

## RC 単柱橋脚場所打ち杭基礎設計における地盤ばねの影響に関する一考察

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○渡邊 太一  
 JR 東日本コンサルタンツ株式会社 藤原 圭汰  
 JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 半澤 祐貴  
 JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 友竹 幸治

## 1. はじめに

基礎設計における地盤条件の土質には、砂質土・砂礫・粘性土・岩盤があり、各土質により地盤ばねやその上限値、支持力の算定式が異なる。通常的设计では現地の土質条件を反映し設計を実施することが多いため、土質の違いによる地盤ばねの設計への影響は十分に把握できていない。そこで、RC単柱橋脚場所打ち杭基礎設計において地盤ばねが設計にどのような影響を与えるか把握することを目的に、一般的な砂質土地盤と粘性土地盤を対象として比較検討を実施したので、その結果について示す。

## 2. 解析の概要

本検討では、2次元骨組解析による静的非線形解析を実施した。対象構造物の概要を図1に示す。橋脚の高さは16.0m、フーチング厚は2.5mである。橋脚く体断面寸法は3.0m(橋軸方向)×4.0m(橋軸直角方向)、フーチング平面寸法は9.4m×9.4m、杭はφ1.5m=5本を3.0D(D:杭径)間隔で配置している。また、対象構造物の解析条件を表1に、部材断面諸元を表2示す。

解析モデルを図2に示す。杭基礎の地盤抵抗は、杭先端の鉛直地盤抵抗、杭周面の鉛直せん断地盤抵抗、及び杭周面の水平地盤抵抗を考慮する<sup>1)</sup>。地盤反力係数は、表3のとおりである。杭部材は、曲げモーメント分布が直線とならないため、M-φ部材として設定した。モデルケースは設計水平震度 $K_h=0.18$ において性能レベル1を満足する設計であるため、部材は損傷レベル1、基礎は安定レベル1を満足するように検討を行った。なお、安定レベル1における支持力の限界値は、杭先端の沈下量が杭径の5%(杭径1m以上では50mm)に至る時の設計鉛直支持力である<sup>1)</sup>。考慮する土質は砂質土・粘性土とし、杭全体を杭頭・中間部・杭先端に分け、それぞれ組合せることで解析ケースを設定した。解析した各ケースのモデルと鉛直ばねの値を図3に示す。N値は、G.L.で $N=0$ 、G.L.-18.0mで $N=50$ の直線分布で設定した。基本ケースを杭長 $L=21m$ 、Case1(すべて粘性土の場合)とし土質の違いによる地盤ばねをパラメータとしたパラメ

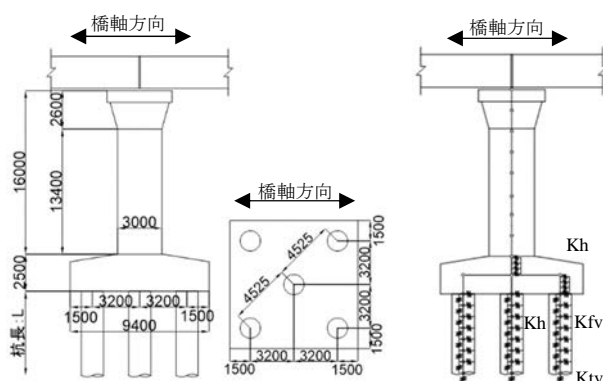


図1 対象構造物の概要

図2 解析モデル

表1 解析条件

構造形式	複線用単柱橋脚	
上部工	PC単純箱桁(L=35m)	
検討方向	橋軸方向	
く体高	16.0m	
設計水平震度	$k_h=0.18$	
基礎形式	場所打ち杭	
杭間隔	3D(=4.5m)	
鉄筋	種類	SD490
	設計降伏強度	490N/mm <sup>2</sup>
	ヤング係数	200kN/mm <sup>2</sup>
コンクリート	部材の種類	く体、フーチング/杭
	設計基準強度	28.6N/mm <sup>2</sup> /20.0N/mm <sup>2</sup>
	ヤング係数	29.5kN/mm <sup>2</sup> /23.6kN/mm <sup>2</sup>

表2 部材断面諸元

部材	断面寸法(mm)B×H	軸方向鉄筋
く体	4000×3000	主鉄筋 D32-25,17
		側鉄筋(片側) D32-22
場所打ち杭	φ1500	D32-16

表3 地盤反力係数<sup>1)</sup>(場所打ち杭の場合)

杭先端の鉛直地盤反力係数 $k_{tv}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$1.4 \rho_{ek} E_d^{-3/4}$	
杭周面の鉛直せん断地盤反力係数 $k_{fv}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$0.2 \rho_{ek} E_d$	
地盤の変形係数の設計用値 $E_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\rho_{ek} E_x / \gamma_{RE}$	
地盤の変形係数の試験値 $E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	粘性土	4000N
	砂質土	2000N
地盤調査係数 $\gamma_{RE}$ (標準貫入試験からの推定)	粘性土	1.7
	砂質土	1.2~1.4
N=50, φ1.5mの杭先端の鉛直 地盤反力係数 $k_{tv}$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘性土	121518
	砂質土	86075
N=50, φ1.5mの杭周面の鉛直 せん断地盤反力係数 $k_{fv}$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘性土	23529
	砂質土	16667

キーワード RC単柱橋脚, 土質条件, 静的非線形解析, 場所打ち杭基礎

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川一丁目1番地1号大崎ガーデンタワー14階  
 JR東日本コンサルタンツ(株) 技術本部 TEL03-5435-7626

ータスタディを実施した。Case2-3は先端粘性土で表層は砂質土と粘性土-砂質土の互層、Case4はすべてを砂質土、Case5-6は先端砂質土で表層は粘性土と砂質土-粘性土の互層とした。

### 3. 解析結果

土質の違いによる地盤ばねを変えた場合の静的非線形解析による各ケースのフーチング天端に着目した荷重-変位曲線を図4に示す。微小ではあるが、Case4, 6, 5の順に水平変位量が大きく生じている。Case4, 5, 6は、Case1, 2, 3と比較して鉛直ばねの値が小さいことによる影響と考えられる。また、Case4, 5, 6の中でCase5の変位量が小さくなった理由は、杭頭部が粘性土であるため、杭頭部が砂質土の場合よりも水平ばね及び有効抵抗土圧が大きくなることの影響と考えられる。杭の発生鉛直力と支持力を表4に示す。Case1と同等の支持力を確保する場合、杭長が最も長くなるのはCase2である。これは表5に示す通り、杭先端が粘性土、周面が砂質土と基準支持力度が小さい組合せとなるためである。発生曲げモーメントを図5に示す。支持力が同程度の場合、Case1に対して砂質土を支持層とするCase4, 5, 6の発生モーメントが大きく増加していることが確認できる。なお、図3の通りCase4, 5, 6は鉛直ばねの合計値が小さいケースである。表6に杭の杭頭部及び地中部の発生モーメントを引抜側、押込み側の杭について記載する。発生モーメントは、引抜側に着目すると杭頭部では鉛直ばね値の大きいCase1, 2, 3が大きい。地中部では引抜側も押込み側も鉛直ばね値の小さいCase4, 5, 6が大きい。杭頭部の水平力によりマイナス方向のモーメントが生じ、基礎の回転によりプラス方向のモーメントが生じる。回転によるモーメントが支配的であり、鉛直ばね値が小さいケースは基礎の回転によるモーメントの影響が大きくなる結果となった。

### 4. まとめ

本稿では、RC橋脚場所打ち杭基礎設計において、地盤ばねの違いに着目した静的非線形解析を行い、今回の解析ケースにおいて以下の結果を得た。

- ・同じ作用、支持力の条件においても鉛直ばねの値によって杭体に発生する曲げモーメントは変化する。
- ・杭体に発生する曲げモーメントは、沈下による基礎の回転に伴うモーメントの影響が大きく、杭頭部より地中部のモーメントの方が大きくなる傾向である。

### 参考文献

- 1) 公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説（基礎構造物），2012.1
- 2) 公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説（コンクリート構造物），2004.4

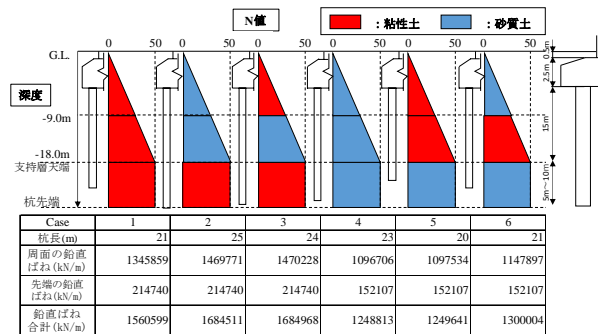


図3 解析ケースと地盤ばね

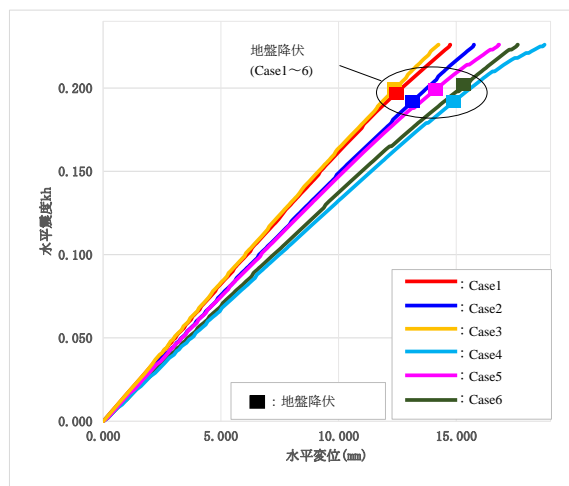


図4 荷重-変位曲線(フーチング天端着目)

表4 杭1本あたりの鉛直力と支持力

Case No.	1	2	3	4	5	6
鉛直力(kN)	12760.9	12866.4	12860.9	12691.6	12591.7	12703.7
支持力(kN)	12876.1	12918.6	13150.7	12728.3	12843.2	13081.8

表5 杭の基準支持力度<sup>1)</sup>(自然泥水の場合)

	基準先端支持力度 $q_{tk}(kN/m^2)$	基準周面支持力度 $r_{tk}(kN/m^2)$
砂質土	$60N \leq 7500$	$3N \leq 150$
粘性土	$5.1c \leq 9000$ ( $51N \leq 9000$ )	$0.4c \leq 150$ ( $6N \leq 150$ )

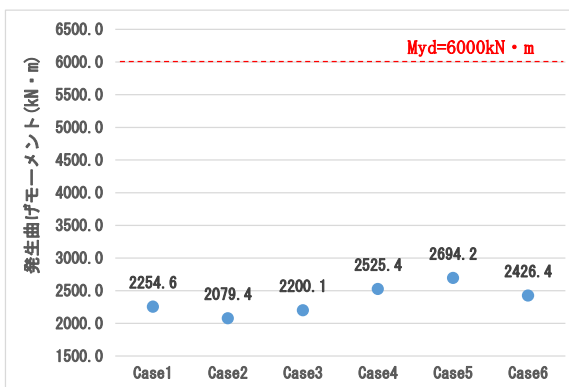


図5 杭の発生曲げモーメント(支持力は同等)

表6 発生曲げモーメントと地盤ばね

Case No.	1	2	3	4	5	6		
杭長(m)	21	25	24	23	20	21		
杭の発生モーメント(kN·m)	引抜側	杭頭部	-515	-628	-535	-483	-379	-513
		地中部	729	694	714	792	838	772
	押込み側	杭頭部	913	464	823	1225	1601	1064
		地中部	2255	2079	2200	2525	2694	2426
鉛直ばね値の合計(kN/m)			1560599	1684511	1684968	1248813	1249641	1300004