真空圧密工法適用地盤の FEM による挙動予測

長崎大学大学院　学生員○三原英正　　長崎大学工学部　フェロー　棚橋由彦
丸山工業株式会社　正会員　塩野敏昭　　長崎大学工学部　正会員　蒋　宇静

1. はじめに

我が国では、今日まで様々な軟弱地盤対策技術が考案されており、その中の一つに真空圧密工法がある。本工法は、真空圧により地盤内の間隙水を強制的に排水することができる。この特徴を生かして、盛土による側方へのはらみだし挙動や周辺地盤の隆起を抑制することができると考えられている。しかし、併用時の地盤挙動は十分解明されておらず、設計や施工管理は経験的手法に依存しているのが現状である。

本研究では、実現場試験施工データと有限要素法(FEM)解析による真空圧密工法の解析結果を比較し、真空圧密工法のモデル化の妥当性を検討する。また、盛土施工と真空圧密工法併用時の地盤挙動を解析により予測し、合理的な設計手法の確立を目的とする。

2. 解析概要[1)]

本研究では、関口･太田モデルを用いた土･水連成解析により真空圧密工法を模擬する。真空圧密工法とは軟弱地盤を主な対象とし、真空圧力の作用によってドレーン打設領域内の間隙水圧を低下させて、圧密を促進させる工法である。この現象を FEM 解析で表現するために、ドレーン部分に排水境界を設定し、水頭を経時的に変化させて改良域内の間隙水圧を強制的に低下させる。

2.1 解析モデル

本解析では、平成 15 年度に佐賀県小城郡芦刈町で実施された試験施工を対象とする。真空ポンプの稼動日数は 103 日であり、試験工区の改良エリアは 17.6m×187m、改良深度は約 12m である。鉛直ドレーンは 0.8m 間隔の正方形配置で GL-11m まで打設されており、その頭部を水平ドレーンと連結する。図-1 に解析モデルを示す。本解析では、地盤を平面ひずみ状態と考え、改良エリアの片側半断面をモデル化する。真空ポンプ稼動時では、試験施工の真空ポンプ内の圧力の平均値-69kPa に相当する水頭を、また停止時にはゼロの水頭を与えた。

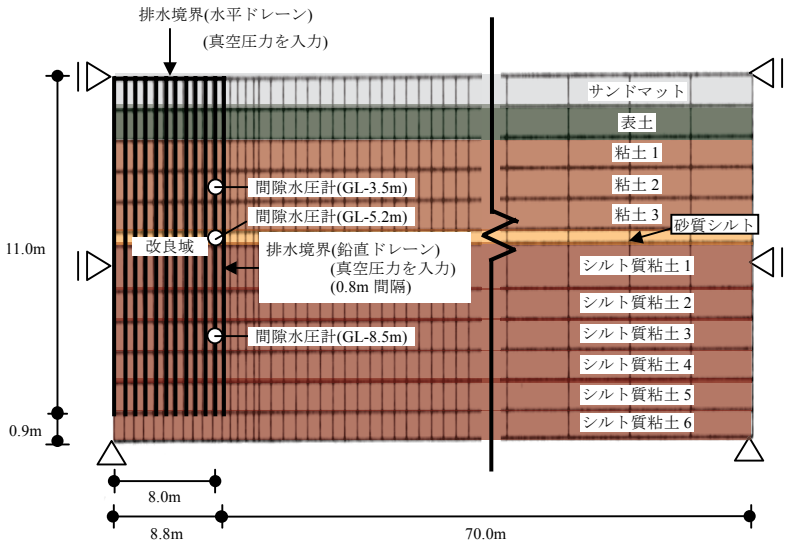

図-1　解析モデル

表-1　物性値及び解析用パラメータ

深度 GL-m	土層名	モデル	γ_t (tf/m^3)	I_p	E (MPa)	C (MPa)	φ (°)	k (cm/sec)	p_c (MPa)	C_c
0.00～1.00	サンドマット	線形弾性	1.471	－	27.9	0	35	1.000×10^{-6}	－	－
1.00～2.00	表土	関口･太田	1.667	78.6	－	－	－	3.100×10^{-7}	0.0239	1.68
2.00～3.00	粘土1	関口･太田	1.339	78.6	1.61	0.0120	0	3.100×10^{-7}	0.0239	1.68
3.00～4.00	粘土2	関口･太田	1.361	62.7	2.84	0.0139	0	2.900×10^{-7}	0.0319	2.40
4.00～5.00	粘土3	関口･太田	1.425	41.3	1.46	0.0169	0	2.500×10^{-7}	0.0476	1.65
5.00～5.50	砂質シルト	関口･太田	1.765	55.9	－	－	－	1.000×10^{-6}	0.0493	1.50
5.50～7.00	シルト質粘土1	関口･太田	1.394	55.9	3.57	0.0254	0	1.300×10^{-7}	0.0493	1.50
7.00～8.00	シルト質粘土2	関口･太田	1.383	61.9	2.65	0.0206	0	2.600×10^{-7}	0.0468	1.87
8.00～9.00	シルト質粘土3	関口･太田	1.405	61.1	3.04	0.0267	0	2.000×10^{-7}	0.0546	1.49
9.00～10.00	シルト質粘土4	関口･太田	1.408	63.8	3.32	0.0276	0	4.400×10^{-7}	0.0614	1.85
10..00～11.00	シルト質粘土5	関口･太田	1.486	44.2	4.85	0.0370	0	2.000×10^{-7}	0.0870	1.99
11.00～11.90	シルト質粘土6	関口･太田	1.605	40.9	4.50	0.0343	0	8.700×10^{-8}	0.0934	1.41

2.2 入力パラメータ

改良エリアの物性値及び解析で用いた入力パラメータを表-1 に示す。パラメータの設定に際しては、仮定

を設けることを極力避け、室内土質試験結果[2]に基づき設定した。

3. 解析結果と考察

図-2 に間隙水圧の経時変化を示す。実現場では改良域中央から横断方向に 8.0m 離れた地点に間隙水圧計を設置しており、解析ではほぼその距離に相当する地点の要素を指定した(図-1 参照)。図より、間隙水圧の低下を解析で捉えることができ、真空圧力の作用に伴う間隙水圧の低下という真空圧密工法のメカニズムを解析で概ね表現することができたと考えられる。ここで GL-5.2m の解析結果は GL-3.5m、GL-8.5m に比べ変動し、実測からずれていることが分かる。特に経過日数 47 日以降、真空ポンプ稼動時間を 9 時間から 24 時間連続運転に切り替えてから、激しく変動している。この原因として、GL-5.0m～-5.5m の砂質シルトの透水係数が挙げられる。GL-5.0m～-5.5m の砂質シルトでは、透水係数を仮定したため、GL-3.5m、GL-8.5m の解析結果に比べ変動し、更に経過日数 47 日以降、真空ポンプを 24 時間連続運転開始してからは、その仮定の影響が顕著に現れたと考えられる。

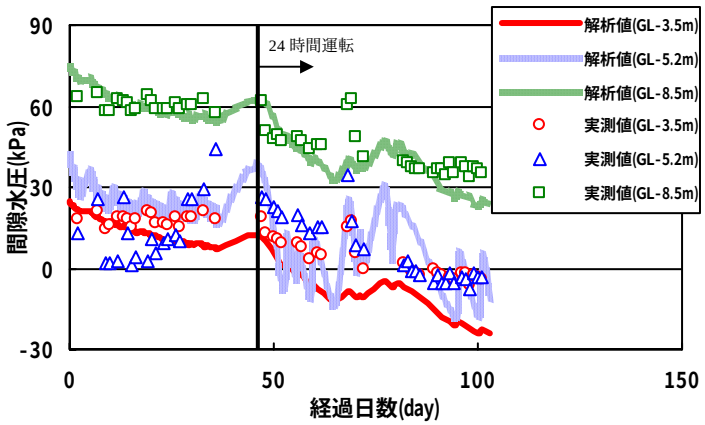

図-2　間隙水圧の経時変化

図-3 に改良域中央の沈下量の経時変化を示す。解析値と実測値が概ね一致している。しかし、経過日数 40 日、80 日辺りの真空ポンプ停止時では、実測値に比べ解析値は大きくリバウンドしている。これは、その時期に真空ポンプを停止させることが度々あり、真空ポンプ停止時の排水境界の水頭を実際より過少に与えて計算したためであると考えられる。

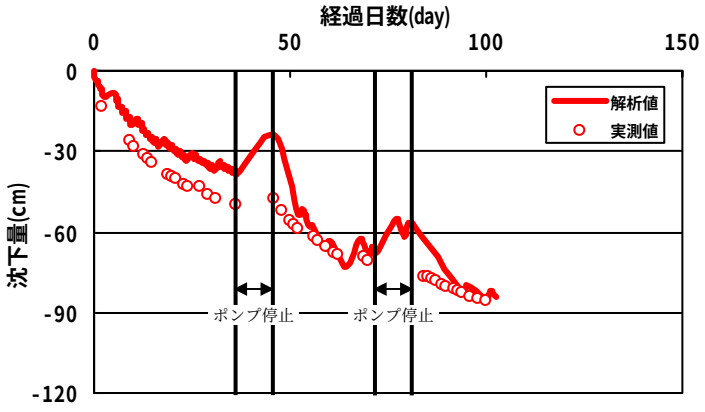

図-3　改良域中央の沈下量の経時変化

図-4 に周辺地盤の沈下量を示す。結果は経過日数 94 日のものである。解析値と実測値が概ね一致しており、実現場の周辺地盤の沈下挙動を良好に表現でき、解析より周辺地盤の沈下を予測することが可能であると考えられる。

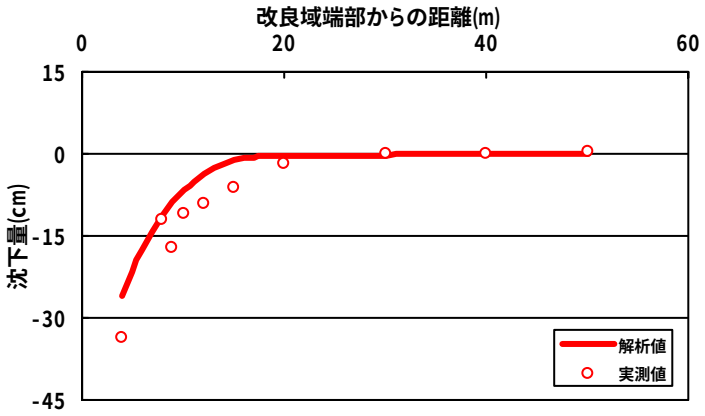

図-4　周辺地盤の沈下量

4. おわりに

本研究では、解析による真空圧密工法の地盤挙動の予測の可能性が示された。しかし、真空ポンプ停止時において、解析結果では実測値に比べ大きくリバウンドしていることより、構成モデル、入力パラメータの設定について更に検討していく必要がある。今後は、盛土施工と真空圧密工法を併用した解析を行い、併用時の地盤挙動を予測し、合理的な設計手法の確立を目指していきたい。

【参考文献】

1)　松本江基ほか：真空圧密を併用した盛土施工中の間隙水圧予測，第 38 回地盤工学研究発表会，pp.1091～1092，2003.7

2)　丸山工業(株)：道路改良第 706 号一般県道江北芦刈線道路改良工事事前調査成績書，2003.6