

軟弱地盤に設置されたニューマチックケーソン式橋梁基礎の地震応答解析

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 今後発生が予測される首都圏直下型の地震を想定した場合、多くの橋梁施設は大きな被害を受ける可能性がある。臨海部に建設される橋梁では、震災後の救援のためまた港湾区域の孤立化を防ぐため高い耐震性が要求されている。本研究では、斜張橋のニューマチックケーソン下部工を対象に計算モデルを作成し、下部工と橋脚の耐震性を動的応答計算により評価する。今回入力地震波を3種類設定して上部工の質量を変数に橋脚下端での断面力の比較検討を行った。

2. 解析モデルと条件 解析は2次元地盤・構造物連成動的耐震解析ソフトウェア Soil Plus を使用した。

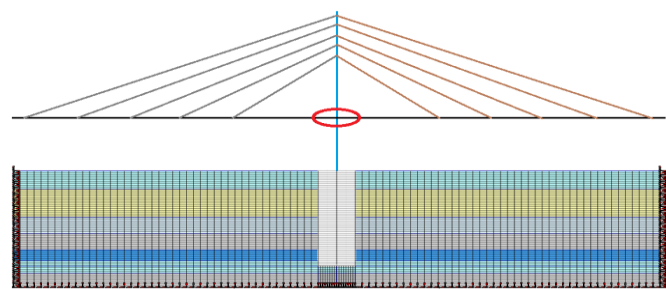


図1 解析モデルの概要

ニューマチックケーソンは、幅16m、ケーソン本体の高さ53m、奥行き28mで深さ約63mにある砂礫層に設置されている。外壁厚は2mで12室で構成されている。このケーソンの隔壁と面内の壁(図面手前と後ろ側)を1本のはり要素として集約化している。ニューマチックケーソンの外壁(図面左右)をはり要素に置換し水平方向に剛はり要素を外壁と集約化したはり要素に連結している。橋脚は高さ

23.6m、幅8m、奥行き11mの鉄筋コンクリート製である。この橋脚部にも1本のはり要素にモデル化している。下部工と橋脚工のはり要素は、武田モデルで非線形を考慮している。地盤は、2次元平面ひずみ要素とモデル化した。今回この橋梁は海上に建設されな人工島との地震後の緊急時のアクセス確保を耐震性能としているため各構成部材が降伏値以内であることが要求されている。

下記の表に示すように、表層地盤の厚さは50m、計算モデルでは下部の砂礫層も含めて7層に分けた。地盤の非線形性は、Ramberg-Osgoodモデルによって表している。また地盤とニューマチックケーソン本体の間の水平方向にはバネ要素を取り入れており、引張には抵抗せず、圧縮には剛と設定している。今回鉛直方向のばねは地盤とニューマチック本体間に設置していない。ここでこバネ定数は道路橋示方書に記されている地盤反力係数から導き出した値を採用している。ここで、せん断波速度 V_{SD} 、せん断剛性 G 、ヤング率 E は道路橋示方書に従って導き出した値である。橋梁の固有周期は1次が2.98s、2次が1.47sである。

表1 地盤の物性値

No	層厚 (m)	N値	単位体 積重量 (kN/m^3)	内部摩 擦角 ϕ ($^{\circ}$)	C粘着力 (kN/m^2)	せん断波 速度 V_{SD} (m/s)	せん断剛 性 G (kN/m^2)	最大減衰 h_{max}
1	10	8	18	35	0	160	29491	0.164
2	16	2	15	0	90	100	9752	0.145
3	9	4	18	0	100	126	18578	0.163
4	9	19	18	35	0	213	52497	0.142
5	6	10	17	0	140	172	32320	0.163
6	7	76	19	35	0	338	139633	0.15
7	8	151	20	35	0	426	220681	0.15

主塔は鋼製で高さ95.5mで主桁は箱形の鋼製桁である。主塔の重量は4660kNである。上部工重量は今回0kNから9000kNまでの変数とした。主塔設置から完成までの段階を考慮したとと長大な斜張橋での有効質量が今回正確に求められなかったからである。図1に示すように

赤い丸の橋脚に一節重量として0kN、3000kN、6000kN、9000kNと変えて地震応答計算を行った。

キーワード ニューマチックケーソン、上部工重量、入力地震動、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

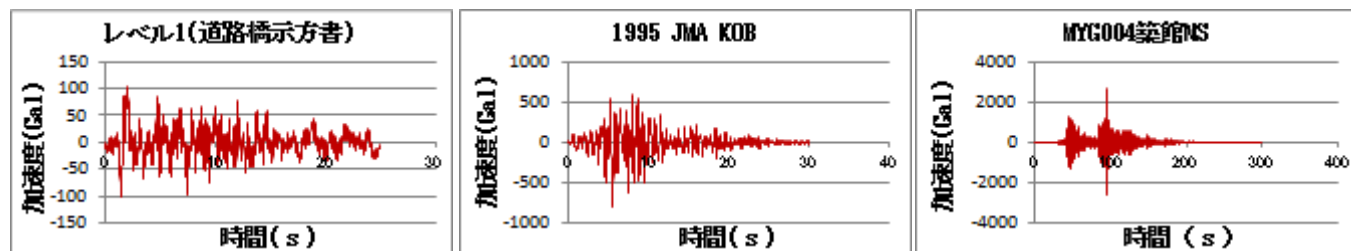


図2 入力地震動(左から case1、case2、case3)

第7層下端面から入力する加速度波形を図2に示す。図2の地震動は道路橋示方書に示されているレベル1とレベル2の地震(兵庫県南部地震でのポーアイ基盤面および東北沖太平洋地震での築館)であり、一種地盤で観測された加速度波形である。最大加速度値は、case1で102Gal、case2で812Gal、case3で2700Galであり7層の下端より入力した。

3. 解析結果 図4に曲げモーメントの鉛直分布を、図5にせん断力の鉛直分布を示す。

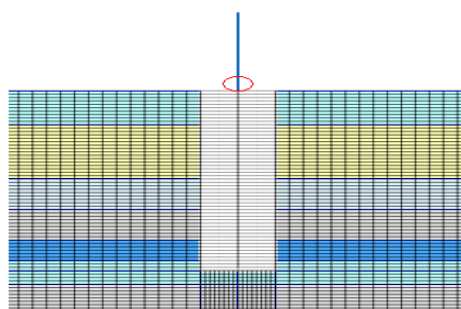


図3 比較検討の節点

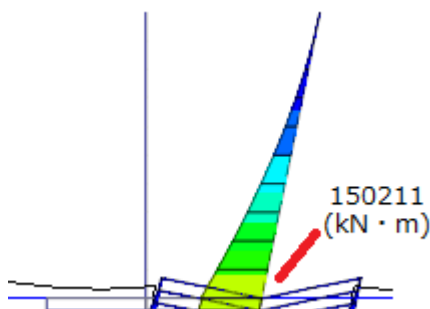


図4 曲げモーメント分布

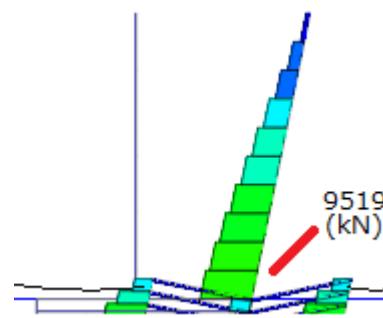


図5 せん断力分布

橋脚の曲げ耐力とせん断耐力を算定式に従って求めると、曲げ終局耐力は164999(kN・m)、曲げ降伏耐力は150818(kN・m)、せん断耐力は13228(kN)になった。

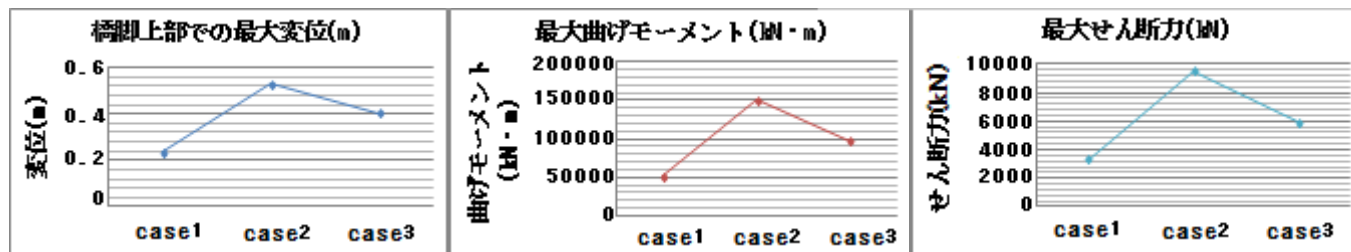


図6 入力地震動による橋脚下端での最大変位と最大断面力の比較

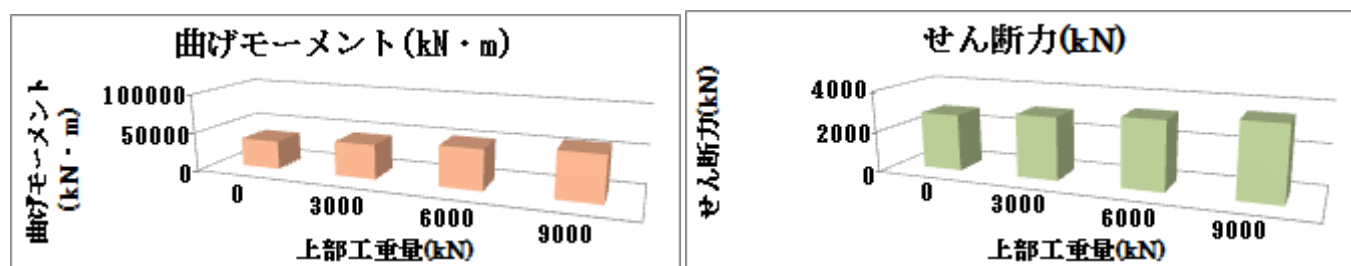


図7 上部工重量による橋脚下端での断面力比較

図6に示すように3種類の地震動では今回ポーアイ波が最大の応答値を示した。築館での地震波は0.1-0.4の短周期成分が卓越していたことから最大加速度が大きくても応答値がポーアイ波より小さかった。図7に兵庫県南部地震を入力地震動に設定して、上部工重量による橋脚下端での曲げモーメントとせん断力の最大応答値を比較検討した結果を示している。上部工重量が増加するにつれ断面力なども増加した。

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3種類の地震動を設定して動的応答計算を行ったところ、ポーアイ波が最大の応答値を示した。しかし今回設定した耐震性能は満足していた。また上部工の質量が小さい施工段階でも耐震性能は満足していた。