

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)	正会員	○太田 正彦
同 上	フェロー	渡邊 康夫
中央大学研究開発機構	正会員	石井 武司
応用地質(株)	正会員	中山 栄樹

1. はじめに

近年、駅施設改良や事業開発等のための線路上空への構造物等の建設ニーズが高まっている。線路上空に構造物を建設する場合、場所打ち杭など新たな基礎構造物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。また昨今の情勢により杭の大口径化が進んでいるため、杭先端および周面地盤においては一般に応力開放がより顕著に発生し、従来以上に既設基礎構造物の支持性状への影響が生ずる可能性がある。しかしながら支持性状への影響に関する従前の知見は充分でなく、既往研究¹⁾による影響範囲の実験的検討により「新設杭と同径程度の離隔を確保すれば影響は小さい」という知見を得たところで留まっている。

そこで、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、FEM解析ソフトウェアの整備を行った。以下にその概要と考察等について記す。

2. 整備したソフトウェアの概要

このソフトウェアは「せん断強度低減法²⁾(SSR-FEM)」を組み込んだ三次元弾塑性FEM解析ソフトウェア³⁾の機能を拡張し、地表面のみならず任意の位置へ基礎構造物等の荷重入力を可能としている。それにより、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とするものである。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」という人為的判断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。また既往研究⁴⁾により計算結果に影響の少ない条件入力は省略としたため、必要な条件は杭径・土質条件・地下水位および孔内安定液水位・地表面または地中の载荷重程度となり簡便に利用可能である。図1にソフトウェア表示画面の例を示す。

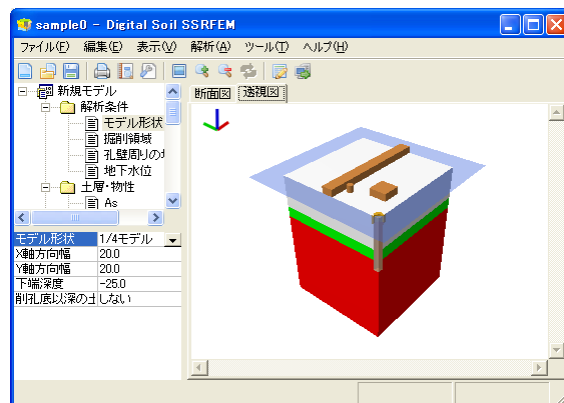


図1 ソフトウェア表示画面例

3. 試解析

ソフトウェアの動作確認と実現現象再現性確認のため、2ケースの試解析を実施した。以下にその概要を示す。なお、この検討で用いたソフトウェアは評価段階のものである。

3.1 試解析モデル概要

試解析は実際の施工事例を参考にし、既設橋台拡幅のために既設杭に近接して新設杭を建設するケース(Case1)と、既設高架橋の受け替えのために群杭を持つフーチングに近接して新設杭を建設するケース(Case2)の

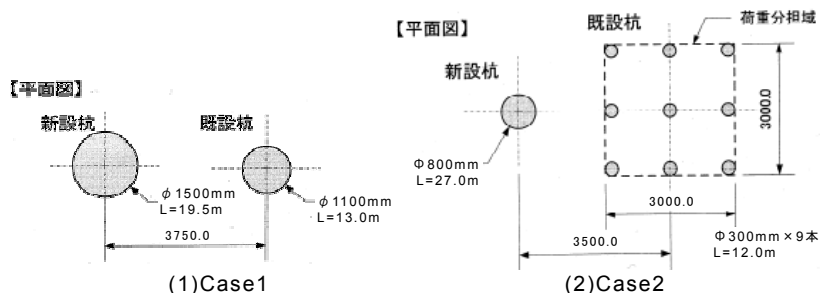


図2 試解析モデル平面図

キーワード：場所打ち杭 安全率 有限要素法

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

二つを想定した．平面位置関係を図2に，モデルの諸条件を表1および表2に，モデル概要図を図3に示す．なお，群杭の先端から地盤に作用する荷重については，杭周囲地盤の拘束効果も考慮し，最外縁杭で囲まれる内側の範囲に対する矩形分布荷重として評価した．

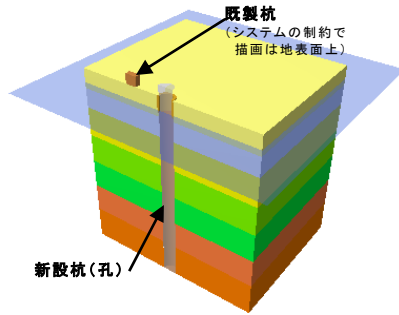


図3 モデル概要図(Case1の例)

3.2 結果概要

図4に計算終了時点における8面体せん断ひずみ増分の分布図を示す．

Case1ではすべり面が既設杭先端から新設杭孔壁に向かう形態で生じている．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．新設杭の孔壁面にはひずみの増大が見られるが破壊面状の様相は見られず，壁面の局所的な変形に注意すればよいことがわかる．全体安全率が1.44と算定されたことも考慮すると，既設構造物への影響の懸念はあるが，構造系の安定についてはまだ余裕があると評価できる．

Case2では既設杭先端付近の地盤におけるせん断ひずみ増分が新設杭孔壁面に比べて非常に小さい．この場合の安定性は杭孔壁面側が支配的で，既設杭の影響は小さいと判断できる．全体安全率が2.28と大きく算定されたことを考慮すると，構造系の安定についてはほぼ問題ないと評価できる．さらにCase2では群杭荷重のモデル化の違いによる影響を比較するため，既設杭荷重を群杭中心に一点集中載荷したケースの検討を実施した．全体安全率は2.27とほぼ同値となった．またせん断ひずみ増分の分布も同様の様相を呈した．したがって本ケースのような群杭においてはモデル化の違いによる結果への影響は殆どないことが判った．

4. まとめ・今後の展開

本ソフトウェアを用いることで，既設の基礎構造物に近接して場所打ち杭の削孔を行う場合における影響を，全体安全率とすべり面形状の2つから評価することが可能となる．よって，施工着手前段階における有力な検討ツールとなることが期待される．しかしながら，現段階では解析結果の評価方法が充分整理されておらず，熟練技術者でなければ適切な評価ができない恐れがある．今後は，検証のために実施する模型実験の結果も踏まえて，解析結果を適切に評価できるように知見をまとめる予定である．

参考文献

- 1) 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．
- 2) 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．
- 3) 「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．
- 4) 石井武司：三次元弾塑性FEMによる泥水溝壁の安定性評価に関する研究，群馬大学学位論文，2003.12
- 5) 孔壁崩壊試験による場所打ち杭の孔壁挙動解析手法の検証，第65回年次学術講演会，(社)土木学会，2010．

表1 試解析条件(モデル基本条件)

カテゴリ	項目	寸法・物性	
		Case1 (単杭モデル)	Case2 (群杭モデル)
モデル	X方向幅	15.0m	15.0m
	Y方向幅	9.3m	18.5m
	下端深度(Z方向)	19.5m	27.0m
既設基礎 (杭)	径	1.1m	0.3m×9本
	長さ(荷重導入深さ)	13.0m	12.0m
	杭先端荷重強度	5300kN	125kN/m ² (杭配置範囲全体に分布荷重として載荷)
新設杭 (孔)	径	1.5m	0.8m
	長さ	19.5m	27.0m
既・新 杭芯間隔		3.75m	3.50m
地下水	水位	GL -1.40m	GL -2.00m
	単位体積重量	9.80kN/m ³	9.80kN/m ³
孔内安定液	水位	GL +1.0m	GL +1.0m
	単位体積重量	10.03kN/m ³	10.03kN/m ³
杭頭防護	口元管先端深さ	GL -1.50m	GL -1.50m

表2 試解析条件(地盤定数等)

	下端深度 (m)	層厚 (m)	γ (kN/m ³)	N値	E (kN/m ²)	ν	C (kN/m ²)	ϕ (deg)
【Case1】								
砂-1	-2.0	2.0	15.0	5	10300	0.33	0	28.5
粘-1	-4.0	2.0	14.5	2	4120	0.33	12.5	0
砂-2	-7.0	3.0	17.1	10	20590	0.33	0	30
砂-3	-10.0	3.0	18.2	25	51490	0.33	0	34.5
砂-4	-13.0	3.0	18.5	30	61780	0.33	0	36
砂-5	-16.0	3.0	18.9	35	72080	0.33	0	37.5
砂-6	-19.5	3.5	18.9	35	72080	0.33	0	37.5
【Case2】								
砂-1	-3.0	3.0	15.0	5	10300	0.33	0	28.5
粘-1	-6.0	3.0	14.5	5	10300	0.33	31.3	0
粘-2	-12.0	6.0	15.1	10	20590	0.33	62.5	0
砂-2	-18.0	6.0	18.5	30	61780	0.33	0	36
粘-3	-27.0	9.0	15.1	10	20590	0.33	32.5	0

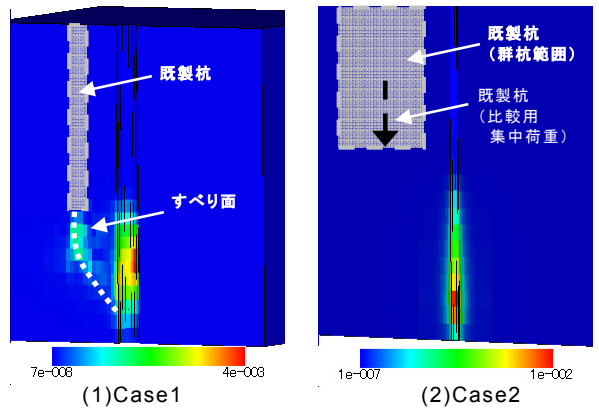


図4 8面体せん断ひずみ増分分布コンタ図