

原位置ベーンせん断試験方法

Method for field vane shear test

1 適用範囲

この基準は、粘性土地盤における乱さない状態での土のベーンせん断強さ、練返しベーンせん断強さ、及び鋭敏比を求めるための試験方法について規定する。

2 引用規格及び基準

次に掲げる規格及び基準は、この基準に引用されることによって、その一部又は全部がこの基準の要求事項を構成している。これらの引用規格及び基準は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS A 0207 地盤工学用語

3 用語及び定義

この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、JIS A 0207 による。

3.1

原位置ベーンせん断試験

ロッドの先に付けたベーンを所定の試験深さまで地中に押し込み、回転させたときのトルクから原位置でのベーンせん断強さを求める試験

3.2

ベーン

ベーンブレード及びベーンシャフトからなるもの

3.3

ベーンブレード

長方形の4枚羽を十字型に組み合わせたもの

3.4

ベーンシャフト

ベーンブレードを固定しているシャフト

3.5

ベーン保護ケース

押し込み式のベーンの場合に、押し込み及び引抜き時にベーンを保護するためのケース

3.6

回転ロッド

ベーンと地上部の載荷装置とを接続し、トルクをベーンに伝達するもの

3.7

セントライザー

ロッドがケーシング又は保護管に接触することを防止するとともに、ベーンの回転をベーンシャフトの中心軸に一致させるための装置

3.8

ケーシング

ボーリング孔を裸孔の状態で維持することができない場合、孔中に挿入する鋼製の円筒管であり、セントライザーのガイドの役割を果たすもの

3.9

保護管

押込み式のベーンの場合に、回転ロッドを保護し、回転ロッドと地盤との間に摩擦が生じないようにする役割を果たすもの

3.10

試験深さ

基準面からベーンブレード中央高さまでの深さ

3.11

測定最大トルク, T_{max}

乱さない状態での土の試験で、ベーンを回転させたときに測定される最大トルク

3.12

乱さない状態での土のベーンせん断強さ, s_{fv}

乱さない状態での土のベーンせん断強さの値

3.13

破壊までの時間

乱さない状態での土の試験で、ベーンを回転させ始めてから、最大トルクに到達するまでの時間

3.14

練返し状態での測定最大トルク, $T_{max,r}$

練返し状態での土の試験で、ベーンを回転させたときに測定される最大トルク

注釈 1 練返し状態は、ベーンを急速に 10 回以上回転させた状態とする。

3.15

練返しベーンせん断強さ, s_{rv}

練返し状態での土のベーンせん断強さの値

3.16

摩擦トルク, T'

載荷装置自体及び回転ロッドの摩擦によるトルク

3.17

鋭敏比, S_{fv}

乱さない状態での土のベーンせん断強さ s_{fv} を練返しベーンせん断強さ s_{rv} で除した値

4 試験装置及び器具

4.1 試験装置

試験装置には、次の2種類がある(図1)。

- a) **ボアホール式** ボーリングによって試験孔を掘削した後、ケーシング設置後にベーンを孔底から地中に押し込み、所定の深さで試験を行う形式のもの。

注記 ケーシングの内径は、十分に大きなものを用いることが望ましい。

- b) **押し込み式** ベーンを地中に押し込み、所定の深さで試験を行う形式のもの。押し込み時にベーンを保護するためのベーン保護ケース、及び回転ロッドと土との摩擦の影響を除くための保護管を有し、二重管構造からなる。

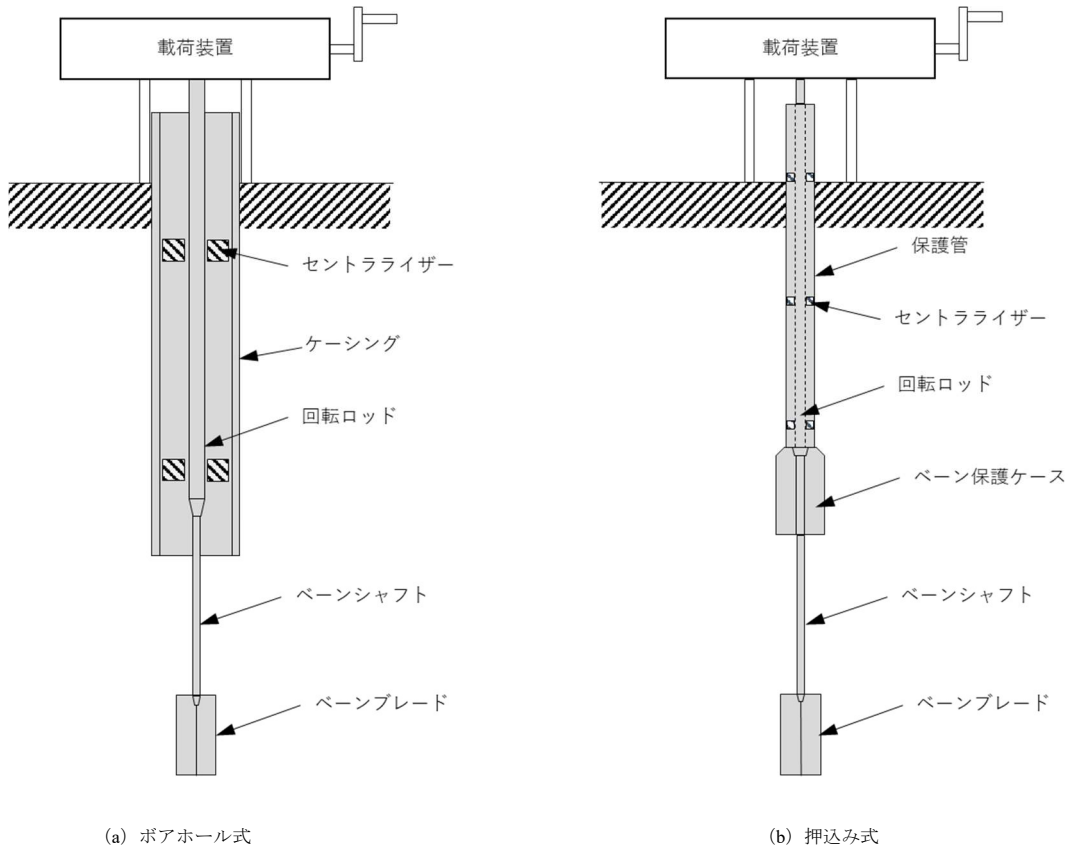
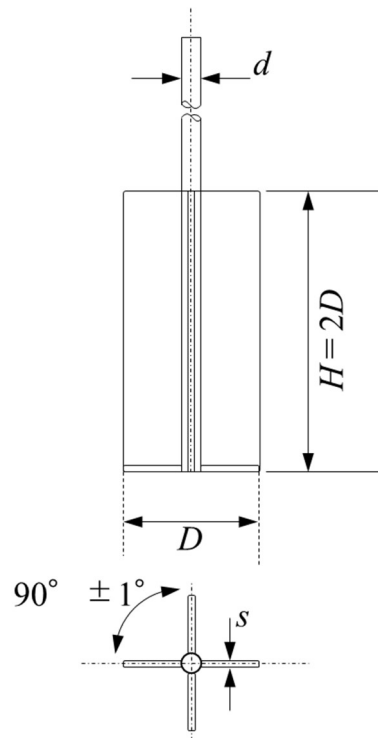


図1—試験装置

4.2 ベーン

4.2.1 ベーンブレード形状

ベーンブレードは、高さ H と幅 D との比が2.0の長方形を標準とし、各ベーンブレード間の角度を(90 \pm 1) $^{\circ}$ とする(図2)。なお、ベーンブレードはベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がり及びゆがみのないものを用いる。



ここで、 H ：ベーンブレードの高さ
 D ：ベーンブレードの幅
 s ：ベーンブレードの厚さ
 d ：ベーンシャフトの直径

図2—ベーンの形状

4.2.2 ベーンブレード寸法

ベーンブレードの最大寸法は幅100 mm×高さ 200 mm，最小寸法は幅40 mm×高さ 80 mm とし，予想される土のベーンせん断強さに応じてベーンブレードの寸法を決定する。また，ベーンブレード厚さは，0.8 mm～3.0 mmとする。

注記1 ベーンシャフトは，回転時にベーンが偏心しないようにベーン中心に溶接する。また，試験中に著しいねじれ等を生じないよう十分な剛性を有することが望ましい。

注記2 ベーンシャフト径は，鋭敏な粘土の場合16 mm以下，非常に硬質な粘土の場合20 mmとすることが望ましい。

注記3 非常に鋭敏な粘土の場合は，ベーンを地中に押し込む際の乱れを最小限にするために，ベーンブレードの厚さは2.0 mm以下が望ましい。

4.3 回転ロッド

回転ロッドは，载荷装置からのトルクを確実にベーンに伝達できるよう十分な剛性を有し，かつ曲がりのないものを用いる。ロッド接続部の許容偏心量は1 mmとする。回転ロッド又は接続された2本の回転ロッドの曲がり（偏心差）の許容値は，ロッド長さ1 mあたり2 mmとする。

注記 ロッド保護管を用いることで，回転ロッドに作用する土の摩擦を小さくすることが可能である。試験直前に，ベーンを空転させて土とロッドとの摩擦を測定することが望ましい。

4.4 載荷装置及び記録装置

一定の回転速度でベーンにトルクを与えることができる載荷装置を用いなければならない。記録装置の許容精度は、予想される土のベーンせん断強さに応じた値とし、最小読取り目盛りは 1° で、 360° まで測定できる回転角計を用いる。

5 試験方法

5.1 試験位置

試験深さが5 m以上となる場合には、試験地点間距離を2 m以上設ける。最初の試験は、地表面より0.5 m以上の深さで行う。同一試験孔での試験の場合、深さ方向に0.5 m以上の間隔をあけて試験を行うことが望ましい。

5.2 試験孔の削孔

ボアホール式のベーンの場合、ボーリングによって所定の深さまで試験孔を掘削する。押し込み式のベーンの場合でも、押し込みが不可能な場合及びベーンが損傷する恐れがある場合には、硬質層をボーリングによって掘削してもよい。

5.3 セントライザーの設置

ボアホール式のベーンの場合、孔底を清掃した後、ベーンシャフトに回転ロッドを接続し、ケーシングに沿ってセントライザーを取り付けて孔底に降ろす。また、セントライザーは、摩擦による回転抵抗を極めて小さくできる構造とし、セントライザーの設置間隔は、3 m～6 m ごとが望ましい。

5.4 摩擦トルクの測定

試験実施前に試験装置の摩擦トルク（機械の摩擦及び回転ロッドの摩擦を含む） T' を測定する。

5.5 ベーンの押し込み

回転ロッドにねじりを与えないようにして、ベーンを孔底から所定の試験深さまで押し込む。ベーンの押し込み速度は、25 mm/sを超えない一定速度とし、打撃及び振動を与えることなくまっすぐ地中に押し込む。ボーリング掘削した孔底からベーンを押し込んで試験する場合には、ボーリング孔径の5倍以上の長さまで押し込んだ後、試験を行う。押し込み式のベーンの場合、地表面から所定の試験深さの0.5 m～0.8 m 上まで、ベーンを保護管と共に地中に押し込み、さらにベーンのみを所定の試験深さまで押し込む。このとき、ベーン保護ケースからのベーン押し込み長は、ベーンブレード幅の5倍以上とする。

注記 硬質粘土及びシルトでは、ベーンを所定の深度に到達させるための押し込み力が必要となることがある。

5.6 載荷装置の設置

ベーンの押し込み終了後、載荷装置を設置する。

5.7 乱さない状態での試験

ベーン押し込み後、5分以内にベーンを回転させる。ベーンは、非排水せん断条件の下で破壊が生じるような速度で回転させなければならない。その目安として、ベーンを回転させ始めてから2～4分程度で最大トルクに到達する回転速度とし、一定速度で回転させる。回転角の読取り間隔は 2° 以下とし、最大値が得られるまで試験を続け、測定最大トルク T_{\max} を求める。

5.8 練返し状態での試験

乱さない状態での試験終了後に練返しベーンせん断強さを測定する場合、土を練返し状態とするためにベーンを急速に10回以上回転させ、引き続き、練返し状態での試験を開始する。測定トルクが一定となった時の値を練返し状態での測定最大トルク $T_{\max,r}$ として記録する。

5.9 機材の点検及び校正

すべての機材は、**附属書 A**に記載した維持管理、点検及び校正を適用する。

6 結果の整理

長方形ベーンを用いた場合、乱さない状態での土のベーンせん断強さ s_{fv} を次式で算定する。

$$s_{fv} = \frac{T_{max}}{\pi\left(\frac{D^2H}{2} + \frac{D^3}{6}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

s_{fv} : 乱さない状態での土のベーンせん断強さ (kN/m²)

T_{max} : 乱さない状態での測定最大トルク (kN・m)

D : ベーンブレードの幅 (m)

H : ベーンブレードの高さ (m)

練返し状態での土のベーンせん断強さ s_{fv} は、式(1)の T_{max} を $T_{max,r}$ に置き換えて算出する。

注記1 測定最大トルク T_{max} は、予め測定した摩擦トルク分 T' (機械の摩擦及び回転ロッドの摩擦)を差し引いておくことが望ましい。

注記2 ベーンブレードの高さ H と幅 D との比が2.0の長方形ベーンを用いる場合は、式(1)において $H=2D$ とすると、次式(2)が得られる。

$$s_{fv} = 0.273 \times \frac{T_{max}}{D^3} \dots\dots\dots (2)$$

7 報告

試験結果の報告は、試験者以外の者でも内容を確認でき、理解できるものとしなければならない。

- a) 試験者 (試験機関)
- b) 試験位置
- c) 地点番号又は孔名
- d) 調査実施日
- e) 地盤高
- f) 調査孔の掘削方法、内径及び深さ
- g) ベーンせん断試験装置及びトルク測定装置の形式
- h) ベーンブレード寸法
- i) 計器の最終校正日及び校正係数
- j) 試験深さ
- k) 乱さない状態での土のベーンせん断強さ
(練返し状態での試験を行った場合には、練返しベーンせん断強さ)
- l) 破壊に至るまでの時間
- m) この基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- n) その他特記すべき事項

附属書 A

(規定)

維持管理, 点検と校正

A.1 維持管理, 点検

A.1.1 回転ロッドの直線性

試験前に回転ロッドの直線性(4.3 回転ロッド参照)を次のいずれかの目視による方法で点検する。

- ①回転ロッドを鉛直に持ち回転させる。回転させたときにロッドが振れるようであれば、そのロッドを用いてはならない。
- ②回転ロッドを平面上で転がす。そのときにロッドの直線性が疑われる場合には、そのロッドを用いてはならない。

目視以外の方法によって直線性を点検することもできる。

A.1.2 ベーンブレード

ベーンブレードは、試験中に損傷してはならない。ベーンブレードは、ベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がり及びゆがみのないものを用いる。試験開始前に目視により外観に異常のないことを確認する。試験後、外観に損傷が確認された場合には報告する。ベーンブレードに重大な損傷があった場合には、再試験の実施を検討する。

A.1.3 維持管理

表A.1の装置の維持管理と校正については、表A.1の点検項目に従うことが望ましい。

表A.1—維持管理項目の実施計画

点検項目	試験開始時	試験終了時	6ヶ月ごと
回転ロッド	○		
ベーンブレード	○	○	
無負荷状態におけるトルク値	○	○	
校正			○*
* センサへの過負荷, 損傷, 修理を行った場合についても校正を行うこと			

A.2 トルク測定装置の校正

校正は、トルク測定装置に段階的に荷重を載荷・除荷することで行う。

トルクセンサの許容量を超える力が載荷された場合及びゼロ点移動が記録された場合には、試験後に新たに校正を行う。

新しいトルクセンサを校正するときには、トルクセンサの許容量まで15~20回繰返し載荷した後に、トルクセンサの校正を行う。

原位置ベーンせん断試験方法(JGS 1411)

項目	改正案	現行基準	備考
1 適用範囲	この基準は、粘性土地盤における乱さない状態での土のベーンせん断強さ、練返しベーンせん断強さ、及び鋭敏比を求めるための試験方法について規定する。	この基準は、原位置における土のベーンせん断強さ、練返しせん断強さ、鋭敏比を求めるための試験方法について規定する。 この試験は、粘性土地盤を対象とする。 注記 繊維質を多く含む泥炭などに適用する場合は、十分な検討を必要とする。	
2 引用規格	次に掲げる規格及び基準は、この基準で引用されることによって、その一部又は全部がこの基準の要求事項を構成している。これらの引用規格及び基準は、その最新版(追補を含む。)を適用する。 JISA 0207 地盤工学用語	なし。	
3 用語及び定義	この基準で用いる主な用語及び定義は、次によるほか、 JISA 0207 による。	この基準で用いる主な用語及び定義は、次による。	
3.1 原位置ベーンせん断試験	ロッドの先に付けたベーンを所定の試験深さまで地中に押し込み、回転させたときのトルクから原位置でのベーンせん断強さを求める試験	ロッドの先に付けたベーンを所定の試験深さまで地中に押し込み、回転させたときの回転抵抗から原位置でのベーンせん断強さを求める試験。	
3.2 ベーン	ベーンブレード及びベーンシャフトからなるもの	ベーンブレードとベーンシャフトからなるもの。	
3.7 セントライザー	ロッドがケーシング又は保護管に接触することを防止するとともに、ベーンの回転をベーンシャフトの中心軸に一致させるための装置	ボアホール式のベーンの場合に、ロッドが孔壁に接触することを防止するとともに、ベーンの回転をベーンシャフトの中心軸に一致させるための装置。	
3.8 ケーシング	ボーリング孔を裸孔の状態で維持することができない場合、孔中に挿入する鋼製の円筒管であり、セントライザーのガイドの役割を果たすもの		新設
3.9 保護管	押し込み式のベーンの場合に、回転ロッドを保護し、回転ロッドと地盤との間に摩擦が生じないようにする役割を果たすもの		新設
3.14 練返し状態での測定最大トルク, $T_{max,r}$	注釈 1	注記	
3.16 摩擦トルク, T'	載荷装置自体及び回転ロッドの摩擦によるトルク	載荷装置自体や回転ロッドの摩擦によるトルク	

項目	改正案	現行基準	備考
4.1 試験装置 a) ボアホール式	ボーリングによって試験孔を掘削した後、ケーシング設置後にベーンを孔底から地中に押し込み、所定の深さで試験を行う形式のもの。 注記 ケーシングの内径は、十分に大きなものを用いることが望ましい。	ボーリングによって試験孔を掘削した後、ベーンを孔底から地中に押し込み、所定の深さで試験を行う形式のもの。 注記 ボーリング孔壁の崩壊防止のためにケーシングを用いてもよい。その際、ケーシング内径は、十分に大きなものを用いることが望ましい。	
b) 押し込み式	押し込み時にベーンを保護するためのベーン保護ケース、及び回転ロッドと土との摩擦の影響を除くための保護管を有し、二重管構造からなる。	押し込み時にベーンを保護するためのケースと、回転ロッドと土との摩擦の影響を除くための保護管を有し、二重管構造になっている。	
図1-試験装置			
4.2.1 ベーンブレード形状	ベーンブレードは、高さ H と幅 D との比が2.0の長方形を標準とし、各ベーンブレード間の角度を $(90 \pm 1)^\circ$ とする(図2)。なお、ベーンブレードはベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がり及びゆがみのないものを用いる。	ベーンブレードは、図2(a)に示すように長方形の4枚羽を十字型に組み合わせたものとし、高さ H と幅 D の比が2.0の長方形を標準とする。ベーンブレードは、ベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がり及びゆがみのないものを用いる。 注記 上下端がテーパになっているベーンブレード(図2(b))を用いてもよい。この場合には、「試験結果の整理」の際に形状の違いによる影響を考慮する必要がある。	
図2-ベーンの形状			
4.2.2 ベーンブレード寸法	予想される土のベーンせん断強さに応じてベーンブレードの寸法を決定する。また、ベーンブレード厚さは、0.8 mm~3.0 mmとする。 注記2 ベーンシャフト径は、鋭敏な粘土の場合 16 mm 以下、非常に硬質な粘土の場合 20 mm とすることが望ましい。	予想される土の非排水せん断強さに応じてベーンブレードの寸法を選択する(附属書Bを参照)。ベーンブレード厚さは、0.8 mm~3.0 mm とする。 注記2 ベーンシャフト径は、鋭敏な粘性土の場合 16 mm 以下、非常に硬質な粘土の場合 20 mm とすることが望ましい。	
4.3 回転ロッド	ロッド接続部の許容偏心量は 1 mm とする。 注記 試験直前に、ベーンを空転させて土とロッドとの摩擦を測定することが望ましい。	ロッド接続部の許容偏心量は0.1 mm とする。 注記 試験直前に、ベーンを空転させてロッドとの摩擦を測定することが望ましい。	
4.4 載荷装置及び記録装置	一定の回転速度でベーンにトルクを与えることができる載荷装置を用いなければならない。記録装置の許容精度は、予想される土のベーンせん断強さに応じた値とし、最小読取り目盛りは 1° で、 360° まで測定できる回転角計を用いる。	一定回転速度でベーンにトルクを与えることができる載荷装置を用いなければならない。記録装置の許容精度は、附属書Bに示す値が望ましい。最小読取り目盛りは 1° で、 360° まで測定できる回転角計を用いる。	

5.1 試験位置	試験深さが5m以上となる場合には、試験地点間距離を2m以上設ける。最初の試験は、地表面より0.5m以上の深さで行う。	調査深度が5m以上となる場合には、調査地点間距離を2m以上あける。最初の試験は、地表面より0.5m以上の深度で行う。	
5.2 試験孔の削孔	ボアホール式のベーンの場合、ボーリングによって所定の深さまで試験孔を掘削する。押し込み式のベーンの場合でも、押し込みが不可能な場合及びベーンが損傷する恐れがある場合には、硬質層をボーリングによって掘削してもよい。	ボアホール式の場合、ボーリングによって所定の深さまで試験孔を掘削する。押し込み式の場合でも、押し込みが不可能な場合やベーンが損傷する恐れがある場合には、硬質層をボーリングによって掘削してもよい。	
5.3 セントライザーの設置	ボアホール式のベーンの場合、孔底を清掃した後、ベーンシャフトに回転ロッドを接続し、ケーシングに沿ってセントライザーを取り付けて孔底に降ろす。また、セントライザーは、摩擦による回転抵抗を極めて小さくできる構造とし、セントライザーの設置間隔は、3m～6mごとが望ましい。	ボアホール式の場合、孔底を清掃した後、ベーンシャフトに回転ロッドを接続し、セントライザーを取り付けて孔底に降ろす。セントライザーは、ベアリングなどを用いて摩擦による回転抵抗を極めて小さくする構造とし、セントライザーの設置間隔は、3m～6mごとが望ましい。	
5.4 摩擦トルクの測定	試験実施前に試験装置の摩擦トルク(機械の摩擦及び回転ロッドの摩擦を含む)T'を測定する。	ベーンを空転させて試験装置の摩擦トルク(回転ロッドの摩擦を含む)T'を測定する。	
5.5 ベーンの押し込み	ベーンの押し込み速度は、25mm/sを超えない一定速度とし、打撃及び振動を与えることなくまっすぐ地中に押し込む。 押し込み式のベーンの場合、地表面から所定の試験深さの0.5m～0.8m上まで、ベーンを保護管と共に地中に押し込み、さらにベーンのみを所定の試験深さまで押し込む。 このとき、ベーン保護ケースからのベーン押し込み長は、ベーンブレード幅の5倍以上とする。 注記 硬質粘土及びシルトでは、ベーンを所定の深度に到達させるための押し込み力が必要となることがある。	ベーンの押し込み速度は、20mm/sを超えない一定速度とし、可能な限り打撃や振動を与えることなくまっすぐ地中に押し込む。 押し込み式の場合、地表面から所定の試験深さの0.5m～0.8m上まで、ベーンを保護管と共に地中に押し込み、さらにベーンのみを所定の試験深さまで押し込む。 このとき、ベーン保護ケースからベーンブレード幅の5倍の長さ以上ベーンを押し出してから試験を行う。 注記 硬質粘土やシルトでは、ベーンを所定の深度に到達させるための押し込み力が必要となることもある。	
5.7 乱さない状態での試験	ベーンは、非排水せん断条件の下で破壊が生じるような速度で回転させなければならない。その目安として、ベーンを回転させ始めてから2～4分程度で最大トルクに到達する回転速度とし、一定速度で回転させる。	ベーンは、非排水せん断条件の下で破壊が生じるような速度で回転しなければならぬ。その目安として、ベーンを回転させ始めてから2～4分で最大トルクに到達する回転速度とし、一定速度で回転させる。	
5.8 練返し状態での試験	乱さない状態での試験終了後に練返しベーンせん断強さを測定する場合、土を練返し状態とするためにベーンを急速に10回以上回転させ、引き続き、練返し状態での試験を開始する。測定トルクが一定となった時の値を練返し状態での測定最大トルク T_{max} として記録する。	乱さない状態での試験終了後、練返し状態とするためにベーンを急速に10回以上回転させ、引き続き、練返し状態での試験を開始する。トルクが一定となった時の値を練返し状態での測定最大トルク T_{max} として記録する。	
5.9 機材の点検及び校正	すべての機材は、 附属書A に記載した維持管理、点検及び校正を適用する。	すべての機材は、 附属書A に記載した維持管理、点検と校正を適用する。	
6 結果の整理	注記1 測定最大トルク T_{max} は、予め測定した摩擦トルク分 T' (機械の摩擦及び回転ロッドの摩擦)を差し引いておくことが望ましい。 注記2 ベーンブレードの高さ H と幅 D との比が2.0の長方形ベーンを用いる場合は、式(1)において $H=2D$ とすると、次式(2)が得られる。 $s_{fv} = 0.273 \times \frac{T_{max}}{D^3} \quad (2)$	注記 最大トルク T_{max} は、予め測定した摩擦トルク分(機械の摩擦、回転ロッドと土の摩擦)を差し引いておくことが望ましい。 テーパーベーンを用いた場合、乱さない状態での土のベーンせん断強さ s_{fv} を次式で算定する。 $s_{fv} = \frac{T_{max}}{\pi \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{12 \cos \theta_1} + \frac{D^3}{12 \cos \theta_2} \right)} \quad (2)$ ここに、 s_{fv} :乱さない状態での土のベーンせん断強さ(kN/m ²) T_{max} :乱さない状態での測定最大トルク(kN・m) D :ベーンブレードの幅(m)	

		<p>H:ベーンブレードの高さ(m) θ_1, θ_2:図2に示す水平面となす角度 線返し状態での土のベーンせん断強度 s_{fv} は、式(2)の T_{max} を T_{maxv} に置き換えて算出する。</p> <p>注記 通常ベーンせん断試験においては、ベーンブレードの高さ H と幅 D との比が 2.0 の長方形ベーンが用いられることが多い。この場合は、式(1)において $H=2D$ とすると、次式が得られる。</p> $s_{fv} = 0.273 \times \frac{T_{maxv}}{D^3} \quad (3)$	
7 報告	<p>試験結果の報告は、試験者以外の者でも内容を確認でき、理解できるものとしなければならない。</p> <p>g) ベーンせん断試験装置及びトルク測定装置の形式</p> <p>i) 計器の最終校正日及び校正係数</p>	<p>試験結果の報告は、第三者が理解できるように明確に記載する。</p> <p>g) ベーンせん断試験装置,トルク測定装置の形式</p> <p>i) 計器の最終校正日、校正係数</p>	

附属書 A

項目	改正案	現行基準	備考
A.1.2 ベーンブレード	ベーンブレードは、ベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がり及びゆがみのないものを用いる。	ベーンブレードは、ベーンシャフトと平行に取り付けられ、かつ曲がりやゆがみのないものを用いる。	
A.2 トルク測定装置の校正	トルクセンサの許容量を超える力が載荷された場合及びゼロ点移動が記録された場合には、	トルクセンサの許容量を超える力が載荷された場合やゼロ点移動が記録された場合には、	