

リングせん断試験装置の改良とその効果の検討

地盤工学研究室 MAZLAN BIN ZAINONDIN

指導教官 杉本 光隆

豊田 浩史

1.はじめに

リングせん断試験装置は残留強度を測定するために開発された。残留強度とは土に大変位が起こった後、最大せん断応力より小さく、かつ一定の値に落ち着いたせん断強度をいう(図1参照)。この装置は若干の改良によりその測定精度も向上し、研究はもとより実務でも用いられている。ここでは、リングせん断試験装置の改良とその効果について報告する。

2.リングせん断試験装置の特徴

試験装置の基本的な構造は、上下に重ねたリングで環状供試体を外側と内側の両方から拘束し、土に垂直応力を作用させながら、円周方向にせん断力を加えるものである。繰返し一面せん断とは異なり、連続的に大変位を与えることができるため、せん断面の状態を原位置に近い状態で再現できる。また、せん断中に供試体の断面積が変わらないことから地すべりでの残留強度を求めるために使われる。

3.改良前のリングせん断試験の問題点

本研究室には Bishop¹⁾が考案したリングせん断試験装置を参考して新たに製作したリングせん断試験装置がある。しかし、このリングせん断試験装置にはいくつかの問題点が挙げられる(図3参照)。以下にその問題点を示す。

- ・周面リングの摩擦が大きい。

リングせん断試験装置では供試体が常に周面リングに拘束されているため、供試体と周面リングとの間に摩擦が生じる。この摩擦が大きいと、せん断面に均一な鉛直応力が作用しなくなる。この問題を解決するため、周面リングにテフロンコーティングを施した。

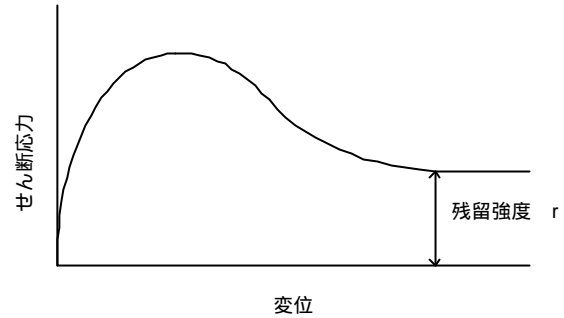


図1 残留強度

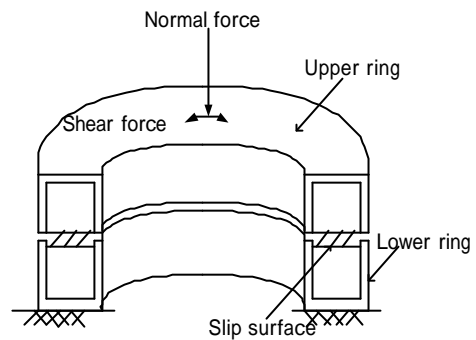


図2 リングせん断試験の原理

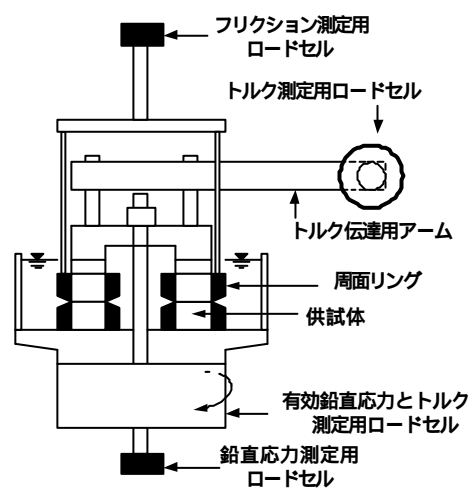


図3 リングせん断試験装置

- ・周面リングがせん断中に傾く。

改良前のリングせん断試験装置では、せん断に伴い周面リングが傾いた。このことにより、せん断面における正確な応力測定が困難になる。また、大きめに周面リングを開ける必要が生じるため、供試体漏出の問題も発生する。この問題を解決するため、周面リング固定の剛性をあげた。

- ・せん断面上の応力を直接測定できない。

改良前のリングせん断試験装置では鉛直応力測定用ロードセルによって鉛直荷重を測定し、フリクション測定用ロードセルによって摩擦を測定する。これらのロードセルの測定値を引いた値からせん断面上の応力値を計算する。そこで、せん断面上の応力を直接測定できるように供試体の下部に新たにロードセルを設置した。

4. 本研究の目的

本研究の目的は改良された試験装置で行われたせん断試験を改良前のせん断試験の結果と比較し、その計測精度の正確さや試験装置の性能を評価する。

5. 試験方法

試験方法

- (1) 供試体を成形する (図 4 参照)。
- (2) 供試体をリングせん断試験装置にセットし、圧密させる。
- (3) 上周面リングを引き上げ、隙間を開ける。
- (4) せん断速度 0.03 degree/min で定圧せん断試験を行う。
- (5) 本研究では米山粘性土を試料として用いた (表 1 参照)。

表 1 米山粘性土の物性値

r_s (g/cm ³)	WI (%)	IP (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
2.746	52.4	22.5	23.6	57.0	19.4

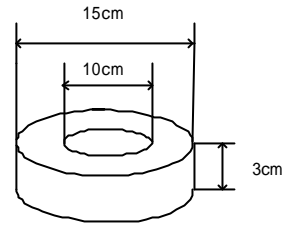


図 4 供試体の寸法

6. 試験結果

6.1 改良前後のせん断応力 - 変位関係

図 5 は改良前後のせん断中におけるせん断応力の変化を示す。ピークで約 20kPa の差がみられる。この大きな差の要因として次のことが考えられる。

周面リング摩擦の影響

周面リングの傾き

正確な応力の測定

以下にそれぞれについて詳しく検討していく。

6.2 周面リング摩擦低減について

摩擦を低減するために、周面リングにテフロンコーティングを施した。図 6 は改良前後でせん断中におけるフリクションの変化量を示す。改良後の変化量と改良前の変化量を比較すると、その値は約半減している。これは周面リングをテフロンコーティングすることによって摩擦の影響を低減することができたと考えられる。

6.3 周面リングの傾きについて

図 7 と図 8 はせん断中の周面リング垂直変位を示している。改良前ではせん断とともに周面リングが傾いていることがわかる。それに対して改良後ではせん断中にほぼ一定の値を保っていることがわかる。したがって、周面リング固定の剛性をあげたことによって、せん断中に周面リングが傾かなくなったといえる。

6.4 測定方法による差異（鉛直応力）

従来の測定方法では鉛直応力を鉛直応力測定用ロードセルとフリクション測定用ロードセルで測定する。新規測定方法では新たに供試体の下部に設置した鉛直応力測定用ロードセルで鉛直応力を測定する。図 9 により、従来と新規の測定方法の結果はほぼ同じ値を示すことがわかる。よって、従来の測定方法、つまり鉛直応力測定用ロードセルとフリクション測定用ロードセルでもせん断面上における鉛直応力を正確に求められることがわかった。

6.5 測定方法による差異（せん断応力）

従来の測定方法とはトルク伝達用アームに介してトルク測定用ロードセルで測定する。新規の測定方法により改良後で新たに供試体の下部に設置したトルク測定用ロードセルで測定する。2 つの測定方法により、せん断応力はどのように変わるのかを検討する。図 10 で示すように 2 つの測定方法によりその結果は異なっていることがわかる。2 つの測定方法を比較するとピークでの差は約 1 割であることがわかった。この差の要因を解明するために、異なる鉛直応力下で検定試験を行った。その結果、鉛直応力が小さいときは測定方法による差は見られなかったが、鉛直応力が 100kPa を越えると有意な差が見られはじめた。次に、この検定試験の値を用いて、図 10 を補正した結果を図 11 に示す。図のように、ほぼ補正することが可能であるが、正確な検定は難しいことより、新規の測定方法を用いる方が望ましい。この要因は加圧盤に設置されたボールベアリングの摩擦が影響していると考えられる。

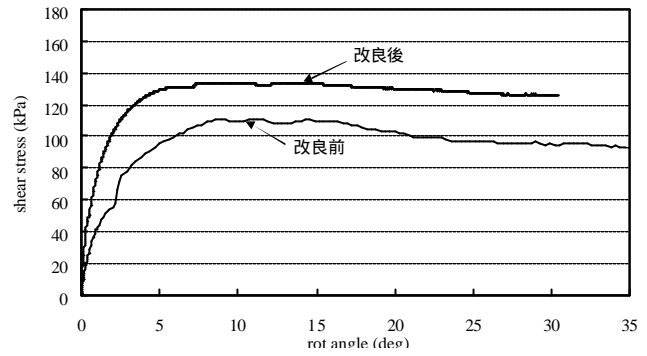


図 5 せん断中のせん断応力の変化

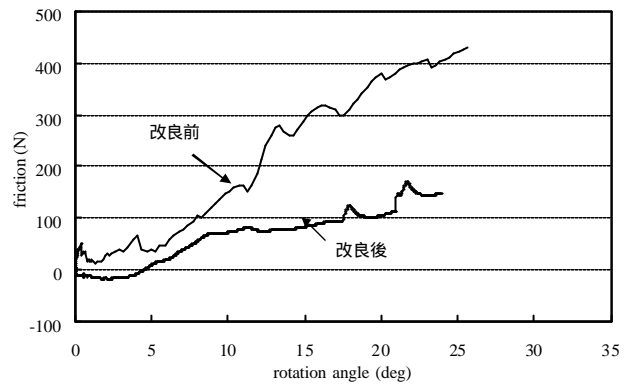


図 6 せん断中のフリクションの変化量

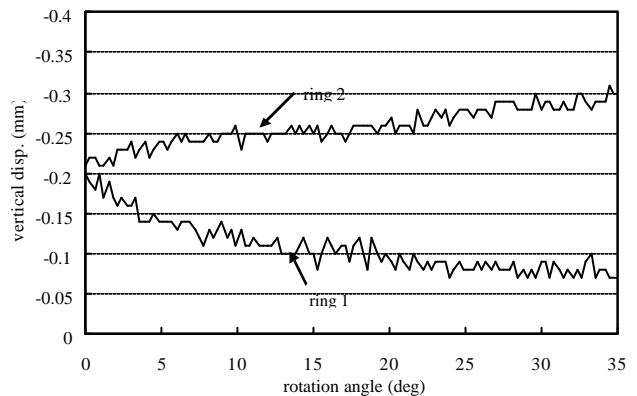


図 7 改良前のせん断中の周面垂直変位

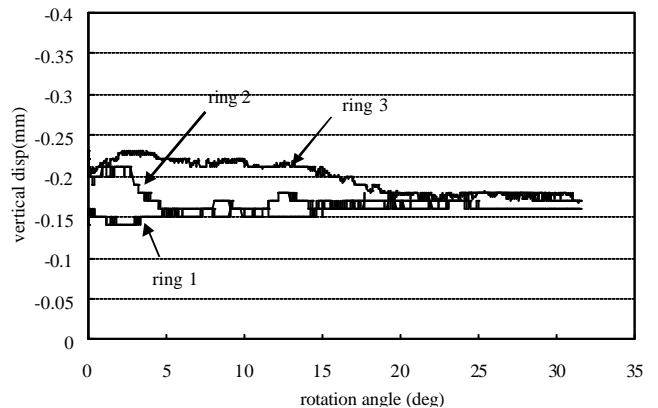


図 8 改良後のせん断中の垂直変位

6.6 新規試験装置における実験の再現性について

新規試験装置を用いて実験の再現性について調べた。図 12 はせん断中のせん断応力を示す。この図ではどちらの結果でもほぼ同じであることがわかる。よって、新規試験装置を用いた実験には十分再現性があることが確認できた。

7. 結論

本研究で得た知見を以下に示す。

周面リングをテフロンコーティングすることにより、摩擦の影響を低減することができた。

改良によって、せん断中の周面リングの傾きが小さくすることができた。

従来のせん断応力測定方法ではボールベアリングなど摩擦により正確なせん断応力が測定できない。

改良した試験装置において、実験の再現性が確認された。

8. 参考文献

1) A.W. Bishop, G. E.Green, V. K.Garga, A. Andressen and J. D. Brown: A new ring shear apparatus and its application to the measurement of residual strength, Geotechnique, Vol. 21, No. 4, pp 273-328, 1971.

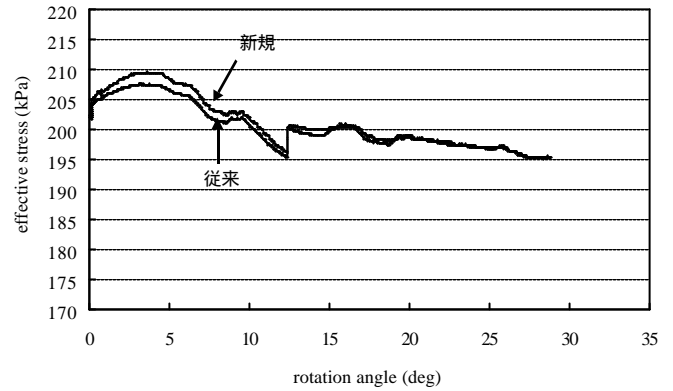


図 9 せん断中の有効鉛直応力

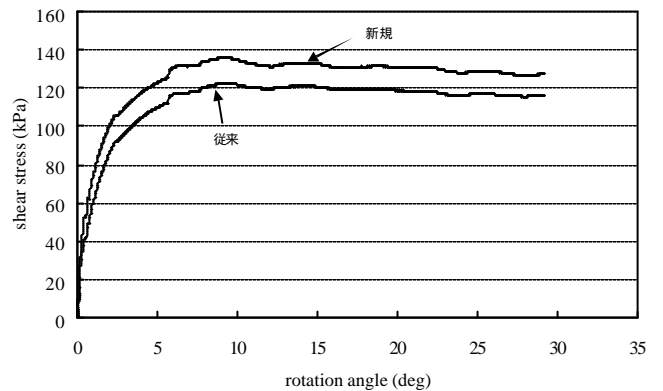


図 10 せん断中のせん断応力

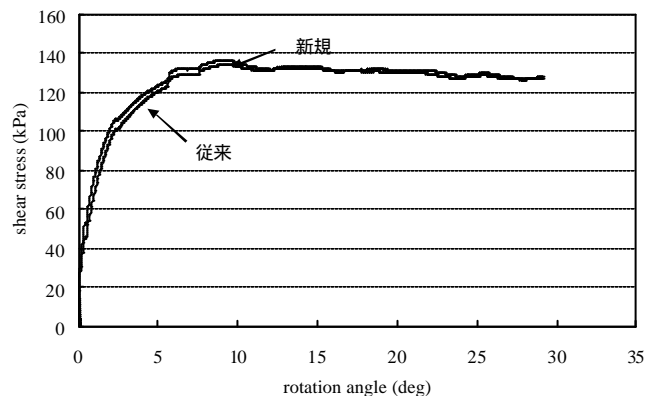


図 11 補正したせん断中のせん断応力

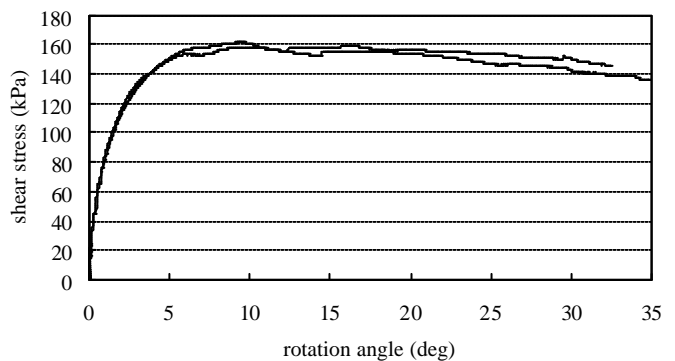


図 12 せん断中のせん断応力