル図は、ジャケット式のモデルからトラス構造をとった形をしている。杭式栈橋のメッシュを図2に、ジャケット式栈橋のメッシュを図3に示す。固有解析の結果より、ジャケット式栈橋の一次の固有周期は0.70sec、杭式栈橋は、0.86secである。

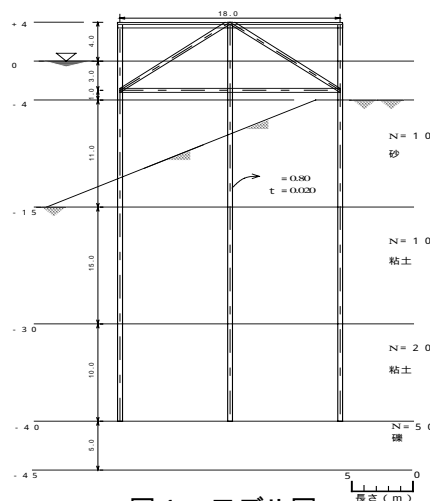


図1 モデル図

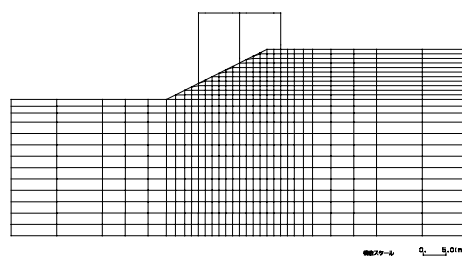


図2 杭式栈橋(メッシュ)図

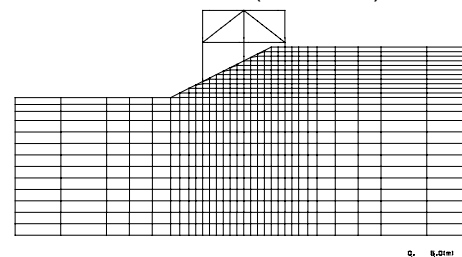


図3 ジャケット式栈橋(メッシュ)図

キーワード ジャケット式栈橋 保有水平耐力法 トリリニアモデル R-0モデル 二次元有限要素法
 連絡先 〒169 - 8555 東京都新宿区大久保3 - 4 - 1 早稲田大学土木工学科 TEL 03 - 5286 - 3852

3. 解析結果

(1) 非線形動的解析結果

非線形動的解析により、ジャケット式栈橋と杭式栈橋の時刻歴応答を比較した結果を図4及び、図5に示す。図4は、海側杭海底部における曲げモーメントの時刻歴波形のグラフであり、明らかに、ジャケット式栈橋の方が曲げモーメントが小さくなっていることがわかる。図5は、海側杭における深さ方向の最大モーメントで示しているが、杭式栈橋は降伏曲げモーメントに達しているのに対し、ジャケット式栈橋は、降伏曲げモーメントに達していないのが分かる。全体的にジャケット式栈橋の方が応答値が小さくなっている。また、地盤の変わり目の応答値はどちらも大きく変化していることが特徴的である。

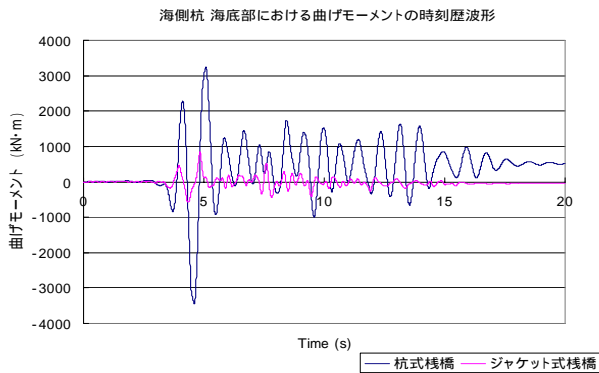


図4 曲げモーメントの時刻歴の比較

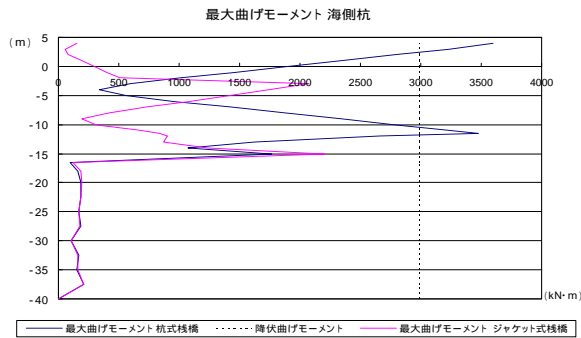


図5 深さ方向最大曲げモーメントの比較

(2) 保有水平耐力法による解析結果

上戴荷重を5000kNとして、ジャケット式栈橋の上部工中央部に8000kNの力を海側方向に20ステップで加えた。そのときの震度 - 変位曲線と破壊経過図を図6に示す。ジャケット下部が陸側から降伏し、震度1.45程度で全断面崩壊がおきた。

杭式栈橋は、2500kNの力を海側方向に20ステップで加えた。そのときの震度 - 変位曲線と破壊経過図を図7に示す。杭頭、海底の順で降伏し、震度0.45

程度で、全断面崩壊を起こした。

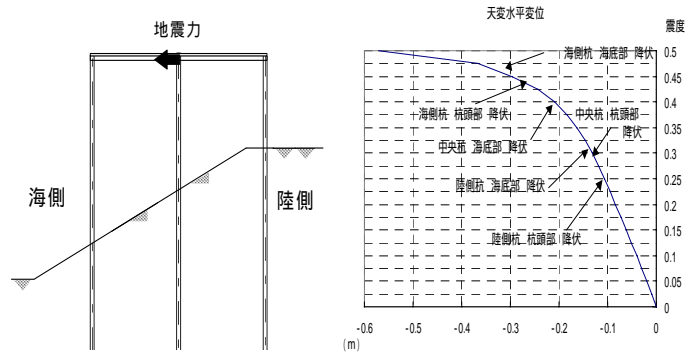


図6 震度 - 変位図及び破壊経過図(ジャケット式)

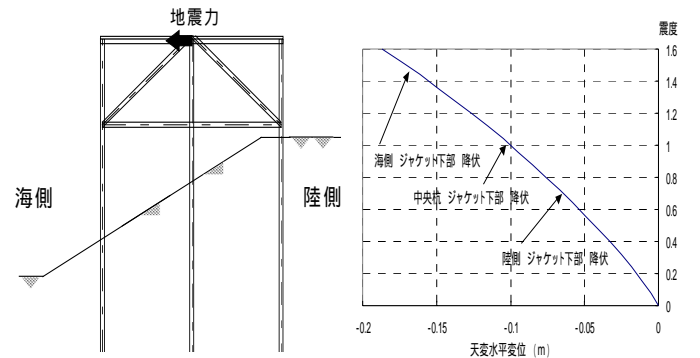


図7 震度 - 変位図及び破壊経過図(杭式)

4. 結論

静的及び動的解析により以下の重要な結論を得た。

土中部のせん断弾性係数の変わる部分では杭の断面力が大幅に変化し、この地点と杭頭部で大きな断面力が計算された。

静的解析において、震度を増加させると杭頭まず降伏し、次に海底面が降伏した。

ジャケット式栈橋は杭式栈橋より剛性が高く、固有周期がかなり短くなる。

ジャケット式栈橋は、杭式栈橋の約3倍の震度で全断面崩壊を生じた。トラス構造を組み込んだジャケット式栈橋は杭式栈橋に比べ耐震性に優れている。

5. 参考文献

- (1) 土木学会：実務者のための耐震設計入門 平成10年7月(2)(財)沿岸開発技術研究センター：ジャケット工法技術マニュアル 2000年1月(3) 清水由貴夫、清宮理、横田弘：栈橋式係船岸の耐震補強効果について 第24回地震工学研究発表会、p 385~388 1997年7月