初期亀裂を有する青粘土の破壊形態に関する含水比の影響

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．はじめに

一般工業材料と異なり，粘性土は一軸圧縮荷重下でせん断破壊することが知られている．しかし，西村・清水[1)]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は異なり，亀裂に対する耐力である破壊靭性値も異なると予想される．この破壊靭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であり，また，その破壊形態を明らかにする必要がある．著者らはこれまでに亀裂を有する青粘土の一軸圧縮試験を行い，含水比 18%では引張破壊が生じること，初期亀裂によって最大荷重が低下することを示した[2)]．しかし，初期亀裂を有する供試体の含水比による破壊形態の違いについては明らかにされていない．そこで本研究では，含水比が異なる初期亀裂を有する青粘土の一軸圧縮試験を行った．

２．試験概要

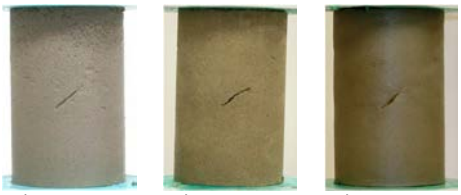
本実験で用いた試料は 0.425mm ふるいに通した青粘土である．青粘土の諸量を**表-1** に示す．本稿では最適含水比 19%より乾燥側として 18%，湿潤側として 23%，28%の 3 種類の含水比を用いた．締固め度は 90%とし，供試体はデータのばらつきを考慮して同一条件のものを 3 本以上作製した．初期亀裂は供試体中央に斜め 45°に長さ 2cm とした．亀裂挿入方法等については文献 2 を参照されたい．なお，端面摩擦を減らすためにグリスとテフロンシートを用いた．

表-1　青粘土諸量

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

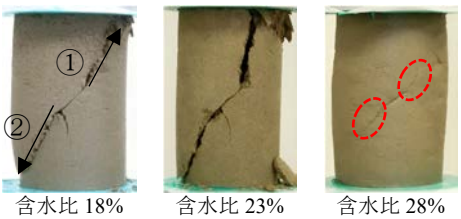
３．一軸圧縮試験結果と考察

各供試体の実験結果について，破壊形態，荷重―荷重点変位，含水比―一軸圧縮強度関係，含水比―変形係数関係および含水比―破壊角度関係についてまとめた．初期亀裂 2cm を与えた供試体の荷重載荷前の状態を**図-1**，最終的な破壊形態を**図-2** に示す．含水比 23%は，18%と同様[2)]に，まず，圧縮と共に初期亀裂に沿って土塊が滑ることで亀裂先端近傍に引張応力が生じ，これによりウィング亀裂を生じる．その後，亀裂右側先端は荷重載荷方向に進展する．一方，亀裂左側先端側はウィング亀裂の進展が停止し，供試体外縁部からの亀裂が生じて初期亀裂と結合し，いわゆるせん断破壊となる．亀裂左側，右側で進展方向に違いを生じるのは供試体作製時に生じる密度の不均質性に起因すると考えられる．一方，比較的高い含水比である 28%は，圧縮によって亀裂面が閉じたことで亀裂先端近傍の引張応力が低下し，引張破壊とはならず，わずかではあるが初期亀裂に沿ったせん断亀裂が生じているのが見て取れる．



含水比 18%　含水比 23%　含水比 28%

図-1　初期亀裂 2cm を挿入した供試体



含水比 18%　含水比 23%　含水比 28%

図-2　最終的な破壊形態

キーワード　含水比，破壊形態，亀裂，粘性土
連絡先　〒929-0342 石川県河北郡津幡町北中条　石川工業高等専門学校　ＴＥＬ076-288-8166

© Japan Society of Civil Engineers

図-3，図-4，図-5 に亀裂を挿入した供試体（亀裂あり）と亀裂のない供試体（亀裂なし）の含水比毎の荷重－荷重点変位を示す．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-3, 図-4 に示すように，含水比 23%は 18%と同様に初期亀裂があることで全体的に荷重が低下しているのが見てとれる．また，最大荷重後は比較的脆性的な挙動を示している．一方，図-5 に示すように含水比 28%は明確な最大荷重は見て取れない．ただし，亀裂なしに対して全体的に荷重は低下している．なお，初期亀裂の有無で同一の荷重―荷重点変位を示す結果については，圧縮力により亀裂面が閉口し，亀裂面内で滑りを生じなかったためと考えられる．

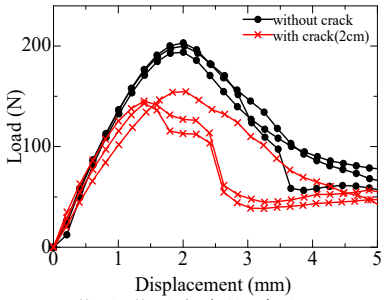


図-3　荷重-荷重点変位(含水比 18%)

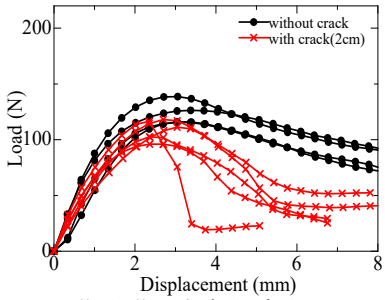


図-4　荷重-荷重点変位(含水比 23%)

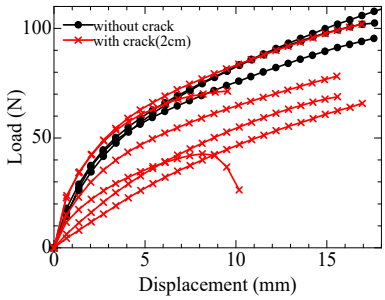


図-5　荷重-荷重点変位(含水比 28%)

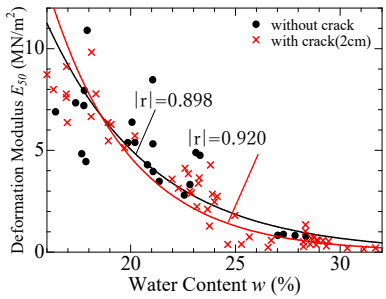


図-6　含水比－変形係数 E_{50}

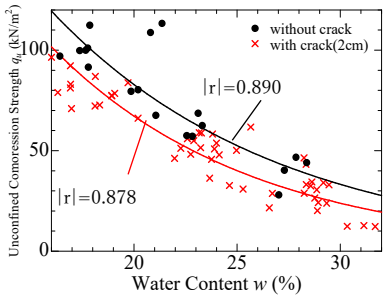


図-7　含水比－一軸圧縮強度

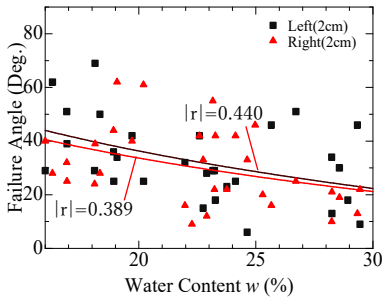


図-8　含水比－破壊角度

図-6 に含水比と変形係数 E_{50}との関係を示す．初期亀裂の有無によらず，含水比が上昇すると変形係数は低下しているが，亀裂の有無による明確な差異は見られない．これは亀裂ありでは最大荷重が低下するため，変形係数を求める変位位置も小さくなるためといえる．図-7 に含水比と一軸圧縮強度との関係を示す．初期亀裂によって含水比によらず最大荷重は概ね 20%程度低下することが示された．また，図-8 に含水比と初期亀裂に対する最終的な破壊角度の関係を示す．破壊角度は図-2 に示すように亀裂右側（①方向），亀裂左側（②方向）に分けてまとめた．相関係数が 0.4 程度の弱い相関ではあるが，両側共に含水比が大きくなると初期亀裂に対する破壊角度は低下しており，含水比が高いほど最終的な破壊形態はせん断破壊に近づく傾向にある．これは含水比が高くなることで粘性が増して引張の破壊靭性値が上昇し，一方でせん断破壊に対する破壊靭性値が低下したためと考えられる．

4．おわりに

本稿では，含水比の異なる初期亀裂を有する青粘土の一軸圧縮試験を行った．その結果，含水比が高い場合に一軸圧縮強度は低下し，亀裂なしに対して初期亀裂（2cm）ありの場合，その値が 20%程度低下することが分かった．また，含水比が高いと最終的な破壊角度が初期亀裂と同方向に近づく傾向にあることが分かった．今後は初期亀裂長さの異なる一軸圧縮試験を実施し，破壊靭性値を求めていく．

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，撹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) 新蔵 千沙都，内井 右京，一藤 亮太，新保 泰輝，福元 豊，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，令和 2 年度土木学会中部支部研究発表会，2021.

© Japan Society of Civil Engineers