

高機能フィルターを活かしたサイフォン原理による高含水比粘土の圧密排水効果

九州大学大学院 正 ○石蔵 良平 F 安福 規之 学 宗田 昇大
 長崎大学大学院 正 杉本 知史
 防衛大学校 正 宮本慎太郎

1.はじめに

近年、国内外において、浚渫土砂に代表される高含水比粘土を有効利用する技術が強く求められている。地盤材料として利用するためには、高い含水比を所定の強度に達するまで脱水・圧密する必要がある。また、土砂の発生地域によっては、含有する重金属類や環境ホルモンなどが土壌管理基準値を超える場合が生じる。環境負荷低減の観点からも、真空圧等の外力をできる限り使用せずに高含水比粘土を脱水・圧密し、有害物質を除去できる技術の開発が望まれる。

本研究では、図1に示すサイフォンの吸引力を活用した排水機能と浄化機能を併せ持つ、高含水比粘土の盛土を造成することを最終目標としている¹⁾。位置エネルギーを確保し、水平排水フィルターに多孔質材料を用いることで、高含水比粘土の脱水および浄化を期待する。さらに、高炉水砕スラグなどの自硬性を有する材料を用いることで、盛土全体としての安定性向上を期待する。本論文では、排水フィルター材、高含水比粘土に対する気密性や载荷吸引条件を変化させた室内カラム試験を実施し、地盤内の間隙水圧の傾向や圧密排水量の違いを考察した。

2.カラム試験の概要

図2に圧密中の高含水比粘土に生じる負の過剰間隙水圧の経時変化の概念図を示す。粘土にはサイフォン吸引力と盛土载荷圧が作用すると仮定する。载荷圧(ΔP)によって生じた過剰間隙水圧は時間経過とともにゼロに収束する。吸引力($-\Delta u$)は有効応力($\Delta \sigma'$)と同値として変化し、時間経過とともに増加する。両者の合計が、粘土に作用する有効応力($\Delta \sigma'$)と考える。

実施したカラム試験の概要を図3に示す。土壌水分計、テンシオメーターを、図中の位置に設置した。フィルター材には、豊浦砂および水砕スラグ、高含水比粘土には浚渫土砂を使用した¹⁾。フィルターは層厚10cm、締固め度90%で敷詰め、カラム下部からゆっくり水を注入した。

高含水比粘土($w=170\%$)を上部から投入し、層厚15cmの粘土層を作製した。サイフォン原理により負圧を作用させるため、フィルター材、排水チューブを水で満たした状態からサイフォン水頭を4.25m(42.5kPa)加えて排水を開始した。カラム上部

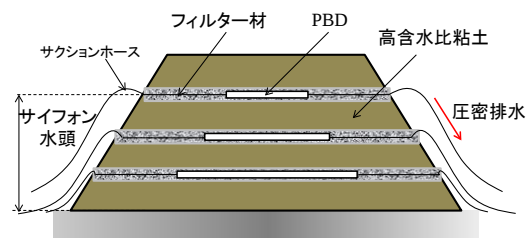


図-1 サイフォン原理を用いた盛土造成の概念図

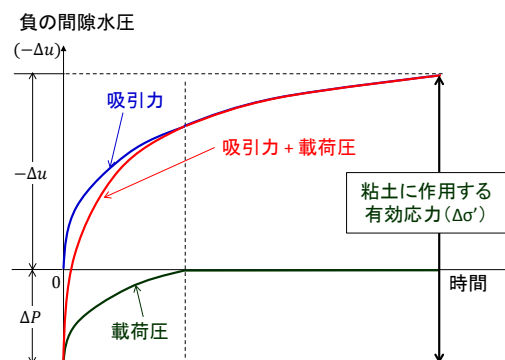


図-2 粘土に生じる間隙水圧の概念図

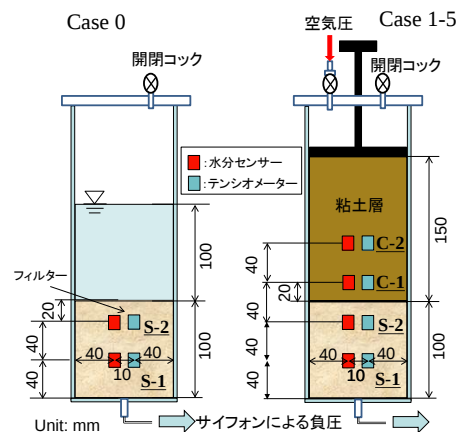


図-3 カラム試験の概念図

表-1 実験条件

	フィルター材	開閉条件	载荷圧
Case1	豊浦砂	開放	-
Case2		密閉	
Case3	水砕スラグ	開放	5kPa
Case4		密閉	
Case5		-	

キーワード 圧密, サイフォン, 水平ドレーン, サクション

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 WEST2 号館 1108-2 TEL 092-802-3382

のcockを開閉することで、粘土層上部の気密性向上による吸引効果の上昇や載荷圧の併用が可能である。実験条件を表-1に示す。計測センサーの性能確認のため、カラム下部から水位20cmまで注水した初期条件のもと、排水実験(図3: Case0)を行った。

3. 実験結果と考察

確認実験(Case0)の排水量および間隙水圧($-\Delta u$)の経時変化を図4に示す。カラム上部を開放することで、排水速度が大きくなっている。フィルター材上部(S-2)の負の間隙水圧に着目すると、カラム上部を開放した条件ではフィルター材の種類に依らず間隙水圧はほとんど発生しない。カラム上部を密閉した条件では、排水時に大きな負圧が発生している。豊浦砂の方が高炉水砕スラグよりもピーク値は大きい。ピーク後は、高炉水砕スラグの方が緩やかに減少しており、水砕スラグの方が保水性が高いものと推察される。圧密排水の経時変化の一例としてCase2およびCase5の結果を図5に示す。サイフォン吸引力によって、フィルター材を介して、粘土から24時間以上、圧密排水が継続していることが確認できる。多孔質材料である水砕スラグをフィルター材として用いた場合でも、載荷圧を併用することによって、豊浦砂をフィルター材に用いた場合と同様に圧密排水が継続される。

図6にCase2および5の各計測位置での負の間隙水圧の経時変化を示す。フィルター層(S-1, 2)に注目すると、試験開始直後から、サイフォン吸引力による間隙水圧が発生し、一定値を保った。一方、粘土層下部(C-1)の負の間隙水圧は、試験開始直後から徐々に上層しており、フィルター層から粘土層にサイフォン吸引力が伝達されたものと推察される。載荷圧を併用したCase5では、粘土層上部(C-1)において、試験開始直後に正の間隙水圧が発生している。これは図2の概念図に示した、粘土に生じる間隙水圧に及ぼす載荷圧の影響と一致している。

図7に各条件における粘土層下部(C-1)の間隙水圧の経時変化を示す。各条件ともに、フィルター層からサイフォン吸引力が伝達され、負の間隙水圧が時間の経過とともに増加している。今回実施した実験条件においては、3000min経過時に、フィルター材に豊浦砂を用い、粘土層上部を密閉した方が、粘土層内に作用する負の間隙水圧は最大で25%程度大きくなる傾向を示した。

4. まとめ

本研究では、サイフォン吸引力を用いた高含水比粘土の圧密機構について考察した。粘土層の上部の密閉性を高めるほど、また、水砕スラグよりも豊浦砂をフィルター材に用いた方が、粘土層に作用する負の間隙水圧の上昇量は大きくなることを確認した。

【参考文献】1) 宗田昇大, 石蔵良平, 安福規之, ハザリカ ヘマンタ, 不飽和フィルターに着目したサイフォンによる高含水比粘土の圧密排水効果, 第11回地盤改良シンポジウム論文集, pp.243-246, 2014.11.

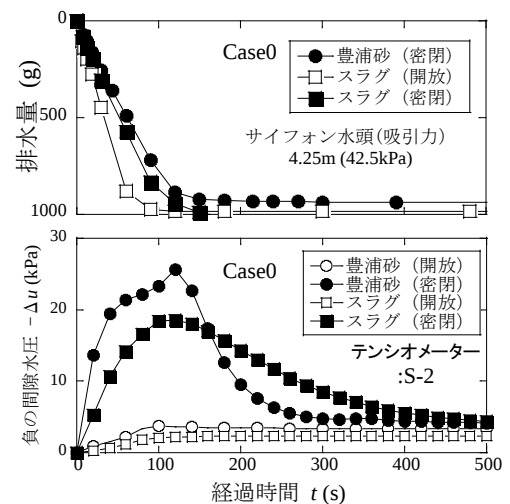


図-4 圧密排水量と負の間隙水圧の経時変化

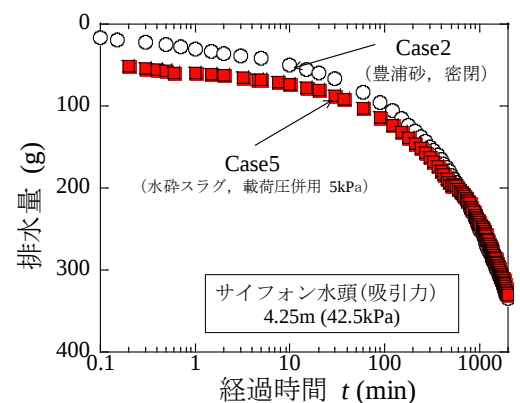


図-5 圧密排水量の経時変化の比較

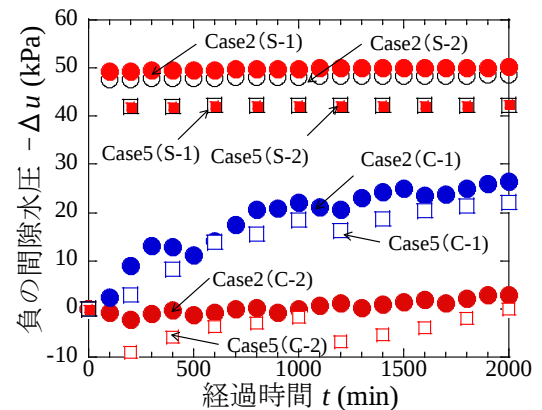


図-6 吸引力と載荷圧の間隙水圧への影響

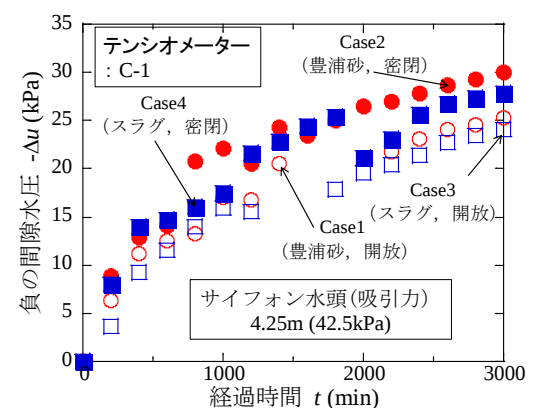


図-7 間隙水圧に及ぼすフィルターの影響