

## 室内三軸模型試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 ○岩永健二

長崎大学大学院 学生会員 川畑宏志

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 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。そのため軟弱地盤対策技術が発達してきた。近年、多くのプロジェクトでは工期短縮、工費削減が図ることができ、効率性、安全性の高い施工方法が求められている。これらを満足する工法として、先行圧密のため土砂の搬入や撤去がなく、地盤強度に応じた段階施工の必要のない真空圧密工法が挙げられる。しかし、真空圧密工法の改良メカニズムや効果は未だ解明されておらず、合理的な設計手法も確立されていないのが現状である。

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試験を実施し、工法適用時における地盤挙動や盛土の安定性を把握し、合理的な設計手法の確立を目指す。

### 2.三軸真空圧密試験の概要

真空圧密工法の原理を模擬した三軸真空圧密試験装置の概要図を図-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製)、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試験を行うために、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。軸変位は外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。

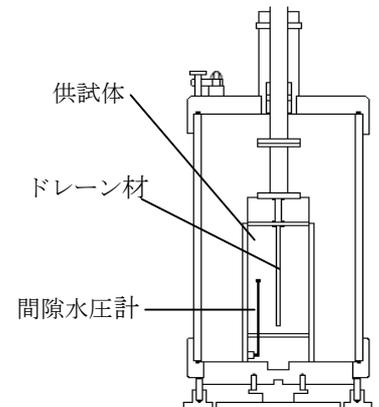


図-1 三軸室概要図

本研究で使用した供試体は、2002年に佐賀県旧小城郡で行った試験施工の際に不攪乱採取した有明粘土を用いた。本試験に使用した供試体の採取地点から2m離れた地点の室内土質試験結果を表-1に示す。また、供試体はシンウォールサンプラーより抜き出した直径7.5cm、高さ15cmの円柱供試体である。

### 3.試験ケースの設定

試験ケースを表-2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。試験ケースでの10分は、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case1は、真空載荷ならびに盛土を模擬した段階載荷(盛土速度2.58kPa/10分)を130分間に亘り行う。これは、実現場において、盛土速度15cm/day、設定盛土高2.0mを模擬している。真空載荷は段階載荷期間のみとした。これに対し、case2~4は盛土載荷前後にも真空載荷期間を設定した。case2は盛土前に1200分、盛土後に400分、case3は盛土前に400分、盛土後に1200分、case4は盛土前に400分、盛土後に400分の真空載荷期間を設定した。供試体にはcase1・3・4は深度-8.00m~-8.90m、case2は深度-9.00~-9.90mの不攪乱試料を用いる。なお、以下の結果では実現場スケールに換算した値を用いる。

表-1 室内土質試験結果

深度	GL-(m)	8.00~8.90	9.00~9.90
自然含水比	$W_n$ (%)	115	117
飽和度	$S_r$ (%)	100	100
一軸圧縮強度	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	48.9	44.1
粒度組成	礫分(%)	0	0.1
	砂分(%)	4.2	1.9
	シルト分(%)	37.5	35
	粘土分(%)	58.3	63
工学的分類		シルト	粘土

**4.真空载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 に側方ひずみの経時変化を示す。case1 は盛土開始 8 日後に軸ひずみ、側方ひずみがともに急激に変化しており、破壊していることがわかる。このときの盛土高はおよそ 1.3m である。これに対し、case2~4 では破壊することなく設定盛土高まで盛土が可能であった。最大軸ひずみは case2、case3 が約 12%、case4 が 9.5% となり、真空载荷期間が長いほど軸ひずみは大きくなるといえる。側方ひずみは case2~4 の全てにおいて盛土開始後、下降したのち横ばいに推移している。また、case3・4 より case2 の側方ひずみが大きい。このことより、盛土前に長い真空载荷期間を設定すると周辺の地盤への影響が大きくなると考えられる。case3 と case4 は軸ひずみでは差が見られたものの、側方ひずみでは差は見られないので、盛土後の真空载荷期間は 40 日で十分効果が得られると考えられる。

**5.真空载荷と圧力伝播率の関係**

図-4 に case3・4 の圧力伝播率の経時変化を示す。圧力伝播率は下記の式(1)を用いて定義する。

$$\text{圧力伝播率(\%)} = \frac{\text{間隙水圧 (kPa)}}{\text{設定真空圧 (kPa)}} \times 100 \quad (1)$$

case3 は経過 40 日で約 55% まで圧力伝播率は上昇し、盛土開始後 10 日程度で下降を始め、経過 70 日時点で約 48% まで低下するが、その後の真空载荷により、60% 程度まで上昇する。case4 は盛土開始後もゆっくり上昇し、経過 80 日時点で 60% まで上昇している。その後、真空解除後徐々に下降している。case3 での圧力伝播率の下降、また case4 においても圧力伝播率の上昇が緩やかになったのは、盛土により過剰間隙水圧が発生したためであると考えられる。その後、過剰間隙水圧の消散と共に圧力伝播率も上昇したと考えられる。case3・4 共に最大圧力伝播率は 60% となり、真空解除後も大きな差は見られなかった。また、真空解除後もゆるやかに下降していることから真空解除後、短期的に周辺地盤に大きな影響を与えることはない予測される。

**6.おわりに**

本試験より、盛土が可能なおよそ 1.3m 真空载荷期間が同じ場合は盛土前後どちらに真空载荷期間を長く設定しても同じ効果が得られることがわかった。また、真空圧力解除後の周辺地盤への影響が小さいこともわかった。今後は、さらに真空载荷期間を変えたケースを実施することでより、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。

表 - 2 試験ケース

case	真空载荷期間(分)			盛土放置期間 (真空圧解除) (分)	合計真空圧 载荷期間 (分)
	盛土前	盛土中	盛土後		
1	0	130	0	1900	130
2	1200		400	300	1730
3	400		1200	300	1730
4	400		400	1100	930

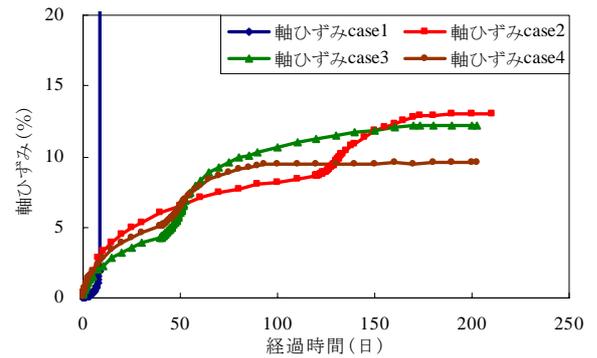


図-2 軸ひずみの経時変化

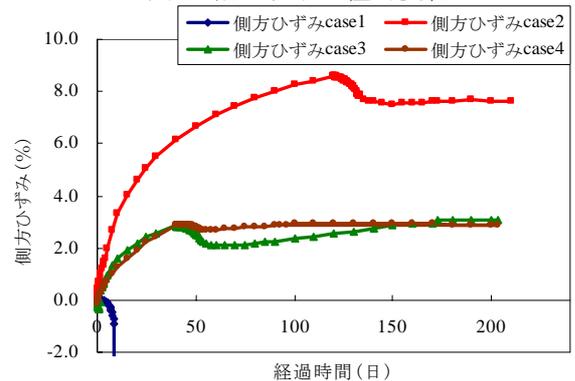


図-3 側方ひずみの経時変化

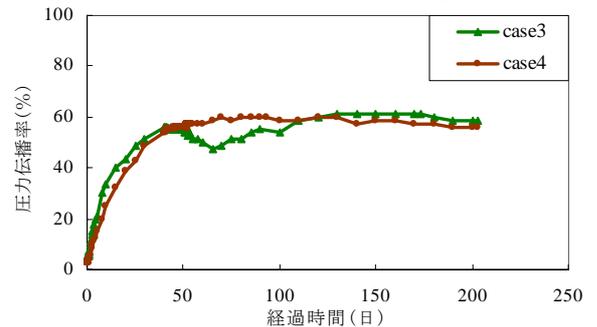


図-4 圧力伝播率の経時変化

【参考文献】1) 棚橋由彦, 齊藤史哲, 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, pp.961-962, 新潟(2004.7)  
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)