

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 ○柿田亮輔

長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋由彦

長崎大学大学院 学生会員 岩永健二

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静

長崎大学工学部 正会員 杉本知史

1.はじめに

我が国は世界でも有数の軟弱地盤国である。加えて国土が狭く、人口が多いため、軟弱地盤上にも構造物を建設せざるを得ない。また、近年、施工機械の進歩、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できていない現状にある。

そこで本研究では、真空圧密工法を模擬した室内三軸真空圧密実験を実施し、その後一面せん断試験を行うことで、真空圧密工法による強度増加を明らかにする。

2.試験の概要

2.1 三軸真空圧密試験について

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。真空圧は、現在実現場で用いられている -80kPa を作用させた。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。

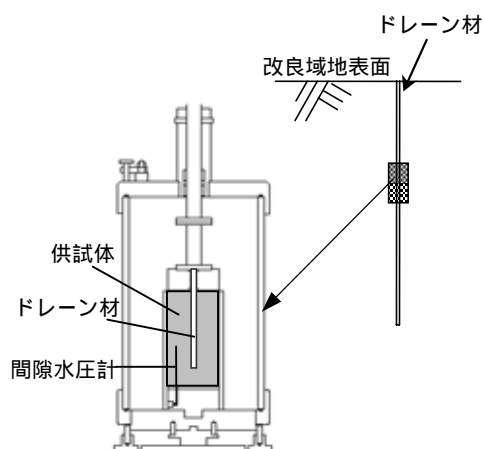


図 - 1 三軸室概要図

表 - 1 実験ケース

ケース	設定深度(m)	真空載荷時間(日)
D3T0	3	0
D3T20		20
D3T40		40
D6T0	6	0
D6T20		20
D6T40		40

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 および 6m 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。その後一面せん断試験を行うことで強度増加を定量的に確認する。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。

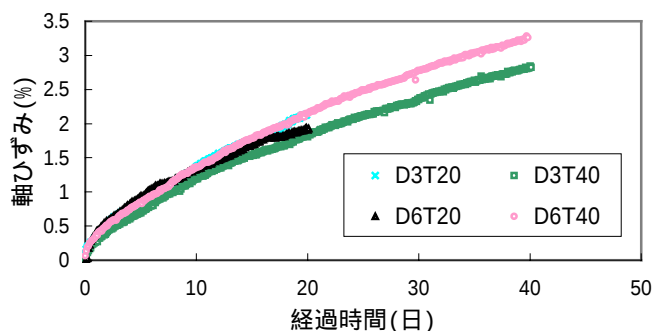


図 - 2 軸ひずみの経時変化

3.実験結果と考察

3.1 軸ひずみ、体積ひずみ、側方ひずみの経時変化

図 - 2 に真空载荷中の軸ひずみ、図 - 3 に体積ひずみ、図 - 4 に側方ひずみの経時変化を示す。すべてにおいて曲線は同様の傾向を示しているが、軸ひずみに関しては D3T40 と D6T40 を比べると D6T40 の方が大きくなっている。体積ひずみ、側方ひずみに関しては D3T40 の方が D6T40 より大きくなっている。また、含水比 (図 - 5 参照) に関しては真空圧を長時間载荷することにより、設定深度 3m、6m どちらも明らかに含水比が大きく減少しているがわかる。含水比の減少傾向については、設定深度 3m で 8%、6m で 8%減少しており、20 日後から 40 日後までの減少量が 3m で 4%、6m で 6%減少しているため、どちらの場合も真空载荷前から 20 日後までの減少量の値の方が大きい。これらのことは、設定深度 3m の方が 6m より初期含水比が高いため (図 - 5 参照) 真空圧を 20 日、40 日それぞれ作用させた際の排水量が大きく、体積ひずみならびに側方ひずみが大きくなったものと考えられる。軸ひずみに関しては 6m の方が大きくなっているが、攪乱試料を用いた場合設定深度を変えても生じるひずみは大きく変わらないことから、設定深度による差はあまり生じていないことがわかる。

3.2 強度増加について

一面せん断試験を行う際、拘束圧を 30kPa、60kPa、90kPa とし、真空载荷期間と粘着力およびせん断抵抗角との関係を調べる。図 - 6 に示すせん断抵抗角に関しては多少のばらつきが見られたため、真空圧密による強度増加は、粘着力に明確にあらわれるのではないかと考えられる。図 - 7 に示す粘着力に関しては、载荷期間を設けない場合の粘着力が設定深度 3m で 5kPa、6m で 6kPa、20 日間真空をかけた場合の粘着力が 3m で 14kPa、6m で 13kPa となっており、どちらの場合も 2 倍近く増加している。40 日間真空をかけた供試体については、3m で 19kPa、6m で 21kPa となっており、さらに粘着力が増加していることがわかる。以上より、真空载荷前から 20 日後までの期間がより影響しやすいと推測され、さらに真空を長時間载荷させるほど、強度も増加していくことから、真空圧密は強度増加に大きく寄与するものと考えられる。

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、さらに一面せん断試験を行うことによって強度増加を把握することができた。今後は限界盛土高の把握を目的として真空载荷後にさらに段階载荷試験を行う予定である。

【参考文献】1)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)

2)棚橋由彦, 斉藤史哲, 蔭 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, 新編(2004.7)

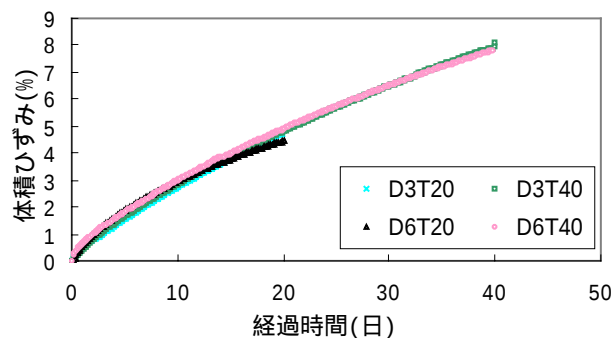


図 - 3 体積ひずみの経時変化

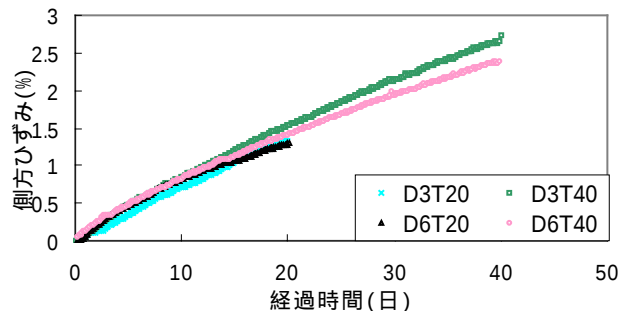


図 - 4 側方ひずみの経時変化

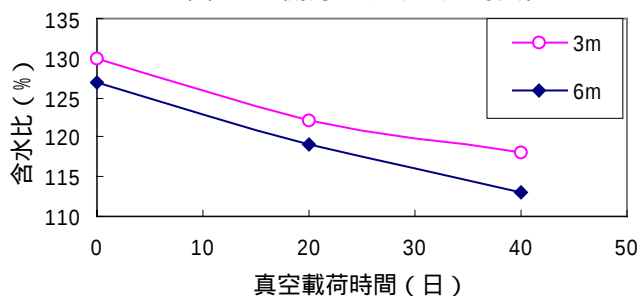


図 - 5 含水比 真空载荷時間関係

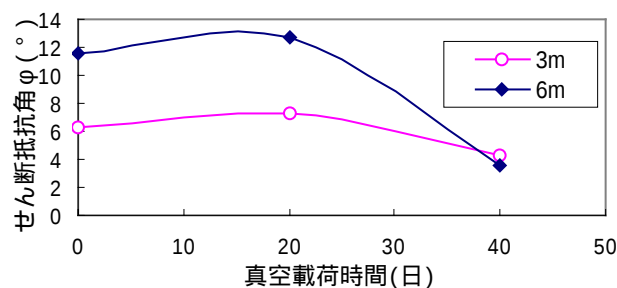


図 - 6 せん断抵抗角 真空载荷時間関係

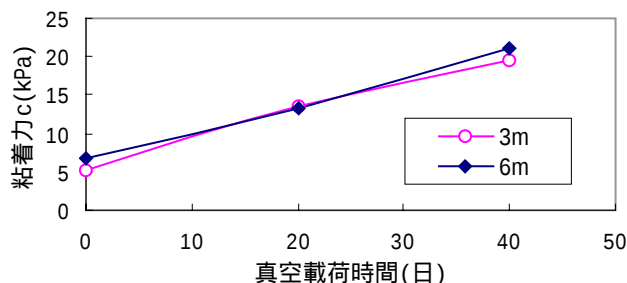


図 - 7 粘着力 真空载荷時間関係