室内模型実験による真空載荷盛土工法の挙動把握

長崎大学工学部　学生会員　○長崎健吾　　長崎大学大学院　学生会員　岩永健二
長崎大学工学部　フェロー会員　棚橋由彦　　長崎大学工学部　正会員　蒋　宇静
長崎大学工学部　正会員　杉本知史

１．はじめに

我が国では、国土の地理的制約のため軟弱地盤上に構造物を建設する機会が多い。軟弱地盤対策技術が発達する中、近年では工期短縮、工費削減が社会的に要求され、技術の向上および新たな技術の開発が求められている。これらを満たす工法の一つとして、真空載荷盛土工法が注目されている。しかし、真空圧密による軟弱地盤の変形メカニズムや定量的な地盤改良効果は未だ解明できておらず、合理的な設計手法も確立されていない現状にある。

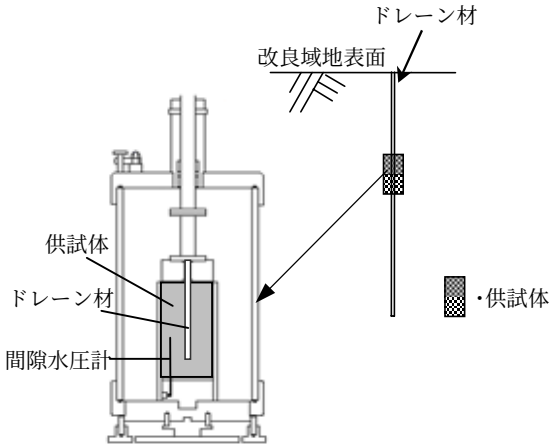
そこで本研究では、盛土施工と真空圧密施工を併用する真空載荷盛土工法を模擬した室内三軸模型実験を実施することで真空載荷期間が地盤挙動に及ぼす影響を把握する。

２．実験の概要

2.1　三軸真空圧密実験について

本研究では撹乱試料を予圧密することで、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（6.00m）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、供試体が実地盤に置かれている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地盤内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。軸ひずみ、体積ひずみについては真空圧負荷前の供試体高さ、体積をそれぞれ基準として算出した。側方ひずみは軸ひずみと体積ひずみとの関係式より間接的に求めた。



図－１　三軸室概要図

2.2　実験ケースの設定

実験ケースを表－１に示す。本研究では真空載荷期間に着目してケースを設定した。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。最も基本的なケースである v0-0 は、盛土を模擬した段階載荷（盛土速度 2.58kPa/10 分）を 100 分間に亘り行う。これは実現場において、盛土速度 20cm/day、盛土高 2.0m を模擬している。これに対し、v0-100 と v200-100 は盛土載荷中および盛土載荷前にも真空載荷期間を設定した。v0-100 については真空載荷ならびに盛土を模擬した段階載荷を 100 分間に亘り行う。真空載荷は段階載荷期間のみとした。v200-100 は盛土載荷前に 200 分の真空載荷期間を設定し、真空載荷ならびに盛土を模擬した段階載荷を 100 分間に亘り行う。なお、以下の結果と考察では実現場スケールに換算した値を用いる。

表－１　実験ケース

case	真空載荷期間(分)		合計真空圧載荷期間(分)
	盛土前	盛土中	
v0-0	0	0	0
v0-100	0	100	100
v200-100	200	100	300

３．実験結果と考察

3.1　段階載荷による軸ひずみと側方ひずみの推移

図－２に軸ひずみ、図－３に側方ひずみの段階載荷以降の経時変化を示す。v0-0 と v0-100 ではそれぞれ盛土開始 7 日、10 日後に軸ひずみ、側方ひずみがともに急激に変化し、破壊していることが分かる。このときの盛土高はそれぞれ 1.4m、2.0m である。このことより、真空載荷を行った v0-100 では段階載荷のみの v0-0 よりも限界盛土高が 0.6m 増加したことがわかる。v200-100 では破壊することなく、盛土高 2.0m 相当の盛土が可能であった。軸ひずみについては、v0-0 よりも v0-100 と v200-100 の方が大きい値となる。これは段階載荷と真空載荷による軸ひずみが発生したためと考えられる。側方ひずみについては、v0-0 より v0-100 と v200-100 の方が小さい値となる。これは真空載荷により段階載荷に伴う側方膨張が抑えられたためと考えられる。v0-100 より v200-100 の側方ひずみが小さいため、段階載荷前にも真空をかけることで側方膨張をより抑えることができると考えられる。このことより、真空載荷期間が軸ひずみ、側方ひずみに大きく影響することがいえる。

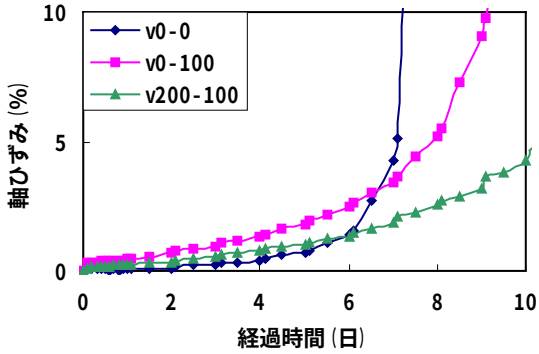
3.2　三軸真空圧密実験による軸ひずみと側方ひずみの推移

図－４に軸ひずみ、図－５に側方ひずみの三軸真空圧密実験全体の経時変化を示す。経過時間の負値は、段階載荷前に行った真空載荷期間である。v200-100 での側方ひずみについては、盛土完了時の 30 日でほぼ 0 に近い値となる。これは、段階載荷前の真空載荷により側方収縮が起こり、その後、段階載荷による側方膨張が起こるためと考えられる。このことから、段階載荷前に真空載荷を行うことで周辺地盤への影響を軽減することが可能であると考えられる。しかし、段階載荷後に真空載荷を解除し、その挙動を見ると、軸ひずみ、側方ひずみ共にゆるやかになり、急激な変化はないものの破壊が起こると思われる軸ひずみと側方ひずみが発生しているので破壊していることが分かる。このことから、真空載荷解除後の側方ひずみを抑制し、周辺地盤への影響を軽減するためには段階載荷後もしくは段階載荷前に真空載荷を十分に行う必要があると考えられる。

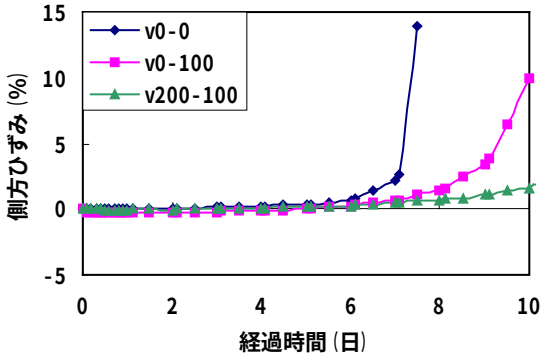
４．おわりに

本実験より、盛土中に真空載荷を行うことでより高い盛土が可能であることがわかった。盛土前および盛土中に真空圧をかけることで周辺地盤への影響が軽減できることがわかった。

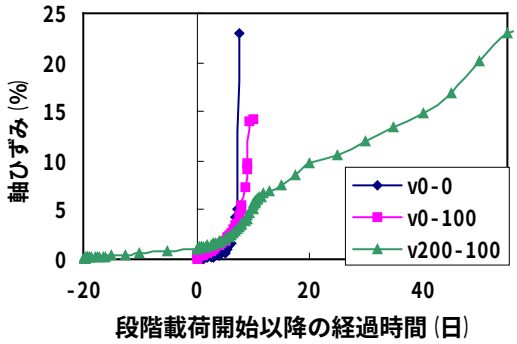
今後は、さらに真空載荷期間を変えたケースおよび真空圧を段階載荷後にもかけるケースを実施することで、効率的かつ安定した盛土施工手順を提案することを目標とする。



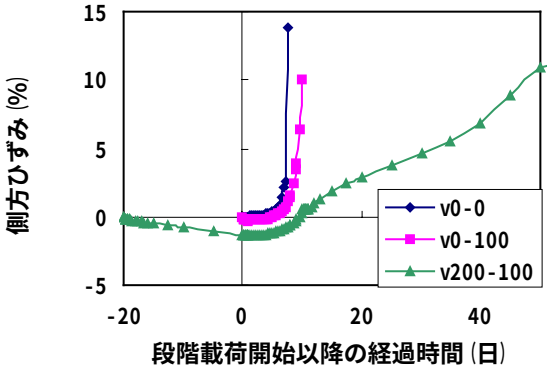
図－２　段階載荷中の軸ひずみの経時変化



図－３　段階載荷中の側方ひずみの経時変化



図－４　軸ひずみの経時変化



図－５　側方ひずみの経時変化

【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，蒋 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)