

軟弱地盤に設置されたニューマチックケーソンを有する橋梁の地震応答解析

早稲田大学 学生会員 ○パク インソブ
 早稲田大学 フェロー 清宮 理
 早稲田大学 正会員 安 同祥

1. 目的

臨海部に建設される橋梁では、震災後も港湾区域の孤立化を防ぐため、物資支援や救援活動の役割を期待しており、必要不可欠なアクセス基盤として高い耐震性が要求される。本研究では、軟弱地盤に計画される全長 1036m、中央支間 576m のニューマチックケーソンを有する 3 径間連続鋼斜張橋を対象にしている。地震に備えるため、耐震安全性の検討は十分に考慮する必要がある。また地震時の地盤反力に対するニューマチックケーソン基礎の挙動にも注目して、地盤と基礎構造物間に剥離や浮き上がりが生じているかなども検証する。

2. 解析モデルと条件

本研究での地震応答解析には、2次元地盤・構造物連成動的耐震解析ソフトウェア Soil Plus を用いた。

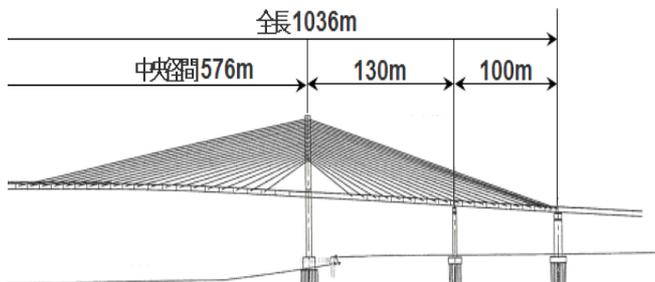


図-1 研究対象橋梁

表-1 地盤物性値

地質種類	層厚 (m)	N 値	単位体積重量 (kN/m ³)	内部摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m ²)	動的ヤング率 (kN/m ²)
埋土層	9	8	18	35	0	89586
粘性土	16	2	15	0	90	46292
粘性土	10	4	18	0	100	88181
砂質土	10	19	18	35	0	159471
粘性土	6	10	17	0	140	153406
砂質土	6	76	19	35	0	662760
砂礫土	8	151	20	35	0	1102575

本研究の計算モデルでは、平面ひずみ要素の地盤を考慮し、橋梁の各部材を連続骨組みにしており、図-1 に示す研究対象橋梁の上部工重量を 1 質点系に置換えている。今回の研究対象モデルで、上部工の簡略化理論は、1)を参考にしており、モデルの妥当性を検証している。

また層厚、動的ヤング率などの物性値は表-1 に示す。表層地盤は 34m の厚さで、橋梁基礎の支持層は砂礫層であり、計算モデルでは表層地盤を 7 層に分けている。また表層地盤は修正 Ramberg-Osgood モデルを採用して、応力ひずみの非線形特性与えている。ニューマチックケーソン基礎の全長は、幅 20m、ケーソン本体の深さ 54m、奥行き 28m である。基礎躯体の外壁厚さは 2.5m で 6 室の空室で構成されており、またケーソンの隔壁を厚さ 1.5m にして外壁と同様に骨組みのはり要素としてモデル化している。橋軸直角方向の外壁や躯体内の隔壁は剛はりに置換して深さ 1m 間隔に集約させ、ケーソン基礎全体を連続骨組みにしている。ケーソンの頂版は深さ 4m、底版は深さ 5m の水平方向のはり要素に集約化した。

ニューマチックケーソン躯体の外壁、隔壁は武田モデルを採用して非線形特性を考慮している。橋脚は長方形の 11 部材に分けており、剛材の線形部材にしている。

今回この橋梁は臨海部に建設され、なお工業団地が密集されている区域との地震後緊急時のアクセス確保を耐震性能としているため、下部工基礎の外壁が降伏値以内であることが要求されている。

またニューマチックケーソン躯体と地盤の間には、発生する地盤反力に抵抗させるため、基礎底面には鉛直方向及び水平方向の地盤抵抗要素を、基礎前面、そして基礎側面には、水平方向及び鉛直方向せん断地盤抵抗要素をバイリニア型として取付けており、引張には抵抗せず、圧縮には剛と設定している。

キーワード ニューマチックケーソン, 地盤反力抵抗, 骨組み, 地震応答計算

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研究科清宮研究室 TEL 03-5286-3852

地盤抵抗要素の地盤反力係数および地盤バネ定数は、道路橋示方書-IV下部構造編による以下の式から算出する。

$$k_V = k_{V0}(B_V/0.3)^{-3/4} \quad (1)$$

$$k_S = 0.3k_V \quad (2)$$

$$k_H = \alpha_k k_{H0}(B_H/0.3)^{-3/4} \quad (3)$$

$$k_{SVB} = 0.3k_H \quad (4)$$

ここに、 k_V ：基礎底面の鉛直方向地盤反力係数
 k_S ：基礎底面の水平方向せん断地盤反力係数
 k_H ：基礎前面の水平方向地盤反力係数
 k_{SVB} ：基礎前面の鉛直方向せん断地盤反力係数である。

地震波はLv2の兵庫県南部地震の波形を用いており、外力として入力される地震波は、基盤加震形式で、水平振動に与える。

3. 解析結果

ケーソン底面梁要素の鉛直残留変位を図-2に示し、ニューマチックケーソン基礎の浮き上がりを図-3により照査する。

次に、ケーソン基礎前面及び側面と地盤間の地盤反力抵抗要素の水平反力及び変位の関係、そして鉛直反力及び変位の関係を図-4及び図-5により照査する。

地盤反力抵抗要素の特性を線形と非線形に分け、地盤反力による基礎の曲げモーメントを比較し、耐力による安全性を検討する。

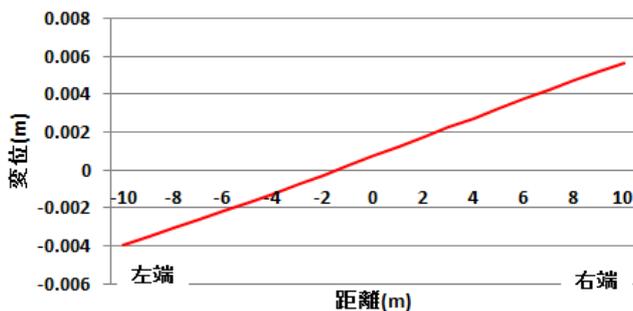


図-2 ケーソン底面梁要素の鉛直残留変位

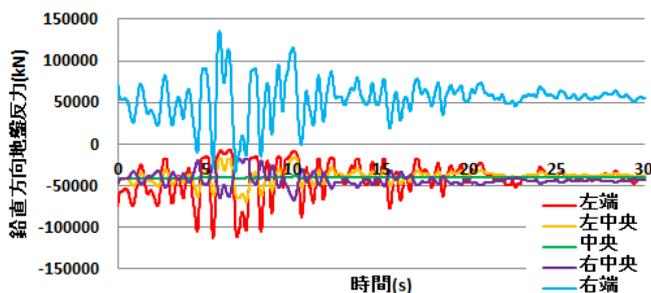


図-3 基礎底面の鉛直方向地盤反力時刻歴

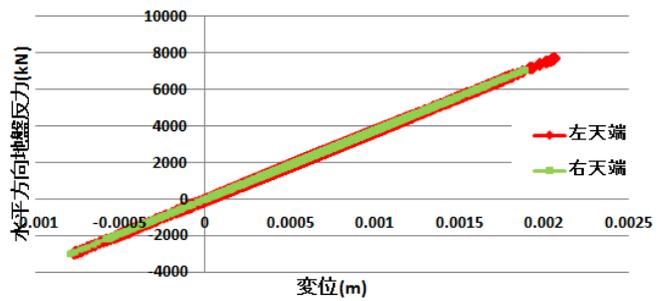


図-4 基礎前面の水平方向地盤反力と変位関係

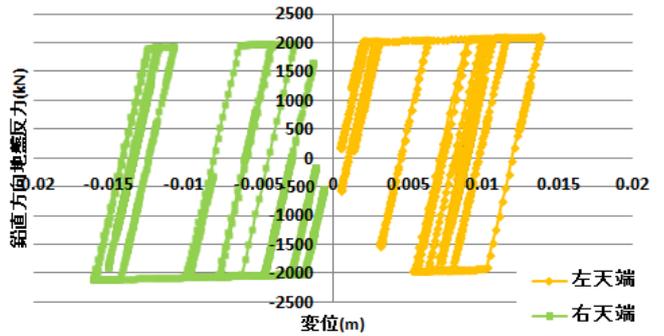


図-5 基礎側面のせん断方向地盤反力と変位関係

図-2の結果をみると、基礎底面の左端が沈下している事が分かるが、最大変位が4mmであり、その影響は小さい。

図-3によりケーソン底面の中央部では、常に圧縮力(鉛直下側)が作用しており、基礎底面地盤の許容鉛直支持力度の範囲内で地盤反力に対して抵抗をしている事が分かり、基礎底面での浮上がりは生じていない。

また、図-4からは、ケーソン前面の剥離現象が生じない事が、図-5からは、ケーソンと地盤間で滑りが起こっている事が分かる。

4. 結論

軟弱地盤に建設される長大斜張橋のニューマチックケーソンを対象に計算モデルを作成して、Lv2地震動で加震したところ、地盤反力による影響は、殆ど見られていない。ただし、ケーソン側面で基礎躯体と地盤の滑りが起こっている。また今回設定した耐震性能は満足しており、液状化発生有無及び液状化の影響を今後の課題にする。

参考文献

- 1) 米田昌弘:斜張橋の遊動円木振動数特性とその実用算定法に関する研究,土木学会論文集,第422号/I-14,1990年10月
- 2) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説(Ⅱ鋼橋編,Ⅳ下部構造編),2002