

# 締固め粘土の引張強度の測定及び供試体作製に関する基礎的検討

長岡技術科学大学

○飯塚啓人, 福原涼斗

福元豊, 高田晋

基礎地盤コンサルタンツ

Le Ngoc Bao, 中西晃

柳浦良行

石川工業高等専門学校

新保泰輝

## 1. はじめに

土構造物において地震や豪雨等に伴う地盤変状や滑り、盛土や切土等の施工に伴う応力変化により発生する亀裂は、構造物の安全性を低下させる等の影響を与える<sup>1)</sup>。土構造物の亀裂による影響を正確に評価するには、地盤の引張亀裂の評価が必要である。本研究では福原ら<sup>2)</sup>が提案した真空圧を利用して供試体端部を面的に掴み、ほぼ等分布な引張力を供試体に作用させる試験法により圧密試料の引張強度を測定する。また、福原らの研究で、圧密試料の成型時における側面の成型不良が課題とされていたことから、従来のスラリーからなる圧密試料作製方法の他、供試体成型時に側面の成型を不要とするφ50mmの円柱モールドを使用した作製方法を採用し、供試体作製方法による影響を検討した。

## 2. 試験方法

### 2.1 供試体作製方法

本研究では笠岡粘土を使用し、2つの方法で作製した圧密試料を高さ80mm、直径50mmに成型し供試体として使用した。1つ目は、図1で示すφ50mmの円柱モールドに笠岡粘土と水を混ぜ合わせた試料(含水比約32%)を詰め、ベロフラムシリンダーにより差圧450kPaで24時間載荷したものを成型して作製した。この時、ベロフラムシリンダーのストロークの関係で、余分に試料を詰めているため、図1の赤枠で示す空隙の少ない部分を使用した。

2つ目は笠岡粘土と水を混ぜ合わせたスラリー(含水比約63%)を、φ150mmの鋼製モールド内で段階的に圧密応力をかけた一次元圧密試料を、所定のサイズに成型することで作製した。



図1 円柱モールド及び圧密試料

### 2.2 試験装置の機構と手順

図2に試験機の概要を示す。本試験機は三軸圧縮試験装置のキャップ及びペダスタル部分に真空発生機構を加えたものである。供試体の両端をメンブレンで被覆し、真空圧を作用させることで供試体を固定している。試験手順は、据え付け、真空圧載荷、引張力載荷の順で行った。据え付け時には、供試体端部とキャップを密着させることを目的として、供試体設置後、圧縮側に6Nの荷重を作用させ、供試体高さの1/4を目安として、供試体上下端から20mmずつメンブレンを被覆した。真空圧載荷では、円柱モールドで作製した供試体は30kPa、スラリーからなる供試体は50~60kPaの真空圧を作用させた。この時、真空圧の大きさは経験により決定した。そして、引張力載荷は軸速度1%/min、データサンプリング周期を2Hzとして単調載荷し、計測を行った。

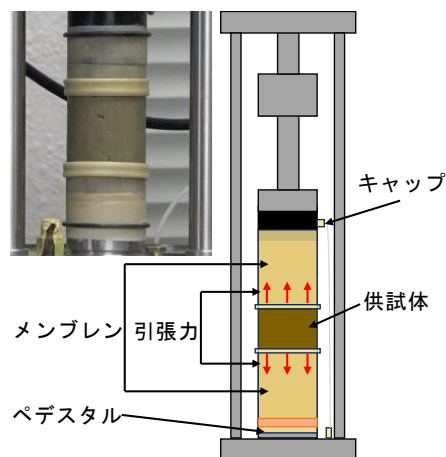


図2 直接引張試験装置の概要

### 3. 試験結果

#### 3.1 円柱モールドを使用した供試体

図3に円柱モールドを使用して作製した供試体の試験結果と破壊後の供試体の様子を示す。引張強度の平均は24.4kPa、範囲は19.4~29.0kPaとなった。ピーク強度時の軸ひずみの平均は0.61%、範囲は0.22~0.83%であった。またピーク強度及びピーク時の軸ひずみにばらつきが大きくなった。この要因として、円柱モールドの形状により、モールド上部から载荷する圧密応力に対して、試料による摩擦抵抗が大きく作用したことで、空隙を含む不均一な供試体となっている可能性があると考えられる。このことから、供試体構造は不攪乱試料に近くなり、荷重変形特性は供試体構造の発達に依存していると考えられる。

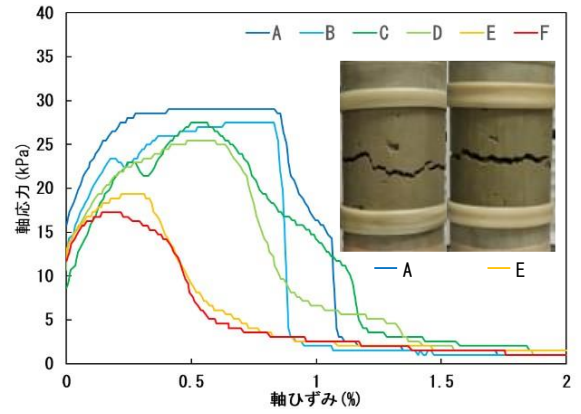


図3 円柱モールドを使用した供試体

#### 3.2 スラリーからなる供試体

図4にスラリーからなる供試体の試験結果と破壊後の供試体の様子を示す。引張強度の平均は35.5kPa、範囲は34.0~38.0kPaとなった。また、ピーク強度時の軸ひずみの平均は0.44%、範囲は0.31%~0.55%であった。図3の結果と比較して、ピーク強度及びピーク時の軸ひずみのばらつきが小さく、安定して引張強度を計測できたといえる。

しかし、F供試体においては、応力低下時に1度大きく強度が回復した後、再度応力が低下している。これについて、図4のF供試体破壊後の様子を見ると、2箇所亀裂が存在していることがわかる。これにより、一度発生した亀裂が片方の亀裂の進展による影響を受けることで亀裂が閉塞し、強度が回復したと考えられる。また、亀裂が2箇所発生した原因として、亀裂の発生位置が供試体下部であることから、供試体成型時に端面の外周及び供試体側面を平滑にできず、真空圧が均等に作用しなかったことが考えられる。

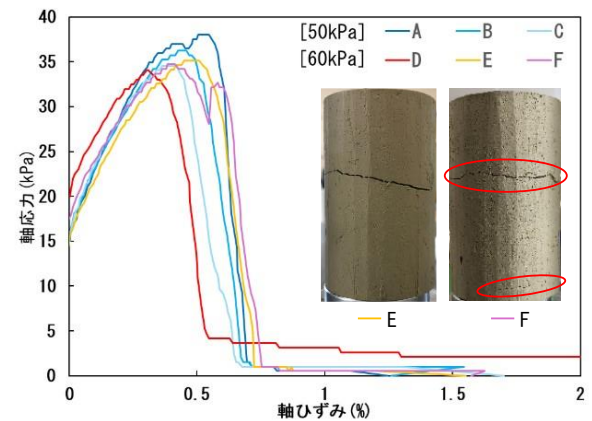


図4 スラリーからなる供試体

### 4. まとめ

本研究では、真空圧を利用して供試体を面的に掴み引張強度を測定する試験法により、2つの供試体作製法で作製した圧密試料の引張強度の測定を実施し、供試体作製法が与える影響を調べた。側面の成型を必要としない、円柱モールドを使用した供試体は、強度の測定はできたが数値のばらつきが大きかった。これに対してモールドの形状から、供試体が不攪乱試料のような空隙を含む不均一な構造となり、荷重変化特性は供試体構造の発達に依存していると考えた。また、スラリーからなる圧密供試体は安定して引張強度を得ることができたが、一部供試体で異なる応力-ひずみ関係を示した。これについて供試体成型不良により、真空圧が均等に作用しなかったことが原因であると考察した。今後は、不攪乱試料による測定結果との比較、スラリーからなる圧密試料の供試体作製方法の最適化を検討する。なお、本研究では「科研費 22K04307」の支援を受けた。

### 5. 参考文献

- 1) Xu, J. J., Tang, C. S., Cheng, Q., Xu, Q. L., Inyang, H. I., Lin, Z. Y., & Shi, B. Investigation on desiccation cracking behavior of clayey soils with a perspective of fracture mechanics: a review. *Journal of Soils and Sediments*, 1-30. (2022).
- 2) 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], 2023.