

盛土と真空圧密工法を併用した軟弱地盤の変形挙動解析

大阪大学大学院 正 会 員 阿部信晴
 大阪大学大学院 学生会員 加藤智章
 大阪大学工学部 学生会員 ○橋本雅司

1. まえがき

真空圧密工法は、鉛直ドレーンを打設した地盤の表面を気密シートで覆い、真空圧を作用させることによって圧密を促進して軟弱地盤を改良する方法である。最近、この手法が軟弱地盤改良工法として採用されるケースが増加し、その有用性についても数多く報告されるようになってきている。また、軟弱地盤における盛土と真空圧密工法を併用すると負圧による拘束が地盤の安定性を増加させるため、急速施工が可能となり工期短縮・コスト縮減が期待できる。しかし、真空圧の負荷・解除を用いる場合の改良メカニズムの解明や改良地盤の沈下・安定性の予測が課題として指摘されている。本報告は、粘土の弾粘塑性モデルを用いた水・土連成解析手法により盛土と真空圧密工法を併用した軟弱粘土地盤の圧密解析を行い、改良地盤の残留沈下挙動・安定性等について検討している。

2. 盛土と真空圧密工法を併用した軟弱地盤の弾粘塑性圧密解析

(1) 解析の概要

解析は厚さ 10m の軟弱粘土地盤上に高さ 2 m の局部載荷盛土を施工するケースについて実施している。図 - 1 は地盤の平面ひずみモデルの有限要素分割であり、境界条件等は図に示すとおりである。軟弱地盤は異方圧密状態にある正規圧密粘土地盤であり、有明粘土が自重堆積したものを想定している。鉛直ドレーンは板状ドレーンにモデル化している。施工は、鉛直ドレーンを打設した盛土直下の改良域に、まず 19.6kPa (0.2kgf/cm²) の真空圧を 1 日で载荷し、45 日後、39.2kPa (0.4kgf/cm²) の盛土荷重を 10 日で载荷している（盛土速度 20cm/day）。そして、盛土による圧密が圧密度 70%、80%、90%、100% に達した時点で真空载荷を停止し、3 日で真空圧を解除してそれぞれのケースの残留沈下を解析している。解析では、粘土の構成モデルとして流動曲面履歴変数モデル、解析法として連成圧密有限要素法を用いている。

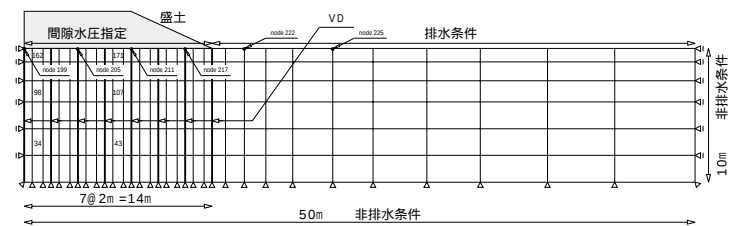


図-1 解析モデル（平面ひずみ）

(2) 解析結果

1) 真空载荷時の沈下・側方変形挙動 / 真空圧の载荷によって改良域に沈下と改良中心に向かう側方変形が生じるが、図 - 2 に示すように、非改良域での沈下および側方変形の影響範囲は、それぞれドレーン長の 1.0 倍、1.5 倍程度である。

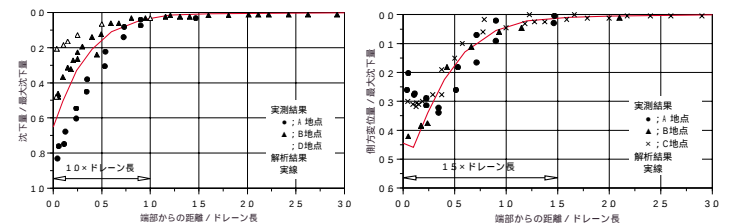


図-2(a) 地表面沈下影響範囲

図-2(b) 側方変位影響範囲

2) 間隙水圧・応力経路挙動 / 図 - 3 は、盛土工における地盤内間隙水圧分布の経時変化を示したものである（圧密度 90% で真空停止）。真空圧の载荷により負圧となった地盤内の間隙水圧は、盛土荷重の载荷によって地盤のほぼ全域で正圧（図 - 3 (d)）となるが、正の間隙水圧の発生は低く抑えられる。そして、真空圧の解除により間隙水圧は消散し、地盤は過圧密化する。図 - 4 は、図 - 1 に示す要素 43 の有効応力経路・全応力経路を示したものである。真空载荷工法を用いるもの以外に、鉛直ドレーン打設のみの緩速施工（盛土速度 2 cm/day）と急速施工（盛土速度 20cm/day）、無処理地盤の緩速施工（盛土速度 20cm/day）の

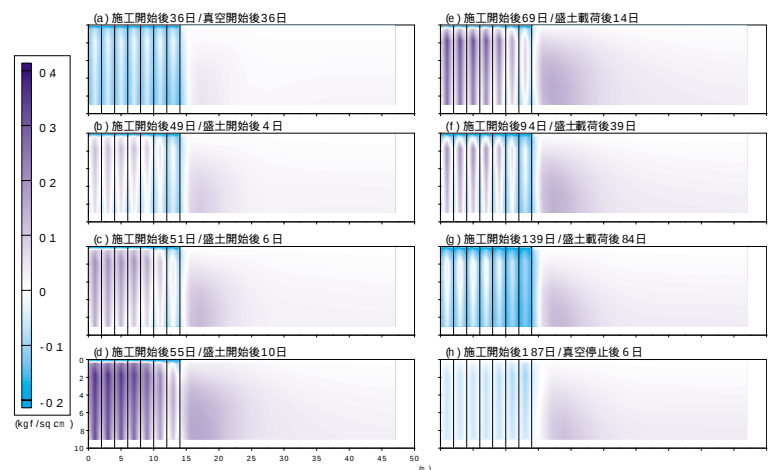


図-3 間隙水圧分布

キーワード：真空圧密工法，地盤改良，土・水連成圧密解析

連絡先：吹田市山田丘 2 - 1，TEL：06 - 6879 - 7624，FAX：06 - 6879 - 7629

応力経路も示されている。真空载荷により急速施工時の有効応力経路が限界状態線に近づくなり、盛土载荷時の地盤の安定性が改善されることが分かる。

3) 残留沈下挙動 / 図 - 5, 6 は、それぞれ地表面沈下量（盛土中心）と残留沈下量（真空停止後の沈下量）と時間の関係を示したものである。図 - 5 には、鉛直ドレーン打設のみの急速施工の結果も示している。圧密度 70%, 80% で真空停止すると、ほとんど膨潤せずに早期に沈下が発生するのに対して、圧密度 90%, 100% で真空停止すると、膨潤が長期にわたって継続し沈下の発生が遅れる。そして、いずれの場合も最終的には鉛直ドレーン打設のみの急速施工の沈下曲線に漸近する。真空圧密工法はプレローディング工法と同様に除荷による地盤の過圧密化によって残留沈下を抑制するものであり、残留沈下を発生させないためには圧密度 90% 程度の予圧密が必要である。

4) 真空载荷の停止時期 / 真空圧密工法では真空载荷装置の稼働期間が施工コストに大きく係わることから、残留沈下の抑制、コスト縮減の両面から真空载荷の停止時期を適切に設定することが必要である。図 - 7 は真空停止時の地盤内の間隙水圧分布を示したものである。圧密度 70%, 80% では正の間隙水圧が残留しているのに対して、圧密度 90%, 100% ではほとんど消散している。すなわち、真空停止時に地盤内に正の間隙水圧が残留しているケースにおいて早期に残留沈下が発生することがわかる。間隙水圧は計測するポイントに注意する必要があるが、このケースで間隙水圧が消散した時点での圧密度は 86% である。したがって、地盤内の間隙水圧の消散は真空停止時期の指標となり得る。また、地盤表面の沈下速度 0.3, 0.2cm/day に対応する圧密度は、それぞれ 79%, 86% であり、沈下速度も真空停止時期の指標になり得る可能性がある。

3. まとめ

流動曲面履歴変数モデルおよび土・水連成有限要素解析法を用いて真空圧密工法により改良された粘土地盤の圧密挙動解析を行なった。その結果を以下にまとめる。

1) 圧密度 70%, 80% で真空停止すると、早期に沈下が生じるのに対して、圧密度 90%, 100% で真空停止すると膨潤が長期にわたって継続し沈下の発生が遅れる。

2) 真空圧密工法は、除荷による地盤の過圧密化によって残留沈下を抑制するものであり、残留沈下を発生させないためには圧密度 90% 程度の予圧密が必要である。

3) 地盤内の間隙水圧と残留沈下には密接な関連があり、正の間隙水圧が消散した状態で真空停止すれば残留沈下を低減することができる。また、沈下速度（0.2 ~ 0.3cm/day）は真空停止時期の指標となり得る可能性がある。

参考文献 1) 川井田 実他：真空圧密工法の地盤改良効果，第 34 回地盤工学研究発表会発表講演集，1999，pp1089-1090. 2) 安部 哲生他：真空圧密工法を用いた軟弱地盤の沈下対策，第 35 回地盤工学研究発表会発表講演集，2000，pp1361-1362. 3) 松本 江基他：真空圧密下のドレーン周辺の地盤挙動，第 35 回地盤工学研究発表会発表講演集，2000，pp1363-1364. 4) 松本 江基他：残留沈下を考慮した真空圧密工法の真空载荷期間の設定手法について，第 55 回土木学会年次学術講演会講演概要集，2000，pp398-399. 5) 松本江基他：真空圧密下における盛土の安定性について，第 36 回地盤工学研究発表会発表講演集，2001，pp1063-1064.

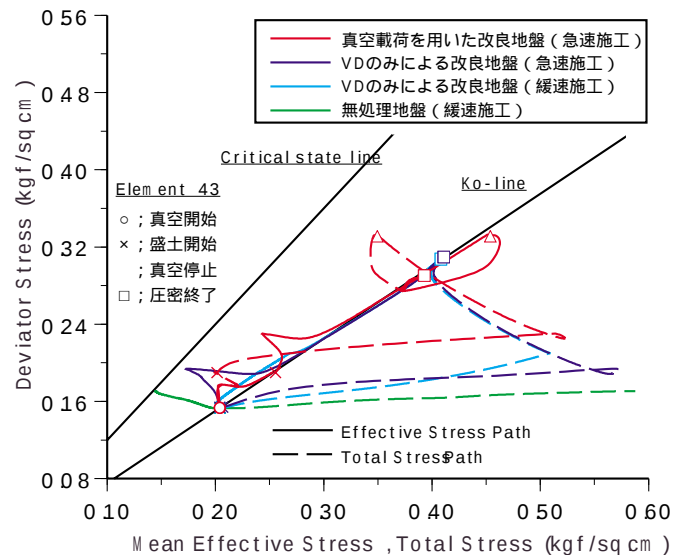


図-4 有効応力・全応力経路図

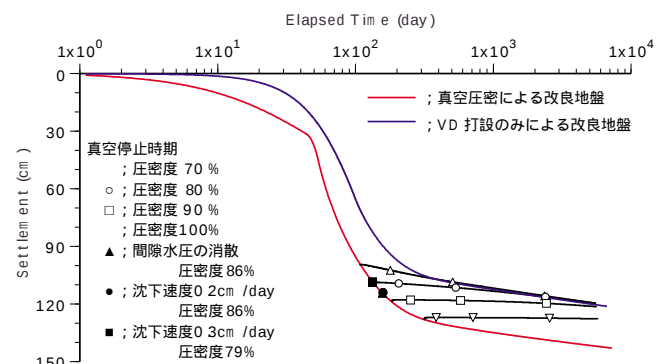


図-5 沈下量経時変化

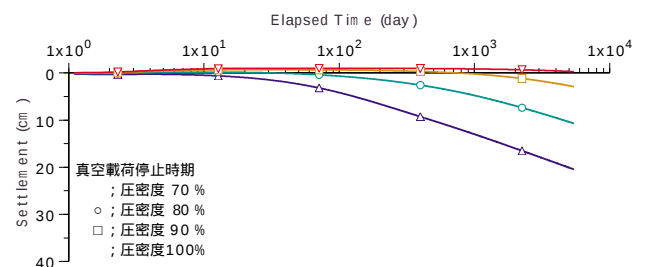


図-6 残留沈下量経時変化

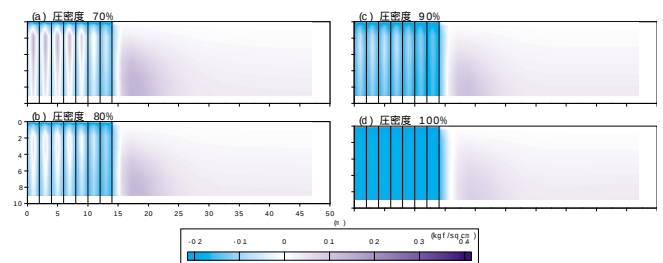


図-7 間隙水圧分布