

場所打ち杭による掘削底部地盤の補強効果の解析検証

(株)大林組 技術研究所 正 ○杉江茂彦 正 崎本純治
正 上野孝之

1. はじめに

掘削底部地盤に設けられた大口径場所打ち杭の地盤補強効果について3次元地盤/地下水連成FEM解析¹⁾により検証した。事例は大阪市内の逆打工法による建物基礎の掘削工事²⁾である。ここで期待された場所打ち杭の役割は鋼直柱を介した建物荷重の支持と地震時の引き抜き抵抗である。これらの役割とは別に、掘削時の土留めや底部地盤の安定性の向上への貢献と言った仮設面での効果を試算したものである。

2. 地盤/地下水連成FEMによる施工条件のモデル化

対象地盤の構成を図-1に示す。床付けレベル(GL-24m) 辺りまで、軟弱な沖積粘土層(梅田粘土層)が厚く堆積している。同層と土留めの根入れの洪積粘土層には関口と太田の提案による弾塑性構成モデル³⁾を用いた。圧密試験を主体に設けた非線形定数値を表-1に示す。それ以深の洪積粘土層、ならびに沖積・洪積の各砂層の初期変形係数はPS検層より求め、三軸伸張試験でのDrucker-Pragerの破壊条件(Mohr-Coulombの破壊条件に内接する円)に至った地盤要素に対しては変形係数を1/100に低減させた。ポアソン比は横田・今野・栗田の実験結果⁴⁾を参考に0.35とした。また砂層の透水係数は現場透水試験の結果に基づいた。

土留め、地下水処理(ディープウェル・リリーフウェル)、場所打ち杭の施工深さ、ならびに掘削施工の概要を図-1に示す。掘削平面の規模は80m x 90mである。短辺(80m)側の中央付近の断面を解析対象とし、図-2,3に示す有限要素メッシュを用いた。図-3に場所打ち杭の配置状況を併示する。土留め壁と逆打ちスラブの模擬にはシェル要素を、掘削底部の場所打ち杭とその上部の柱(逆打ち荷重受け)にはソリッド要素を用い、コンクリートの定数値を与えた。土留め壁と地盤の間、場所打ち杭と地盤の間には薄層の地盤要素を設け、地盤の非線形性によって接触抵抗を表現した。

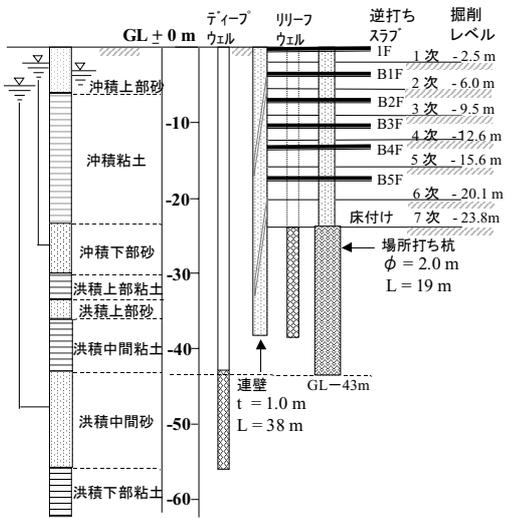


図-1 施工断面の概要

表-1 粘土地盤の非線形定数値

深さ(m)	Cc	e ₀	φ'	ポアソン比ν'	K ₀	過圧密比OCR	k (cm/sec)
沖積粘土 -6 ~ -18	0.40~1.01	1.20~1.65	23	0.36~0.38	0.57~0.62	1.0	2 × 10 ⁻⁷ ~ 8 × 10 ⁻⁷
-18 ~ -24	0.52	1.21~1.25	25	0.36	0.57	1.7	4 × 10 ⁻⁷ ~ 7 × 10 ⁻⁷
洪積粘土 上部 -30 ~ -34	0.45	1.00	26	0.36	0.57	2.0	2 × 10 ⁻⁷
中間 -36 ~ -43	0.45~0.48	0.94~0.97	29	0.34~0.36	0.52~0.57	2.5	8 × 10 ⁻⁸ ~ 2 × 10 ⁻⁷

* Cs = 0.1 X Cc を使用

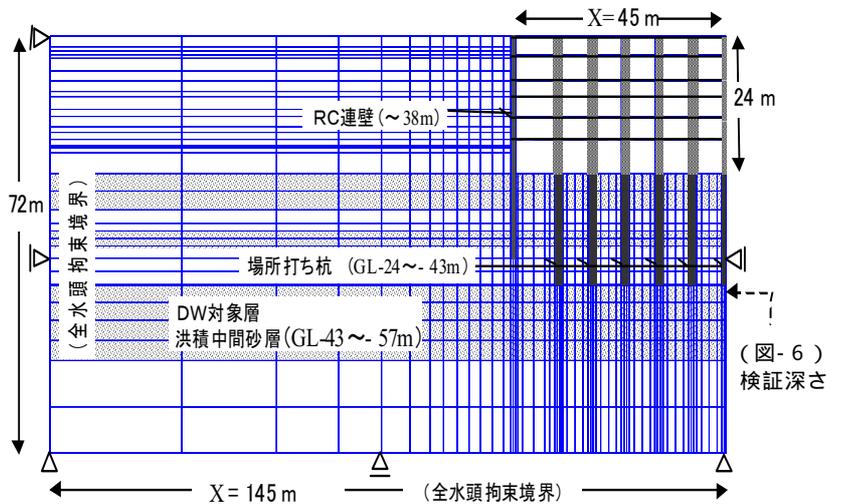


図-2 施工サイトの有限要素メッシュ(最終7次掘削時)

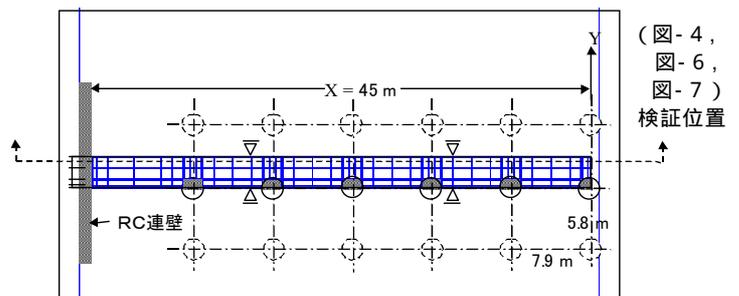


図-3 場所打ち杭の平面配置と有限要素メッシュ

キーワード : 掘削地盤、場所打ち杭、変形、応力、有限要素法解析

204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640、大林組 技術研究所 土木基礎研究室 tel:0424-95-1097、fax:0424-95-0903

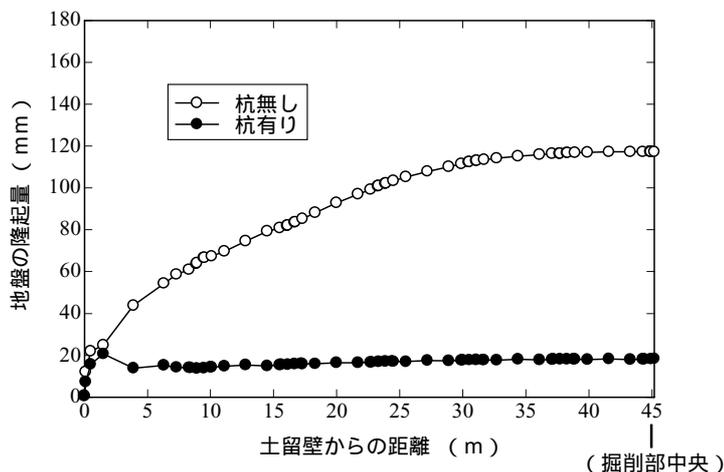


図 - 4 最終掘削時の底部地盤地表の隆起量 (解析値)

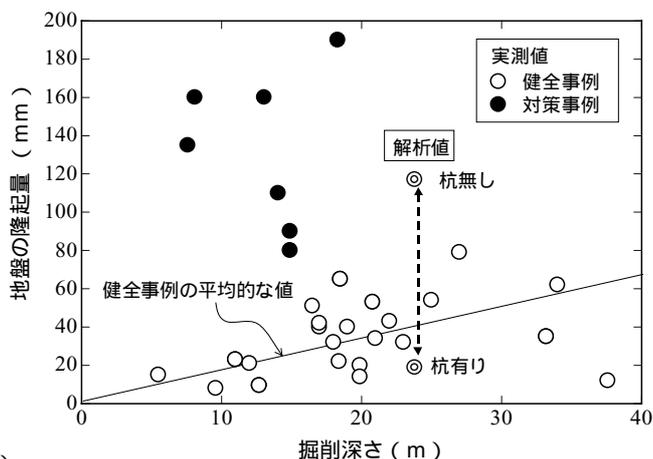


図 - 5 掘削深さと底部地盤地表付近の隆起量の関係

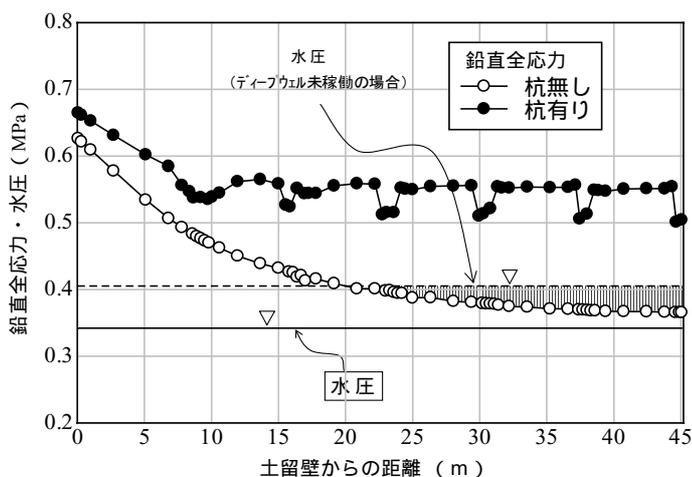


図 - 6 最終掘削時における底部下の被圧砂層上部の応力・水圧分布 (解析値)

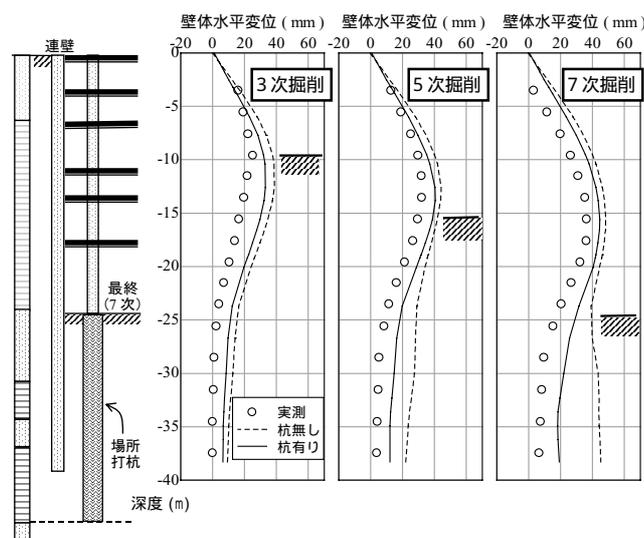


図 - 7 土留め壁の水平変位

実際の工事と同様に掘削と逆打ちスラブの繰り返し施工を順次追跡した。リリーフウェルによるドライ掘削を模擬するために、内水位を各段階で掘削レベルより1m深い位置に保つように該当節点の全水頭値を拘束した。また最終の7次掘削時の盤ぶくれ対策として実施されたディープウェル揚水については、対象となった洪積中間砂層の節点の全水頭値を実工事と同様に-6.0 m低下させて拘束することにより減圧効果を表現した。

3. 地盤と土留め壁の挙動

最終掘削時の底部地盤地表の隆起量 (解析値) を図-4に示す。検証位置を図-3に示す。掘削部中央に向かって隆起量が漸増する杭無し()での傾向とは異なり、杭有り()では全般にほぼ均一であり発生量も小さく抑制されている。実際の工事ではどの程度の隆起が発生するのであろうか。実測結果を図-5に示す。掘削底部地盤の地表付近の隆起量を掘削深さに対してプロットしたものである。この内、健全に工事が進められた事例を、隆起の発生が大きく対策が講じられた事例、あるいは計画段階から懸念されて事前に対策が講じられた事例をで示している。健全な事例においても、掘削深さ10mに対して、概ね15mm前後の隆起が実測されていることがわかる。同図には解析値(図-5の掘削部中央の値)も加えている。実際の工事を模擬した杭有りの条件での解析値は、健全事例()の平均的な値よりも小さめの値となっている。最終掘削時における底部地盤の鉛直全応力・水圧(ともに解析値)を図-6に示す。参考にディープウェル未稼働の条件での水圧(解析値)を破線で示す。検証位置は図-2、図-3に示すように最終掘削時に盤ぶくれ対策のディープウェル揚水が実施された洪積中間砂層の上部である。杭無し()では掘削中央付近に向かって鉛直全応力が低減しているが、水圧(実線)を下回ってはいない。一方、ディープウェル未稼働の水圧(破線)に対しては、下回る領域(ハンチ部)が掘削部の中央付近で生じている。盤ぶくれという観点に限れば、減圧を必要とする領域は中央付近に限定されていると言える。杭有り()では水圧に対して十分な余裕が生じている。また、図-7では杭による底部地盤の補強効果が土留め壁の変形抑制にも好影響を与えている。

(参考文献) 1) 杉江茂彦: 実務分野における三次元土/水連成 FEM解析の利用状況、地盤工学会誌「土と基礎」pp.11-14, 1995.7月号
 2) 上野孝之・水口謙: 大規模建築施工例、基礎工, Vol.21, No.7, pp.97-101, 1993.7月号
 3) Sekiguchi, H and Ohta, H: Induced anisotropy and time dependency in clay, 9th ICSMFE, Proc. Specialty session 9, pp.229-239, 1977
 4) 横田・今野・栗田: 土のポアソン比について、第15回土質工学研究発表会、pp.529-532, 1980