

不整形地盤上の杭基礎構造物における地震時挙動把握のためのケーススタディー

(株) ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 ○鈴木 元啓, 西村 隆義
(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 田中 浩平, 坂井 公俊

1. はじめに

不整形地盤箇所では、地点ごとに地震動が大きく変化することが分かっているが、これがラーメン高架橋のような線路方向に連続する構造物にどのような影響を与えるのかについて、十分に認識されていない。そこで本報告では、杭基礎を有するラーメン高架橋を対象とした地震応答解析を実施し、不整形地盤上の杭基礎構造物の挙動を把握するためのケーススタディーを実施したので報告する。

2. 解析モデル概要

図-1 に本検討で対象としたラーメン高架橋モデル(不整形地盤)を示す。これらの地盤・構造物は、H24 年度設計標準、計算例りに示される構造物を基本として、基盤の傾斜に応じて杭長等の長さを調整して1ブロック(全50m)をモデル化した。地盤構造を不整形地盤と水平成層地盤とした2タイプのモデルを作成し、これらの結果を比較することで不整形地盤における構造物の挙動を把握する。なお、水平成層地盤では、図-1 のP4位置の杭長、地盤をそのまま連続化した。

図-2 に作成した3次元動的解析モデルを示す。解析モデルは梁・バネモデルとし、伊藤忠テクノソリューションズが開発した解析コードDYNA2Eにより線形動的解析を行った。縦梁、横梁、桁の質量は、縦梁と横梁の交点位置に集約して与えた。柱の質量の上側1/2は柱天端に、柱の質量の1/2、地中縦梁、地中横梁の質量は地中縦梁と地中横梁の交点位置に集約して与えた。杭の質量は、杭の節点に分配した。各梁の剛性は、断面に含まれる鉄筋の影響を考慮した断面積および断面二次モーメントを与えることで設定した。

表-1 に自由地盤、表-2 に底面粘性境界の設定条件を示す。地盤は構造物と比較して十分に大きくなるように、10000m²の底面積を有する土柱としてモデル化した。自由地盤下端は深度24.9m地点として、粘性境界を設けた。杭と自由地盤を繋ぐ地盤ばねは、H24 年度設計標準(基礎構造物)²⁾に従って設定し、地震時の値を設定した。

3. 解析方法

解析にあたっては、固有値解析と線形動的解析を実施した。減衰は、0.2Hzと10Hzで5%となるようなレイリー減衰を設定した。入力地震動は、図-3に示すホワイトノイズとした。本報告では、線路直角方向(以下、C方向)の結果を示す。この地震応答解析で得られた応答加速度波形から、基盤位置～橋脚天端へのフーリエ振幅比を評価し、これにより不整形地盤の影響を把握する。

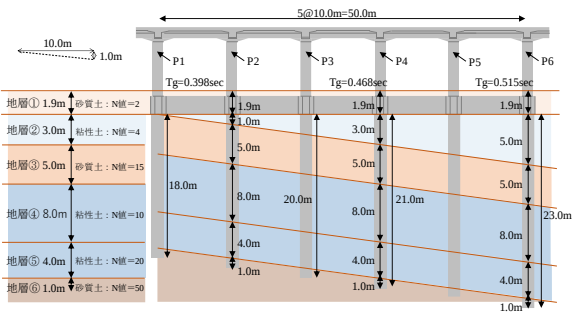


図-1 ラーメン高架橋モデル(不整形地盤)

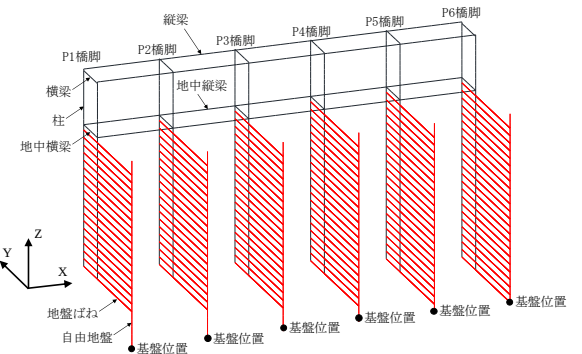


図-2 解析モデル(不整形地盤)

表-1 地盤のモデル化

層番号	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	整形		不整形					
			層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)	層厚 (m)
1	18	18660	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
2	15	44755	3.00	0.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	18	71497	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4	16	75781	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
5	16	120295	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
6	20	177268	3.00	6.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

表-2 底面粘性境界

γ (kN/m ³)	Vs (m/s)	c=pVs (kN・s/m ³)	C (kN・s/m)
20	400	816.3	8.16E+06

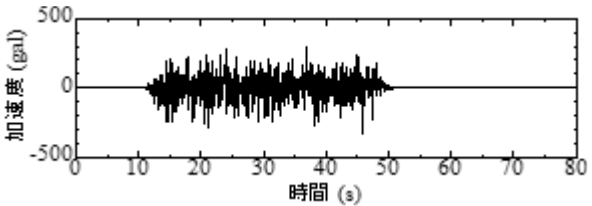
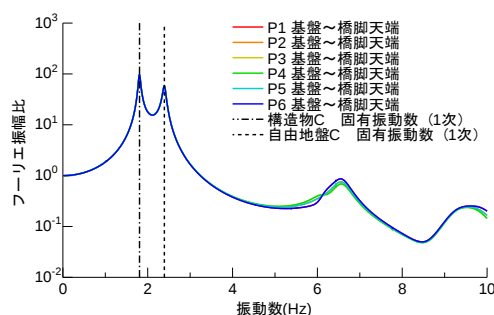


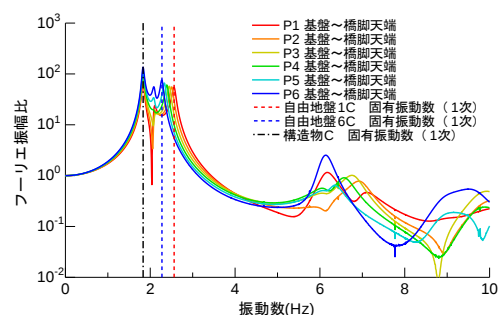
図-3 ホワイトノイズ

キーワード 地震応答, 不整形地盤, 有限要素解析

連絡先 〒186-0002 東京都国立市東 1-4-13 COI 国立ビル 8 階 (株) ジェイアール総研エンジニアリング TEL042-501-2603



(a)水平成層地盤



(b)不整形地盤

図-5 基盤位置から橋脚天端へのフーリエ振幅比 (C 方向加振)

4. 解析結果

不整形モデルの固有値解析の結果から、C 方向の刺激係数が大きくなる構造物の主要な振動モードとして、図-4 に 3 つのモードを示す。なおこれらのモードのうち、ラーメン高架橋が C 方向にねじれるモード (振動数 2.09Hz) と、橋脚ごとの地表面上の柱がねじれるように変形しているモード (振動数 6.23Hz) については、水平成層地盤の主要な振動モードには見られない。

図-5 に基盤位置から高架橋天端へのフーリエ振幅比を地盤形式ごとに示す。構造物と自由地盤の固有振動数も併せて示した。水平成層地盤と不整形地盤の結果から、以下の知見を得た。

- ・ 不整形地盤では、各柱位置の地盤条件に関わらず、図-4(a)の構造物の 1 次モードに対応する振幅比のピーク周期は全橋脚で一致した。また、ピークの大きさは、基盤の深い側に位置する P6 橋脚で最も大きくなった。
- ・ 自由地盤の 1 次モードに対応するピークは、不整形地盤の場合、橋脚の位置に応じて変化し、2.28~2.57Hz の間に見られる。
- ・ 構造物の 1 次モードと自由地盤の 1 次モードの間に、振動数 2.09Hz のピークが見られており、特に基盤が深い P6 側においてねじれるような応答が大きくなっていることが確認できる。基盤が浅い P1 側ではこのような挙動は小さい。
- ・ 6.23Hz 付近では P1, P6 位置においてピークが見られており、高架橋両端部で応答が大きくなることがわかる。

不整形地盤位置の高架橋で、特に高架橋両端部での応答が大きく

なるような振動モードが卓越することがわかった。しかしながらこのような応答は一部の柱であり、そのピーク値も構造物の 1 次モードに比べると小さく、高架橋全体系に与える影響は比較的小さいと考えられる。

5. まとめ

本報告では、不整形地盤上の高架橋が地点ごとに異なる入力地震動により受ける影響について検討するため、ラーメン高架橋の梁・バネモデルを作成して固有値解析と 3 次元動的解析を行った。その結果、本検討ケースにおける不整形地盤上の高架橋モデルの挙動では、高架橋両端部における応答が大きくなるような振動モードが見られたが、高架橋全体系に与える影響は限定的であることがわかった。なお、高架橋天端におけるスラブや隣接する高架橋ブロックの影響については、今後さらなる検討が必要である。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)，丸善，2012.9。 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)，丸善，2012.1。

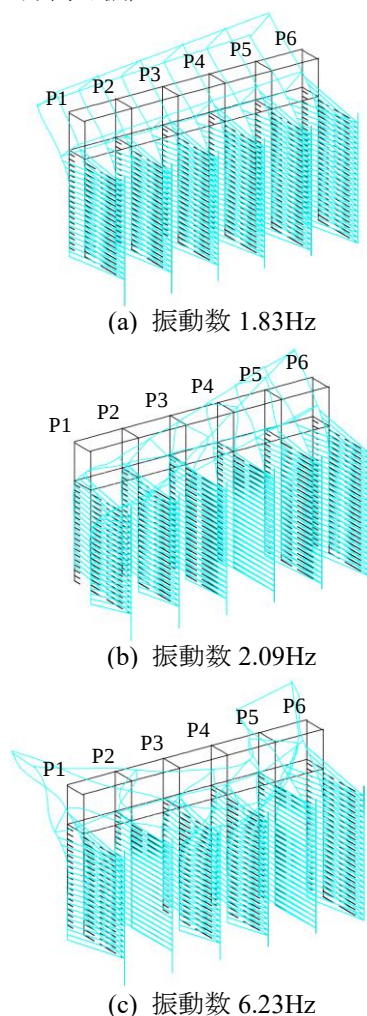


図-4 不整形地盤における主要モード図