

RC 橋脚場所打ち杭基礎設計における表層地盤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 ○大西 絢太

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 友竹 幸治

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 半澤 祐貴

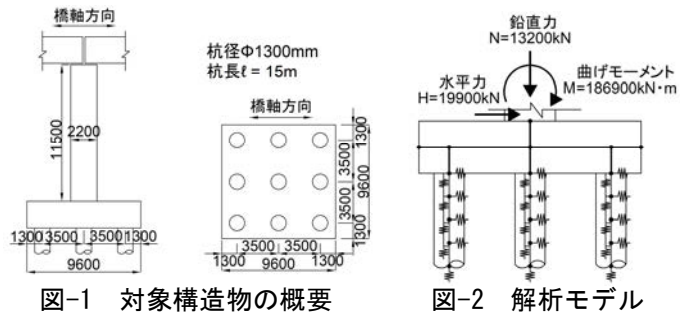
JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 見附 祐希

1. はじめに

基礎設計における地盤条件は、設計場所ごとに地形や地質が様々であるため、地盤ばねや支持力といった設計諸数値が異なる。設計では現地の地盤条件を反映し設計を実施するが、地盤条件の違いが場所打ち杭へ与える影響は十分に把握できていない。そこで、RC 橋脚場所打ち杭基礎設計において表層地盤の違いがどのような影響を与えるかを目的に、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

検討対象とした橋脚を図-1 に示す。躯体は高さ 11.5m、断面寸法 2.2m(橋軸方向)×6.0m(橋軸直角方向)、フーチング厚は 2.3m、平面寸法は 9.6m×9.6m、杭はφ1.3m、長さ 15m、3.5m (約 2.7D) 間隔で 3×3 列配置している。解析条件を表-1 に、杭の断面諸元を表-2 に示す。



本検討では、地盤条件による杭断面力の影響に着目するため、図-2 に示すようにフーチングと杭のみを 2 次元骨組みでモデル化し、橋脚下端反力をフーチング天端に載荷した静的非線形解析を実施した。

フーチングは剛体とし、群杭の図心を中心として回転する。杭部材は、曲げモーメント分布が直線にならないため、M-φ 部材として設定した。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した¹⁾。

地盤条件は、表層地盤、基盤ともに砂質土とし、土質構成と N 値をパラメータとする。土質構成は、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 (以下、耐震標準) より、「表層地盤の状態例」²⁾ を参考に、図-3 に示す 3 パターンを想定した。A1 地盤は、表層地盤の N 値が深さ方向に様な 1 層地盤であり、N=5、20、35 の 3 ケース (以下 CASEA1-1, A1-2, A1-3) とした。A2 地盤は N 値が様な 2 層構成の地盤であり、N=5 と 20、N=5 と 35 の組合せで 2 ケース (以下 CASEA2-1, A2-2) とした。B 地盤は、地表面で N=1、表層地盤下端で N=20 の三角形分布 (以下 CASEB-1) とした。また、すべての検討において基盤は N=50 とした。

表-1 解析条件		
構造形式		複線用壁式橋脚
上部工		RC 単純箱桁 (L=25m)
検討方向		橋軸方向
躯体高さ		11.5m
基礎形式		杭基礎
杭間隔		3.5m (約 2.7D)
鉄筋	種類	SD390
	設計降伏強度	390N/mm ²
	ヤング係数	200kN/mm ²
コンクリート	部材の種類	杭
	設計基準強度	30N/mm ²
	ヤング係数	22.4kN/mm ²

表-2 杭部材断面諸元		
部材	断面寸法 (mm)	軸方向鉄筋
場所打ち杭	Φ1300	D32-32

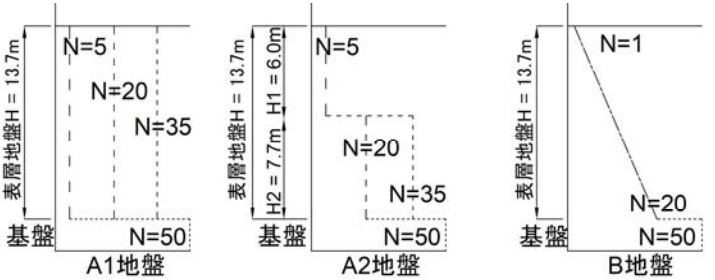


図-3 地盤条件

キーワード 場所打ち杭基礎、表層地盤、杭の特性値 β

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1 14 階 JR 東日本コンサルタンツ (株) TEL 03-5435-7627

3. 解析結果

図-4 に、各ケースのフーチング天端の荷重－変位曲線を示す。グラフ上の●プロットは杭体の初期降伏を、赤い破線は耐震標準における G3 地盤（普通地盤）の L1 地震時設計震度（ $kh=0.357$ ）を示している。CASE A1-1～A1-3 に着目すると、表層地盤の N 値が大きいほど初期剛性と初期降伏震度は高く、L1 地震時の水平変位は小さくなる。CASE A2-1 と A2-2 でも同様の傾向であり、下層の N 値が大きいほど変位が小さくなっている。CASE B-1 は、A1-1 と類似した結果となった。

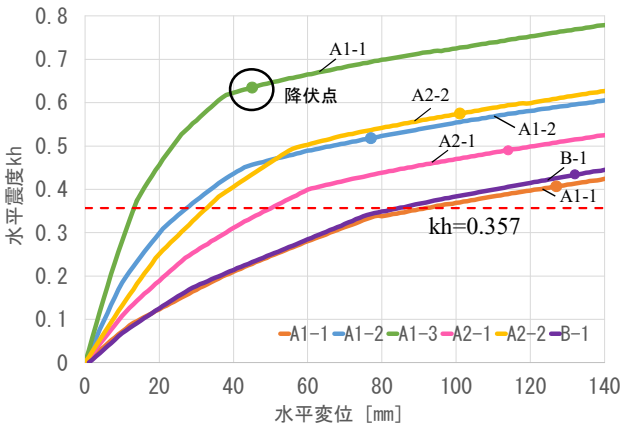


図-4 各ケースの荷重-変位曲線

表-3 は、各ケースの杭の特性値 β 、初期降伏震度 k_y 、初期降伏変位 δy 、G3 地盤の L1 地震時設計震度（ $kh=0.357$ ）におけるフーチングの回転角 θ 、杭の軸力および曲げモーメントをまとめたものである。A1 地盤および A2 地盤では、表層地盤の N 値が小さいほどフーチングの回転角 θ は大きくなり、発生曲げモーメントも大きくなる。また、杭頭部と地中部の差を比較すると、A1 地盤では N 値が大きいほど、差は小さくなるが、A2 地盤では、深部の N 値が大きいほど、差が大きくなることから、下層地盤の影響が確認できる。

表-3 各ケースの解析結果

CASENo.			A1-1	A1-2	A1-3	A2-1	A2-2	B-1
杭の特性値 β (1/m)			0.148	0.210	0.241	0.153	0.155	0.141
1/ β (m)			6.749	4.772	4.149	6.529	6.460	7.109
初期降伏震度 k_y			0.407	0.518	0.635	0.490	0.567	0.435
初期降伏変位 δy (mm)			127	77	45	114	96	132
初期降伏位置			引抜き側地中部					
等価固有周期 T_{eq}			1.117	0.771	0.533	0.965	0.823	1.102
回転角 θ (%/rad)			16.441	5.518	2.669	7.773	4.186	11.866
軸力 (kN)	引抜き側	引張	1502	2147	1671	2501	2351	2512
	押込み側	圧縮	-4906	-5269	-5960	-5157	-5888	-5163
発生曲げ モーメント (kN・m)	引抜き側	杭頭部	1349	221	-198	-111	-617	-229
		地中部	2171	971	537	1032	663	1549
		差	822	750	735	1143	1280	1778
	押込み側	杭頭部	1885	852	525	604	-310	682
		地中部	3005	1795	1337	1827	1443	1944
		差	1120	975	812	1223	1753	1262

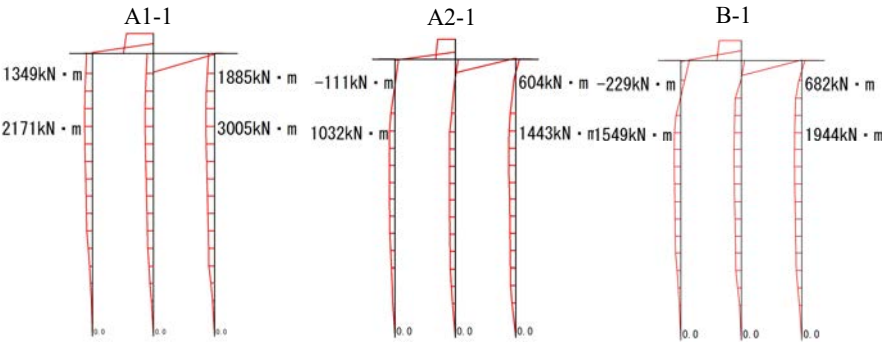


図-5 赤枠の発生曲げモーメント図

図-5 は、赤枠で示したケースの発生曲げモーメント図であり、すべての検討において杭頭よりも地中部の方が曲げモーメントが大きい傾向である。これは、フーチングの回転によって杭頭部の曲げモーメントが減少し、地中部の曲げモーメントが最大になったと考えられる。

4. まとめ

- ・表層地盤の違いが杭体の設計に与える影響について、土質構成および N 値の違いは杭体へ影響を与え、表層地盤が弱い場合は杭先行降伏とならないように十分配慮する必要がある。
- ・杭体に発生する曲げモーメントは、フーチングの回転に伴う曲げモーメントの影響が大きく、杭頭部より地中部の曲げモーメントの方が大きい傾向にある。したがって、場所打ち杭基礎設計では、杭頭 2D を超えた範囲も靱性を向上させるように、配慮が必要であると考えられる。

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（耐震設計），2012.9