

地盤材料の脆性挙動に関する実験的研究

東北学院大学 学生員 辻田竜一 秋保枝里 丹野陽介
東北学院大学 正会員 山口晶 飛田善雄 吉田望

1. 背景および目的

土の引張り強度は圧縮強度に比較してかなり小さいため、構造物の安定性等を解析する際には、無視されてきた。しかし、地盤構造物の破壊は、引張り力によって発生した亀裂が契機となって発生する機会が多い。従って、構造物の破壊・安定問題を検討するためには、引張り亀裂の発生が構造物に与える影響を知る必要がある。そこで本研究では、中空ねじりせん断試験機を用いて試験を行い、変形挙動と亀裂の発生状況との関連性を調べた。

2. 実験方法

供試体は、カオリン粘土と、カオリン粘土に対して5%重量のポルトランドセメントと水を混ぜ、含水比75%にした試料を用いる。スラリー状にした粘土を供試体作製容器(直径10cm,高さ40cm)に入れ、供試体作製圧密装置で150kPaの圧力を1日間載荷し圧密させる。圧密終了後、取り出した試料を、中空円筒形(直径7cm,内径3.5cm,高さ7cm)に成型し、試験機に設置する。本実験で用いた中空ねじりせん断試験機を図-1に示す。供試体には垂直応力を15kPaのみ与えている。これは試験機器の重量によってかかる大きさである。また、本実験では角度制御(ひずみ制御)を行った。角速度は1.53°/分とした。これは1分間にひずみが1%発生するような速度となっている。また、載荷方向は供試体上からみて時計回りを正方向としている。本実験では、載荷当初は正方向に向かってねじり、最大値に達した時に運転方向が負方向に切り替わり、最小値に達した時を繰返し1回としている。1つの供試体で合計12回繰返した。繰返し3,6,9,12回終了後亀裂の様子をデジタルカメラで撮影している。亀裂面積等は、この写真を元にトレースをした図から求めた。



図-1 中空ねじりせん断試験機

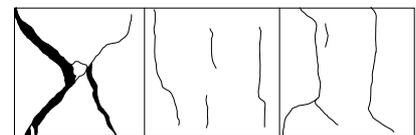
表-1に実験条件を示す。なお、表中に記載しているK(片振り)とは、正方向に設定した振幅分をねじり、ひずみゼロに戻るひずみ振幅の与え方である。また同じように、R(両振り)とは、ひずみ振幅をひずみゼロ線を境に正方向と負方向に対して1対1になるように設定した与え方である。同様にH(半振り)とは、ひずみ振幅をひずみゼロ線を境に2対1になるように設定した与え方である。表のようにひずみ振幅の与え方と、ひずみ両振幅を変えて実験を行った。

3. 実験結果

例として、図-2a)にR5の繰返し3回終了後、b)に繰返し12回終了後の亀裂のスケッチを示す。図のようにスケッチした黒い部分を亀裂面積として考えた。また、R5のせん断応力-ひずみ関係を図-3に示す。実験によって多少異なるが、全ての実験でこの図のように、繰返しに伴い応力が低下した。そこで、繰返しに伴うせん断剛性の変化を調べた。図-4に本研究に



a)繰返し3回終了



b)繰返し12回終了

図-2 亀裂スケッチ

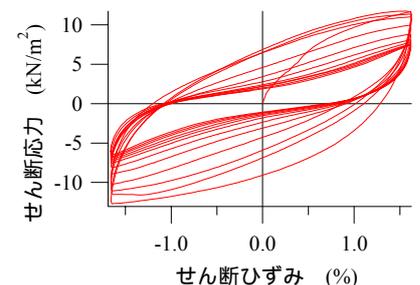


図-3 R5 応力-ひずみ関係

表-1 実験条件

試験No.	K2	R2	H2	K5	R5	H5	K10	R10	H10
両振幅	2	2	2	5	5	5	10	10	10
ひずみ振幅の与え方°	0 ~ +2	-1.0 ~ +1.0	-0.7 ~ +1.3	0 ~ +5.0	-2.5 ~ +2.5	-1.7 ~ +3.3	0 ~ +10	-5.0 ~ +5.0	-3.3 ~ +6.7

おけるせん断剛性の考え方模式図を示す。図のようにせん断剛性は、一つの履歴ループに対して応力ゼロ線に交わった点のひずみの中点(ひずみ対象軸)とひずみ最大値時のせん断応力を結んだ線の傾きを表している。

各実験での繰返し回数の増加に伴うせん断剛性の低下を図-5に示す。図から、与えたひずみ振幅が大きいと剛性は小さいことがわかる。ひずみの与え方でみると、2°と5°の実験では両振りの剛性が一番大きく、半振りの剛性が一番小さくなっている。片振りと半振りでは、半振りの剛性が小さいのは、ひずみがプラス側とマイナス側の両方に発生するようにせん断したためであると思われる。片振りでは供試体の損傷は片側方向によるせん断のみで発生するが、半振りでは両側方向のせん断によって損傷が発生するためであると思われる。なお、両振りの剛性が一番大きいのは、ひずみゼロ線からの振幅を考えた場合に、ひずみ振幅が一番小さい値となるからである。

供試体の損傷は、表面的には亀裂の発生によって観察することができる。そこで、実験時に撮影した亀裂の写真をもとにトレースし、亀裂面積を算出した。表2に各実験の亀裂面積を示す。また、図-6に繰返し回数と亀裂面積の関係を示す。図に見られる様に、繰返し回数の増加に伴い亀裂面積が増加している。次に亀裂面積とせん断剛性の低下の相関を観るために図-7に亀裂面積と剛性の関係を示す。図に見られる様に、振幅や振り方に因らず、亀裂面積の増加に伴い剛性が低下することが分かる。セメントを混ぜたような脆性の強い性質の土は、亀裂面積とせん断剛性に相関があることが分かる。

4. 結論

本研究では、中空ねじりせん断試験機を用いて試験を行い、亀裂の発生状況とせん断剛性の関連性を調べた。その結果、以下のような結論が出た。

- ・同程度のひずみ振幅の場合、プラス側とマイナス側の両方にせん断された方が、片側のみにせん断されたものより、剛性の低下が大きい。
- ・亀裂面積とせん断剛性は振幅の与え方や大きさに因らず反比例の関係がある。

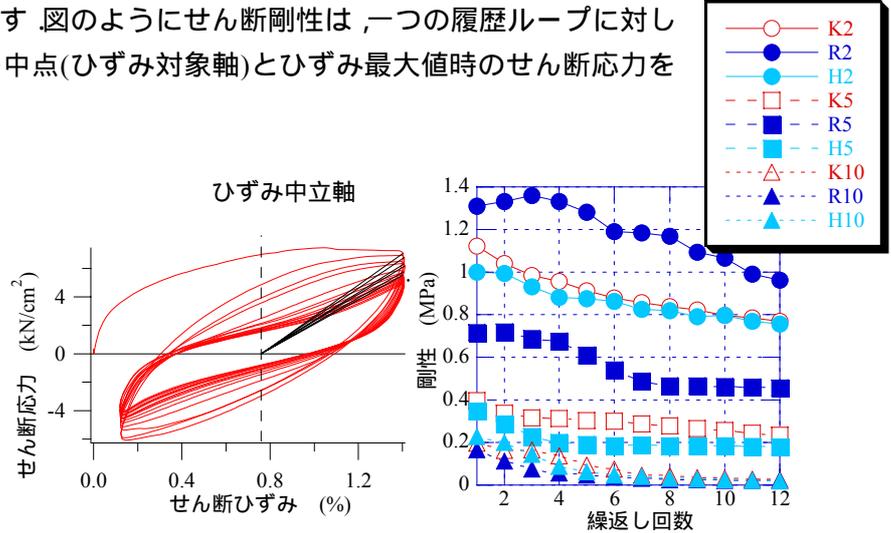


図-4 せん断剛性の考え方模式図 図-5 繰返し回数-せん断剛性関係

表2 各繰返し回数の亀裂面積

実験 NO.	K2	R2	H2	K5	R5	H5	K10	R10	H10
繰返し回数									
3回亀裂面積(cm ²)	1.13	0.00	0.00	1.67	1.41	1.41	6.59	8.06	3.90
6回亀裂面積(cm ²)	1.98	0.00	0.29	3.04	2.91	3.49	7.46	9.26	4.82
9回亀裂面積(cm ²)	2.89	0.00	0.41	3.64	4.30	3.89	10.16	10.07	4.86
12回亀裂面積(cm ²)	3.55	0.00	0.53	3.84	4.90	4.86	10.65	10.31	5.58

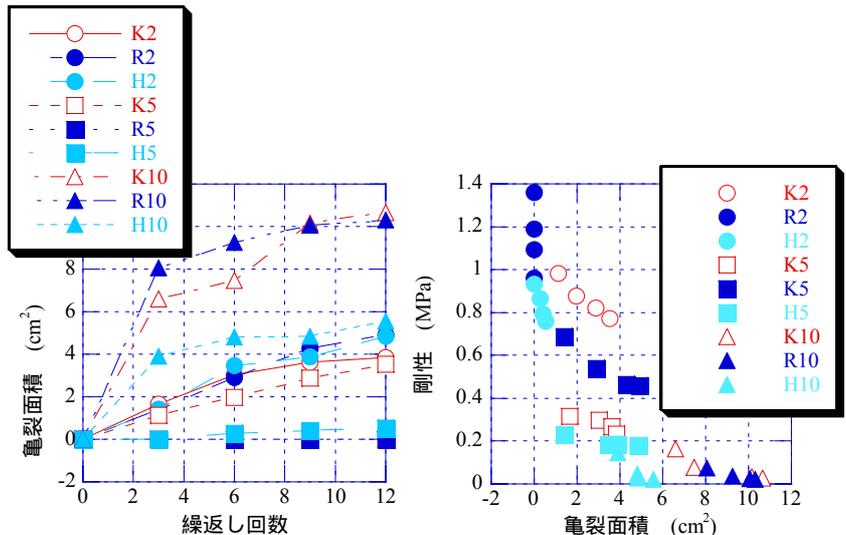


図-6 亀裂面積-繰返し回数 図-7 亀裂面積-せん断剛性関係