

Ⅲ－12

地盤材料の脆性挙動に関する実験的研究

東北学院大学 学生会員 ○金原 瑞男
 東北学院大学 正会員 山口 晶
 東北学院大学 正会員 飛田 善雄

1. はじめに

土の引張り強度は圧縮強度に比べて著しく小さい。そのため設計の段階で必要とされず、ほとんど研究がなされていない。しかし地震時の土構造物の被害の中には引張り力が作用し、亀裂を発生させて崩壊したものが数多く見られる。例えば斜面すべり崩壊の前兆現象としての亀裂発生がある。斜面崩壊はすべり破壊として考えられ、亀裂はすべりの副産物であるかのようなあつikaiをされる場合が多いが、実際には亀裂の発生が大規模崩壊を促すとも考えることもできる。亀裂の発生は、地盤内に応力を分担しない部分を発生させることを意味し、亀裂以外の部分の応力負担を増加させるために、すべりの発生を促す効果があると考えられる。したがって土の脆性的破壊の問題を解決するためには引張り力による亀裂発生をすべり破壊と結びつけて考えなければならない。亀裂の問題を解決するためには、土の脆性挙動を把握しなければならない。土の脆性挙動に対する研究を行うに際して、大きな障害となるのは土の強度の信頼性である。土の引っ張り強度は極めて小さいために、実験条件と技術はかなり難しいものとなる。本研究では基本的な引張り実験をおこない正確な引張り強度測定を試みた。

2. 実験方法

2.1 実験の概要

実験は一軸引張り、圧裂試験(ブラジリアン試験)、内圧法、ねじり法の4種類おこなった。ここではねじり法について掲載し、他の実験結果は表1に示す。試料には工業用のカオリン粘土を用いた。供試体を作製する上で重要なことは、同じ条件の供試体を常に作製できることである。そのため供試体は、液状の粘土を多孔質で水だけを排水できる容器に入れて12kPaで24時間;63kPaで48時間荷重を載荷し一次圧密が終了するまで圧密した。また飽和土とするため圧密中は常に水に浸すようにした。供試体の諸量は表2に示す。この供試体を円筒形(内径3.5cm, 外径7.0cm, 高さ7.0cm)に成型し、円周を一定に保ちトルクを加えて単純せん断状態を再現させて最大主応力方向に引張り力を作用させる、ねじり法による実験をおこなった。

表1.他の実験で求められた引張り強度

試験方法	引張強度(kPa)	平均強度(kPa)
一軸引張試験	1.11~1.62	1.39
圧裂試験(面載荷)	1.43~1.55	1.47
内圧法	1.67~2.67	2.17

表2.供試体諸量

一軸圧縮強度	10~13kPa
含水比	45~47%
間隙比	1.28~1.35

2.2 実験条件

供試体には内圧、外圧をそれぞれ20kPaとして側圧を与え、できる限り内径外径を一定に保った。また回転軸の重量によって軸方向には9.5kPaの応力が常時加えられる。平面ひずみ条件で円周方向にひずみ速度一定でトルクを加え、トルク T 、軸力 N 、ねじり角 $\theta(=\gamma)$ をそれぞれ測定する。得られた数値より以下の計算式で、せん断応力、垂直応力、最大主応力、最大主応力方向が得られる。(引張り側を正とする)

$$\text{せん断応力 } \tau = \frac{T}{\pi(b^2 + a^2)(b - a)}$$

$$\text{垂直応力 } \sigma_y = N/S \text{ (S:断面積)}$$

$$\text{最大主応力 } \sigma_1 = \frac{1}{2} \left(\sigma_y + \sqrt{\sigma_y^2 + 4\tau^2} \right)$$

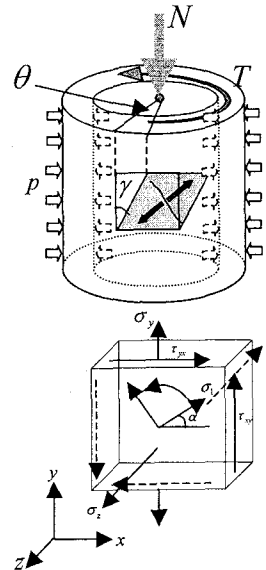


図1.ねじりを受ける円筒供試体

$$\text{最大主応力方向} \left\{ -\frac{\sigma_y - \sqrt{\sigma_y^2 + 4\tau^2}}{2\tau} \right\} \rightarrow \alpha = \arctan \left(-\frac{2\tau}{\sigma_y - \sqrt{\sigma_y^2 + 4\tau^2}} \right)$$

(α :水平方向と最大主応力方向とのなす角)

亀裂は最大主応力方向に発生すると仮定して、実験終了後現れた亀裂面の法線方向と水平方向軸とのなす角を測定し、最大主応力-最大主応力方向関係のグラフより引張り強度を推定した。

3. 実験結果と考察

図3は表3のNo.2 供試体の写真である。発生した亀裂面の法線方向の平均角度は $\alpha = 20^\circ$ であった。図4より引張り強度は1.60kPaと推定された。図6より主応力が引張り強度に達したのは $\gamma = 0.25$ のときであり、せん断初期に亀裂が発生していたと考えられる。本実験では主応力方向にき裂を発生させると考えて実験をおこなったが、せん断と引張りの組み合わせ応力状態のときに亀裂が発生した可能性もある。しかしこの結果は表1に示す他の実験結果のほぼ平均値程度となったことから、単純せん断状態において亀裂が発生するのは最大主応力方向に垂直な面であると考えられる。

4. まとめ

中空ねじり試験機で飽和カオリン粘土のせん断試験をおこない、供試体に亀裂を発生させることができた。最大主応力方向に亀裂を発生させるものとして、発生した亀裂面の法線方向より引張り強度を推定した結果、一軸引張り試験や圧裂試験で求められた引張り強度のほぼ平均の値が得られた。

表3.ねじり法により得られた引張り強度

No.	せん断ひずみ(%)	せん断応力(kPa)	垂直応力(kPa)	亀裂角度(度)	引張り強度(kPa)	平均(kPa)
1	0.53	4.59	-9.96	22	1.79	1.69
2	0.25	4.36	-10.29	20	1.60	

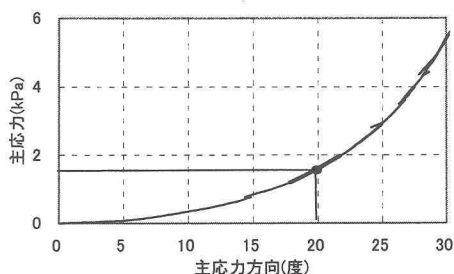


図4. 主応力 - 主応力方向

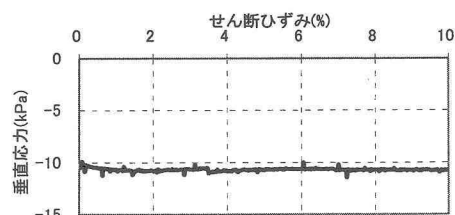


図5. 垂直応力の変化

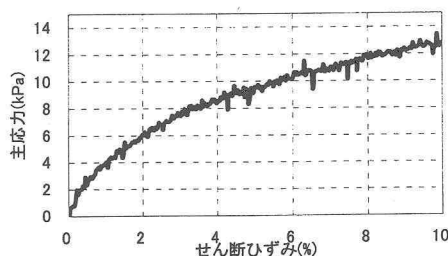


図6. 主応力の変化

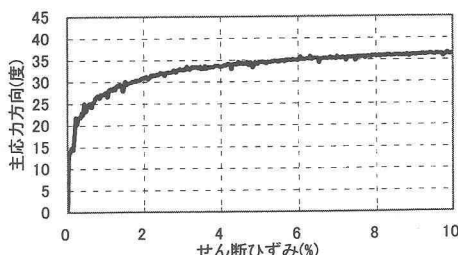


図7. 主応力方向の変化

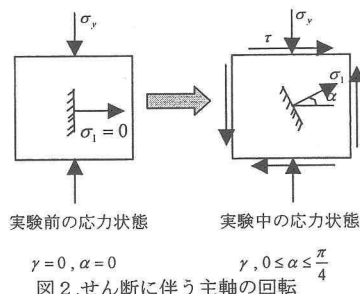


図2.せん断に伴う主軸の回転

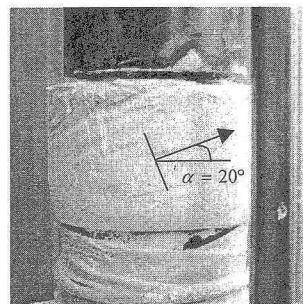


図3.せん断終了後の亀裂の発生