

真空圧を用いた締固め粘土に対する直接引張試験方法の提案

Method of Direct Tensile Testing for Compacted Clays Using Vacuum Pressure

○飯塚啓人*, 福原涼斗*, 高田晋*, 福元豊**, Le Ngoc Bao***, 中西晃***, 柳浦良行***, 新保泰輝****

Iitsuka Takato*, Fukuhara Minto*, Takada Susumu*, Fukumoto Yutaka**, Le Ngoc Bao***,

Nakanishi Akira***, Yagiura Yoshiyuki***, Shimbo Taiki****

1. はじめに

土構造物に発生する引張亀裂の多くは引張応力に起因し、地盤工学的及び環境的観点から重大な影響を及ぼす¹⁾。従って、引張応力の定量的な評価が必要になるが、強度の低い土に対して直接的に引張を与える試験方法は十分に確立されていない。直接引張試験における、既往の試験方法で汎用性のない特殊な型枠を使用する例²⁾が多いため、自然な引張破壊挙動を捉えることが難しいと考えられる。

以上を踏まえ、円柱形状の供試体に対して真空圧を利用した直接引張試験方法に関する検討を実施した。これまでの研究³⁾により様々な方法で作製された供試体に対して適用が可能であることが示された。本研究では、試験方法の実用化に向けた基礎的な検討として、供試体をスラリーからなる圧密供試体に絞り、試験条件を変更することで、再現性を確保するために必要な試験条件を検討する。

2. 直接引張試験

2.1 試験機の機構

図1に本試験機の概略図を示す。本試験機は三軸試験機の加圧版（ポラスストーンを内蔵したキャップ及びペDESTAL）に真空供給機構を備えたものである。供試体の固定は、供試体にメンブレンを被覆し、その内部に真空圧を作用させることで行う。この操作により、真空状態が形成され、供試体とメンブレンが密着し、メンブレンは引張力を与える型枠として機能する。このような方法により、供試体は円柱形状を維持した上で引張応力を与えることができる。

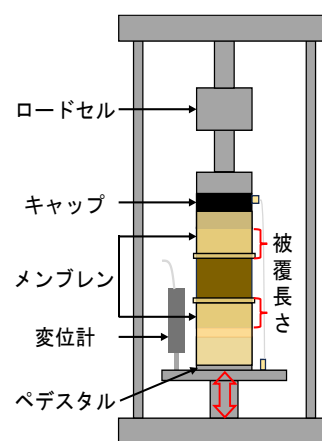


図1 直接引張試験機の概略図

2.2 試験手順

本試験では、できるだけ均一な試料を作製するため、笠岡粘土と水を混ぜ合わせたスラリーを用いた、一次元圧密試料を直径50mm、高さ80mmに成型したものを供試体として使用した。試験条件は事前に繰り返し実施した検討結果に基づき、最も安定した結果が得られると予想される表1に示した条件を基本条件として採用した。

試験は供試体設置、真空圧载荷、引張载荷の順に行った。供試体設置に関しては、供試体をペDESTAL上に設置し圧縮側に荷

表1 基本条件

真空圧力 [kPa]	50
被覆長さ [mm]	20@2
初期圧縮力 [N] (kPa)	6 (3)
载荷速度 [mm/min]	1.08

*長岡技術科学大学, **岡山大学, ***基礎地盤コンサルタンツ株式会社, ****石川工業高等専門学校

* Nagaoka University of Technology, ** Okayama University, *** Kiso-jiban consultants co.,LTD.,

**** National Institute of Technology, Ishikawa College キーワード：引張亀裂，引張強さ，締固め粘土

重を作用させた後、メンブレンを被覆した。これは、供試体端部とキャップを密着させ適切に荷重を測定するために行った。真空圧に関しては、メンブレンの被覆後に真空レギュレーターで手動により载荷を行った。引張载荷は、真空圧を供給後、任意の速度で単調载荷した。

3. 検討事項及び試験結果

3.1 真空圧力の大きさによる影響

図2に基本条件、比較対象として真空圧力 30, 40kPa での試験結果と破壊面の例を示す。基本条件においては、平均約 35kPa の軸応力を示したが、真空圧力 30kPa 及び 40kPa のケースにおいては、設定した真空圧力付近で軸応力が停滞した後に破断する挙動を示した。これについては、供試体の引張強度が作用する真空圧力よりも大きい場合、設定された真空圧力の持続荷重により破壊に至り、本来の引張強度を示すことができないと考えられる。このことから、設定する真空圧力は、供試体の引張強度よりも上回る必要があるといえる。

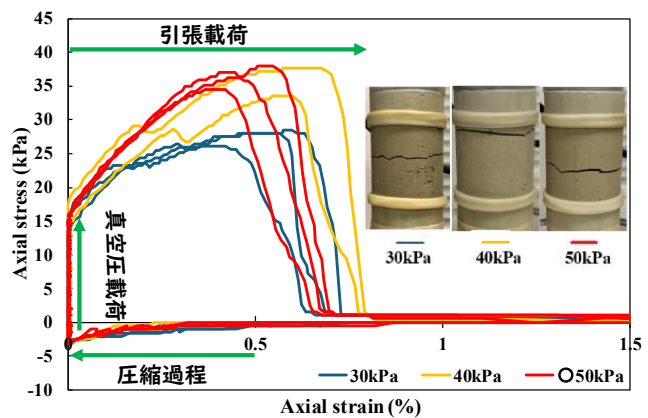


図2 真空圧力の大きさによる影響

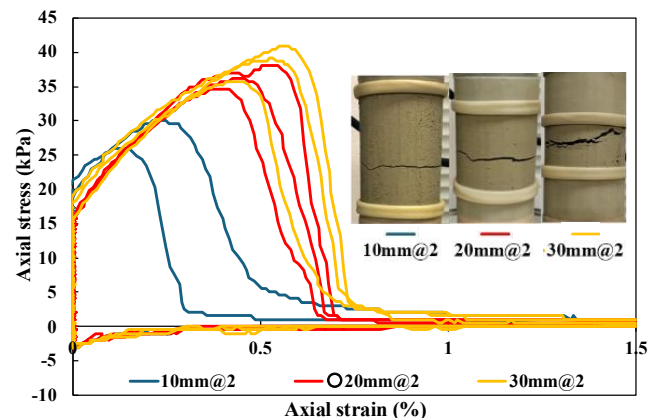


図3 メンブレン被覆長さによる影響

3.2 メンブレン被覆長さの影響

図3に基本条件、比較対象として被覆長さ 10mm@2, 30mm@2 での試験結果と破壊面の例を示す。図3より、被覆長さ 10mm のケースでは、他のケースに比べると引張強度が低下し、荷重変形特性のばらつきがみられた。一方、30mm のケースは、基本条件と同様の傾向を示した。以上の結果から、被覆長さが過度に短い場合は真空圧力の作用範囲が減少し、引張能力が低下することが考えられる。

4. まとめ

本研究では、試験条件の検討を行った結果、真空圧力は供試体の強度よりも余裕を持たせて高く設定することが有効であり、メンブレンの被覆長さについては、供試体高さ 80mm に対して 20mm@2 以上の被覆長さを確保することで安定した結果が得られた。今後は、他材料における適切な真空圧力の設定方法の他、画像処理技術等を用いて亀裂進展特性と荷重変形特性の関係について検討する。なお、本研究では科研費 22K0430, 24K07672 の支援を受けた。

参考文献

- 1) Xu, J. J., Tang, C. S., Cheng, Q., Xu, Q. L., Inyang, H. I., Lin, Z. Y., & Shi, B. (2022). Investigation on desiccation cracking behavior of clayey soils with a perspective of fracture mechanics: a review. *Journal of Soils and Sediments*, 1-30.
- 2) Stirling, R. A., Hughes, P., Davie, C. T., & Glendinning, S. (2015). Tensile behaviour of unsaturated compacted clay soils—A direct assessment method. *Applied clay science*, 112, 123-133.
- 3) 福原涼斗, 堀越晟治, 原澤由展, 福元 豊, 高田 晋, Le Ngoc Bao, 中西 晃, 柳浦良行, 新保泰輝: 土のような脆弱固体材料に対する新しい直接引張試験方法の提案, 地盤工学研究発表会, Vol.59, [23-5-2-08], 2024.