

ニューマチックケーソン式横棧橋の耐震設計手法に関する一考察

アイテックコンサルタント 正会員 ○茂木 浩二 早稲田大学 フェロー 清宮 理
 国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅 オリエンタル白石 正会員 大内 正敏
 オリエンタル白石 正会員 大石 雅彦 オリエンタル白石 正会員 佐藤 祐輔

1. はじめに

筆者らは、港湾構造物へのニューマチックケーソン工法の適用性を検討しており、護岸¹⁾ および横棧橋の基礎²⁾ として適用可能なことを報告している。

今回、既設の二重矢板式係船岸の前面にニューマチックケーソン工法を使用した横棧橋を構築する場合を想定し、レベル1地震動に対する耐震性能照査用震度の算出方法に関する検討を行った。検討に用いた構造概要を図-1に示す。ニューマチックケーソン式横棧橋は法線直角方向を径間長 38.275m の1径間とし、φ 6.50m のケーソン基礎により支える。法線方向には、20.0m ごとにケーソン基礎を設けるものとし、ケーソン頂部を幅 11.0m、厚さ 3.0m のPC箱桁で連結する。また、法線直角方向にはPCホロー桁を設置し、法線方向のPC箱桁と固定結合する構造とした。

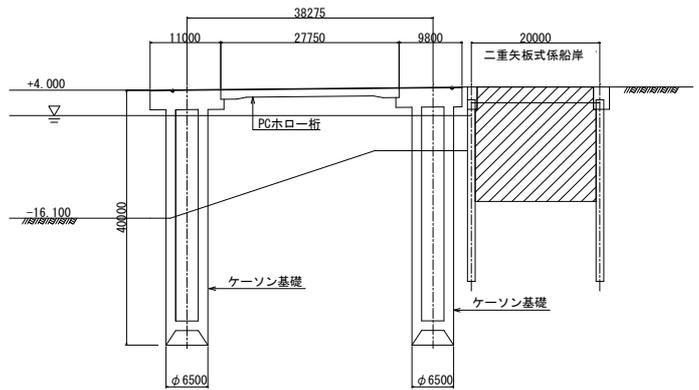


図-1 構造概要図

2. 2次元地震応答解析

2次元地震応答解析(以下、2次元解析)は、有効応力解析が可能なFLIP³⁾を使用し、地盤~棧橋~護岸をモデル化した。解析モデルの主要部を図-2に示す。ケーソン基礎およびPCホロー桁からなる棧橋は線形梁要素でモデル化し、ケーソン基礎と地盤の間には「杭-地盤相互作用バネ」を設定した。ケーソン基礎下面は、鉛直方向の変位が地盤と同じになるように結合し、水平方向には線形のせん断バネを設けた。また、ケーソン基礎下面の回転抵抗を考慮するために、ケーソンの浮上りを考慮した非線形の回転バネを設けている。

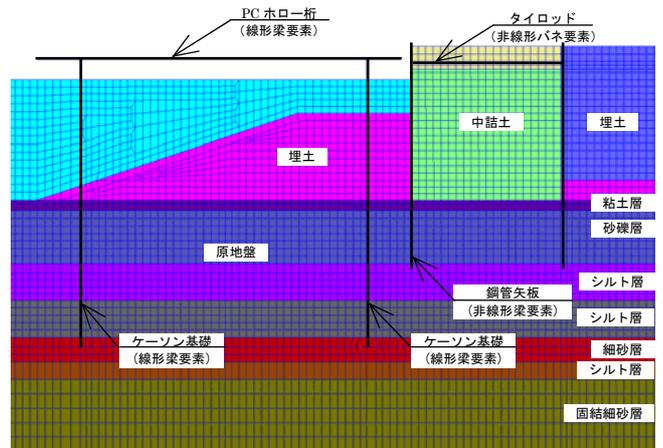


図-2 解析モデル図(主要部)

解析手順は、自重解析を①原地盤、②二重矢板式係船岸中詰土、③係船岸前背面埋土の3段階とし、4段階目に地震応答解析を行っている。入力地震動は、国総研港湾施設研究室のHPで公開されている東京港③の地震波(最大加速度: 1.82 m/s²)を使用した。地震応答解析の結果、棧橋天端の最大変位は水平方向: 12 cm、鉛直方向: 4 cm、残留変位は水平方向: 7 cm、鉛直方向: 4 cmであり、棧橋天端の最大応答加速度は 2.15 m/s²であった。

なお、L2地震動に対しては、最大加速度: 5.00 m/s²の地震波により地震応答解析を行っており、棧橋天端の残留変位が、水平方向: 25 cm、鉛直方向: 9 cm(護岸天端-水平方向: 109 cm、鉛直方向: 7 cm)であり、耐震強化施設としての所要の性能を有することを確認している。

キーワード: ニューマチックケーソン, 棧橋, 地震応答解析, FLIP, 照査用震度

〒169-0072 東京都新宿区大久保1丁目7-18 アイテックコンサルタント株式会社 TEL: 03-6812-1191

3. 照査用震度の検討

レベル1地震動に関する照査を骨組み解析により行う場合の照査用震度について検討を行った。検討に用いた骨組みモデルを図-3に示す。ケーソン基礎およびPCホロー桁を線形の梁とし、地中部には地盤バネを設けた。地盤バネ（水平地盤反力係数： k_H ）の値は、①加震により地盤のせん断剛性が低下すること、②せん断剛性と水平地盤反力係数との間には一定の関係があることに着目し、下記の手順により求めている。

- 1) 栈橋中央部の地盤をモデル化した1次元地震応答解析(L1)を行う。
- 2) 各土層の最大せん断応力発生時の地盤のせん断剛性 G を求める。
- 3) せん断剛性 G とポアソン比 ν より、地盤の変形係数 E を求める。
- 4) 変形係数 E から、水平地盤反力係数 k_H を求める。

このモデルでの1次固有周期(水平変位モード)は、 $T_1=1.04\text{ s}$ であった。

骨組みモデルによる固有周期の妥当性を確認するために、2次元解析による固有周期との比較を行った。2次元解析の固有周期は、White-Noise波による地震応答解析を行い、栈橋天端と仮想地表面下 $1/\beta$ 地点とのフーリエスペクトル比を算出し、ピーク値を読み取ることにより求めた。フーリエスペクトル比を算出した結果を図-4に示す。

2次元解析による固有周期は $T_1=0.93\text{ s}$ となり、骨組み解析により固有周期を概ね推定できていることがわかった。

栈橋中央部地盤の1次元地震応答解析(L1)から得られた仮想地表面下 $1/\beta$ 地点の応答スペクトルを図-5に示す。コンクリート構造物の標準的な減衰定数 $h=5\%$ と栈橋固有周期 $T_1=1.04\text{ s}$ に対する加速度の値を読み取ると、 2.40 m/s^2 となり2次元解析とほぼ同等の加速度が得られた。この加速度から慣性力を計算し、図-3の骨組解析モデルで断面力を求めた結果を図-6に示す。曲げモーメントおよびせん断力とも2次元解析で得られた断面力とほぼ一致しており、設計手法として適用可能なものと思われる。

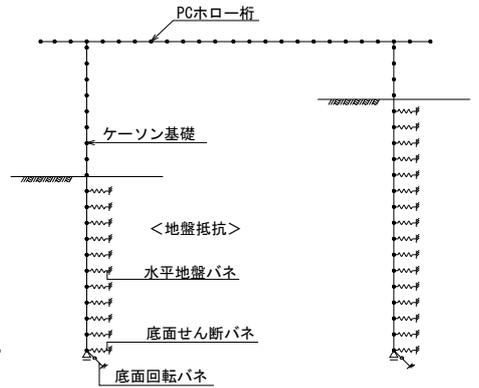


図-3 骨組み解析モデル

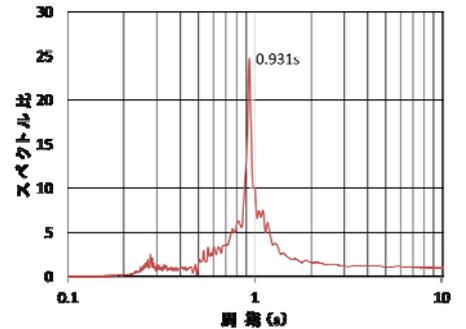


図-4 フーリエスペクトル比

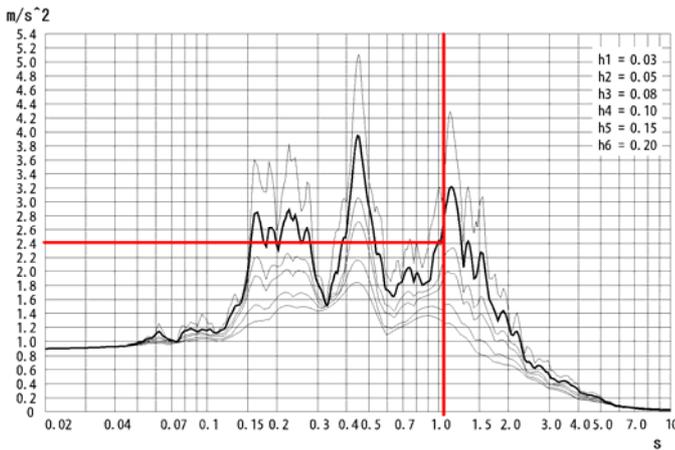


図-5 加速度応答スペクトル

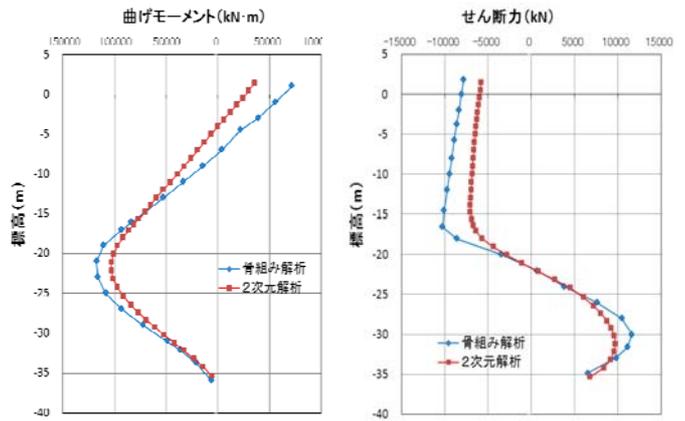


図-6 ケーソン基礎断面力図

4. おわりに

ニューマチックケーソン式横栈橋は、直杭式栈橋と同様な方法により、骨組み解析に用いる照査用震度の算出が可能なことを示した。今後、解析ケース数を増やし、ニューマチックケーソン式横栈橋（耐震強化施設栈橋）の設計法を確立したいと考えている。

<参考文献>

- 1) 劔, 久保田ほか: ニューマチックケーソン式護岸のレベル2地震時水平変位の検討, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9
- 2) 劔, 久保田ほか: ニューマチックケーソン式横栈橋の耐震性能評価について, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9
- 3) Iai, et al.: Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp1~15, 1992.6.