

既設構造物基礎に近接した場所打ち杭施工時の影響解析手法の検討

東日本旅客鉄道(株) フェロー ○渡邊 康夫
同 上 正会員 太田 正彦

1. はじめに

駅施設改良や事業開発等のために線路上空への構造物等を建設する際、構造物基礎として場所打ち杭を既設の高架橋や建築物等の基礎構造物に近接して建設することが少なくない。近年では、構造物の大スパン化に伴い杭の大口径化が進んでいるため、支持地盤の応力開放等により、近接施工となる既設構造物基礎の支持性状への影響が生ずる可能性がある。

このような場合における設計時点での簡易な影響解析手法として、「せん断強度低減法¹⁾(SSR-FEM)」を組み込んだ三次元弾塑性FEM解析ソフトウェアを整備した²⁾。SSR-FEM解析は、従来の極限平衡法の欠点であった「予め崩壊面やすべり線を地盤内に仮定する」という人為的判斷プロセスを必要とせず、地盤中の弱点箇所・崩壊箇所とモデル系全体の安全率を応力変形解析から自ずと算定できる。これにより、既設基礎構造物等を支持している地盤への荷重入力を任意の位置へ設定し、削孔時の孔壁の安定検討に加えて既設基礎構造物に対する地盤のすべり発生の有無を設計時点で検証可能である。ここではこの解析ソフトウェアを用いて既設杭の支持性状と施工時の杭孔壁の安全性に関してパラメータ解析により検討を行ったので、その結果を示す。

2. 検討内容

検討モデルは、既設構造物の杭基礎の近傍に新たに場所打ち杭を施工するケースとし、場所打ち杭施工時の安定性を評価することとした。地盤及び杭のモデルは図-1の通りで、直径1mの既設の場所打ち杭に2,000kNの荷重が作用しているものとし、この杭に近接して直径2mの場所打ち杭を施工することを想定した。地盤の設定条件及び設計標準³⁾により算定した周面支持力を表-1に示す。既設杭の支持性状のモデルは、設計支持力の算定に合わせて、先端支持と周面支持を1,000 kNずつ負担するケースをCase1とし、周面支持のみのケース(Case2)、地盤のクリープなどにより杭上部の周面支持力が消散し、先端支持力と先端部の周面支持力のみで支持しているケース(Case3)、完全に先端支持力で負担させているケース(Case4)を設定した。各層の周面支持力の負担のイメージを、図-2に示す。

なお、周面支持力の地盤への作用のモデル化にあたっては、設計標準³⁾における杭基礎の支持力の下層への分散角の30°を準用し、杭の単位長さ(1m又は2m)あたりの周面支持力分を分散範囲に載荷させて検討を行った(図-3)。周面

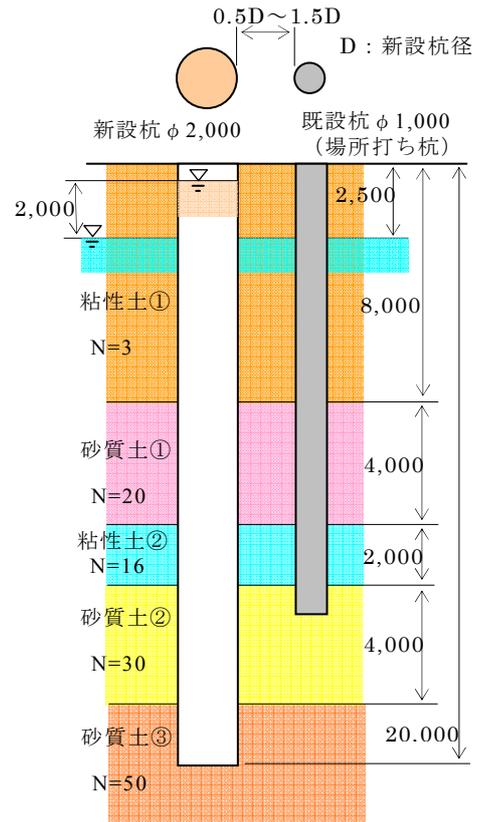


図-1 解析モデル概要

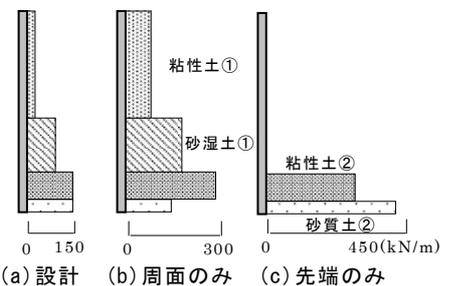


図-2 周面支持力の負担イメージ

表-1 地盤条件及び既設杭の設計周面支持力

	N値	層厚 (m)	周面支持力度 (kN/m ²)	杭周長 (m)	既設杭長 (m)	最大周面支持力 (kN/m ²)	単位長さあたり 支持力(kN/m)	周面支持力 (kN)
粘性土①	3	8	30	3.14	8	94.2	28.3	226
砂質土①	20	4	100	3.14	4	314	94.2	377
粘性土②	16	2	150	3.14	2	471	141	283
砂質土②	30	4	150	3.14	1	471	141	141
砂質土③	50	-	-	-	-	-	-	-

キーワード：杭 近接施工 安全率

連絡先：〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 JR東日本研究開発センター 電話 048-651-2552

荷重の載荷方法は、全周の支持力を面積等価な矩形荷重に置き換えるケース (A) と、杭前面の影響範囲 (B(1m), C(2m)) に周面支持力の1/4が作用する場合を比較し、結果が概ね同じ事を確認できた。そこで、周面支持力は杭の前面で1m毎に周面支持力相当の荷重を分布させるモデル (図-3 (B)) で検討を行った。

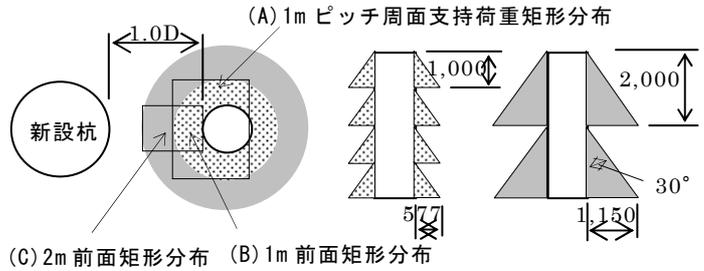
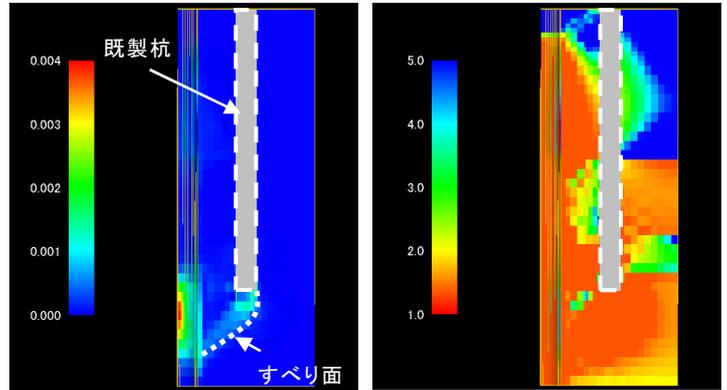


図-3 周面支持力の荷重載荷パターン

3. 検討結果

図-4に既設杭に設計支持力相当の支持力分の荷重を地盤へ作用させたCase1の杭間距離1Dの8面体せん断ひずみ分布と局所安全率分布を、表-2~4に各検討ケースの安全率の一覧を示す。8面体せん断ひずみ分布から、既設杭先端から新設杭孔壁に向かう形態でひずみの発生が見られる。これは既設杭先端からの荷重による地盤のすべり変形と考えられる。全体安全率は1.35で、杭先端部で全体安全率が決定されている。既設杭がないケースに比べると安全率の低下



(a) 8面体せん断ひずみ分布 (b) 局所安全率分布
図-4 解析結果 (Case1-1.0D)

表-2 既設杭支持性状の違いによる杭施工安全率

	杭間距離(mm)		杭周面荷重	杭先端荷重	周面パターン	全体安全率	備考
Case0	-	-	-	-	-	2.12	新設杭のみ
Case1-1.0D	1.0D	2000	1000kN	1000kN	(a)	1.35	杭先端・周面加重設計分布
Case2-1.0D	1.0D	2000	2000kN	0	(b)	1.96	杭周面荷重のみ
Case3-1.0D	1.0D	2000	1000kN	1000kN	(c)	1.34	杭先端・周面荷重先端分布
Case4-1.0D	1.0D	2000	0	2000kN	-	1.11	杭先端荷重のみ

表-3 既設杭との間隔の違いによる杭施工安全率 (設計支持負担割合)

	杭間距離(mm)		杭周面荷重	杭先端荷重	周面パターン	全体安全率	備考
Case1-0.5D	0.5D	1000	1000kN	1000kN	(a)	1.02	設計荷重負担 杭間隔0.5D
Case1-0.75D	0.75D	1500	1000kN	1000kN	(a)	1.03	設計荷重負担 杭間隔0.75D
Case1-1.0D	1.0D	2000	1000kN	1000kN	(a)	1.35	設計荷重負担 杭間隔1.0D
Case1-1.5D	1.5D	3000	1000kN	1000kN	(a)	1.62	設計荷重負担 杭間隔1.5D

表-4 既設杭との間隔の違いによる杭施工安全率 (先端支持のみ)

	杭間距離(mm)		杭周面荷重	杭先端荷重	周面パターン	全体安全率	備考
Case4-0.5D	0.5D	1000	0	2000kN	-	0.83	先端荷重のみ 杭間隔0.5D
Case4-0.75D	0.75D	1500	0	2000kN	-	0.99	先端荷重のみ 杭間隔0.75D
Case4-1.0D	1.0D	2000	0	2000kN	-	1.11	先端荷重のみ 杭間隔1.0D
Case4-1.5D	1.5D	3000	0	2000kN	-	1.33	先端荷重のみ 杭間隔1.5D

表-2から、既設杭の作用荷重の位置を杭の先端にシフトさせていくと、全体安全率が低下していく。これより、周面の支持状態よりも、先端の分担状態で安全率が決定していると考えられる。

また、杭間距離を変化させた解析結果 (表-3、表-4) から、杭間隔が1D以内の場合には影響が大きいことが示され、既往の研究結果⁴⁾とも整合していることが確認できた。

4. まとめ

今回の解析的検討により、既設杭より深い場所打ち杭を近接して施工する場合、既設杭の先端荷重が全体安全率に最も大きく影響を与えること、周面支持荷重の影響は先端荷重に比べて小さいこと、既設杭から1D以内で施工する場合の既設杭に与える影響が大きいことを検証することができた。今回のパラメータ解析では、地盤条件を固定して解析を行ったが、地盤条件によっては周面支持状態の影響の出るケースもあると考えられるため、実際の近接施工の検討にあたっては、いくつかの載荷パターンでの検討をしていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 地盤技術者のためのFEMシリーズ(2)弾塑性有限要素法がわかる, (社)地盤工学会, 2003.
- 2) 「せん断強度低減法」を用いた場所打ち杭の孔壁挙動に関する解析的検討, 第45回地盤工学研究発表会, (社)地盤工学会, 2010.
- 3) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物設計標準・基礎構造物, 丸善(株), 2000.
- 4) 指定課題報告「2008年度 近接施工に伴う変形予測に関する研究」, (財)鉄道総合技術研究所, 2009.