

青粘土の亀裂を挿入した供試体の作製方法とその一軸圧縮試験

石川工業高等専門学校	学生会員	○新蔵 千沙都
石川工業高等専門学校	学生会員	内井 右京
石川工業高等専門学校	学生会員	一藤 亮太
石川工業高等専門学校	正会員	新保 泰輝
長岡技術科学大学	正会員	福元 豊

1. 目的

台風や地震による土砂災害の頻発・激甚化が懸念される中、土砂災害の効果的な予測対策は我が国の土地利用に係る喫緊の課題である。地滑り等の地盤破壊現象を予測するには、すべり面の発生やその成長過程を把握する必要がある。すべり面を物体が物理的に分離した面と考えると、破壊力学的にはすべり面の発生・成長を亀裂の発生・成長と捉えることができる。したがって、破壊に対する抵抗を表す破壊靱性値を求めることで亀裂の成長過程を把握できる。粘性土はアクリルや岩盤とは異なり、一軸圧縮荷重下で多くの場合にはせん断破壊することが知られている。ただし、粘性土であってもせん断破壊だけが生じるわけではない。西村¹⁾・清水²⁾は攪乱土の一軸圧縮試験を実施し、含水比が低い場合にはせん断破壊に対して引張破壊（縦割れ）が優先的に生じる場合があると指摘している。すなわち、含水比によって破壊形態が異なり、その破壊靱性値も異なると予想される。他方、破壊靱性値を求めるためには初期亀裂を有する供試体に対する実験が必要なことから、西村²⁾はI形状の供試体を作製し、そこに初期亀裂を挿入して引張荷重下の破壊靱性値について求めている。しかし、せん断破壊が生じる圧縮荷重下に対する検討は行われていない。

本稿では圧縮荷重下での破壊靱性値を求めるための基礎検討として、一般的な一軸圧縮試験に用いる円柱供試体への亀裂の挿入方法を提案する。また、亀裂の挿入方法の再現性や粘性土の破壊について検討するために亀裂を有する粘性土供試体の一軸圧縮試験を実施した。

2. 供試体作製方法と亀裂の挿入方法

本実験に用いる試料は 0.425mm ふるいに通した青粘土である。青粘土の諸量を表-1 に示す。本稿では最適含水比 19%より乾燥側として含水比を 18%とし、締固め度 90%となるように調整した試料を用いた。直径 5cm のモールドに調整した試料を入れ、圧縮機を用いて高さ 10 cm程度となるように強制的に変位を与えて円柱供試体（高さ 10cm, 直径 5cm）を作製した。作製した供試体に亀裂を挿入する方法は以下の通りである。モールドから供試体を取り外した後、カッター貫通時に供試体が割れることを防ぐ目的で供試体にラップを巻き、図-1 に示すようにマイターボックスに設置する。粘性土の破壊角度である 45°方向に長さ 2cm の穴を開けたプラスチックシートを供試体に被せ、供試体中央にカッターの目印となるマーカを引く。その後、厚さ 0.2mm のカッターを用いて貫通亀裂を作成する。図-2 に亀裂を挿入した供試体を示す。

表-1 青粘土の諸量

項目	単位	値
土粒子密度	g/cm ³	2.747
自然含水比	%	2.1
液性限界	%	40.0
塑性限界	%	22.4
塑性指数		17.6
最大粒径	mm	0.425
最大乾燥密度	g/cm ³	1.659
最適含水比	%	19.0

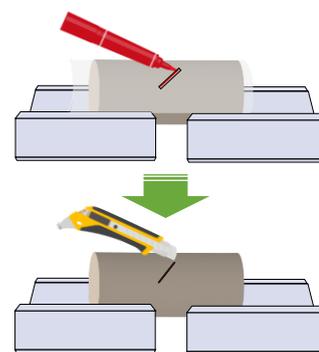


図-1 亀裂挿入方法



図-2 亀裂を挿入した円柱供試体

3. 一軸圧縮試験結果と考察

亀裂を挿入した供試体 (No.1-No.3) と、比較のために亀裂のない供試体 (No.4-No.6) の一軸圧縮試験を行った。各供試体の物性値を表-2 に示す。また、図-3 に No.1 の载荷中に生じた亀裂進展状況を示す。なお、図中の数字は载荷板の変位である。図-3 に示すように、载荷に伴い初期亀裂から折れ曲がって亀裂 (右側先端は 52° 、左側先端は 72°) が進展し、その後、荷重作用方向に進展するウィングクラックが生じている (図-3 2mm)。鉛直方向から斜め 45° の亀裂に圧縮力が作用した場合、亀裂先端近傍では引張応力が発生する。線形等方弾性体を仮定すると、その最大方向は亀裂に対して 57° から 70.5° 程度である (前者は亀裂半分長に対して $1/10$ 程度の距離を仮定した)。したがって、本実験の初期の亀裂進展方向は妥当な結果といえる。図-4 に供試体 No.1-No.3 の破壊形態を示す。図-4 に示すように No.1 と No.2 の破壊形態は定性的に一致しており、再現性があるといえる。No.3 は同様にウィング状に亀裂が生じているものの、No.3 左上部にも破壊が生じている。これは No.3 底面の端面摩擦が残っており、変形が拘束されたためと考えられる。図-5 に No.1-No.6 の荷重-荷重点変位を示す。なお、本実験は要素試験ではなく、亀裂を物体の内部境界とする境界値問題であるため、荷重-荷重点変位をまとめた。図-5 より、No.1, No.2 は定性的に良い一致を示しており、破壊形態同様に再現性があるといえる。また、亀裂がある場合、最大荷重が低下している。これは、亀裂によって応力集中が生じて耐荷力が低下したためといえる。一方で、初期接線勾配に亀裂の影響は見られない。

5. まとめ

本稿では圧縮荷重下における粘性土の破壊靱性値を求めるための基礎として、亀裂を有する青粘土の一軸圧縮試験を行った。その結果、亀裂を挿入した供試体の実験結果については再現性があることが分かった。また、本試料 (含水比 18%) は初期亀裂から引張応力によって進展する引張破壊となることを示した。含水比によって生じる破壊形態の違いについては別報にて報告する。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 19K04957 の助成を受けたものです。本研究の一部は長岡技術科学大学令和2年度「高専—長岡技科大共同研究助成」の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 西村 眞一, 清水 英良, 攪乱土の圧縮による伸び亀裂の発生, 農業土木学会論文集, Vol.2001, No.215, pp. 631-636, 2001.
- 2) 西村 眞一, 粘性土の亀裂進展における J 積分による評価, 農業土木学会論文集, Vol.2006, No.242, pp. 235-240, 2006.

表-2 供試体一覧

		初期亀裂あり		
項目	単位	No.1	No.2	No.3
乾燥密度	g/cm^3	1.478	1.485	1.504
含水比	%	18.3	18.1	18.9
締固め度	%	89.1	89.5	90.7
		初期亀裂なし		
項目	単位	No.4	No.5	No.6
乾燥密度	g/cm^3	1.489	1.483	1.485
含水比	%	17.9	17.8	17.4
締固め度	%	89.8	89.4	89.5

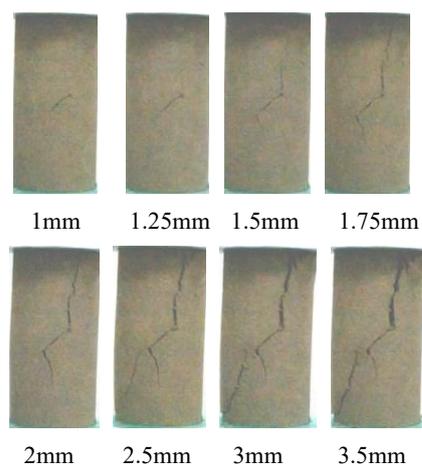


図-3 一軸圧縮試験 (No.1)



(a)No.1 (b) No.2 (c) No.3

図-4 载荷後の破壊形態

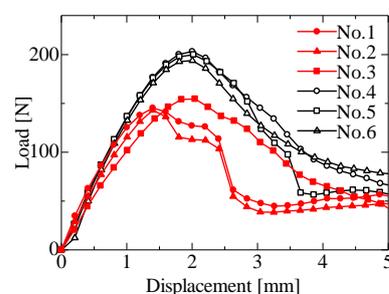


図-5 荷重-荷重点変位