

電気式コーン貫入試験方法

Method for electric cone penetration test

1 適用範囲

この基準は、地盤調査に適用する電気式コーン貫入試験（コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧を測定）の機材、試験方法及び報告について規定する。

注記 2022年に発行されたISO規格ISO/FDIS 22476-1では、間隙水圧を測定しない電気式コーン貫入試験についても規定しているが（附属書B参照）、この基準では間隙水圧を測定する場合のみを規定する。また、同規格は、校正試験の方法、校正試験結果の検証、貫入試験前後の各部位の測定などが規定され、これらを基に試験器の等級及び試験区分を規定しているが、この基準では、校正試験の方法及び検証、並びに試験器の等級及び試験区分は行わない。試験器の等級、試験区分などについては、附属書Bに参考として記載する。

2 引用規格及び基準

次に掲げる引用規格及び基準は、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。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む）を適用する。

JIS Z 0313 素地調整用ブラスト処理面の試験及び評価方法

注記 1 対応国際規格：ISO 8503, Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blast-clean steel substrates.

JIS Z 8404-1 測定の不確かさ—第1部：測定の不確かさの評価における併行精度、再現精度及び真度の推定値の利用の指針

注記 2 対応国際規格：ISO 10012-1, Quality Assurance Requirement for Measuring Equipment — Part 1: Metrological confirmation system for measuring equipment.

JIS A 0207 地盤工学用語

3 用語、定義及び記号

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

用語及び定義

3.1.1

電気式コーン貫入試験, CPT

ロッドの先端に付けたコーン貫入試験器を一定の速度で地盤に貫入する試験で、電氣的に荷重、圧力などが測定されるもの

注釈 1 必要に応じて貫入時の傾斜角、温度も測定する。

3.1.2

コーン貫入試験器

コーン貫入試験器（図1）は、コーン、フリクションスリーブ、フィルター、センサー、測定システムを含む組立品及びロッドへの接続部から構成されるもの

注釈1 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定形式の例を図2に示す。フィルターの位置については図1に示すとおりである。

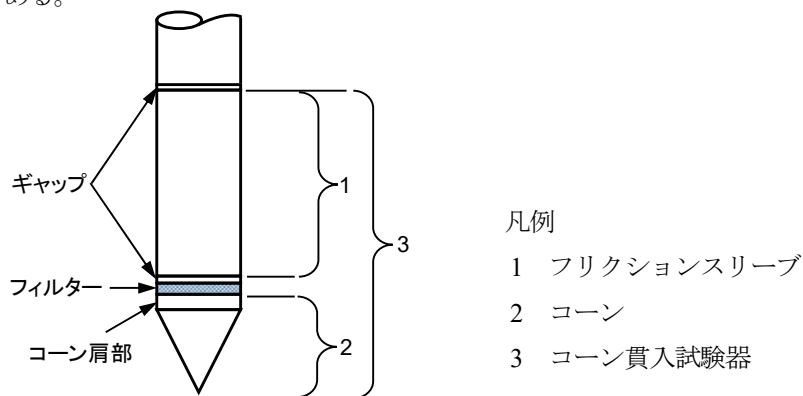
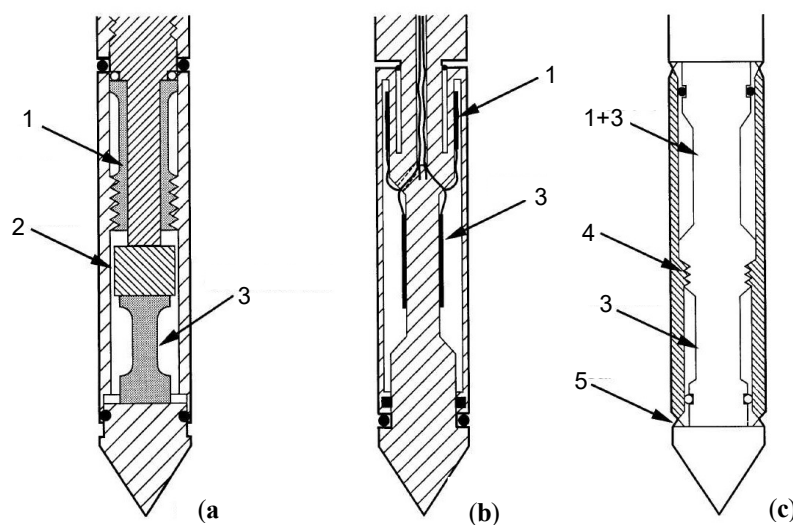


図1-コーン貫入試験器の概要



- (a) コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗センサー（ロードセル）が共に圧縮型
 (b) コーン貫入抵抗センサー（ロードセル）は圧縮型，周面摩擦抵抗センサー（ロードセル）が引張型
 (c) 差分型（ロードセル）のコーン貫入試験器

凡例

- 1 周面摩擦抵抗のセンサー（ロードセル）
- 2 装置の過負荷を保護するセンサー（ロードセル）
- 3 コーン貫入抵抗のセンサー（ロードセル）
- 4 ねじ山
- 5 土粒子の侵入止め（シール）

図2-コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定形式の例

3.1.3

コーン

地盤に貫入するときのコーン貫入抵抗を測定するコーン貫入試験器先端部の円すい（錐）部及びコーン肩部で構成される部品（図 1 参照）

3.1.4

コーン肩部

コーン先端の円すい（錐）部直上のコーン円柱延長部分（図 1 参照）

3.1.5

フリクションスリーブ

地盤とコーン貫入試験器の側面との間の周面摩擦抵抗を測定するコーン貫入試験器の部品（図 1 参照）

3.1.6

フィルター

間隙水圧をコーン貫入試験器内部の圧力センサーに伝達する多孔質の部品

3.1.7

ギャップ

コーン貫入試験器の各部品間の隙間

3.1.8

ロッド

コーン貫入試験器への貫入力を伝達するための部材

3.1.9

フリクションカッター

ロッドに作用する摩擦抵抗力を低減するために設けられた節状の部品（図 3）

凡例

- 1 ロッド
- 2 フリクションカッター
- 3 コーン貫入試験器延長部
- 4 コーン貫入試験器

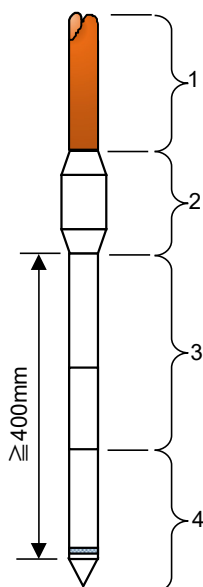


図 3—フリクションカッターの配置イメージ

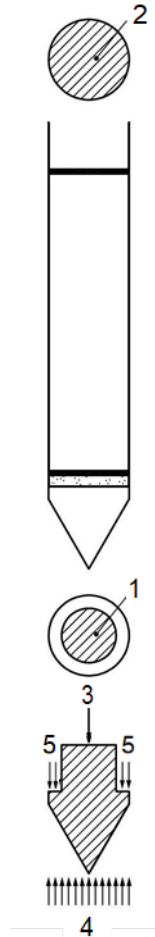
3.1.10

コーンの有効面積比, a

コーン肩部の断面積 A_c に対するコーン肩面上端面でのシャフトの断面積 A_n の比 (図 4 参照)

注釈 1 コーンの有効面積比 a は幾何学的な関係だけから決定することはできず, 圧力チャンバー又は類似の装置による試験によって決定しなければならない (附属書 A)。

$$a = A_n / A_c \cdots \cdots \cdots (1)$$



凡例

- 1 シャフトの断面積, A_n
- 2 コーン肩部の断面積, A_c
- 3 コーンに作用する軸方向の測定力, Q_c
- 4 補正コーン貫入抵抗, q_t
- 5 測定された間隙水圧, u

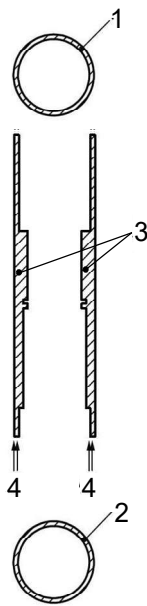
図 4—コーンの有効面積比の概念

3.1.11

フリクシオンスリーブの有効面積比, b

フリクシオンスリーブの表面積 A_s に対するフリクシオンスリーブの底部断面積 A_{sb} と頭部断面積 A_{st} との差の比 (図 5 参照)

$$b = (A_{sb} - A_{st}) / A_s \cdots \cdots \cdots (2)$$



凡例

- 1 フリクシヨンスリーブ頭部の断面積, A_{st}
- 2 フリクシヨンスリーブ底部の断面積, A_{sb}
- 3 フリクシヨンスリーブの表面積, A_s
- 4 測定された間隙水圧, u

図5-フリクシヨンスリーブの有効面積比の概念

3.1.12

平均表面粗さ, R_a

コーン及びフリクシヨンスリーブの表面における, JIS Z 0313 に規定される中心線平均粗さ

3.1.13

測定システム

センサー及びセンサーからの電気信号を測定, 伝達及び保存するのに必要な装置及び補助部品

3.1.14

貫入装置

一定の速度でコーン貫入試験器及びロッドを地盤にロッドを介して貫入するための装置

3.1.15

貫入長, l

基準面からコーン肩部までの長さ (図6参照)

注釈1 陸上又は水上でも基準面は, 通常, 地盤面と一致する。基準面は, 試験開始面と異なる場合がある。

3.1.16

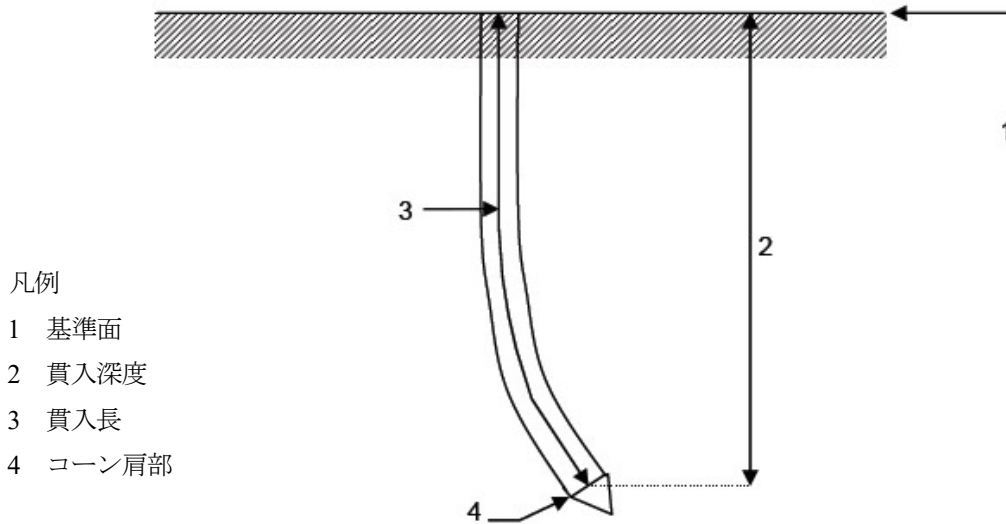
傾斜角, α

コーン貫入試験器中心軸の鉛直に対する傾斜 (角度)

3.1.17

貫入深度, z

基準面からコーン肩部までの深度 (図 6)



凡例

- 1 基準面
- 2 貫入深度
- 3 貫入長
- 4 コーン肩部

図 6—貫入長及び貫入深度 (模式図)

3.1.18

コーン貫入抵抗, q_c

コーンに作用する荷重 Q_c をコーン肩部の断面積 A_c で除した値

$$q_c = (Q_c / A_c) \times 10^3 \dots\dots\dots (3)$$

3.1.19

補正コーン貫入抵抗, q_t

コーン貫入抵抗 q_c を間隙水圧の影響について補正した値

$$q_t = q_c + u \times (1 - a) \dots\dots\dots (4)$$

3.1.20

実効コーン貫入抵抗, q_n

補正コーン貫入抵抗 q_t から全応力 σ_{v0} を減じた値

$$q_n = q_t - \sigma_{v0} \dots\dots\dots (5)$$

3.1.21

全応力, σ_{v0}

コーン肩部の位置における全応力

3.1.22

周面摩擦抵抗, f_s

フリクシオンスリーブに作用する摩擦抵抗力 F_s をフリクシオンスリーブ表面積 A_s で除した値

$$f_s = (F_s / A_s) \times 10^3 \dots\dots\dots (6)$$

3.1.23

間隙水圧, u

貫入中及び消散試験中にフィルターの位置で測定される圧力

注釈 1 間隙水圧は、図 1 に示すコーン肩部直上で測定する。

3.1.24

原位置平衡間隙水圧, u_0

任意の位置における地盤の間隙水圧

3.1.25

過剰間隙水圧, Δu

コーン貫入試験器の貫入によって地盤中に生じた、フィルターの位置での原位置平衡間隙水圧以外の水圧

$$\Delta u = u - u_0 \dots \dots \dots (7)$$

3.1.26

消散試験

貫入を停止し、コーン貫入試験器を任意の位置に保持した状態で間隙水圧の時間変化を測定する試験

3.1.27

初期間隙水圧, u_i

消散試験開始時 $t=0$ に測定した間隙水圧

3.1.28

消散試験中の間隙水圧, u_t

消散試験中の経過時間 t における間隙水圧

3.1.29

正規化過剰間隙水圧比, U

初期過剰間隙水圧に対する消散試験中の過剰間隙水圧 Δu の比

$$U = (u_t - u_0) / (u_i - u_0) \dots \dots \dots (8)$$

注釈 1 消散試験開始から正規化過剰間隙水圧比 U が 50% となるのに要する時間を t_{50} と呼ぶ。

3.1.30

摩擦比, R_f

同じ測定位置のコーン貫入抵抗 q_c に対する周面摩擦抵抗 f_s の比

$$R_f = (f_s / q_c) \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

3.1.31

補正摩擦比, R_{ft}

同じ測定位置の補正コーン貫入抵抗 q_t に対する周面摩擦抵抗 f_s の比

$$R_{ft} = (f_s / q_t) \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

3.1.32

実効摩擦比, R_{fn}

同じ測定位置の実効コーン貫入抵抗 q_n に対する周面摩擦抵抗 f_s の比

$$R_{fn} = (f_s / q_n) \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

3.1.33

正規化間隙水圧比, B_q

フィルターの位置での実効コーン貫入抵抗 q_n に対する過剰間隙水圧 Δu の比

$$B_q = (u - u_0) / (q_t - \sigma_{v0}) = \Delta u / q_n \dots \dots \dots (12)$$

3.1.34

ゼロ値

無負荷状態の測定値

注釈1 測定システムの安定したゼロ値を測定するためには、電源を投入してからしばらく放置しておかなければならない。

3.1.35

基準読み

地盤に貫入する直前又は地盤から抜き取った直後のコーン貫入試験器のセンサーの読み

注釈1 水域での試験では、水圧が作用している位置での読み。

注釈2 陸上で地盤面から開始する試験では、読みはゼロ値と等しい。

3.1.36

ゼロ値変動量

電気式コーン貫入試験の開始時と終了後とのゼロ値（又は基準読み）の絶対差

3.2

記号

A_c	コーン肩部の断面積	(mm ²)
A_n	シャフトの断面積	(mm ²)
A_s	フリクシヨンスリーブの表面積	(mm ²)
A_{sb}	フリクシヨンスリーブの底部断面積	(mm ²)
A_{st}	フリクシヨンスリーブの頭部断面積	(mm ²)
a	コーンの有効面積比	
b	フリクシヨンスリーブの有効面積比	
B_q	正規化間隙水圧比	
C_{inc}	コーン貫入試験器の鉛直に対する傾斜の影響を補正する係数（附属書 C 参照）	
d_c	コーン肩部の直径	(mm) (4.4 参照)
d_{fil}	フィルターの直径	(mm) (4.5 参照)
d_2	フリクシヨンスリーブの直径	(mm) (4.6 参照)
Δu	フィルターの位置における過剰間隙水圧	(MPa)
F_s	フリクシヨンスリーブに作用する軸方向の周面摩擦抵抗力の測定値	(kN)
f_s	周面摩擦抵抗	(MPa)
h_c	コーンの円すい（錐）部の高さ	(mm) (4.4 参照)
h_e	コーンの肩部の高さ	(mm) (4.4 参照)
l	貫入長	(m)
l_s	フリクシヨンスリーブの長さ	(mm) (4.6 参照)
Q_c	コーンに作用する軸方向の測定力	(kN)
q_c	コーン貫入抵抗	(MPa)
q_n	実効コーン貫入抵抗	(MPa)
q_t	補正コーン貫入抵抗	(MPa)
R_a	平均表面粗さ	(μm)

R_f	摩擦比	(%)
R_{fi}	補正摩擦比	(%)
R_{fn}	実効摩擦比	(%)
t	消散試験中の経過時間	(s)
t_{50}	正規化過剰間隙水圧比 $U=50\%$ となる時間	(s) (5.8 参照)
U	正規化過剰間隙水圧比	
u	フィルターの位置で測定された間隙水圧	(MPa)
u_i	消散試験開始時の間隙水圧	(MPa)
u_t	消散試験中の経過時間 t での間隙水圧	(MPa)
u_0	原位置平衡間隙水圧	(MPa)
z	貫入深度	(m)
α	方向性のない傾斜角センサーで測定された傾斜角	(°)
β_1, β_2	2軸の傾斜角センサーで測定された傾斜角	(°) (附属書 C 参照)
σ_0	全応力	(MPa)

4 試験装置及び機具

4.1 コーン貫入試験器

コーン貫入試験器は、コーンに作用する荷重及びフリクションスリーブに作用する周面の摩擦抵抗力を測定するロードセル、間隙水圧を測定するためのセンサーを有し（要求される試験精度などによっては傾斜角、温度を測定するためのセンサーを有する）、次の条件を満たすものとする。

- a) コーン貫入試験器のすべての部品の中心軸は、一致していなければならない。
- b) コーンの有効面積比 a は、通常のコーン貫入試験器では 0.5~0.9 であるが、できるだけ大きい値が望ましい。
- c) コーン貫入試験器延長部を含むコーン貫入試験器は、断面積 1 000 mm² のコーン肩部から少なくとも 400 mm の長さまでは、コーンと同じ直径とする。他の大きさのコーンを適用する場合には、この長さとの比を確保しなければならない (図 3 参照)。
- d) フリクションスリーブの頭部（上端部）の外径は、底部（下端部）の外径と等しいか、わずかに大きくなければならない。
- e) フリクションスリーブの有効面積比 b は、コーン貫入試験器の堅牢性を考慮してゼロに近づけることが望ましい。
- f) コーン貫入試験器には、他のセンサーを組込むことがある。
- g) コーン貫入試験器に傾斜角センサーを内蔵する場合、鉛直に対して少なくとも 15° の測定範囲を有するセンサーが望ましい。傾斜角センサーにより得られた傾斜角は、貫入深度の算出及び試験終了の指標に用いることがある。
- h) コーン貫入試験器に温度センサーを内蔵する場合、-10 °C~+ 50 °C の測定範囲で、0.5 °C の許容測定精度を有するセンサーが望ましい。温度センサーの主な目的は、ロードセル及び圧力変換器の温度変化を確認することである。コーン貫入試験器の測定値に対する温度変化の影響を調べるための検証試験を行う場合、検証試験及び貫入試験時の温度を q_c 、 f_s 及び u の測定値補正に適用するために用いることがある。

4.2 許容値

本基準で示す許容値は、試験中の値を規定している。したがって、製造時の許容値は、より厳しくなければならない。

ただし、表面粗さの許容値は、未使用時の値である。

4.3 表面粗さ

表面粗さは、**JIS Z 0313** 及びこれと同等の基準に準拠する表面形状コンパレータ（触針、光の反射などにより表面の形状、粗さを測定する機器）又は同等品によって決定される平均表面粗さで表わされる。この規定は、「著しく滑らかな」又は「著しく粗い」コーン及びフリクションスリーブの使用を防止することを目的としている。コーン貫入試験器の材料である鋼（焼入れ鋼を含む）は、地盤（特に砂）中で摩擦しやすいため、使用するとともに表面粗さは変化する。したがって、未使用時の表面粗さは、使用中に粗さが変化することを考慮して決めることが望ましい。

ただし、要求される表面粗さは、コーン貫入試験器に用いる一般の鋼材、及び一般の地盤条件（砂、粘土）における使用では満たされていると考えられ、大きな問題は生じない。

4.4 コーン

コーンの先端角は、 $(60 \pm 5)^\circ$ でなければならない。コーン肩部の断面積は、 $d_c = 35.7 \text{ mm}$ に相当する $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ とする。細部は次の条件を満たすものとする。

以下に示す許容値は、上記に示すコーンについての許容値である。地盤の状況などによっては、呼び径 25 mm ($A_c = 500 \text{ mm}^2$) から呼び径 50 mm ($A_c = 2\,000 \text{ mm}^2$) の間のコーンを適用してもよい。幾何学形状及び許容値は、直径に比例して調整するものとする。

- a) 図 7 に示すように、コーン肩部の直径は、次の範囲とする。

$$35.3 \text{ mm} \leq d_c \leq 36.0 \text{ mm}$$

- b) コーン肩部の長さは、次の範囲でなければならない。

$$7.0 \text{ mm} \leq h_e \leq 10.0 \text{ mm}$$

- c) 円すい（錐）部の長さは、次の範囲でなければならない。

$$24.0 \text{ mm} \leq h_c \leq 31.2 \text{ mm}$$

- d) 未使用のコーンの表面粗さ R_a は、 $5 \mu\text{m}$ 未満でなければならない。

- e) 上記の許容値が満たされても、過度な摩擦及びきず（傷）がある場合には、そのコーンは使用してはならない。

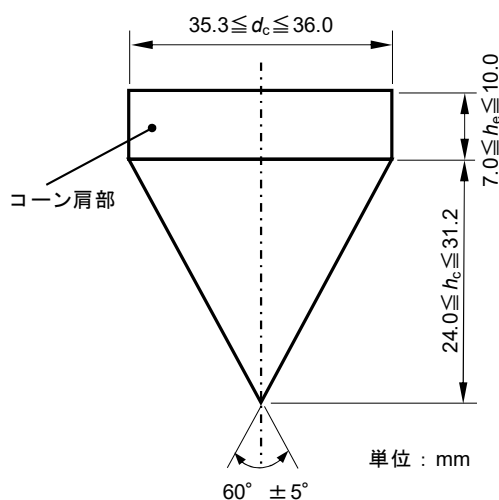


図 7— $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ コーンの幾何学形状及び許容値

4.5 フィルター

フィルターの位置は、コーン貫入抵抗に対する間隙水圧の影響を補正するために、コーン肩部中又はコーン肩部とフリクシオンスリーブとの間（ギャップ）に位置していなければならない。しかし、これらの位置は試験器の機構上不可能なためフィルターは、ギャップにできるだけ近いコーン肩部の直上に位置しなければならない（図 1 参照）、次の条件を満たすものとする。

- a) 試験開始時点のフィルターの直径 d_{fi} は、コーン肩部の直径 d_c 及びフリクシオンスリーブの直径 d_2 に一致していなければならない。その許容値は、 $0.0 \text{ mm} \sim -0.1 \text{ mm}$ である。すなわち、 $d_2 - 0.1 \text{ mm} \leq d_{fi} \leq d_c$ でなければならない。なお、これらの寸法は、試験開始時点のものとする。
- b) フィルターは、コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定に影響してはならない。
- c) 間隙水圧伝達経路（フィルターからセンサー受圧面に至る）は、試験開始時点で飽和されていなければならない。
- d) コーン貫入試験器が不飽和層に貫入されても、フィルターは、飽和状態を維持されなければならない。しかし、フィルターの飽和状態の維持は、必ずしも可能でない場合がある。このような場合は、地下水位より上の不飽和層に対して予備貫入、予備掘削又は別の飽和液体を使用することが望ましい。
- e) フィルターの開孔寸法は $2 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ で、透水係数が $1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ であるものを使用することが望ましい。土粒子によって目詰まりするような素材のフィルターの使用は避ける。
- f) コーン貫入試験器は、容易にフィルターの交換及び圧力伝達経路に液体を満たすことができる構造でなければならない（5.3 参照）。
- g) フィルターは試験毎、試験前に交換されなければならない。

注記 1 測定される間隙水圧は、原位置平衡間隙水圧及び地盤中にコーン貫入試験器を貫入することによって生じる過剰間隙水圧の 2 つの成分からなる。

注記 2 軟らかい正規圧密粘土においては、フィルターには次の材料が使用されることがある。焼結したステンレス鋼、青銅、カーボランダム、セラミック、多孔質の PVC（ポリ塩化ビニル樹脂）、HDPE（高密度ポリエチレン樹脂）。

注記 3 飽和液体の選択、間隙水圧測定システムの飽和については、**附属書 D** を参照すること。

4.6 フリクシオンスリーブ

図 8 に示すように、フリクシオンスリーブの幾何学形状は、次を満たすものとする。

以下に示す許容値は、コーンの先端角が $(60 \pm 5)^\circ$ 、直径が 35.7 mm 、断面積が $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ のコーン使用時に用いるフリクシオンスリーブの許容値である。地盤の状況などによっては、呼び径 25 mm ($A_c = 500 \text{ mm}^2$) から呼び径 50 mm ($A_c = 2\,000 \text{ mm}^2$) の間のコーンを適用する場合、フリクシオンスリーブもそれらのコーンに合わせた直径のものを使用することがある。この場合、フリクシオンスリーブの長さは直径との比で 3.75 となることが望ましいが、この比が 3~5 の範囲であれば許容される。

- a) フリクシオンスリーブは、フィルターの直上に位置しなければならない。
- b) 表面積は、 $15\,000 \text{ mm}^2$ でなければならない。円筒部の長さは、要求される許容値と共に次の範囲でなければならない。

$$132.5 \text{ mm} < l_s \leq 135.0 \text{ mm}$$
- c) フリクシオンスリーブの直径 d_2 は、コーン肩部の直径に対して許容値 $0.00 \text{ mm} \sim +0.25 \text{ mm}$ の範囲でなければならない。また、直径 d_2 は、 36.1 mm を超えてはならない。すなわち、

$$d_c \leq d_2 < d_c + 0.25 \text{ mm} \quad \text{かつ} \quad d_2 < 36.1 \text{ mm}$$

- d) 未使用のフリクションスリーブは、軸方向に測定して表面粗さ R_a が $(0.4 \pm 0.25) \mu\text{m}$ でなければならない。
- e) 上記の許容値が満たされても、過度な摩耗及びきず（傷）がある場合には、そのフリクションスリーブは使用してはならない。

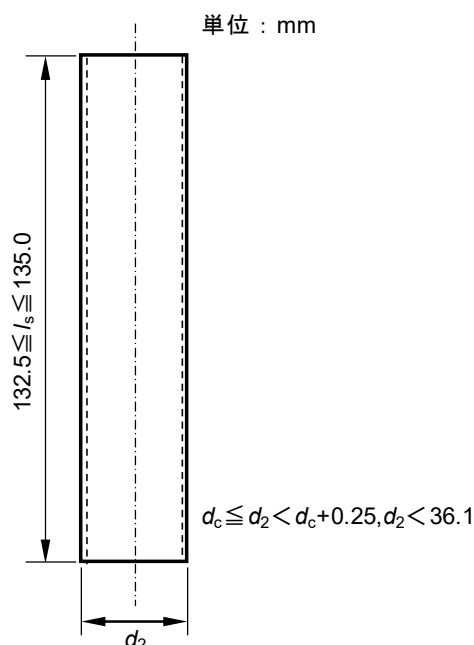


図 8— $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ コーンに対応するフリクションスリーブの幾何学形状及び許容値

4.7 ギャップ及びシール

ギャップは、5 mm 以内でなければならない。ギャップに土粒子が侵入することを防ぐためにシールで保護する。

ただし、シールは硬質であるとシールを介して力が伝達するため、コーン貫入試験器のロードセル及び他の要素に追随して容易に変形するものでなければならない。

4.8 ロッド

ロッドの直線性は、試験での使用前に**附属書 A** の **A.1.1** に示す方法の 1 つを用いて確認しなければならない。

ロッドに作用する摩擦抵抗力は、ロッドの直径を部分的に大きくする（フリクションカッター）、又はロッドの潤滑、例えば試験中の泥水注入によって低減することが可能である。 $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ のコーンを使用する場合、フリクションカッター又は潤滑材の注入位置は、コーン肩部から少なくとも 400 mm 上方でなければならない。 $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ 以外のコーンを使用する場合は、この長さを A_c 又は d_c に比例して確保する。

水中及び軟弱地盤での試験では、ロッドの座屈による危険を回避するために、ローラー、ケーシング又は類似の装置でガイドすることもある。また、ロッドは、信号ケーブルの保護及び音響などによる無線データ伝送システムの伝送媒体としても用いられる。

4.9 測定システム

4.9.1 精度

測定システムの精度は、要求される測定精度の 1/3 より小さいものとする。参考として**附属書 B** の表 **B.2**

にコーン貫入試験器の等級ごとの許容最大測定誤差を示す。

なお、測定システム（温度影響を含む）の不確か性は、**附属書 E** で記載する。

4.9.2 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗のセンサー

コーン貫入抵抗を測定するセンサーは、軸力の偏心に対して影響を受けてはならない。周面摩擦抵抗を測定するセンサーは、フリクションスリーブに作用する土圧に対して影響を受けてはならない。

コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗を測定するためのセンサーは、ひずみケージ式のロードセルが一般的に用いられている。

4.9.3 間隙水圧のセンサー

間隙水圧を測定するセンサーは、負荷が掛かっても大きな変形を起こさないものとし、飽和させるための液体が充填された圧力伝達経路を介してコーン貫入試験器の表面にあるフィルターと連通していなければならない。センサーを含む測定システムは、良好な応答を得るために、できるだけ剛性が大きくなければならない。

間隙水圧センサーは、一般的に圧力膜タイプの圧力変換器が用いられている。

4.9.4 貫入長の測定システム

試験中は、貫入長を測定しなければならず、次の場合は測定値を補正しなければならない。

- a) ロッドに作用させる力によって、貫入長を測定するセンサーの基準となる位置が変動する場合があります、その量が大きい場合は、貫入長を補正するための処理をしなければならない。
- b) 貫入長の測定に対する許容精度は、試験目的の要求に応じて異なるが、可能であれば 0.1 m と貫入長の 1% とを比較して大きい方の値以下とすることが望ましい。

4.10 貫入装置

貫入装置は、貫入試験の間、地表面に対して移動しないように実荷重で載荷するか、又はアンカーを用いて固定する。測定の間、ロッドの打撃及び回転を行ってはならない。

貫入装置のストロークは 1 m 以上とする。ストロークが 1 m 未満の貫入装置も使用してよい。ただし、その場合は、状況、ストローク長などを報告しなければならない。

5 試験方法

5.1 装置、手順の選択及び校正

5.1.1 装置、手順の選択

試験に使用する装置及び手順は、予想される地盤条件及び事業の要求事項を考慮して選択しなければならない。

5.1.2 校正

コーン貫入試験器は、次の測定値について校正しなければならない。

- コーン貫入抵抗
- 周面摩擦抵抗
- 間隙水圧
- コーン及びフリクションスリーブの有効面積比
- 傾斜角（傾斜角センサーが内蔵されている場合）

校正は、少なくとも 12 か月ごと、センサーが過負荷になった場合、故障の兆候を示した場合、又は試験開始前のゼロ値と校正試験時のゼロ値（無負荷）における読み値とを比較し、フルスケールの 2% 以上の変

動量を示した場合に実施する。

校正試験報告書には、以下を記載する必要がある。

- コーン貫入試験器及び測定システムの説明
- 校正実施者
- 校正実施中の環境（平均温度及び変動幅）
- 校正に用いる基準機器の精度
- 校正実施日，前回校正実施日及び校正結果
- 調整又は修理前後の校正結果
- コーン及びフリクションスリーブの有効面積比の校正結果
- 各センサーの精度
- 測定値のトレーサビリティ

5.2 貫入装置の据付け及び鉛直性

以前の試験地点と近接する場合は、その影響がないように十分な間隔を設けなければならない。

電気式コーン貫入試験の試験地点間隔は、通常 2 m 以上とする。以前のボーリング調査地点からの距離は調査孔の直径の 20 倍以上とする。特殊な掘削方法（例えば無水掘削）を用いた場合は、さらにより大きな離隔距離を取る。また、地盤の開削部の近くは避ける。

ロッドが鉛直に貫入できるように貫入装置を据付けること。その精度は鉛直に対して 2°以内とする。

5.3 コーン貫入試験器の準備

5.3.1 コーン貫入試験器の組立

試験後のコーン貫入試験器の清掃又は日常的な保守点検などの目的で分解した場合は、コーン製造業者の取扱説明書に従って組立てる。

5.3.2 予備掘削

コーン貫入試験器の貫入が困難な層（密で粗い又は石分の多い層など）が表層部にあつて貫入不可となる場合は、予備掘削を行う。予備掘削は、粗い表層部では試験孔の崩落を防ぐためにケーシングを使用する場合がある。予備掘削の情報は、地層区分の判別において使用する場合がある。予備掘削は、直径 45 mm ～50 mm のダミーコーンを貫入することによって実施することも可能である。

5.3.3 コーン貫入試験器の飽和

コーン貫入試験器は、試験前にフィルターを含む間隙水圧伝達経路を液体で飽和させておかなければならない。試験中は、適切な方法で飽和状態を維持しなければならない。

一般に、地盤が飽和している場合、フィルターを含む間隙水圧伝達経路の飽和には脱気された蒸留水を用いることが望ましい。不飽和土、密な砂又は地下水位が深い地盤に対して試験を行う場合には、グリセリン又は類似の液体で飽和させなければならない。

試験開始前又は予備掘削の孔底に到達するまでのコーン貫入試験器の飽和は、フィルター周囲にゴムスリーブを装着することで維持可能である。飽和させる過程及びゴムスリーブを装着している間、コーン貫入試験器は小さな応力を受けるので、ゼロ読み値とは異なる値を示す場合がある。

5.3.4 ゼロ値の記録

コーン貫入抵抗，周面摩擦抵抗，間隙水圧，貫入長及び傾斜角，温度（傾斜角センサー，温度センサーが内蔵されているコーン貫入試験器の場合）のゼロ値を記録する。その場合コーン貫入試験器は，無負荷で鉛直な状態とし，できるだけ地盤温度と平衡した状態下でなければならない。

コーン貫入試験器を地盤中又は水中に貫入したときにコーン貫入試験器の温度が地盤（水中）温度と異なる場合は、コーン貫入試験器の内側と外側とで温度差が生じ、センサーに影響を及ぼす。したがって、試験前又は貫入途中にコーン貫入試験器の内部の温度が外部の温度と等しくなるよう養生することは重要である。通常、最大の温度差は貫入後 2 分～3 分後に生じ、10 分～15 分後に完全に温度は安定し、温度差はゼロとなる（附属書 E 参照）。

5.4 コーン貫入試験器の貫入

試験中、コーン貫入試験器は、一定の貫入速度(20±5) mm/s で地盤に貫入する。貫入速度は、記録時間及び貫入長で確認する。

注記 1 貫入装置によっては停止することなしに連続貫入が可能なものもある。これはシルト、粘土などの層が交互に堆積している場合に利点となる。

注記 2 消散試験 (5.8 参照)、機材の故障などで、通常より長時間停止した場合、貫入は不連続とする。

注記 3 密な砂及びれき（礫）への貫入では、コーン及びロッドの損傷を防止するために、「標準」より遅い貫入速度を適用してもよい。この場合は貫入速度を記録し、報告しなければならない。

5.5 フリクションカッターの利用

ロッドに作用する摩擦抵抗力を低減するために、フリクションカッターを利用 (3.1.9 参照) してもよい。コーン貫入試験器又は連結するロッドにフリクションカッターを装着する場合は、フリクションカッター下端がコーン肩部から 400 mm 以上離れた位置に取り付ける。すなわち、コーン肩部からフリクションカッター下端まではコーンと同じ直径でなければならない (図 3 参照)。

5.6 測定間隔

測定データの記録は、貫入長、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧及び傾斜角、温度（傾斜角センサー、温度センサーが内蔵されているコーン貫入試験器の場合）とし、図 6 の基準面の直上で開始し、その後、貫入長 20 mm ごとに少なくとも 1 回記録しなければならない（一般に、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧は、同じ測定間隔で行う）。記録値が要求される間隔よりも頻繁に測定（記録）した場合は、任意の貫入長ごとに算出した平均値を用いてもよい。ただし、他の方法を適用することもあるため、適用した方法については報告しなければならない。

注記 測定間隔は、例えば薄層を検出する、など要求される測定結果に応じて適切に測定間隔を選定する。

5.7 貫入長の測定

貫入長は試験終了時及び深度計の測定値以外でも確認し、記録する。ただし、貫入時に大きく傾斜したコーン貫入試験器の貫入長は、鉛直に貫入した場合の貫入長（貫入深度）よりも長くなることがある。

傾斜角を測定した場合、貫入深度は測定した貫入長を用いて附属書 C に示す方法にて算出するのが望ましい。

5.8 消散試験

消散試験は、あらかじめ選定した位置でコーン貫入試験器の貫入を停止し、経過時間及び間隙水圧を測定することによって、土層の透水性及び圧密特性の評価、及び原位置平衡間隙水圧の推定を行うことが可能である。また、透水性の低い土層における間隙水圧の測定は、圧密係数の推定に用いることもある。消散試験は、次の要件を満たすものとする。

- a) 間隙水圧に加えてコーン貫入抵抗も経過時間と共に測定する。

- b) 軟弱な土層において消散試験を行う場合（特に貫入長の長い位置にて行う場合）は、コーン貫入試験器が試験中に自沈する可能性があるためロッドを固定しておくことが望ましい。
- c) 測定頻度は消散試験の最初の1分間は少なくとも1回/秒でなければならないが、その後は適宜変更してよい。
- d) t_{50} は解釈においてよく用いられる時間であることから、通常、消散試験は少なくとも t_{50} が得られるまで継続する。
- e) 原位置平衡間隙水圧が不明な場合は、慎重に推定する。

注記 消散試験実施位置及び最小継続時間は、土層条件及び試験の目的により決定する。

5.9 試験終了

コーン貫入試験器の貫入は、次に示す条件で終了する。

- 予定貫入長（予定貫入深度）に到達した場合
- 貫入装置の最大能力、コーン貫入試験器又は測定システムの定格に到達した場合
- 装置、機材に損傷が生じる可能性がある場合
- コーン貫入試験器の傾斜角が測定範囲又は 15° を超えた場合（傾斜角センサーが内蔵されている場合）
- 短い貫入長において急激な傾斜の変化が生じた場合

測定値の基準読みは、コーン貫入試験器の引抜き後、必要に応じてコーン貫入試験器を清掃した後にゼロ値を測定する。基準読みは、できるだけ地盤温度に近い温度条件下で、コーン貫入試験器が無負荷の状態で行う。

また、試験終了後はコーン貫入試験器を調べ、過度な摩耗及びきず（傷）の有無を記録する。

注記 試験前及び清掃後のゼロ値の変動量から、装置が正常に機能していたかを判断することが可能である。

5.10 機材の維持管理及び点検

すべての機材は、附属書 A に記載した維持管理及び点検を適用しなければならない。

5.11 安全要求事項

国が定める労働安全衛生規則に従わなければならない。

6 結果の整理

6.1 測定値

電気式コーン貫入試験では、次の値が測定される。ただし、ロッドの継ぎ足しのために定期的に停止された場合など、貫入中断による影響を受けた測定値（消散試験は除く）については除外する。

- コーン貫入抵抗 q_c
- 周面摩擦抵抗 f_s
- 間隙水圧 u
- 貫入長 l
- 傾斜角 α （測定した場合）
- 温度（貫入時） T （測定した場合）

6.2 補正值

コーン貫入抵抗は、周囲の間隙水圧の影響を受ける。測定した間隙水圧を用いて、コーン貫入抵抗を式

(4) で補正する。

コーン貫入抵抗, 周面摩擦抵抗及び間隙水圧は, 試験目的の要求に合致させるために, 必要に応じてコーンの断面積, 温度影響, ロッドの圧縮, 貫入装置のリバウンドなど, 様々な補正をすることが望ましい。

6.3 算出値

測定された値を基に, 次の値を計算する。

摩擦比 R_f (補正摩擦比 R_{ft}) (3.1.30 及び 3.1.31 参照)

貫入深度 z (傾斜角を測定した場合)

貫入深度の算出は**附属書 C** に示す手順に従って実施し, 貫入長から貫入深度を算出する。ただし, 傾斜角を測定している場合においても貫入長が 5 m 未満の場合は, 貫入長を貫入深度とみなすことがある。

7 報告

7.1 一般事項

試験結果は, 表及び標準的な様式に従い, 電子データで報告することが望ましい。

試験中, 測定結果及び貫入長に影響を与える可能性のある事象又は本基準以外の事象については, 記録, 報告する。また, 貫入中断時の除外した測定値及びその他の補正方法は, 今後変更されることが考えられるため, 生データを保存しておくことが望ましい。

7.2 報告事項

結果の報告は, 7.2.1 から 7.2.4 に示す現場記録, 試験報告及び結果図表とする。現場記録は, 7.2.1 から 7.2.4 に示す事項に従い現場で作成する。現場報告書及び試験報告書に記載された全ての情報は, 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くてはならない。

なお, *が付いている事項は, 必須事項である。その他のものは, 必要に応じて記録することが望ましい。

7.2.1 一般事項

- a) 適用規格 (この基準)
- b) 試験日*
- c) 試験開始時刻
- d) 試験時間
- e) 地表面を基準とした貫入開始の深さ*
- f) 間隙水圧伝達経路を飽和させた液体
- g) 試験の種類 (消散試験など)
- h) 特定事象及びこの基準以外の事象*
- i) 試験実施会社*
- j) 試験実施者*
- k) 現場 (試験) 責任者*
- l) 地下水位までの深さ*
- m) 予備掘削又は掘削の深さ*
- n) 貫入中に遭遇した材料の土質名 (可能であれば)
- o) 貫入を停止した深さ及び可能性のある原因
- p) 適用した貫入停止深度 (目標深度, 最大貫入力, 傾斜角など)
- q) 試験孔の閉塞方法 (該当する場合)

r) 観察事項

- れき（礫）の存在
- ロッドからの異常音
- 事故
- ロッドの座屈
- 異常な摩耗

s) 貫入装置の一般的な設置方法と異なる（作業台のジャッキアップなど）準備をした場合

7.2.2 試験位置

- a) 試験番号*
- b) 試験位置の地盤高*
- c) 試験位置の座標又は位置図
- d) 位置の測定方法及び誤差
- e) 既知の基準点に対する標高

7.2.3 試験装置

- a) コーン貫入試験器の形式
- b) コーン貫入試験器の形状及び寸法
- c) 貫入装置の形式，貫入能力
- d) コーン貫入試験器の製造者
- e) コーン貫入試験器の識別番号
- f) コーン貫入試験器の校正実施間隔
- g) 校正報告書*
- h) フィルターの種類及びその材質
- i) 有効面積比 (a , b)

7.2.4 試験結果

- a) 6.1 に示す測定した値*
- b) 6.2 及び 6.3 に示す補正，算出した測定値*
- c) データ処理中に適用した補正（例えば，ゼロ値変動量，コーン貫入抵抗，周面摩擦抵抗の補正）
- d) 原位置平衡間隙水圧測定値（記録している場合）

7.3 試験結果及び計算値の図化

補正された試験結果の報告は，適用した補正を明確に記述し，どの区間で行われたかを明記しなければならない。

試験結果は，貫入長（傾斜角を測定した場合は貫入深度）に対して図化する。図化する試験結果は，次のとおりとする。

- 補正コーン貫入抵抗～貫入長（貫入深度） q_t (MPa) ～ z (m)
- 周面摩擦抵抗～貫入長（貫入深度） f_s (MPa) ～ z (m)
- 間隙水圧～貫入長（貫入深度） u (MPa) ～ z (m)

kPa の単位は，測定値によっては用いてもよい。

必要に応じて，次の値を算出する。

- 実効コーン貫入抵抗 q_n 式 (5)

- 過剰間隙水圧 Δu 式 (7)
- 正規化過剰間隙水圧比 U 式 (8)
- 摩擦比 R_f 式 (9)
- 補正摩擦比 R_{ft} 式 (10)
- 正規化間隙水圧比 B_q 式 (12)

なお、次の関係は、試験結果の計算に別途必要である。

- 原位置平衡間隙水圧 u_0 (MPa) $\sim z$
- 全応力 σ_0 (MPa) $\sim z$

原位置平衡間隙水圧 u_0 は、地下水位の位置又は局所的な間隙水圧の測定値から推定可能である。また、消散試験の結果からも推定可能である。全応力は、原位置の密度又は採取された乱れの少ない試料から得られた密度から決定可能である。これらの試験を実施していない場合、密度は電気式コーン貫入試験の結果及び地域特性を考慮して推定してもよい。

これらの値が得られれば、地層区分（土質分類）及び地盤定数の推定に利用することが可能である。

附属書 A

(規定)

維持管理, 点検及び校正

A.1 維持管理及び点検

A.1.1 ロッドの直線性

試験前にロッドの直線性は、次の方法の1つで点検しなければならない。

- ロッドを鉛直に持って回転させ、直線軸からの偏心差を目視で確認する。
- 平面上でロッドを転がし、平面とロッドとの隙間を目視で確認する。
- ロッドよりわずかに長く直線性が確保できており、内径がロッドよりわずかに大きい管の中にロッドを通し、ロッドが支障なく管を通過することを確認する。

曲がった形跡がある場合は、そのロッドを使用してはならない。上記に示す以外の方法で直線性を確認してもよい。

注記 傾斜角センサーを内蔵しているコーン貫入試験器を使用する場合でも貫入長が5 m未満の場合には、貫入長を貫入深度とみなすことができるため、ロッドの直線性は特に重要である。

A.1.2 コーン及びフリクシオンスリーブの摩耗

コーン及びフリクシオンスリーブの摩耗は、幾何学的形状が許容値(4.4及び4.6参照)を満足することを確認するため、定期的に点検しなければならない(表A.1参照)。

参考として、コーン肩部の断面積及びフリクシオンスリーブの表面積の測定方法を次に記す。

- コーン肩部の断面積は、試験器を鉛直にしてコーン肩部の直径を測定し、その平均値を用いて算出する。コーン肩部の直径は、3方向(120°ごと)測定する。
- フリクシオンスリーブの表面積は、試験器を鉛直にして測定したフリクシオンスリーブの直径の平均値及び校正試験結果によるフリクシオンスリーブの長さ(摩耗及び損傷による変化はないものと仮定)を用いて算出する。直径は、下部1/5、中央、上部1/5の3箇所を3方向(120°ごと)測定する。

A.1.3 ギャップ及びシール

コーン貫入試験器は、保管する前に清掃、整備し、ギャップ及びシールを定期的に点検しなければならない(表A.1参照)。特に、シールの内側に土粒子が侵入している場合は清掃しなければならない。

A.1.4 間隙水圧測定システム

フィルターは、精度よく間隙水圧を測定するために十分な透水性を持たなければならない(4.5参照)。間隙水圧測定システムは貫入開始前、地下水面又は飽和土に到達するまで完全に飽和した状態でなければならない。

試験前にフィルターは、損傷、摩耗及び目詰まりがないことを目視により確認する。フィルターは、試験前に予め飽和しておき、試験ごとに交換する。メンテナンス間隔については、A.1.5参照のこと。

A.1.5 維持管理の手順

機材の維持管理及び校正のために、メーカーのマニュアルに加えて、表A.1の点検項目を実施する。

表 A.1—維持管理項目の実施計画

点検項目		試験前	試験後	12か月ごと
コーン貫入試験器	校正	—	—	○ ^a
	基準読み	○	○	—
	フィルター	○	○	—
	摩耗	○	○	—
	ギャップ及びシール	○	○	—
貫入装置とロッド	深度計(貫入長センサー)	—	—	○
	貫入速度装置	—	—	○
	貫入装置の直線性	○	—	—
	ロッド	○	—	—
a 5.1.2を参照し、定められた間隔ごとに実施すること。				

A.2 校正

A.2.1 一般事項

コーン貫入試験器のセンサーの校正試験（コーン貫入抵抗，周面摩擦抵抗，間隙水圧及びコーン貫入試験器に傾斜角センサーが内蔵されている場合は傾斜角）は， $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内の安定した温度で行うものとする。温度は $18\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ の範囲でなければならず， 0.01 Hz （100秒に1回）以上の頻度，かつ $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満の精度で記録しなければならない。

校正試験場所では，コーン貫入試験器が安定した温度になるように十分な時間をとる必要がある。

校正試験は，システム校正として実施しなければならない。すなわち，実施される校正試験は，現場試験で使用する場合と同じデータ取得システム（ケーブルを含む）を用いることでシステムに生じる固有のエラーの有無を確認することを意味する。なお，コーン貫入試験器は，校正試験前に清掃しておかなければならない。

一般に，ISO 10012-1又は同等の基準の要求事項に従わなければならない。

なお，校正試験結果には，表 A.2 に示す不確か性を含むものとする。

表 A.2—各測定値の不確か性要因

不確か性要因	測定値		
	コーン貫入抵抗	周面摩擦抵抗	間隙水圧
形状	✓	✓	✓
基準	✓	✓	✓
再現性	✓	✓	
繰り返し精度	✓	✓	✓
分解能	✓	✓	✓
ゼロ値変動量	✓	✓	✓
補正方法	✓	✓	✓
可逆性	✓	✓	✓
予備荷重(圧力)	✓	✓	

A.2.2 校正の測定範囲

コーン貫入試験器の校正試験は、試験対象となる地盤条件を考慮しつつ、各センサーにおいて無負荷の状態から定格までの範囲について実施しなければならない。

A.2.3 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の校正

新品のコーン貫入試験器は、校正試験前に予備载荷として 15 回～20 回、定格までの载荷及び除荷（無負荷）を繰り返し行わなければならない。

コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の校正試験は、段階的に载荷及び除荷することによって行う。また、測定値が相互干渉しないことを確認するために、校正対象のセンサーだけでなく、他のセンサーについても同時に測定しなければならない。

試験時にコーン貫入試験器が定格又はそれを超える荷重が作用し、大きなゼロ値変動量が記録された場合は、新たに校正試験を実施し、校正係数及び応答の直線性を確認しなければならない。

A.2.4 間隙水圧及び有効面積比の校正

間隙水圧の校正及び間隙水圧がコーン貫入抵抗又は周面摩擦抵抗へ及ぼす影響の評価は、特別に設計された圧力チャンバー（例えば、図 A.1）の中で行う。圧力チャンバーは、フリクションスリーブより上で止水することができる構造とする。チャンバー内の圧力を段階的に増加させ、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧を測定する。この試験から、間隙水圧センサーの校正係数及び間隙水圧とコーン貫入抵抗との測定値から有効面積比 a を決定する。

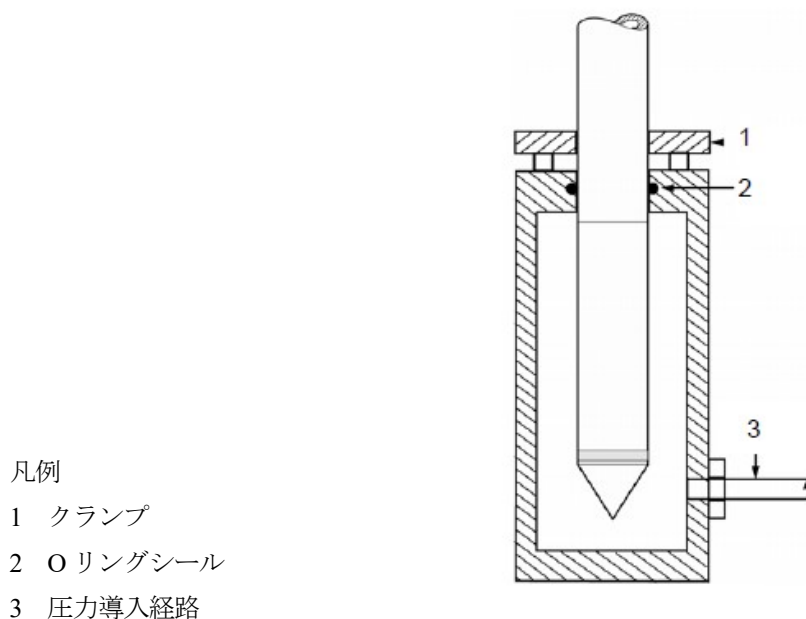


図 A.1—間隙水圧の校正及び有効面積比決定のための圧力チャンバーの例

A.2.5 傾斜角の校正（傾斜角センサーが内蔵されている場合）

傾斜角の校正は、コーン貫入試験器を鉛直に固定した状態で鉛直直交 2 軸の場合、少なくとも $\pm 20^\circ$ の範囲で 5° ごとに実施し、その後コーン貫入試験器を鉛直に戻し、試験器を 90° 回転させた状態についても実施する。

A.2.6 温度影響の検証（温度センサーが内蔵されている場合）

コーン貫入試験器は、様々な温度状態、例えば異なる水温にコーン貫入試験器を浸すことなどによって、温度影響の検証を行い、測定値が安定するまでセンサーの出力信号を記録しなければならない。これらの結果から、温度変化 1 °C 当たりのゼロ値の変化量が得られると共に、現場での温度安定に必要な時間が分かる。これらは、貫入試験前に試験器を適切に養生するための重要な情報となる。

なお上記は、急激な温度変化には適用されない。

附属書 B

(参考)

試験器の等級, 試験区分及び信頼度

コーン貫入試験器の等級及び試験区分は、対象とする地盤及び要求される結果の解釈に応じて適切に選択する。

B.1 コーン貫入試験器の等級

表 B.1 にコーン貫入試験器の等級を示す。コーン貫入試験器の等級は、校正結果及び不確実性の分析結果に基づき決定する。

表 B.1—コーン貫入試験器の等級

コーン貫入試験器の等級	測定値	許容最大測定精度 ^a	平衡温度での安定性 ^b	非平衡温度での安定性 ^c	曲げ影響 ^d
0	コーン貫入抵抗	15 kPa 又は 0.5 %	0.5 kPa/°C	2 kPa/°C	0.3 kPa/N
	周面摩擦抵抗	5 kPa 又は 1 %	0.1 kPa/°C	0.5 kPa/°C	0.1 kPa/N
	間隙水圧	3 kPa 又は 0.5 %	0.1 kPa/°C	0.5 kPa/°C	0.05 kPa/N
1	コーン貫入抵抗	35 kPa 又は 1 %	2 kPa/°C	10 kPa/°C	0.3 kPa/N
	周面摩擦抵抗	5 kPa 又は 1 %	0.1 kPa/°C	0.5 kPa/°C	0.1 kPa/N
	間隙水圧	10 kPa 又は 0.5 %	0.1 kPa/°C	0.5 kPa/°C	0.05 kPa/N
2	コーン貫入抵抗	100 kPa 又は 2 %	10 kPa/°C	50 kPa/°C	1 kPa/N
	周面摩擦抵抗	15 kPa 又は 2 %	0.5 kPa/°C	2.5 kPa/°C	0.5 kPa/N
	間隙水圧 ^e	25 kPa 又は 1 %	1 kPa/°C	2.5 kPa/°C	0.1 kPa/N
3	コーン貫入抵抗	200 kPa 又は 5 %	10 kPa/°C	100 kPa/°C	2 kPa/N
	周面摩擦抵抗	25 kPa 又は 10 %	1 kPa/°C	5 kPa/°C	1 kPa/N
	間隙水圧 ^e	50 kPa 又は 5 %	1 kPa/°C	5 kPa/°C	0.2 kPa/N

a 許容最大測定精度は、表中の2つの値のうち大きい方が適用される。相対的な精度（パーセント表示）は、試験機の容量に対する値ではなく測定値に対する値である。

b 平衡温度での安定性（温度補正あり又はなし）は、各試験器等級の最大許容値を示す。

c 非平衡温度での安定性（温度補正あり又はなし）は、各試験器等級の最大許容値を示す。

d 曲げ影響は、各試験器等級の最大許容値を示す。

e 間隙水圧を測定する場合のみ適用される。

ここで、
 平衡温度：コーン貫入試験器内側と外側の温度差がない状態の温度。
 非平衡温度：貫入時の摩擦熱によりコーン貫入試験器内側と外側に温度差が生じている状態の温度。
 曲げ影響：コーン底部に作用する半径方向の力の影響。

等級 0 及び 1 を満たすコーン貫入試験器は、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧のセンサーが内蔵されているものとする。また、等級 0 のコーン貫入試験器の内部には圧力変換器付近に温度センサーを内蔵しているものを使用し、等級 1 についても温度センサーが内蔵されていることが望ましい。等級 2 及び 3 を満たすコーン貫入試験器はコーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗のセンサーが内蔵されているものとし、間隙水圧センサーを内蔵していてもよい。コーン貫入試験器に内蔵される傾斜角センサーの許容測定精度は、全ての等級で 1°以下であることが望ましい。

測定結果への温度影響をリアルタイム又は後処理にて補正を行うコーン貫入試験器は、補正を適用しない評価に加え、表 B.1 に示す平衡温度及び非平衡温度での安定性をコーン貫入試験器の等級評価に用いる

ことがある。補正に適用した式は、報告しなければならない。

B.2 試験区分

試験区分は、コーン貫入試験器の等級、出力される最大変動値、及び試験前後の最大許容差にて表 B.2 に準拠して決定する。貫入長に関する要求事項は、試験区分 A 及び B に対して許容精度が 0.1 m と貫入長の 1% とを比較して大きい方の値以下、試験区分 C 及び D に対して許容精度が 0.2 m と貫入長 2% とを比較して大きい方の値以下である。試験器の選択及び試験結果の信頼度向上に関する更なる推奨事項は、附属書 E に記載する通りである。

温度変化は著しいセンサーの変動を引き起こすため、試験前後の基準読み値を参考にコーン貫入試験器の温度を保持することが必要である。

試験中（貫入中）のコーン貫入試験器への土粒子の付着、及びギャップへの土粒子の侵入は、試験後の基準読み値に影響を与える場合がある。そのため試験終了後は、基準読み値の読み取りを行う前にコーン貫入試験器の丁寧な清掃は必要であるが、センサーに予備圧力を作用させている場合は試験器の分解清掃を行わない。

表 B.2—試験区分

試験区分	コーン貫入試験器の等級	チェック項目		
		測定値	試験前後の最大許容差	出力される最大変動値
A	0	コーン貫入抵抗	15 kPa	1 kPa
		周面摩擦抵抗	5 kPa	0.5 kPa
		間隙水圧	3 kPa	0.5 kPa
B	0, 1	コーン貫入抵抗	35 kPa	5 kPa
		周面摩擦抵抗	5 kPa	1.5 kPa
		間隙水圧	10 kPa	3 kPa
C	0, 1, 2	コーン貫入抵抗	100 kPa	11 kPa
		周面摩擦抵抗	15 kPa	3 kPa
		間隙水圧 ^a	25 kPa	8 kPa
D	0, 1, 2, 3	コーン貫入抵抗	200 kPa	33 kPa
		周面摩擦抵抗	25 kPa	5 kPa
		間隙水圧 ^a	50 kPa	16 kPa

^a 間隙水圧を測定する場合のみ適用される。

試験（測定値）の定性的な観察、例えば、間隙水圧の反応の鈍さ、データの急変、センサーの無反応、地盤の乱れなどのデータ異常は、データの利用者及び解釈者にとって貴重な情報であり、報告することが望ましい。

B.3 試験結果に対する信頼度

表 B.3 は、コーン貫入試験器の等級及び試験区分に対して、期待される地盤の工学的特性評価の信頼性レベルを示すものである。

この信頼性レベルは、現場での統計的分析及びコーン貫入試験器固有のデータによって改善される可能性がある。

表 B.3—コーン貫入試験器の等級及び試験区分による地盤特性の信頼性レベル

適用範囲	信頼性レベル	コーン貫入試験器の等級			
		0	1	2	3
地盤の工学的特性 $q_{c;\max} \leq 1 \text{ MPa}$	高	A			
	中	B			
	低	C			
地盤の工学的特性 $1 \text{ MPa} < q_{c;\max} \leq 3 \text{ MPa}$	高	B			
	中	C			
	低	D			
地盤の工学的特性 $q_{c;\max} > 3 \text{ MPa}$	高	推奨しない	B,C		
	中		D		

注記 A, B, C, Dは表B.2に準拠した試験区分である。

附 属 書 C

(参考)

貫入深度の算出

貫入深度は、次式により傾斜角を用いて算出する。

$$z = \int_0^l C_{\text{inc}} dl \dots\dots\dots (C.1)$$

ここで、 z : 貫入深度 (m)

l : 貫入長 (m)

C_{inc} : 式 (C.2), 又は式 (C.3) で与えられるコーン貫入試験器の鉛直に対する傾斜の影響に関する補正係数

C_{inc} の計算式 : 方向性のない傾斜角センサーを用いた場合

$$C_{\text{inc}} = \cos \alpha \dots\dots\dots (C.2)$$

ここで、 α : 方向性のない傾斜角センサーで測定された傾斜角 (°)

C_{inc} の計算式 : 2 軸傾斜角センサーを用いた場合

$$C_{\text{inc}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \beta_1 + \tan^2 \beta_2}} \dots\dots\dots (C.3)$$

ここで、 β_1, β_2 : 2軸の傾斜角センサーで測定された傾斜角 (°)

附属書 D

(参考)

間隙水圧測定の準備

飽和土中で試験を実施する場合は、通常、脱気した蒸留水をフィルター及び間隙水圧伝達経路の飽和に用いる。不飽和土、乾燥した表層土及び密な砂のような正のダイレイタンスーが起こるような土質に対して貫入試験を実施する場合、フィルターは試験を通じて飽和を維持できるように脱気したグリセリン又は類似の液体で飽和させておかなければならない。

脱気水を用いる場合、フィルターは少なくとも 15 分間煮沸しなければならない。煮沸後、フィルターは脱気水中で冷やし、密封容器に保管しなければならない。また、脱気水は試験前のフィルター装着時に必要となるので、多量に用意しておかなければならない。フィルターの煮沸は、材質が高密度ポリエチレンのような一部のフィルターでは適用できない場合がある。

グリセリンを用いる場合は、フィルターをグリセリンに浸して約 24 時間、真空状態に放置しなければならない。コーン貫入試験器の間隙水圧伝達経路は、通常フィルターの飽和に用いる同じ液体で満たさなければならない。このため、間隙水圧伝達経路内へ液体を直接注入するか、コーン貫入試験器の部品をその液体で満たした容器に浸して真空状態で放置する。この放置時間は気泡がコーン貫入試験器の部品から発生しなくなるまでとする（およそ 15 分～30 分）。

フィルターの装着及びシールしたコーン貫入試験器は、フィルターへの過度の応力が作用していないかを確認するため、指先でフィルターが回転することを確認する。フィルター装着後から試験開始までの間は、フィルターをゴムスリーブで覆うことが望ましい。ゴムスリーブは、コーン貫入試験器を地盤に貫入すると破れるので、貫入直前に取り外す必要はない。

注記 ゴムスリーブを装着すると、コーン貫入試験器先端部に微小な応力が作用するため、センサーのゼロ値がゴムスリーブ装着前と異なる値を示すことがある。

附属書 E

(参考)

電気式コーン貫入試験における不確実性

電気式コーン貫入試験による不確実性は次によるほか、JIS Z 8404-1 による。

E.1 一般

電気式コーン貫入試験に関する主な不確実性の原因は、次による。

- 温度の影響
- 過負荷又は曲げによるセンサーの変動
- 間隙水圧伝達経路の不飽和
- ギャップ及びシール内への土粒子の侵入による荷重の伝達不良
- コーン貫入試験器の幾何学的形状の変形

E.2 温度の影響

軟弱な粘土層の上部に密な砂層がある場合、測定結果の深度分布は、熱影響及びヒステリシスの影響によりコーン貫入試験器の応答が軟弱な粘土層のみの場合に比べ不確実性が生じる。例えば、密な砂層に貫入した場合の摩擦は、一般的にコーン貫入抵抗が約 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{MPa}$ の割合でコーン貫入試験器を加熱させ、コーン貫入試験器に生じる熱はコーン貫入抵抗に見かけ上のシフト（変動）を生じさせる。また、測定値の平衡温度（試験器内側と外側とで温度差がない状態の温度）補償（補正）は、貫入に伴う熱の影響を回避することはできない。

しかしながら、密な砂層の貫通後、コーン貫入試験器を平衡温度まで安定させるために貫入を中断することは、読み値への影響を軽減することが可能である。別の方法としては、硬い層については所定の深さまで掘削し、その後軟弱な層で試験を改めて行い、データを取得する方法がある。また、コーン貫入試験器の温度を測定し、温度変化に対して測定値を部分的に補正することも可能である。この場合、すべての補正は記録し、報告しなければならない。

E.3 センサーの過負荷

試験中にコーン貫入試験器の定格を上回る荷重（圧力）が作用し、過負荷状態になることがある。これにより読み値の変動が大きくなり、測定結果の精度が損なわれる可能性がある。そこで、コーン貫入試験器の試験回数、総貫入長、基準読み値、最大負荷、最高温度などの試験時の情報を記録しておくことが望ましい。最新のコーン貫入試験器は、データロガー（測定結果を記録する装置）が装備されており、試験器がその校正範囲内でのみ使用されたことをユーザーが確認するためのデータを提供することが可能である。

E.4 間隙水圧

地盤の工学的パラメータの精度を向上させるために、コーン貫入抵抗の測定値及びコーン貫入抵抗から得られる値は、貫入によって発生する間隙水圧を用いてコーン貫入抵抗に与える影響を補正することが多い。しかしながら、間隙水圧センサーによって得られた間隙水圧が試験器周辺の代表的な水圧でない場合、コーン貫入抵抗に適用される間隙水圧の補正には誤差が生じる。この要因は、フィルターが目詰まり及び試験中に発生した高い負の間隙水圧により測定伝達経路が不飽和状態となり、それ以降は土質の挙動に対

して代表的な値を示していないことが考えられる。

間隙水圧センサーは、地下水位より上部の不飽和層又は部分的な飽和層を貫通することにより不飽和状態となることがあり、不正確な間隙水圧の測定に繋がる。このような場合は、地下水位を示す位置まで掘削した後に完全に飽和したコーン貫入試験器で試験を開始（再開）することで回避することが可能である。

E.5 周面摩擦抵抗

基準に準拠した様々なコーン貫入試験器による周面摩擦抵抗の測定結果には、大きなばらつきがあることが報告されている。したがって、コーン貫入抵抗の測定結果と比較すると、周面摩擦抵抗の測定結果にはより大きな不確実性がある。

E.6 貫入速度のばらつき

貫入速度にはばらつきがあり、貫入中は所定の速度より低速又は高速となることがある。貫入速度は、一般に貫入装置で加えられる圧力による貫入力に依存し、シルトなど特定の土質の間隙水圧応答（排水、部分排水、非排水）に影響を与えることがある。この間隙水圧応答は貫入中のコーン貫入抵抗に影響を与える。例えば、試験中に非排水となる土質は、一般的にコーン貫入抵抗が低くなる。すなわち、貫入速度が低速では排水又は部分排水状態、一方、高速では非排水状態となる場合があり、貫入速度による間隙水圧応答の変化はコーン貫入抵抗を大きく変化させる支配的な要因であるといえる。

電気式コーン貫入試験方法(JGS 1435)

項目	改正案	現行基準	備考
1 適用範囲	この基準は、地盤調査に適用する電気式コーン貫入試験(コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧を測定)の機材、試験方法及び報告について規定する。	この基準は、地盤調査及び試験に適用する電気式コーン貫入試験(ピエゾコーン貫入試験、CPTU)の機材、試験方法及び報告について規定する。この試験結果は、地盤構成及び土の力学特性を推定するために用いることができる。 CPTU は、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧を測定する。	規格内容を簡潔に規定
	注記 2022 年に発行された ISO 規格 ISO/FDIS 22476-1 では、間隙水圧を測定しない電気式コーン貫入試験についても規定しているが(附属書 B 参照)、この基準では間隙水圧を測定する場合のみを規定する。また、同規格は、校正試験の方法、校正試験結果の検証、貫入試験前後の各部位の測定などが規定され、これらを基に試験器の等級及び試験区分を規定しているが、この基準では、校正試験の方法及び検証、並びに試験器の等級及び試験区分は行わない。試験器の等級、試験区分などについては、附属書 B に参考として記載する。	注記 1 CPTU は周面摩擦抵抗を測定しない場合もあるが、この基準には含まない。 注記 2 2009 年に発行された ISO 規格案 ISO/FDIS22476-1 では、間隙水圧を測定しないコーン貫入試験器を TE1 タイプ、間隙水圧を測定するコーン貫入試験器(ピエゾコーン、CPTU)を TE2 タイプと区分して規定されている(附属書 B 参照)。この基準では TE2 タイプだけを規定する。 注記 3 2009 年に発行された ISO 規格案 ISO/FDIS22476-1 では、傾斜角の測定が規定され、これを含めた適用分類が提示されている。この基準には、傾斜角の測定、これの利用及び適用分類を含めない。附属書 B・C に参考として記述する。	注記内容を簡潔にし、2022 年発行の ISO 規格 ISO/FDIS 22476-1 の内容は我が国の実情には整合しない点があることから、その内容の一部を附属書にて記載することを明記
2 引用規格及び基準	JISA 0207 地盤工学用語		新規制定(2018)の追記
3 用語、定義及び記号	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。		新規制定(2018)に伴う記述
3.1 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。	3 にて新規制定(2018)を追記して記述するため削除
3.1.1 電気式コーン貫入試験、CPT	ロッドの先端に付けたコーン貫入試験器を一定の速度で地盤に貫入する試験で、電気的に荷重、圧力などが測定されるもの 注釈 1 必要に応じて貫入時の傾斜角、温度も測定する。	ロッドの先端に付けたコーン貫入試験器を一定の速度で地盤に押し込む試験で、電気的に荷重が測定されるもの。コーン周囲の間隙水圧も測定する。	定義を詳述
3.1.2 コーン貫入試験器	コーン貫入試験器(図 1)は、コーン、フリクションスリーブ、フィルター、センサー、測定システムを含む組立品及びロッドへの接続部から構成されるもの 注釈 1 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定形式の例を図 2 に示す。フィルターの位置については図 1 に示すとおりである。	コーン貫入試験器は、コーン、フリクションスリーブ、フィルター及びセンサーと測定システムを含む組立品及びロッドへの接続部から構成される。 注記 コーン貫入抵抗と周面摩擦の測定形式を図 1 に示す。フィルターの位置については図 5 に示す。	定義を詳述
	図 1—コーン貫入試験器の概要	図 1—コーン先端抵抗と周面摩擦の測定形式	定義の説明を明確にするため、新たに記載
	図 2—コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定形式の例		我が国の事情を考慮し、内容を変更(図 1 を図 2 に変更)
3.1.3 コーン	地盤に貫入するときのコーン貫入抵抗を測定するコーン貫入試験器先端部の円すい	地盤に貫入するときのコーン貫入抵抗を測定するコーン貫入試験器先端部の円すい	定義を詳述

	(錐)部及びコーン肩部で構成される部品 (図 1 参照)	(錐)部と円柱延長部(図 6 参照)。	
3.1.4 コーン肩部	コーン先端の円すい(錐)部直上のコーン 円柱延長部分(図 1 参照)	地盤とコーン貫入試験器の側面との間の摩 擦を測定するコーン貫入試験器の部分。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.5 フリクションスリーブ	地盤とコーン貫入試験器の側面との間の周 面摩擦抵抗を測定するコーン貫入試験器 の部品(図 1 参照)	間隙水圧をコーン貫入試験器内部の圧力セ ンサーに伝達する多孔質の部品で、コーン 貫入試験器と同じ外径を有するもの。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.6 フィルター	間隙水圧をコーン貫入試験器内部の圧力 センサーに伝達する多孔質の部品	コーン貫入試験器への圧入力を伝達するた めのもの。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.7 ギャップ	コーン貫入試験器の各部品間の隙間	ロッドに作用する摩擦を低減するために設け られた節状の部品(図 2)。 図 2—フリクションカッターの模式図	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義 3.1.9 にて定義するため削除
3.1.8 ロッド	コーン貫入試験器への貫入力を伝達する ための部材	コーン底部の断面積 A_c に対するコーンの円 柱延長部上端面でのシャフトの断面積 A_n の 比(図 3)。 式(1) 図 3—有効面積比の概念	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義 3.1.10 にて定義するため削除
3.1.9 フリクションカッター	ロッドに作用する摩擦抵抗力を低減するた めに設けられた節状の部品(図 3) 図 3—フリクションカッターの配置イメージ	コーン及びフリクションスリーブの表面にお ける、JIS Z 0313 に規定される中心線平均粗 さ。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.10 コーンの有効面積比, a	コーン肩部の断面積 A_c に対するコーン肩 部上端面でのシャフトの断面積 A_n の比(図 4 参照) 注釈 1 コーンの有効面積比 a は幾何学的 な関係だけから決定することはできず、圧 力チャンバー又は類似の装置による試験 によって決定しなければならない(附属書 A)。 式(1) 図 4—コーンの有効面積比の概念	センサー、センサーからの電気信号を計測・ 伝達・保存するのに必要な装置及び補助部 品。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.11 フリクションスリーブの有 効面積比, b	フリクションスリーブの表面積 A_s に対するフ リクションスリーブの底部断面積 A_b と頭部断 面積 A_d との差の比(図 5 参照) 式(2) 図 5—フリクションスリーブの有効面積比の 概念	一定の速度でコーン貫入試験器及びロッドを 地盤にロッドを介して押し込むための装置。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.12 平均表面粗さ, R_a	コーン及びフリクションスリーブの表面にお ける、JIS Z 0313 に規定される中心線平均 粗さ	基準面からロッドの合計長さとしてコーンの円す い(錐)部を引いたコーン貫入試験器の長さ を足し合わせた長さ(図 4)。 注記 陸上又は水上でも基準面は、通常、地 盤面と一致する。基準面は、試験開始面と異 なる場合がある。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.13 測定システム	センサー及びセンサーからの電気信号を 測定、伝達及び保存するのに必要な装置及 び補助部品	基準面からコーン底部までの深さ(図 4 参 照)。 図 4—貫入長と貫入深度(模式図)	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義 3.1.17 にて定義するため削除
3.1.14 貫入装置	一定の速度でコーン貫入試験器及びロッド を地盤にロッドを介して貫入するための装 置	コーンに作用する荷重 Q_c をコーンの底部面 積 A_c で除した値。 式(2)	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義 3.1.18 にて定義するため削除
3.1.15	基準面からコーン肩部までの長さ(図 6 参 照)	測定されたコーン貫入抵抗 q_c を間隙水圧の	規格内で重要な用語となるため、新たに

貫入長, l	照) 注釈1 陸上又は水上でも基準面は、通常、地盤面と一致する。基準面は、試験開始面と異なる場合がある。	影響について補正した値(6.2, 式(12)参照)。	定義
3.1.16 傾斜角, α	コーン貫入試験器中心軸の鉛直に対する傾斜(角度)	補正コーン貫入抵抗 q_t に対して全土被り圧 α_0 を減じた値。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
		式(3)	3.1.20 にて定義するため削除
3.1.17 貫入深度, z	基準面からコーン肩部までの深度(図6)	コーンの底部の深度における鉛直全応力。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
	図6—貫入長及び貫入深度(模式図)		
3.1.18 コーン貫入抵抗, q_c	コーンに作用する荷重 Q_c をコーン肩部の断面積 A_c で除した値 式(3)	フリクションスリーブに作用する摩擦力 F_s をスリーブの表面積 A_s で除した値。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
		式(4)	3.1.22 にて定義するため削除
3.1.19 補正コーン貫入抵抗, q_t	コーン貫入抵抗 q_c を間隙水圧の影響について補正した値 式(4)	貫入中及び消散試験中にフィルターの内側で測定された圧力。間隙水圧は、次のようないくつかの位置(図5参照)で測定できる。 u_1 コーンの円すい(錐)部で測定される間隙水圧 u_2 コーンの円柱部(コーンとフリクションスリーブとの間のギャップが望ましい)で測定される間隙水圧。 u_3 フリクションスリーブの直上で測定される間隙水圧	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.1.20 実効コーン貫入抵抗, q_n	補正コーン貫入抵抗 q_t から全応力 α_0 を減じた値 式(5)	フィルターの深度における原位置の本来の間隙水圧。 注記 主として静水圧を想定しているが圧密途上においては、過剰間隙水圧が発生している。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.1.21 全応力, α_0	コーン肩部の位置における全応力	コーン貫入試験器の貫入によって地盤中に生じた、フィルター位置での原位置平衡間隙水圧を超えた水圧。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
		式(5), (6), (7)	3.1.25 にて定義するため削除
		図5—間隙水圧フィルター的位置	我が国の事情を考慮し、削除
3.1.22 周面摩擦抵抗, f_s	フリクションスリーブに作用する摩擦抵抗力 F_s をフリクションスリーブ表面積 A_s で除した値 式(6)	貫入を中断して、コーン貫入試験器を一定の深度に保持して、間隙水圧の時間変化を測定する試験。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.1.23 間隙水圧, u	貫入中及び消散試験中にフィルター位置で測定される圧力 注釈1 間隙水圧は、図1に示すコーン肩部直上で測定する。	消散試験開始時 $t=0$ に測定された間隙水圧。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.1.24 原位置平衡間隙水圧, u_0	任意の位置における地盤の間隙水圧	消散試験中の時間 t における間隙水圧。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
3.1.25 過剰間隙水圧, Δu	コーン貫入試験器の貫入によって地盤中に生じた、フィルター位置での原位置平衡間隙水圧以外の水圧 式(7)	初期過剰間隙水圧で正規化された消散試験中の過剰間隙水圧。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
		式(8)	3.1.29 にて定義するため削除
3.1.26 消散試験	貫入を停止し、コーン貫入試験器を任意の位置に保持した状態で間隙水圧の時間変化を測定する試験	同じ深度の測定コーン貫入抵抗 q_c に対する測定周面摩擦抵抗 f_s の比。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義
		式(9)	3.1.30 にて定義するため削除
3.1.27 初期間隙水圧, u_i	消散試験開始時 $t=0$ に測定した間隙水圧	同じ深度の補正コーン貫入抵抗に q_t に対する測定周面摩擦抵抗の比。	規格内で重要な用語となるため、新たに定義

		式(10)	3.1.31にて定義するため削除
3.1.28 消散試験中の間隙水圧, u_t	消散試験中の経過時間 t における間隙水圧	同じ深度の実効コーン貫入抵抗 q_n に対する 周面摩擦抵抗 f_s (又は f)の比。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.29 正規化過剰間隙水圧比, U	初期過剰間隙水圧に対する消散試験中の 過剰間隙水圧 Δu の比 式(8) 注釈 1 消散試験開始から正規化過剰間隙 水圧比 U が50%となるのに要する時間を t_{50} と呼ぶ。	u_2 フィルター位置の過剰間隙水圧の実効コ ーン貫入抵抗 q_n に対する比。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
		式(11)	3.1.33にて定義するため削除
3.1.30 摩擦比, R_f	同じ測定位置のコーン貫入抵抗 q_c に対す る周面摩擦抵抗 f_s の比 式(9)	無負荷状態の測定値。 注記 測定システムの安定したゼロ値を測定 するためには、電源を投入してからしばらく 時間をおく必要がある。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.31 補正摩擦比, R_a	同じ測定位置の補正コーン貫入抵抗 q_c に対 する周面摩擦抵抗 f_s の比 式(10)	地盤に貫入する直前又は地盤から抜き取っ た直後のコーン貫入試験器のセンサーの読 み値。 注記 1 沖合では、水圧が作用している海底 面又は孔底での読み値。 注記 2 陸上で地盤面から開始する試験で は、読み値はゼロ値と等しい。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.32 実効摩擦比, R_n	同じ測定位置の実効コーン貫入抵抗 q_n に 対する周面摩擦抵抗 f_s の比 式(11)	コーン貫入試験の開始時と完了後のゼロ値 (又は基準読み値)の絶対差。	規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.33 正規化間隙水圧比, B_q	フィルターの位置での実効コーン貫入抵抗 q_n に対する過剰間隙水圧 Δu の比		規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.34 ゼロ値	無負荷状態の測定値 注釈 1 測定システムの安定したゼロ値を 測定するためには、電源を投入してからし ばらく放置しておかなければならない。		規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.35 基準読み	地盤に貫入する直前又は地盤から抜き取っ た直後のコーン貫入試験器のセンサーの 読み 注釈 1 水域での試験では、水圧が作用し ている位置での読み。 注釈 2 陸上で地盤面から開始する試験で は、読みはゼロ値と等しい。		規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.1.36 ゼロ値変動量	電気式コーン貫入試験の開始時と終了後と のゼロ値(又は基準読み)の絶対差		規格内で重要な用語となるため、新たに 定義
3.2 記号	38の記号	36の記号	規格内で重要な記号となるため、新たに 定義、及び変更
4.1 コーン貫入試験器	コーン貫入試験器は、コーンに作用する荷 重及びフリクションスリーブに作用する周面 の摩擦抵抗力を測定するロードセル、間隙 水圧を測定するためのセンサーを有し(要 求される試験精度などによっては傾斜角、 温度を測定するためのセンサーを有す る)、次の条件を満たすものとする。 a) コーン貫入試験器のすべての部品の中 心軸は、一致していなければならない。	コーン貫入試験器は、コーンに作用する荷 重及びフリクションスリーブに作用する摩擦 力を測定するロードセル並びにコーン貫入 試験器の表面に1つ又はいくつかの位置で 間隙水圧を測定するためのセンサーを有し、 次の条件を満たすものとする。 a) コーン貫入試験器のすべての部品の軸 は、一致していなければならない。 b) コーン貫入試験器の有効面積比は、できる	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳 述

	<p>b) コーンの有効面積比 a は、通常のコーン貫入試験器では 0.5~0.9 であるが、できるだけ大きい値が望ましい。</p> <p>c) コーン貫入試験器延長部を含むコーン貫入試験器は、断面積 $1\,000\text{ mm}^2$ のコーン肩部から少なくとも 400 mm の長さまでは、コーンと同じ直径とする。他の大きさのコーンを適用する場合には、この長さと同径との比を確保しなければならない(図3参照)。</p> <p>d) フリクションスリーブの頭部(上端部)の外径は、底部(下端部)の外径と等しいか、わずかに大きくなければならない。</p> <p>e) フリクションスリーブの有効面積比 b は、コーン貫入試験器の堅牢性を考慮してゼロに近づけることが望ましい。</p> <p>f) コーン貫入試験器には、他のセンサーを組み込むことがある。</p> <p>g) コーン貫入試験器に傾斜角センサーを内蔵する場合、鉛直に対して少なくとも 15° の測定範囲を有するセンサーが望ましい。傾斜角センサーにより得られた傾斜角は、貫入深度の算出及び試験終了の指標に用いることがある。</p> <p>h) コーン貫入試験器に温度センサーを内蔵する場合、$-10\text{ }^\circ\text{C}\sim+50\text{ }^\circ\text{C}$ の測定範囲で、$0.5\text{ }^\circ\text{C}$ の許容測定精度を有するセンサーが望ましい。温度センサーの主な目的は、ロードセル及び圧力変換器の温度変化を確認することである。コーン貫入試験器の測定値に対する温度変化の影響を調べるための検証試験を行う場合、検証試験及び貫入試験時の温度を q_c, f_s 及び u の測定値補正に適用するために用いることがある。</p>	<p>だけ大きくなければならない。</p> <p>e) コーン貫入試験器延長部を含むコーン貫入試験器は、断面積 $1\,000\text{ mm}^2$ のコーン底部から少なくとも 400 mm の長さまでは、コーンと同じ直径とする。他の大きさのコーンを適用するときには、この長さと同径の比を確保する必要がある(図2参照)。</p> <p>d) フリクションスリーブの頭部(上端部)の外径は、底部(下端部)の外径と等しいか、わずかに大きくなければならない。</p> <p>注記 1 コーン貫入試験器には、他のセンサーも組み込むことができる。</p> <p>注記 2 一般に適用されるコーン貫入試験器の有効面積比 a は、0.5~0.9 である。</p>	
4.3 表面粗さ	<p>表面粗さは、JIS Z 0313 及びこれと同等の基準に準拠する表面形状コンパレータ(触針、光の反射などにより表面の形状、粗さを測定する機器)又は同等品によって決定される平均表面粗さで表わされる。この規定は、「著しく滑らかな」又は「著しく粗い」コーン及びフリクションスリーブの使用を防止することを目的としている。コーン貫入試験器の材料である鋼(焼入れ鋼を含む)は、地盤(特に砂)中で摩擦しやすいため、使用すると表面粗さは変化する。したがって、未使用時の表面粗さは、使用中に粗さが変化することを考慮して決めることが望ましい。</p> <p>ただし、要求される表面粗さは、コーン貫入試験器に用いる一般の鋼材、及び一般の地盤条件(砂、粘土)における使用では満たされていると考えられ、大きな問題は生じない。</p>	<p>表面粗さは、JIS Z 0313 及びこれと同等の基準に準拠する表面形状コンパレータ又は同等品によって決定される平均表面粗さで表わされる。この規定は、「異常に滑らかな」又は「異常に粗い」コーンやフリクションスリーブの使用を防止することを目的としている。</p> <p>注記 1 鋼(焼入れ鋼を含む)は地盤(特に砂)中で(磨)り減りやすいため、使用するとフリクションスリーブの表面粗さは変化する。従って、未使用時の表面粗さは、使用中に粗さが変化することを考慮して決めることが望ましい。</p> <p>注記 2 表面粗さの要件は、コーン貫入試験器の用いる一般の鋼材、及び一般の地盤条件(砂・粘土)での使用では、実際には満たされていると考えられ、大きな問題は生じない。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述

<p>4.4 コーン</p>	<p>い。</p> <p>コーンの先端角は、$(60\pm 5)^\circ$でなければならぬ。コーン肩部の断面積は、$d_c = 35.7 \text{ mm}$に相当する $A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ とする。細部は次の条件を満たすものとする。</p> <p>以下に示す許容値は、上記に示すコーンについての許容値である。地盤の状況などによっては、呼び径 25 mm ($A_c = 500 \text{ mm}^2$) から呼び径 50 mm ($A_c = 2\,000 \text{ mm}^2$) の間のコーンを適用してもよい。幾何学形状及び許容値は、直径に比例して調整するものとする。</p> <p>a) 図 7 に示すように、コーン肩部の直径は、次の範囲とする。</p> $35.3 \text{ mm} \leq d_c \leq 36.0 \text{ mm}$ <p>b) コーン肩部の長さは、次の範囲でなければならない。</p> $7.0 \text{ mm} \leq h_c \leq 10.0 \text{ mm}$ <p>c) 円すい(錐)部の長さは、次の範囲でなければならない。</p> $24.0 \text{ mm} \leq h_c \leq 31.2 \text{ mm}$ <p>d) 未使用のコーンの表面粗さ R_a は、$5 \mu\text{m}$ 未満でなければならない。</p> <p>e) 上記の許容値が満たされても、過度な摩耗及びきず(傷)がある場合には、そのコーンは使用してはならない。</p>	<p>コーンは円すい(錐)形の部分と円柱形の延長部から構成される。コーンの先端角は、$60^\circ \pm 5^\circ$ でなければならない。コーンの断面積は、直径 35.7 mm に相当する $1\,000 \text{ mm}^2$ とする。細部は次の条件を満たすものとする。</p> <p>a) 図 6 に示すように、円すい(錐)部の直径は、次の範囲とする。</p> $35.3 \text{ mm} \leq d_c \leq 36.0 \text{ mm}$ <p>b) 円柱延長部(フィルターを含む)の長さは、次の範囲でなければならない。</p> $7.0 \text{ mm} \leq h_c \leq 10.0 \text{ mm}$ <p>c) 円すい(錐)部の長さは、次の範囲でなければならない。</p> $24.0 \text{ mm} \leq h_c \leq 31.2 \text{ mm}$ <p>d) 未使用のコーンの表面粗さ R_a は、$5 \mu\text{m}$ 未満でなければならない。</p> <p>e) 上記の許容値が満たされても、視覚的に非対称な形状にす(磨)り減っている場合や異常なきず(傷)がある場合には、そのコーンは適用できない。</p> <p>注記 1 もしフィルターを u_2 の位置に置くとすれば、フィルター自身の直径は、コーンの直径より大きくなってもよい(4.5 及び 4.6 参照)。</p> <p>注記 2 地盤の状況によっては、補正係数を用いることなく、呼び径 25 mm ($A_c = 500 \text{ mm}^2$) から呼び径 50 mm ($A_c = 2\,000 \text{ mm}^2$) の間のコーンを適用してもよい。幾何学形状及び許容値は、直径に比例して調整するものとする。</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述</p>
	<p>図 7—$A_c = 1\,000 \text{ mm}^2$ コーンの幾何学形状及び許容値</p>	<p>図 6—$1\,000 \text{ mm}^2$ コーンの許容範囲</p>	

<p>4.5 フィルター</p>	<p>フィルターの位置は、コーン貫入抵抗に対する間隙水圧の影響を補正するために、コーン肩部中又はコーン肩部とフリクションスリーブとの間(ギャップ)に位置していなければならない。しかし、これらの位置は試験器の機構上不可能なためフィルターは、ギャップにできるだけ近いコーン肩部の直上に位置しなければならない(図 1 参照)、次の条件を満たすものとする。</p> <p>a) 試験開始時点のフィルターの直径 d_m は、コーン肩部の直径 d_c 及びフリクションスリーブの直径 d_2 に一致していなければならない。すなわち、$d_2 - 0.1 \text{ mm} \leq d_m \leq d_c$ でなければならない。なお、これらの寸法は、試験開始時点のものとする。</p> <p>b) フィルターは、コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗の測定に影響してはならない。</p> <p>c) 間隙水圧伝達経路(フィルターからセンサー受圧面に至る)は、試験開始時点で飽和されていなければならない。</p> <p>d) コーン貫入試験器が不飽和層に貫入されても、フィルターは、飽和状態を維持されなければならない。しかし、フィルターの飽和状態の維持は、必ずしも可能でない場合がある。このような場合は、地下水位より上の不飽和層に対して予備貫入、予備掘削又は別の飽和液体を使用することが望ましい。</p> <p>e) フィルターの開孔寸法は $2 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ で、透水係数が $1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s} \sim 1.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$</p>	<p>図 7 に示すように、フリクションスリーブの幾何学形状は、次を満たすものとする。</p> <p>a) フリクションスリーブは、コーンの直上に位置しなければならない。</p> <p>b) ギャップと土のシールのための離間距離は、5.0 mm を超えてはならない。</p> <p>c) 表面積は、$15\,000 \text{ mm}^2$ でなければならない。円筒部の長さは、要求される許容値と共に次の範囲でなければならない。 $132.5 \text{ mm} < l_s \leq 135.0 \text{ mm}$</p> <p>d) フリクションスリーブの直径 d_2 は、コーンの直径に対して許容値 $0 \sim +0.35 \text{ mm}$ の範囲でなければならない。また、直径 d_2 は、36.1 mm を超えてはならない。すなわち、 $d_c \leq d_2 < d_c + 0.35 \text{ mm}$ かつ $d_2 < 36.1 \text{ mm}$</p> <p>e) 未使用のフリクションスリーブは、軸方向に測定して表面粗さ R_a が $0.4 \mu\text{m} \pm 0.25 \mu\text{m}$ でなければならない。</p> <p>f) 上記の許容値が満たされても、視覚的に非対称な形状にす(磨)り減っている場合や異常なきず(傷)がある場合には、そのフリクションスリーブは適用できない。</p> <p>注記 補正係数を用いることなく、コーンの直径に合わせてフリクションスリーブの直径は 25 mm から 50 mm のものを用いてよい。長さ と直径の比は、3.75 が望ましいが、この比が $3 \sim 5$ の範囲は許容される。</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p>
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

	<p>であるものを使用することが望ましい。土粒子によって目詰まりするような素材のフィルターの使用は避ける。</p> <p>f) コーン貫入試験器は、容易にフィルターの交換及び圧力伝達経路に液体を満たすことができる構造でなければならない(5.3参照)。</p> <p>g) フィルターは試験毎、試験前に交換されなければならない。</p> <p>注記 1 測定される間隙水圧は、原位置平衡間隙水圧及び地盤中にコーン貫入試験器を貫入することによって生じる過剰間隙水圧の2つの成分からなる。</p> <p>注記 2 軟らかい正規圧密粘土においては、フィルターには次の材料が使用されることがある。焼結したステンレス鋼、青銅、カーボランダム、セラミック、多孔質のPVC(ポリ塩化ビニル樹脂)、HDPE(高密度ポリエチレン樹脂)。</p> <p>注記 3 飽和液体の選択、間隙水圧測定システムの飽和については、附属書 Dを参照すること。</p>		
		<p>図 7—フリクションスリーブの幾何学形状と許容値</p>	<p>4.6 に詳述するため削除</p>
<p>4.6 フリクションスリーブ</p>	<p>図 8 に示すように、フリクションスリーブの幾何学形状は、次を満たすものとする。</p> <p>以下に示す許容値は、コーンの先端角が $(60 \pm 5)^\circ$、直径が 35.7 mm、断面積が $A_c = 1\,000\text{ mm}^2$ のコーン使用時に用いるフリクションスリーブの許容値である。地盤の状況などによっては、呼び径 25 mm ($A_c = 500\text{ mm}^2$) から呼び径 50 mm ($A_c = 2\,000\text{ mm}^2$) の間のコーンを適用する場合、フリクションスリーブもそれらのコーンに合わせた直径のものを使用することがある。この場合、フリクションスリーブの長さは直径との比で 3.75 となることが望ましいが、この比が 3~5 の範囲であれば許容される。</p> <p>a) フリクションスリーブは、フィルターの直上に位置しなければならない。</p> <p>b) 断面積は、$15\,000\text{ mm}^2$ でなければならない。円筒部の長さは、要求される許容値と共に次の範囲でなければならない。</p> $132.5\text{ mm} < l_s \leq 135.0\text{ mm}$ <p>c) フリクションスリーブの直径 d_2 は、コーン肩部の直径に対して許容値 $0.00\text{ mm} \sim +0.25\text{ mm}$ の範囲でなければならない。また、直径 d_2 は、36.1mm を超えてはならない。すなわち、</p> $d_c \leq d_2 < d_c + 0.25\text{ mm} \text{ かつ } d_2 < 36.1\text{ mm}$ <p>d) 未使用のフリクションスリーブは、軸方向に測定して表面粗さ R_a が $(0.4 \pm 0.25)\text{ }\mu\text{m}$ でなければならない。</p>	<p>4.6.1 一般的なフィルター位置</p> <p>4.6.2 間隙水圧 u_1 の測定位置</p> <p>4.6.3 間隙水圧 u_2 の測定位置</p> <p>4.6.4 間隙水圧 u_3 の測定位置</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p> <p>(u_1, u_3 の測定位置については我が国の実情を考慮して規定より削除し、u_2 の測定位置のみを間隙水圧測定位置とした(4.5 に規定内容を新たに詳述))</p>

	e) 上記の許容値が満たされても、過度な摩耗及びきず(傷)がある場合には、そのフリクションスリーブは使用してはならない。		
4.7 ギャップ及びシール	ギャップは、5 mm 以内でなければならない。ギャップに土粒子が侵入することを防ぐためにシールで保護する。 ただし、シールは硬質であるとシールを介して力が伝達するため、コーン貫入試験器のロードセル及び他の要素に追従して容易に変形するものでなければならない。	コーン貫入試験器の部品間のギャップは、5 mm を超えてはならない。ギャップに土粒子が侵入することを防ぐためにシールで保護する。 ただし、シールは、硬質であるとシールを介して力が伝達するため、コーン貫入試験器のロードセルや他の要素に追従して容易に変形するものでなければならない。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
4.8 ロッド	ロッドの直線性は、試験での使用前に 附属書 A の A.1.1 に示す方法の 1 つを用いて確認しなければならない。 ロッドに作用する摩擦抵抗力は、ロッドの直径を部分的に大きくする(フリクションカッター)、又はロッドの潤滑、例えば試験中の泥水注入によって低減することが可能である。 $A_c = 1\,000\text{ mm}^2$ のコーンを使用する場合、フリクションカッター又は潤滑材の注入位置は、コーン肩部から少なくとも 400 mm 上方でなければならない。 $A_c = 1\,000\text{ mm}^2$ 以外のコーンを使用する場合は、この長さを A_c 又は d_c に比例して確保する。 水中及び軟弱地盤での試験では、ロッドの座屈による危険を回避するために、ローラー、ケーシング又は類似の装置でガイドすることもある。また、ロッドは、信号ケーブルの保護及び音響などによる無線データ伝送システムの伝送媒体としても用いられる。	各試験での使用前に、ロッドの直線性は、視覚的に点検されなければならない。ロッドの直線性は、 附属書 A.1.1 に示す方法の 1 つを用いて、 表 A.1 の時間間隔で確認されなければならない。 ロッドに作用する摩擦は、ロッドの直径を部分的に大きくする(フリクションカッター)ことによって低減することができる。摩擦は、ロッドの潤滑、例えば試験中の泥水注入によって低減することもできる。底部断面積 $1\,000\text{ mm}^2$ のコーンについて、注入点は、コーン底部の少なくとも 400 mm 上方でなければならない。他の大きさのコーンを適用するときには、比例配分でこの長さを確保する。 ロッドは座屈の危険を回避するために、ローラー、ケーシング又は類似の装置でガイドされなければならない。 注記 ロッドは、信号ケーブルの保護としても、音響伝送ではデータ伝送媒体としても用いられる。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
4.9.1 精度	測定システムの精度は、要求される測定精度の 1/3 より小さいものとする。参考として 附属書 B の表 B.2 にコーン貫入試験器の等級ごとの許容最大測定誤差を示す。 なお、測定システム(温度影響を含む)の不確か性は、 附属書 E で記載する。	測定システムの分解能は、要求される測定精度の 1/3 より小さいものとする。なお、試験方法が有する許容精度は、装備により異なり、 附属書 B に示される 表 B.2 を参照することができる。 測定システム(温度影響を含む)の不確か性は、 附属書 F で記述する。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
4.9.2 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗のセンサー	コーン貫入抵抗を測定するセンサーは、軸力の偏心に対して影響を受けてはならない。周面摩擦抵抗を測定するセンサーは、フリクションスリーブに作用する土圧に対して影響を受けてはならない。 コーン貫入抵抗及び周面摩擦抵抗を測定するためのセンサーは、ひずみケージ式のロードセルが一般的に用いられている。	コーン貫入抵抗を測定するロードセルは、軸力の偏心に対して影響を受けないこと。周面摩擦抵抗を測定するロードセルは、フリクションスリーブに作用する土圧には影響を受けないこと。 注記 ロードセルは、コーン貫入抵抗と周面摩擦抵抗を記録するために、ひずみケージ式のロードセルが一般的に用いられている。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
4.9.3 間隙水圧のセンサー	間隙水圧を測定するセンサーは、負荷が掛かっても大きな変形を起こさないものとし、飽和させるための液体が充填された圧力伝達経路を介してコーン貫入試験器の表面にあるフィルターと連通して用いなければならない。	センサーを含む測定システムは、測定値の良い応答を得るために、できるだけ剛性が大きくなければならない(5.2 参照)。 注記 間隙水圧センサーには、一般的に圧力膜タイプの圧力変換器が用いられている。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述

	<p>い。センサーを含む測定システムは、良好な応答を得るために、できるだけ剛性が大きくなければならない。</p> <p>間隙水圧センサーは、一般的に圧力膜タイプの圧力変換器が用いられている。</p>		
4.94 貫入長の測定システム	<p>試験中は、貫入長を測定しなければならない。次の場合は測定値を補正しなければならない。</p> <p>a) ロッドに作用させる力によって、貫入長を測定するセンサーの基準となる位置が変動する場合があります。その量が大きい場合は、貫入長を補正するための処理をしなければならない。</p> <p>b) 貫入長の測定に対する許容精度は、試験目的の要求に応じて異なるが、可能であれば0.1mと貫入長の1%とを比較して大きい方の値以下とすることが望ましい。</p>	<p>ロッドに作用させる力によって、貫入長を測定するセンサーの位置が変動する場合があります。その量が大きい場合には、貫入長を補正するための処理も必要である。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
4.10 貫入装置	<p>貫入装置は、貫入試験の間、地表面に対して移動しないように実荷重で載荷するか、又はアンカーを用いて固定する。測定の間、ロッドの打撃及び回転を行ってはならない。</p> <p>貫入装置のストロークは1m以上とする。ストロークが1m未満の貫入装置も使用してよい。ただし、その場合は、状況、ストローク長などを報告しなければならない。</p>	<p>コーン貫入試験器は、20 mm/s±5 mm/s の標準速度で貫入する。圧入装置は、貫入試験の間、地表面に対して移動しないように、実荷重で載荷するか、アンカーを用いて固定する。測定の間、貫入ロッドの打撃と回転は許されない。</p> <p>圧入装置のストロークは1m以上とする。ストロークがこれ以下の長さであるものも特別な状況では使用してよい。ただし、1m 未満のストロークを適用した場合には、その旨報告すること。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
5.1 装置、手順の選択及び区政		<p>以前の調査地点と近接する場合には、その影響がないように十分な間隔を設けなければならない。</p> <p>コーン貫入試験の調査点の間隔は、通常2m以上とする。以前のボーリング調査点からの距離は孔径の20倍以上とする。特殊な掘削方法(例えば無水削孔)を用いた場合には、より大きな距離を必要とする。地盤の開削部の近くは避けること。</p> <p>ロッドが鉛直に押されるように圧入装置を据付けること。その精度は2°未満とする。</p>	5.2に詳述するため削除
5.1.1 装置、手順の選択	<p>試験に使用する装置及び手順は、予想される地盤条件及び事業の要求事項を考慮して選択しなければならない。</p>		我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
5.1.2 校正	<p>コーン貫入試験器は、次の測定値について校正しなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> — コーン貫入抵抗 — 周面摩擦抵抗 — 間隙水圧 — コーン及びフリクションスリーブの有効面積比 — 傾斜角(傾斜角センサーが内蔵されている場合) 		我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述

	<p>校正は、少なくとも 12 か月ごと、センサーが過負荷になった場合、故障の兆候を示した場合、又は試験開始前のゼロ値と校正試験時のゼロ値(無負荷)における読み値とを比較し、フルスケールの 2%以上の変動量を示した場合に実施する。</p> <p>校正試験報告書には、以下を記載する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> — コーン貫入試験器及び測定システムの説明 — 校正実施者 — 校正実施中の環境(平均温度及び変動幅) — 校正に用いる基準機器の精度 — 校正実施日、前回校正実施日及び校正結果 — 調整又は修理前後の校正結果 — コーン及びフリクションスリーブの有効面積比の校正結果 — 各センサーの精度 — 測定値のトレーサビリティ 		
5.2 貫入装置の据付け及び鉛直性	<p>以前の試験地点と近接する場合は、その影響がないように十分な間隔を設けなければならない。</p> <p>電気式コーン貫入試験の試験地点間隔は、通常 2 m 以上とする。以前のボーリング調査地点からの距離は調査孔の直径の 20 倍以上とする。特殊な掘削方法(例えば無水掘削)を用いた場合は、さらにより大きな離隔距離を取る。また、地盤の開削部の近くは避ける。</p> <p>ロッドが鉛直に貫入できるように貫入装置を据付けること。その精度は鉛直に対して 2°以内とする。</p>	<p>5.2.1 予備掘削</p> <p>5.2.2 コーン貫入試験器の飽和</p> <p>5.2.3 ゼロ値の記録</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p> <p>5.3.2 に詳述するため削除</p> <p>5.3.3 に詳述するため削除</p> <p>5.3.4 に詳述するため削除</p>
5.3 コーン貫入試験器の準備		<p>貫入試験の間、コーン貫入試験器は、一定の貫入速度 $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$ で地盤に貫入する。貫入速度は、記録時間と貫入長で確認すること。</p> <p>注記 1 たとえ貫入が新しいストローク又はロッドの付け足しのために定期的に停止されたとしても貫入は連続的であると考える。圧入装置によっては停止することなしに連続貫入ができ、これはシルトと粘土の堆積物が層を構成しているときに利点となる。</p> <p>注記 2 消散試験(5.7 参照)や機材のトラブルで、より大きい停止があった場合、貫入は不連続とされる。</p> <p>注記 3 密な砂及びれき(礫)への貫入では、コーンとロッドの損傷を防止するために、「標準」より小さい貫入速度を用いてもよい。</p>	5.4 に詳述するため削除
5.3.1 コーン貫入試験器	試験後のコーン貫入試験器の清掃又は日		我が国の実情を考慮し、規定内容を新

の組立	<p>常的な保守点検などの目的で分解した場合は、コーン製造業者の取扱説明書に従って組立てる。</p>		<p>たに詳述</p>
5.3.2 予備掘削	<p>コーン貫入試験器の貫入が困難な層(密で粗い又は石分の多い層など)が表層部にあって貫入不可となる場合は、予備掘削を行う。予備掘削は、粗い表層部では試験孔の崩落を防ぐためにケーシングを使用する場合がある。予備掘削の情報は、地層区分の判別において使用する場合がある。予備掘削は、直径 45 mm～50 mm のダミーコーンを貫入することによって実施することも可能である。</p>		<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p>
5.3.3 コーン貫入試験器の飽和	<p>コーン貫入試験器は、試験前にフィルターを含む間隙水圧伝達経路を液体で飽和させておかなければならない。試験中は、適切な方法で飽和状態を維持しなければならない。</p> <p>一般に、地盤が飽和している場合、フィルターを含む間隙水圧伝達経路の飽和には脱気された蒸留水を用いることが望ましい。不飽和土、密な砂又は地下水位が深い地盤に対して試験を行う場合には、グリセリン又は類似の液体で飽和させなければならない。</p> <p>試験開始前又は予備掘削の孔底に到達するまでのコーン貫入試験器の飽和は、フィルター周囲にゴムスリーブを装着することで維持可能である。飽和させる過程及びゴムスリーブを装着している間、コーン貫入試験器は小さな応力を受けるので、ゼロ読み値とは異なる値を示す場合がある。</p>		<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p>
5.3.4 ゼロ値の記録	<p>コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧、貫入長及び傾斜角、温度(傾斜角センサー、温度センサーが内蔵されているコーン貫入試験器の場合)のゼロ値を記録する。その場合コーン貫入試験器は、無負荷で鉛直な状態とし、できるだけ地盤温度と平衡した状態でなければならない。</p>		<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p>
5.4 コーン貫入試験器の貫入	<p>試験中、コーン貫入試験器は、一定の貫入速度(20±5) mm/s で地盤に貫入する。貫入速度は、記録時間及び貫入長で確認する。</p> <p>注記 1 貫入装置によっては停止することなしに連続貫入が可能なものもある。これはシルト、粘土などの層が交互に堆積している場合に利点となる。</p> <p>注記 2 消散試験(5.8 参照)、機材の故障などで、通常より長時間停止した場合、貫入は不連続とする。</p> <p>注記 3 密な砂及びびれき(礫)への貫入では、コーン及びロッドの損傷を防止するた</p>	<p>フリクションカッターの使用(3.1.7 参照)は許される。コーン貫入試験器又は連結するロッドにフリクションカッターを装着する場合は、下端がコーンの底部から 400 mm 以上をコーンと同じ直径とする(図 2 参照)。</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述</p>

	めに、「標準」より遅い貫入速度を適用してもよい。この場合は貫入速度を記録し、報告しなければならない。		
5.5 フリクションカッターの利用	ロッドに作用する摩擦抵抗力を低減するために、フリクションカッターを利用(3.1.9 参照)してもよい。コーン貫入試験器又は連結するロッドにフリクションカッターを装着する場合は、フリクションカッター下端がコーン肩部から 400 mm 以上離れた位置に取り付ける。すなわち、コーン肩部からフリクションカッター下端まではコーンと同じ直径でなければならない(図 3 参照)。	測定間隔は、例えば薄い層の検出のような地盤構成の解釈のために詳細が必要な場合に短くするなど適切に選定する。通常、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧は、同じ測定間隔とする。	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
5.6 測定間隔	測定データの記録は、貫入長、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗、間隙水圧及び傾斜角、温度(傾斜角センサー、温度センサーが内蔵されているコーン貫入試験器の場合)とし、図 6 の基準面の直上で開始し、その後、貫入長 20mm ごとに少なくとも 1 回記録しなければならない(一般に、コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧は、同じ測定間隔で行う)。記録値が要求される間隔よりも頻繁に測定(記録)した場合は、任意の貫入長ごとに算出した平均値を用いてもよい。ただし、他の方法を適用することもあるため、適用した方法については報告しなければならない。 注記 測定間隔は、例えば薄層を検出する、など要求される測定結果に応じて適切に測定間隔を選定する。	コーン基底部の深度は、地盤基準面から決定されること。貫入長の測定システムの分解能は、少なくとも 10 mm とする。 貫入長は試験の最後に点検され、記録されること。貫入長は深度計の測定値以外でも確認すること。 コーン貫入試験器の貫入は、次に示す条件で終了する。 — 予定貫入長(予定深度)に到達した場合。 — 圧入装置の定格最大能力、コーン貫入試験器又は測定システムの最大容量に到達した場合。 — 装置・機材に損傷が生じた可能性がある場合。 — もし、傾斜計が組み込まれていれば、コーン貫入試験器の傾斜角が測定範囲又は 15° を超えた場合。	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
5.7 貫入長の測定	貫入長は試験終了時及び深度計の測定値以外でも確認し、記録する。ただし、貫入時に大きく傾斜したコーン貫入試験器の貫入長は、鉛直に貫入した場合の貫入長(貫入深度)よりも長くなることもある。 傾斜角を測定した場合、貫入深度は測定した貫入長を用いて附属書 C に示す方法にて算出するのが望ましい。	消散試験は、土層の透水性や圧密特性を評価する必要がある場合に、予め選定された深度で実施する。コーン貫入停止からの経過時間と間隙水圧を測定することによって、土層の透水性を評価する。また、透水性の小さい土では、間隙水圧の記録は、圧密係数を推定するのに用いる。消散試験は、次の要件を満たすものとする。 a) 間隙水圧に加えてコーン貫入抵抗も時間と共に測定すること。 b) 消散試験は、ロッドをクランプせずに実行すること。 c) 消散試験中に自沈が想定される場合には、ロッドをクランプして行ってもよいが、標準試験方法とは異なる点として記録すること(7.2.1.b)。 d) 測定頻度は消散試験の最初の1分間は少なくとも 1 回秒でなければならないが、その後は適切に設定してよい。 e) U_{50} がほとんどの解釈方法で用いられる時間であることから、消散試験は、過剰間隙水圧が 50% 以上消散するまで継続すること。	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述

		<p>f) 原位置平衡間隙水圧 u_0 が予測できない場合には、試験時間は慎重に決定する。</p> <p>注記 1 消散試験は、原位置平衡間隙水圧の推定に使ってもよい。</p> <p>注記 2 消散試験の実施深度と最小継続時間は、土の状態と測定の目的により決定する。</p>	
5.8 消散試験	<p>消散試験は、あらかじめ選定した位置でコーン貫入試験器の貫入を停止し、経過時間及び間隙水圧を測定することによって、土層の透水性及び圧密特性の評価、及び原位置平衡間隙水圧の推定を行うことが可能である。また、透水性の低い土層における間隙水圧の測定は、圧密係数の推定に用いることもある。消散試験は、次の要件を満たすものとする。</p> <p>a) 間隙水圧に加えてコーン貫入抵抗も経過時間と共に測定する。</p> <p>b) 軟弱な土層において消散試験を行う場合(特に貫入長の長い位置にて行う場合)は、コーン貫入試験器が試験中に自沈する可能性があるためロッドを固定しておくことが望ましい。</p> <p>c) 測定頻度は消散試験の最初の1分間は少なくとも1回/秒でなければならないが、その後は適宜変更してよい。</p> <p>d) t_{50} は解釈においてよく用いられる時間であることから、通常、消散試験は少なくとも t_{50} が得られるまで継続する。</p> <p>e) 原位置平衡間隙水圧が不明な場合は、慎重に推定する。</p> <p>注記 消散試験実施位置及び最小継続時間は、土層条件及び試験の目的により決定する。</p>	<p>測定値の基準読みは、コーン貫入試験器の引抜き後、そして必要に応じてコーン貫入試験器をクリーニングした後にゼロ値を記録する。また試験完了後、コーン貫入試験器を調べ、どんな過度の摩耗やきず(傷)の有無にも注意する。</p> <p>注記 試験前とクリーニング後のゼロ値変動量から、装置が正常に機能していたかを判断できる。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
5.9 試験終了	<p>コーン貫入試験器の貫入は、次に示す条件で終了する。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 予定貫入長(予定貫入深度)に到達した場合 — 貫入装置の最大能力、コーン貫入試験器又は測定システムの定格に到達した場合 — 装置、機材に損傷が生じる可能性がある場合 — コーン貫入試験器の傾斜角が測定範囲又は 15° を超えた場合(傾斜角センサーが内蔵されている場合) — 短い貫入長において急激な傾斜の変化が生じた場合 <p>測定値の基準読みは、コーン貫入試験器の引抜き後、必要に応じてコーン貫入試験器を清掃した後にゼロ値を測定する。基準読みは、できるだけ地盤温度に近い温度条件下で、コーン貫入試験器が無負荷の状態</p>	<p>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。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述

	<p>行う。</p> <p>また、試験終了後はコーン貫入試験器を調べ、過度な摩耗及びびきず(傷)の有無を記録する。</p> <p>注記 試験前及び清掃後のゼロ値の変動量から、装置が正常に機能していたかを判断することが可能である。</p>		
5.10 機材の維持管理及び点検	すべての機材は、 附属書A に記載した維持管理及び点検を適用しなければならない。	国が定める労働安全衛生規則に従わなければならない。	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述(5.11に詳述するため削除)
5.11 安全要求事項	国が定める労働安全衛生規則に従わなければならない。		我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
6.1 測定値	<p>電気式コーン貫入試験では、次の値が測定される。ただし、ロッドの継ぎ足しのために定期的に停止された場合など、貫入中断による影響を受けた測定値(消散試験は除く)については除外する。</p> <ul style="list-style-type: none"> — コーン貫入抵抗 q_c — 周面摩擦抵抗 f_s — 間隙水圧 u — 貫入長 l — 傾斜角 α(測定した場合) — 温度(貫入時) T(測定した場合) 	<p>電気式コーン貫入試験では、次の値が測定される。ただし、貫入中断による影響を受けた測定値は無視する。</p> <p>測定コーン貫入抵抗 q_c</p> <p>測定周面摩擦抵抗 f_s</p> <p>間隙水圧 u</p> <p>貫入長 l</p> <p>注記 間隙水圧は、次の1つ又は複数で測定される。</p> <p>コーン面での間隙水圧 u_1</p> <p>コーンの円柱延長部での間隙水圧 u_2</p> <p>フリクションスリーブの上部で測定された間隙水圧 u_3</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
6.2 補正值	<p>コーン貫入抵抗は、周囲の間隙水圧の影響を受ける。測定した間隙水圧を用いて、コーン貫入抵抗を式(4)で補正する。</p> <p>コーン貫入抵抗、周面摩擦抵抗及び間隙水圧は、試験目的の要求に合致させるために、必要に応じてコーンの断面積、温度影響、ロッドの圧縮、貫入装置のリバウンドなど、様々な補正をすることが望ましい。</p>	測定コーン貫入抵抗と測定周面摩擦抵抗は、周囲の間隙水圧の影響を受ける。間隙水圧がコーンの円柱延長部(u_2)のフィルターで測定される時だけ、測定コーン貫入抵抗は式(12)を用いて補正する:	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
		式(12)	3.1.19に詳述したため削除
6.3 算出値	<p>測定された値を基に、次の値を計算する。</p> <p>摩擦比 R_f(補正摩擦比 R_{ft}) (3.1.30 及び 3.1.31 参照)</p> <p>貫入深度 z(傾斜角を測定した場合)</p> <p>貫入深度の算出は附属書Cに示す手順に従って実施し、貫入長から貫入深度を算出する。ただし、傾斜角を測定している場合においても貫入長が5m未満の場合は、貫入長を貫入深度とみなすことがある。</p>		我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述
7.1 一般事項	<p>試験結果は、表及び標準的な様式に従い、電子データで報告することが望ましい。</p> <p>試験中、測定結果及び貫入長に影響を与える可能性のある事象又は本基準以外の事象については、記録、報告する。また、貫入中断時の除外した測定値及びその他の補正方法は、今後変更されることが考えられるため、生データを保存しておくことが望ましい。</p>	試験結果は、表や標準的な様式に従って報告する。電子データで報告することが望ましい。	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述
7.2 報告事項	結果の報告は、 7.2.1 から 7.2.4 に示す現場	結果の報告は、 表1 に示す現場記録、試験報	我が国の実情を考慮し、規定内容を詳

	<p>記録、試験報告及び結果図表とする。現場記録は、7.2.1 から 7.2.4 に示す事項に従い現場で作成する。現場報告書及び試験報告書に記載された全ての情報は、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くてはならない。</p> <p>なお、*が付いている事項は、必須事項である。その他のものは、必要に応じて記録することが望ましい。</p>	<p>告及び結果図表とする。現場記録は、表 1 に示す事項に従い現場で作成する。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>	述
7.2.1 一般事項 7.2.2 試験位置 7.2.3 試験装置 7.2.4 試験結果	記載内容が多いため省略	表 1—試験結果の報告事項	規定の明確化のため、細分箇条による記載に変更
7.3 試験結果及び計算値の図化	<p>補正された試験結果の報告は、適用した補正を明確に記述し、どの区間で行われたかを明記しなければならない。</p> <p>試験結果は、貫入長(傾斜角を測定した場合は貫入深度)に対して図化する。図化する試験結果は、次のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 補正コーン貫入抵抗～貫入長(貫入深度)q_t(MPa)～z(m) — 周面摩擦抵抗～貫入長(貫入深度)f_s(MPa)～z(m) — 間隙水圧～貫入長(貫入深度)u(MPa)～z(m) <p>kPa の単位は、測定値によっては用いてもよい。</p> <p>必要に応じて、次の値を算出する。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 実効コーン貫入抵抗 q_n 式(5) — 過剰間隙水圧 Δu 式(7) — 正規化過剰間隙水圧比 U 式(8) — 摩擦比 R_f 式(9) — 補正摩擦比 R_q 式(10) — 正規化間隙水圧比 B_q 式(12) <p>なお、次の関係は、試験結果の計算に別途必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 原位置平衡間隙水圧 u_0(MPa)～z — 全応力 σ_{v0}(MPa)～z <p>原位置平衡間隙水圧 u_0 は、地下水位の位置又は局所的な間隙水圧の測定値から推定可能である。また、消散試験の結果からも推定可能である。全応力は、原位置の密度又は採取された乱れの少ない試料から得られた密度から決定可能である。これらの試験を実施していない場合、密度は電気式コーン貫入試験の結果及び地域特性を考慮して推定してもよい。</p> <p>これらの値が得られれば、地層区分(土質分類)及び地盤定数の推定に利用することが可能である。</p>	<p>試験結果の作図では、次の軸目盛が使われなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 貫入深度 z 1 目盛単位=1 m — コーン貫入抵抗 q_c, q_t 1 目盛単位=2 MPa 又は 0.5 MPa — 周面摩擦抵抗 f_s, f_t 1 目盛単位=0.05 MPa — 間隙水圧 u 1 目盛単位=0.2 MPa 又は 0.02MPa — 摩擦比 R_f, R_q 1 目盛単位=2% — 間隙水圧比 B_q 1 目盛単位=0.5 <p>1つのスケール単位は、1 cm を標準とする。目的によっては異なったスケールを用いてもよい。</p>	我が国の実情を考慮し、規定内容を新たに詳述

<p>7.4 試験結果と計算値の 図化</p>		<p>試験結果は、貫入深度に対してプロットする。</p> <p>図化する試験結果は、次のとおりとする：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 補正コーン貫入抵抗～貫入深度 q_t (MPa) ～ z (m) (もし、q_tが算定できないなら代わりに q_cを用いること) — 周面摩擦抵抗～貫入深度 f_s(MPa) ～ z (m) — 測定間隙水圧～貫入深度 $u_{1,2,3}$ (MPa) ～ z (m) <p>kPa の単位は、測定値の大きさによっては用いてもよい。</p> <p>必要に応じて、次の値を算定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 過剰間隙水圧 $\square u = u - u_0$ — 実効コーン貫入抵抗 $q_n = q_t - \square_{v0}$ — 摩擦比 $R_f = (f_s/q_c) \times 100 \%$ — 補正摩擦比 $R_n = (f_s/q_t) \times 100 \%$ (もし f_sが既知なら、f_sの代わりに用いること) — 間隙水圧比 $B_q = (u_2 - u_0)/(q_t - \square_{v0}) = \square u_2/q_n$ — 正規化過剰間隙水圧 $U = (u_t - u_0)/(u_t - u_0)$ <p>なお、次の関係は、試験結果の計算に必要なある。</p> <ul style="list-style-type: none"> — 原位置平衡間隙水圧 u_0 (MPa) ～ z — 全土被り圧 \square_{v0} (MPa) ～ z <p>原位置の平衡間隙水圧 u_0 は、地下水位の位置又は局所静的な間隙水圧の測定値から推定できる。u_0 は、また消散試験の結果からも推定できる。全土被り圧の値は、原位置の密度又は採取された不攪乱試料から測定された密度から決定できる。これらの試験を実施していない場合には、密度はコーン貫入試験からの結果と地域特性を考慮したローカルな経験によって推定してもよい。</p> <p>これらの追加計算値が得られていれば、地盤構成判断と土質分類のために、また地盤定数についての解釈のために利用できる。これらは、解釈に依存しているので適宜図化する。</p>	<p>7.3 に詳述するため削除</p>
<p>附属書 A</p>	<p>維持管理、点検及び校正</p>	<p>維持管理、点検及び校正</p>	<p>我が国の実情を考慮し、規定内容を詳述</p>
<p>附属書 B</p>	<p>試験器の等級、試験区分及び信頼度</p>	<p>装置と方法の選択</p>	<p>2022 年発行の ISO 規格 ISO/FDIS 22476-1 に記載されている内容に変更</p>
<p>附属書 C</p>	<p>貫入深度の算出</p>	<p>傾斜角測定と貫入深度の計算</p>	<p>我が国の実情を考慮し、記載内容を変更</p>
<p>附属書 D</p>	<p>間隙水圧測定の準備</p>	<p>水圧に対する周面摩擦抵抗の補正</p>	<p>我が国の実情を考慮し、記載内容を変更 (間隙水圧測定位置を1箇所の規定したため、この補正は適用不可のため削除)</p>
<p>附属書 E</p>	<p>電気式コーン貫入試験における不確実性</p>	<p>間隙水圧測定の準備</p>	<p>我が国の実情を考慮し、記載内容を変更</p>

			更
附属書 F		電気式コーン貫入試験における不確実性	附属書 E に詳述するため削除