

III-47

地盤材料のクラックの発生と進展に関する実験的研究

東北学院大学工学部 学生会員 ○松山 亮彦
東北学院大学工学部 学生会員 渡邊 真生
東北学院大学工学部 正会員 飛田 善雄

1. 研究の背景と目的

地盤構造物の設計においては、一般に引張り強度は無視されて設計されている。しかし、地盤構造物の破壊は、引張り力によって発生したクラックが契機となって発生する場合が多い。ダムや堤防などでは、地震によりクラック等が発生した状態における構造物の安定を考える必要がある。従って、構造物の破壊・安定問題においては、引張りクラックの発生や発生した後の挙動を知る必要があると言える。そこで本研究では、中空ねじりせん断試験機を用いて引張り試験を行い、クラックの発生と進展を調べた。

2. 実験方法

地盤材料としてはカオリン粘土に3%の普通ポルトランドセメントと水を混合した試料を用いた。これらの試料を直径10cm高さ40cmの圧密容器に入れた後、供試体作製圧密装置で10kPaをかけながら、3日間養生を兼ねて圧密した。装置から取り出された供試体は、中空ねじりせん断試験機用の供試体として内径3.5cm、外径7cm、高さ7cmの中空円筒形に成型し、中空ねじりせん断試験機に設置する。せん断時の側方拘束圧（内圧と外圧）は10kPa、垂直応力は10kPaをかけた。実験条件を表1と図1に示す。また、本実験で使用した中空ねじりせん断試験機を写真1に示す。

載荷方向は、供試体上から見て反時計回りを正側と考える。載荷方向の考え方は、初期に載荷方向が「載荷・除荷」、初期に載荷した方向と反対側が「反転載荷・反転除荷」と呼ぶことにする。載荷方法は、初期載荷方向で目視でクラックの発生が確認された場合に、除荷に切り替えることにした。反転載荷・反転除荷も同様にした。実験終了後の供試体は、キレツのスケッチを行い、キレツ角度を調べた。

また、図2に丸棒におけるねじり方向のせん断ひずみの考え方を示す。図3に中空円筒形のねじり方向のせん断応力の考え方を示す。なお、中空円筒形のひずみは、内径と外形の中間位置のものを計算した¹⁾。



写真1 中空ねじりせん断試験機

表1 実験条件

		実験方法	用いた供試体
実験1	(a)	載荷→除荷→載荷	T ₁ , T ₂ , T ₃
	(b)	載荷→除荷→載荷→ 除荷→載荷	T ₄ , T ₅ , T ₆
実験2	(a)	載荷→除荷→反転載荷	T ₇ , T ₈
	(b)	載荷→除荷→反転載荷→ 反転除荷→載荷→除荷	T ₉ ~T ₁₅
実験3		反転載荷→反転除荷→ 載荷	T ₁₆
実験4		載荷→除荷→ 一度取り外し再び載荷	T ₁₇
実験5		き裂確認前に 操作を切り換える	T ₁₈ , T ₁₉

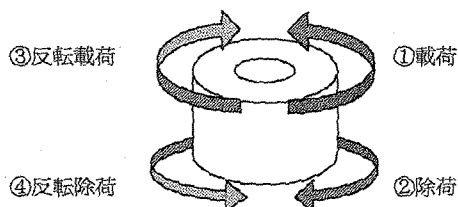


図1 実験条件(載荷方向の名称)

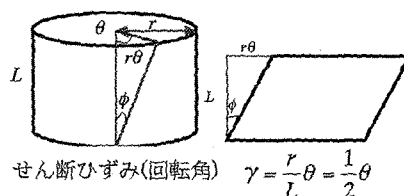


図2 円筒形

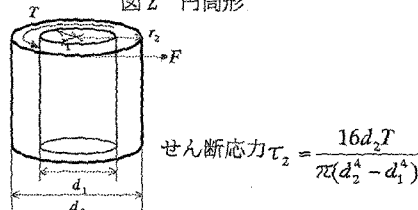


図3 中空円筒形(中空丸棒)

3. 実験結果

実験1(b)で実験を行なった結果、以下の写真2や写真3のようなキレツが見られ、載荷と除荷の繰り返しでは、キレツの方向はほぼ同じである事が確認できた。また、載荷と除荷を繰り返すと、キレツが進展したり、新たにキレツが発生した。図4に供試体の展開図、図5に応力-ひずみ曲線を示す。

実験 2(b)で実験を行なった結果では、以下の写真 4 や写真 5 のようなキレツが見られた。反転載荷時のキレツは、載荷時のキレツと逆方向に発生し、この実験で得られたキレツは、載荷時のキレツと反転載荷時のキレツが組み合わせられたものとなった。図 6 に供試体の展開図、図 7 に応力-ひずみ曲線を示す。

実験 1(b)の実験結果



写真 2 キレツの様子 写真 3 キレツの様子

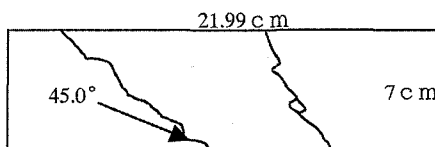


図 4 供試体の展開図

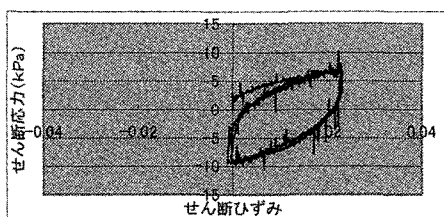


図 5 応力-ひずみ曲線

実験 2(b)の実験結果



写真 4 キレツの様子 写真 5 キレツの様子

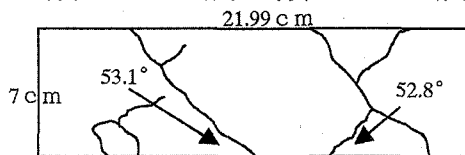


図 6 供試体の展開図

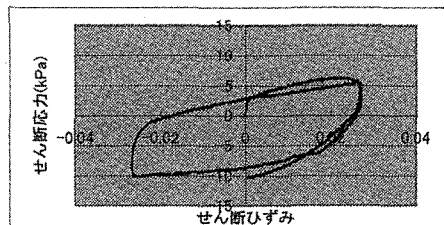


図 7 応力-ひずみ曲線

4. 考察

実験より、それぞれの供試体から様々なキレツが見られたが、発生時間や発生位置、キレツ角度などで差が見られた。試料に関しては同じ実験条件ではあるのだが、供試体作製や試験機に設置する操作の全て手作業であるため、多少応力状態に誤差があったと考えられる。

また実験内容によって一度供試体にキレツが発生した後、同じ方向にさらに複数のキレツが発生していた。しかし実際に自然界で見られる現象では、一度キレツが発生した場合は、その後新たなキレツが発生することはなく、初めのキレツ自体が進展していくのが通常である。本実験で新たなキレツが発生する理由としては次のことが考えられた。まず実験装置の構造上、供試体は上下の加圧板より拘束された状態である。この状態でキレツが発生しそのまま供試体を貫通した場合、拘束した上下の加圧板の影響で、そのキレツはそれ以上進展できないため違う位置から新たなキレツが発生したという原理が挙げられる。

両振りの実験では載荷によって最初に発生したキレツが見られた後、反転載荷で逆方向にキレツが発生するのだが、それぞれの操作で現れたキレツは直交することなく段差ができていく。そのキレツの発生形状は断面によく似ており、土の性質だと考えられる。

せん断応力-せん断ひずみ曲線では片振りと両振りの各実験から、載荷と反転載荷の切り替えのタイミングが供試体によって異なり曲線の大きさも異なるが、片振りと両振りともに同じような傾向の曲線が得られ、曲線の特徴として、載荷によって得られた引張り強度より、反転載荷によって得られた引張り強度の絶対値の方が大きいことや、特に反転載荷を行っている時の曲線が波状になっているということが分かる。要因として考えられることは、載荷時にはモーターでワイヤーを引っ張り、トルクを発生させて供試体をねじっているが、反転載荷時にはおもりの自重によってねじっている為、反転載荷で得られる部分のデータはどうしても信頼性がないといえる。おもりに関してもワイヤーに吊るしているだけなので、不安定な為には何らかの衝撃で波状になっているとも考えられる。

5. 結論

- ①片振り、両振りの各実験で出た結果からは、それぞれ供試体によってキレツの発生時間や発生位置、キレツ角度が違うものとなった。
- ②供試体によってキレツの発生時間や発生位置、キレツ角度に違いが見られたが、応力-ひずみ曲線からは、最大せん断応力に大きな違いは見られなかった。
- ③本実験で使用した中空ねじりせん断試験機は、今回のような地震などを想定した繰り返し挙動については信頼性に欠けるので、試験機自体の改善が必要である。

参考文献

- 1) 船見国男(1994) : 材料力学