

室内三軸真空圧密実験による真空圧密工法の強度増加の解明

長崎大学工学部 学生会員 古賀小百合 フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本知史
 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋由彦 学生会員 柿田亮輔

1. はじめに

我が国は世界でも有数の軟弱地盤国であり、軟弱地盤上に道路や構造物を建設せざるを得ない。また、近年、施工機械の進歩や、新材料の開発、環境保全意識の高揚などの社会背景に加え、工期短縮、工費削減が社会的に要求され、地盤改良に関する技術の向上および新たな技術の開発が求められている。このような状況に対し、効率化やコスト削減を図る工法として真空圧密工法が注目されている。しかし、真空圧密工法の詳細なメカニズムや定量的な効果は未だ解明されていない現状にある。そこで本研究では、盛土施工と真空圧密載荷を併用する真空載荷工法を模擬した室内三軸模型試験を実施することで、深度および真空載荷期間が及ぼす影響などを把握する。

2. 試験の概要

2.1 三軸真空圧密試験

本研究では攪乱試料を予圧密することで、再構成した供試体を作製した。供試体の作製方法は、粗粒分除去後、滑らかな状態になるまで攪拌したものに、設定深度相当の有効土被り圧を負荷し、両面排水の条件で予圧密させた。予圧密完了後、直径 7.5cm、高さ 15cm の円柱供試体に成型した。

真空載荷盛土工法の原理を模擬した三軸真空圧密実験装置の概要を図-1 に示す。供試体中央にドレーン材（引張りピストンリングにキッチンペーパーを巻き作成）側方に間隙水圧計を設置し、間隙水圧計の飽和には十分に脱気した水を使用した。ドレーン材を介して真空圧を作用させ、排水条件は試料の外周からドレーン材に向かう放射流のみである。

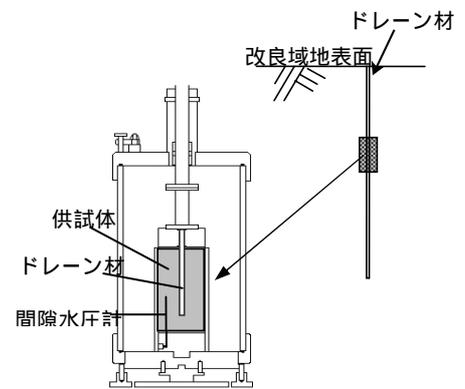


図-1 三軸室概要図

真空圧は、現在実現場で用いられている-80kPaを作用させた。真空載荷期間を経て、段階載荷（盛土速度 3.44kPa/10分）を行った。なお、供試体が実地盤の環境に近い状態で実験を行うために、真空圧作用前において初期地盤応力に相当する軸圧と側圧を供試体に負荷した。軸圧は各供試体深度までの各層の単位体積重量に層厚を乗じた値の総和、側圧はこれに静止土圧係数 $K_0=0.5$ を乗じた値とし、それぞれ負荷した。軸変位は各部変位計により計測し、体積変化量は排水量の計測値を用いて計算した。

また、一般的な三軸圧縮試験において、軸ひずみ 15% になった時を破壊基準としているが、この実験では、G6-V20 のケースにおいて、軸ひずみが 15% に達する前に破壊していることから、この実験では、軸ひずみが 10% に達したときを、破壊基準とするものとする。

2.2 実験ケースの設定

表-1 の実験ケースに示すように、設定深度は 3m とし、それぞれに無載荷のケース、真空圧を 20 日、40 日間載荷させるケースを行う。これらは、既往の深度 6m のケース¹⁾と比較するものとする。室内実験における 10 分間は、バロンの式により算出した実現場での 1 日に相当する時間である。

表-1 実験ケース

ケース	設定深度 (m)	真空載荷時間 (日)
G3-V0	3	0
G3-V20		20
G3-V40		40
G6-V0	6	0
G6-V20		20
G6-V40		40

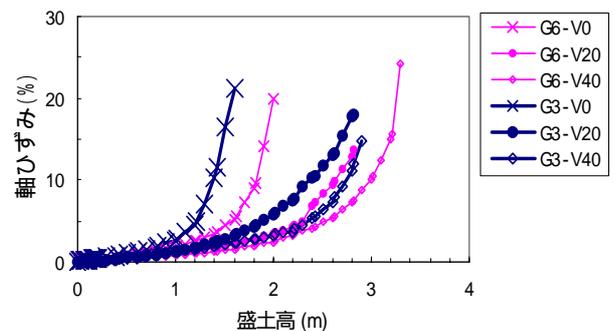


図-2 軸ひずみの経時変化

3. 実験結果と考察

3.1 軸ひずみによる限界盛土高の推定

図-2 に軸ひずみの経時変化を示す。横軸の盛土高は載荷重から換算したものである。図-3 に各ケースにおける盛土高と真空載荷時間の関係を示す。G3 グループでは、段階載荷前に真空載荷をしなかった場合の盛土高は約 1.4m、真空載荷を 20 日おこなった場合では盛土高約 2.38m、真空載荷を 40 日おこなった場合では約 2.74m となった。G3 グループ、G6 グループの両ケースとも、真空載荷期間が長いほど、限界盛土高は高くなる。また、G3 グループの場合よりも、G6 グループの場合の方が、限界盛土高が高くなるのは、深度が深い方が、自重が大きくなり、より圧密されるためと考えられる。また、段階載荷前に真空載荷を 0 日、20 日、40 日それぞれおこなった際の G3 グループ、G6 グループの盛土高の増加量を比べると、G3 グループの方の傾きが大きいことより、深度が浅い方が真空圧密をおこなった際、効果が大きいということが言える。よって、真空圧密工法は、深度が浅い場合の方が有効だと考えられる。さらに、段階載荷前に真空載荷しない場合と真空載荷を 20 日間おこなった場合では、G3 グループ、G6 グループともに、限界盛土高が大きく変化するが、真空載荷を 20 日間おこなった場合と真空載荷を 40 日間おこなった場合を比較すると、それほど大きな変化は見られない。つまり、真空載荷期間は 20 ~ 40 日の間で、限界盛土高の変化が小さくなっていくと考えられる。

3.2 体積ひずみについて

図-4 に体積ひずみの経時変化を示す。段階載荷前の排水量が、真空載荷期間が長くなるにつれ大きくなるため、段階載荷時の排水量が少なくなり、体積ひずみも小さくなると考えられる。これより、含水比の高い試料には有効だが、深度が深く、すでに圧密されている試料には、効果が小さいと考えられる。

3.3 側方ひずみ

図-5 に側方ひずみの経時変化を示す。側方ひずみに関しては、段階載荷前に 20 日間真空載荷をおこなった場合と 40 日間真空載荷をおこなった場合では盛土高約 2.5~3.0m の間で、側方ひずみが急激に変化しているのに対し、段階載荷前に真空載荷をしなかった場合では他ケースと比べて、早い段階で側方ひずみが急激に変化することがわかる。

4. おわりに

本試験より、真空圧密工法によりひずみの挙動を調べ、真空圧密を載荷することで、限界盛土高を高くすることができることを確認できた。今後は深度と真空載荷時間の関係性について着目するため、新たに設定深度を 8m にし、実験を行う予定である。

【参考文献】1) 柿田亮輔 他：室内三軸真空圧密実験による真空圧密工法の強度増加の解明，土木学会西部支部研究発表講演概要集，p421-422，2010、 2) 真空圧密技術協会：高真空 N&H 工法 - 改良型真空圧密工法 - 技術資料 (2004) 3) 棚橋由彦，斉藤史哲，蔣 宇静，上原高寛，三原英正：真空圧密工法の室内模型実験と試験施工による圧密促進効果の解明，第 39 回地盤工学研究発表会論文概要集(CD-ROM)，D-05，NO.481，pp961-962，新潟(2004.7)

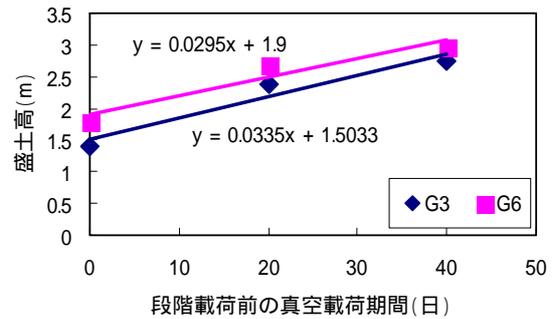


図-3 盛土高と真空載荷時間関係

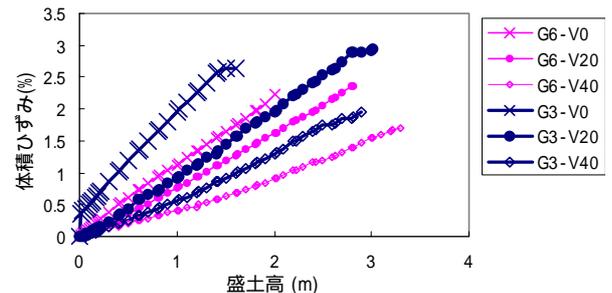


図-4 体積ひずみの経時変化

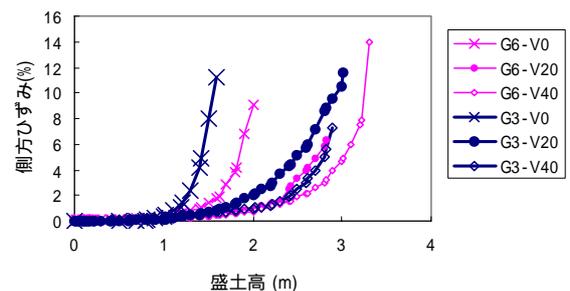


図-5 側方ひずみの経時変化