

新規制定の学会基準案「地盤の電気検層方法」, 「地盤の弾性波速度検層方法」および「孔内水平載荷試験方法」について

木 暮 敬 二 (こぐれ けいじ)
土質工学会基準部長

山 田 清 臣 (やまだ きよおみ)
土質調査基準検討委員会委員長

1. ま え が き

土質調査に関する学会基準案の公示は今回で終了する。今回公示する学会基準案は、いずれも新規制定のために作成されたものであり、物理検層およびサウンディング試験に関する次の三つである。なお、基準素案はそれぞれの基準化委員会で作成された。

(1) 「地盤の電気検層方法」(物理探査・検層方法基準化委員会, 表—1 参照)

(2) 「地盤の弾性波速度検層方法」(物理探査・検層方法基準化委員会, 表—1 参照)

(3) 「孔内水平載荷試験方法」(サウンディング試験方法基準化委員会, 「土と基礎」1993, 9月号参照)

以下に、各基準案について、新規制定の目的および経緯などについて示す。ここに公示する基準案についての意見は、書面にて平成6年3月31日までに土質工学会基準部宛に提出いただきたい。

2. 今回公示する学会基準案

(1) 「地盤の電気検層方法」

ボーリング孔を利用して地層の電気抵抗(比抵抗)および自然電位を測定する検層技術は、貯油層や帯水層の検出および地質構造調査の一手法として、地下資源開発分野では古くから用いられている。現在は、土質工学分野にも広く普及しており、多くの実績を挙げていることから、いくつかの探査および検層方法とともに、過去2年間にわたって基準化作業を進めてきた。その成果がまとまったので、ここに基準案として公示する。

地表とボーリング孔内に電極を配置して地層の導電特性値を測定する方法には、比抵抗検層と自然電位検層の二つがある。用語として、1) この両方を

表—1 物理探査・検層方法基準化委員会

委員 長	毎 熊 輝 記	埼玉大学
幹 事	済 木 幸 平	梶谷エンジニア㈱
幹 事	滝 口 志 郎	応用地質㈱
委 員	石 井 義 信	総合地質調査㈱
"	小 野 満 準 男	地質計測㈱
"	楠 建 一 郎	㈱電力中央研究所
"	高 屋 正	㈱日本地下探査
"	竹 内 睦 雄	農林水産省
"	時 松 孝 次	東京工業大学
"	徳 丸 哲 義	中央開発㈱
"	西 田 薫	㈱ダイヤコンサルタント
"	畠 山 秀 喜	応用地質㈱
"	早 田 守 広	大和探査技術㈱
"	八木沢 孝 哉	明治コンサルタント㈱
"	渡 辺 文 雄	日本物理探査㈱

電気検層と呼ぶ場合と、2) 比抵抗検層のみを電気検層と称し自然電位検層は別扱いとする場合がある。ただし、後者の場合にも、電気検層は自然電位を同時に測定できるものとしている。

今回の基準化にあたっては、電気検層を上記2)と同様の扱いとした。すなわち、本基準案では、地層の電気抵抗である比抵抗を測定することを目的とするものとし、主体を比抵抗検層に置き、自然電位検層については補足的に扱った。また、電極配置については、普及度の高いものだけを基準化した。

(2) 「地盤の弾性波速度検層方法」

固有周期の長い構造物の地震応答解析には、地盤の原位置弾性特性値を必要とする。この特性値であるポアソン比、せん断弾性係数および弾性係数は、地盤のP波速度、S波速度および密度から間接的に求めることができる。そのため、土質工学では、P波とS波の伝播速度を測定する弾性波速度検層が耐震設計のための地盤調査に広く取り入れられている。また、P波速度のみの測定を行うP波速度検層も、地盤の物性評価の一手法として古くから用いられて

おり多くの実績がある。このような実態から、弾性波速度検層の基準化が望ましいと判断されたため、最終的には今回公示する「電気検層方法」と「弾性波速度検層」の基準化を進めてきた。ここにその成果である基準案を公示する。

基準化にあたっては、単一孔を用いて、P波速度とS波速度の両方を測定する方法を前提とした。ただし、内容的にはP波速度のみを測定する場合にも準用できるようにした。測定方式としては、従来から用いられているダウンホール方式に加えて、最近普及度を高めている孔内起振受振方式を基準に取り入れた。クロスホール方式は将来性が高いと思われるが、現状では適用度が低いので付帯条項で扱うにとどめた。

(3) 「孔内水平載荷試験方法」

孔内水平載荷試験方法は、原位置試験の中でも境界条件などが比較的明りょうなため、信頼性の高い地盤特性の推定方法として期待されている。現在、

地盤の水平方向の変形特性を予測するためにもっともよく用いられており、得られた圧力-変位量曲線や各種パラメーターを利用して地盤の変形および強度特性を推定する方法など、さらに高度な利用の研究も進んでいる。

しかしながら、本試験方法として、従来から種々の形式のものが開発され、統一的な基準がなかったため、試験結果の評価や比較に際して混乱する場合もあった。今回、基準化の対象としたのは、あらかじめ削孔した試験孔に測定管を挿入して試験を行う形式のものである。なお、測定管については、現在我が国でよく用いられている等分布荷重方式（1室型および3室型）および等変位方式のものに限った。

本基準案では、「試験用具」、「試験方法」、「試験結果の整理」および「報告事項」について規定した。また、本基準案では、試験における加圧時間について統一し、また孔壁への圧力の定義をより整合性のあるものに改めるなどの配慮をした。

土質工学会基準案 地盤の電気検層方法

JSF
1121—1993

Method for Electrical Logging

1. 総 則

1.1 測定の目的

この検層方法は、ボーリング孔内において地層の比抵抗を測定することを目的とする。

1.2 適用範囲

地下水面以下の軟弱地盤から岩盤までのすべての地盤を対象とする。

1.3 用語の定義

電気検層とは、単位立方体あたりの地層の電気抵抗である比抵抗をボーリング孔内において測定する方法のことをいう。

ない。

1.1 電気検層結果は、地層の厚さや連続性、帯水層の検出、ボーリングコアがない区間の地層推定などに広く用いられる。

1.3 この基準で述べる方法で測定した比抵抗は、孔内電極周辺の地盤の平均的な比抵抗を反映しており、孔内水の影響や孔径の影響を受けているので見かけ比抵抗である。

2. 電気検層の種類

電気検層にはノルマル検層（ノルマル配置）とマイクロ検層がある。

2.1 ノルマル検層

ノルマル検層ではボーリング孔内には電流電極Aと電位電極Mを配置する。A電極とM電極の間隔を電極間隔という。地表に

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない

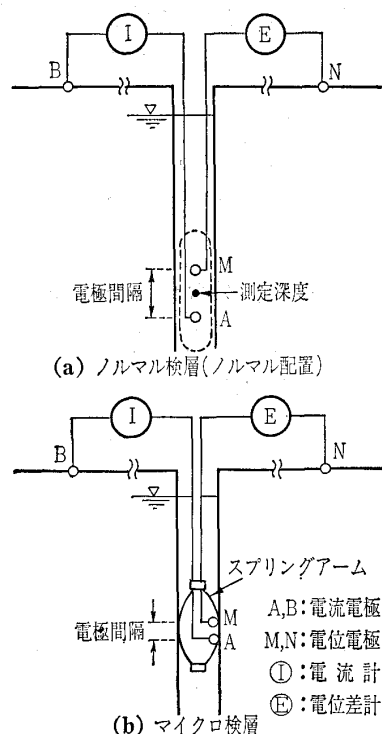
は電流電極Bと電位電極Nを固定配置する。

2.2 マイクロ検層

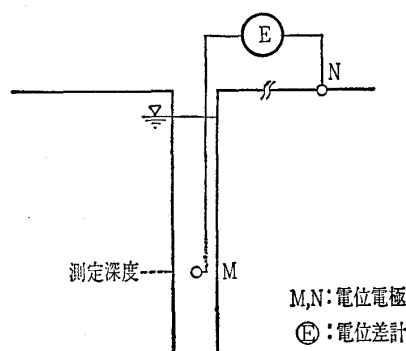
マイクロ検層はノルマル検層の孔内電極の電極間隔を短くし、孔壁に圧着させて測定するようにした方法である。

【付帯条項】

2. a. 電気検層の電極配置の方法を図一1に示す。



図一1 電極配置の方法



図一2 自然電位検層の電極配置の方法

b. 電気検層にはこのほかに、ボーリング孔内に電気化学的に自然に発生している電位を測定する自然電位検層（SP 検層）がある。

c. 自然電位検層では電流電極は用いず、電位電極だけを用いる。ボーリング孔内にはM電極を、地表にはN電極を配置する。

d. 自然電位検層の電極配置の方法を図一2に示す。

e. 自然電位検層は、比抵抗検層を補足する目的で実施する。

2.2 マイクロ検層は、薄層の検出、地層境界の正確な把握および浸透性地層の判定などに用いる。

3. 測定装置

基本的な電気検層装置はゾンデ（プローブ）、ケーブル、シーブ（案内輪）、ケーブルウインチ、地表電極、測定器および電源から構成される。

3.1 ゾンデ 測定のための電極が取り付けられているボーリング孔内の検知器部分。

3.2 ケーブル ボーリング孔内のゾンデと地表に置いた測定器を接続する電線とゾンデを吊り下げるための吊りワイヤーの機能を果たすもの。

3.3 シーブ ボーリング孔にケーブルを降下させるためのガイドリールの機能とゾンデの降下深さを同時に検出できる機能を有するもの。

3.4 ケーブルウインチ ケーブルの巻取り装置。

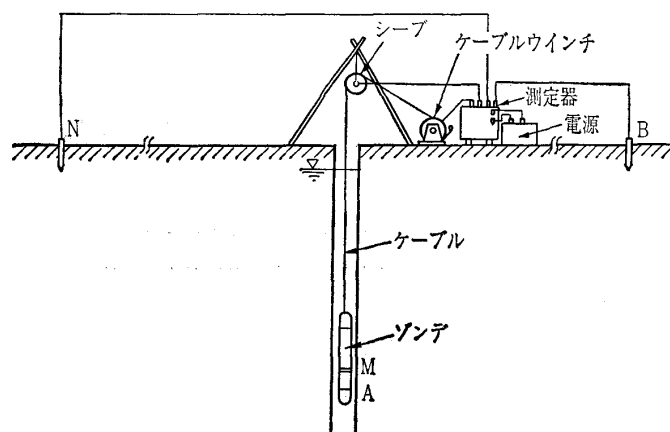
3.5 地表電極 地表に固定配置するB電極およびN電極。

3.6 測定器 地表に置いて測定、記録する装置。

3.7 電源 発電機またはバッテリーなど。

【付帯条項】

3. 電気検層装置の例を図一3に示す。



図一3 電気検層装置の例

資料—483

- 3.1 a. ノルマル検層のゾンデは、ボーリング孔内に吊り下げて測定する構造を標準とする。
- b. マイクロ検層のゾンデは、ゴム製のパッドに埋め込んだ電極をスプリングアーム等によって、孔壁に圧着して測定する構造を標準とする。
- 3.4 回転させながら測定信号を取り出せるようにスリップリングを有しているものが望ましい。
- 3.5 a. 長いケーブルを用いて大深度区間の測定をする場合には、アーマード（鎧装）ケーブルの鎧装部を電流電極として用いるなど、ボーリング孔内にB電極を設けてもよい。
- b. 自然電位検層のN電極は電気化学的に安定な材質の鉛などを用いる。

4. 測定方法

4.1 測定準備

- (1) 測定器、ケーブルウインチおよびシーブを操作のしやすい位置に設置する。
- (2) 地表電極を設置する。
- (3) ゾンデを孔内に降下できるように準備する。

4.2 測定

ゾンデをボーリング孔底まで降下した後、巻き上げながら、A電極とB電極間に一定の電流 I (A) を流し、M電極とN電極間に生じた電位差 E (V) を測定する。

4.3 電極間隔

- (1) ノルマル検層の電極間隔は 0.25m, 0.5m および 1.0m を標準とする。
- (2) マイクロ検層の電極間隔は 2.5cm および 5.0cm を標準とする。

4.4 測定深さ

測定と同時に測定地点の深さををはかる。

4.5 比抵抗の算出

地層の比抵抗は次式で計算する。

$$\rho_a = 4\pi a \cdot E / I \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

ρ_a : 見かけ比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

a : 電極間隔 (m)

E : 電位差 (V)

I : 電流量 (A)

【付帯条項】

4.1

- (2) a. 地表のBおよびN電極は、最大電極間隔の20倍程度以上は孔口からそれぞれ反対方向に離して設置することを目安とする。
- b. 地表のN電極は電位の基準点となるので、電動機や送電線の近く、流水のある所などで電位ノイズが大きく変動しやすい所には設置してはならない。

- 4.2 a. ゾンデを降下させながら概略の比抵抗の大きさを把握し、記録紙の比抵抗軸のスケールを決定する。

- b. 自然電位検層では、A電極から電流を流さないで自然電位をM電極とN電極間で測定する。

- c. 鋼製ケーシング中ではケーシングの影響を強く受け、地盤の比抵抗は測定できない。

- 4.4 測定点はノルマル検層の場合にはA電極とM電極の midpoint, 自然電位検層の場合にはM電極の位置とする。

5. 測定結果の整理

比抵抗を、測定深さに対応してプロットし、比抵抗曲線を作成する。

【付帯条項】

5. 測定した電極間隔を図上に明記する。

6. 報告事項

測定結果について、次の事項を報告する。

- (1) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (2) 調査地の地名、番地および調査位置図
- (3) ボーリング孔名と測定深さ（測定区間）
- (4) 測定年月日
- (5) 掘削孔径、電気検層の種類および電極間隔
- (6) 測定器
- (7) 比抵抗曲線
- (8) その他特記事項

【付帯条項】

6.

- (7) 自然電位検層を実施した時は自然電位曲線を示す。
- (8) a. ボーリング柱状図や他の試験結果がある場

合には同一図面上に図示する。

- b. 孔内水位、ケーシング区間および使用泥水の種類など。

土質工学会基準案

地盤の弾性波速度検層方法

JSF
1122—1993

Method for Seismic Velocity Logging

1. 総 則

1.1 測定の目的

この検層方法は、単一のボーリング孔を利用して地盤内を伝播する弾性波（P波およびS波）の速度を測定することを目的とする。

1.2 適用範囲

軟弱地盤から岩盤までのすべての地盤を対象とする。

1.3 用語の定義

弾性波速度とは、弾性体を伝播する弾性波動の速さをいい、地盤を伝わるP波（縦波、粗密波）およびS波（横波、せん断波）を対象とする。

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容を報告事項に明記しなければならない。
- 1.1 測定結果から、地盤の弾性係数を求めて耐震調査の一環として用いるほか、ダムやトンネル等の地盤物性評価にも用いる。

2. 測定方法の種類と選択

2.1 測定方法の種類

測定の方法は、表—1 に示す2種類とする。

表—1 測定方法の種類

呼 び 名	起振位置	受振位置
ダウンホール方式	地 表	孔 内
孔内起振受振方式	孔 内	孔 内

2.2 測定方法の選択

地表部および孔内の状況等により適宜測定方法を選択する。

【付帯条項】

- 2.1 このほかにクロスホール方式がある。クロスホール方式は、複数のボーリング孔を利用して、孔間で速度測定を行う方法である。
- 2.2 孔内起振受振方式は、孔内水がない場合には適用できない。

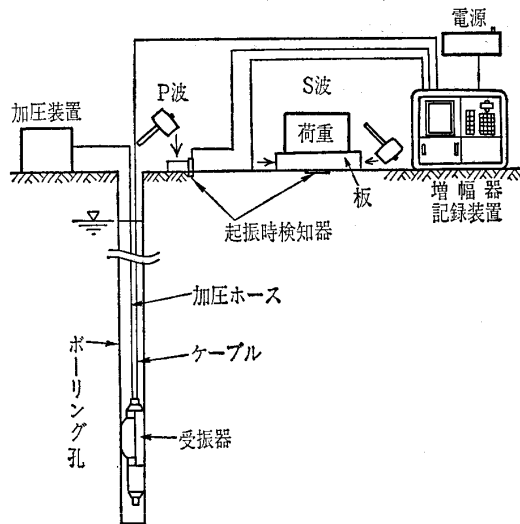
3. 測定装置

測定装置は、受振器、増幅器および記録装置、起振装置、その他の機器から構成される。

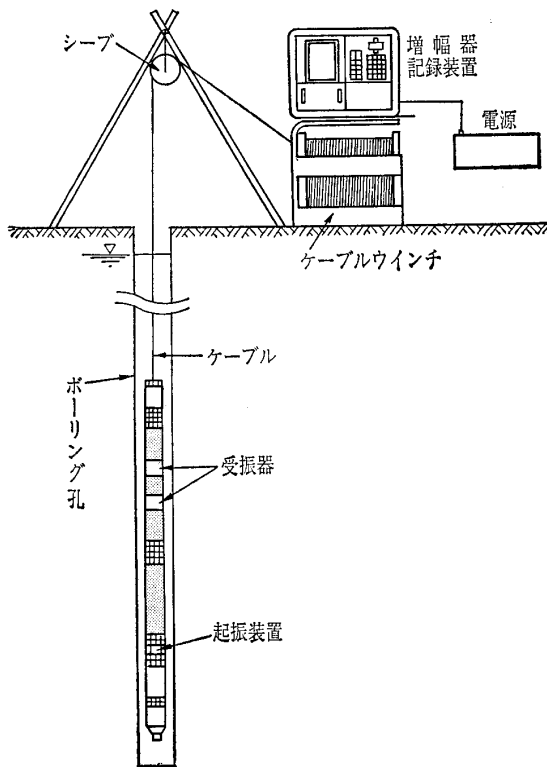
- 3.1 受振器 地盤の振動を感知し、電気信号に変換する装置。
- 3.2 増幅器および記録装置 受振器からの電気信号を適切な大きさに増幅し、記録するための機器。目的に適合した周波数特性を有するもの。
- 3.3 起振装置 P波またはS波を発生させるための装置、およびこれに付随する器具類。
- 3.4 その他の機器
- (1) ケーブル 受振器からの電気信号を増幅器に伝えるもの。
 - (2) 深度測定装置 測定深さをはかる器具。
 - (3) 電源 測定装置を駆動するためのバッテリーまたは発電機など。
 - (4) その他 起振時検知器など。

【付帯条項】

3. 測定装置の構成の例を図—1 に示す。



(a) ダウンホール方式の例



(b) 孔内起振受振方式の例

図—1 測定装置の構成の例

- 3.1 a. 受振器は、上下動成分および直交する水平動2成分の計3成分を1組として内蔵しているものが望ましい。
- b. P波のみの測定を行う時は、多連式の受振器（ある間隔でいくつかの受振器が組み込まれているもの）を用いてもよい。
- 3.2 a. 記録方式にはアナログ方式およびデジタル方式がある。

表—2 主な起振方式

測定方式 振源の種類	ダウンホール方式 (地表起振)	孔内起振受振方式 (孔内起振)
P波振源	ハンマーによる打撃 重錘落下 火薬類 エアガン等	電磁ハンマー スピーカー 圧電式等
S波振源	板たたき 機械式等	電磁ハンマー 圧電式等

- b. デジタル方式の場合、十分なデータ長と適切なサンプリング間隔が設定できるものとする。
- c. フィルターやスタッキング等の機能を有するものを用いることが望ましい。

3.3 起振方式の主なものを表—2に示す。

3.4

- (2) 深さの測定装置としては、目盛をつけたケーブル、シーブ（案内輪）などに取り付けた深度測定装置を用いてもよい。
- (4) a. 受振器を孔壁に圧着させて測定する場合には、加圧装置、加圧ホースおよびパッカーのような圧着させるための装置などが必要である。
- b. 孔中の機器を昇降させるためにケーブルウインチやシーブを用いる場合がある。

4. 測定方法

4.1 測定準備

起振装置および測定装置を設置する。

4.2 測定

- (1) 増幅器の利得などを適切に調整する。
- (2) 起振装置を用いてP波またはS波を発生させ、所定の深さにおけるそれぞれの振動波形を測定・記録する。
- (3) 波形収録時には起振時を合わせて記録する。

4.3 測定深さ

各起振ごとの測定深さを記録する。

4.4 測定間隔

測定の間隔は、土質地盤を対象とする場合には1 m、岩盤を対象とする場合は2 mを標準とする。

【付帯条項】

- 4.1 a. 起振装置を地表部に設置する場合は、地表部の状況を考慮し、若干の整地を行うなどの適切な処置を講ずる。また、振源として火薬類を使用する場合は、関係法規を遵守しなければならない。
- b. ダウンホール方式においては、多くの場合、加圧装置などを用いて受振器を孔壁に圧着して測定する。
- 4.2 a. 図-2 に測定波形の例を示す。

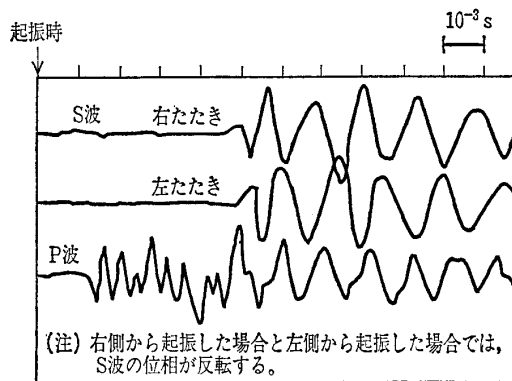


図-2 測定波形の例

- b. 各測定ごとに、P波およびS波の波形記録や時間の確認を行う。また、ノイズの状況等を確認して、必要に応じてフィルター操作や起振力の調整を行う。
- c. 記録の長さやデジタル記録の場合のサンプリング間隔等を記録する。
- d. データの補正や記録の良否判定のための資料とするため、以下の項目について確認し、記録する。
- ① 地表に設置した振源または受振器とボーリング孔の距離
 - ② ボーリング孔内水位
 - ③ 掘削孔径
 - ④ 保孔の状況等
- e. S波の起振方法として板たたきを利用する場合には、地表面に水平に設置した厚板の左右両端から打撃した記録をそれぞれ収録する。
- f. 孔内起振受振方式でも、S波の場合、左右両側を起振した記録を収録する。
- 4.4 ダウンホール方式の場合、5 m程度より浅い深さの速度分布が特に重要である場合は、測定

方法について別途詳細な検討をしなければならない。

5. 測定結果の整理

5.1 記録の読取りおよび走時曲線の作成

- (1) 測定した波形記録から、深さごとに、起振してからP波またはS波が到達するまでの時間（走時）を読み取る。
- (2) 読み取った走時を横軸にとり、深さを縦軸にとって両者の関係を表す走時曲線を作成する。

5.2 速度層境界の決定および速度の算出

- (1) 走時曲線の傾きが変化する深さをもって速度層境界とする。
- (2) 各速度層ごとのP波またはS波の速度は次式で算出する。

$$V = \Delta X / \Delta T$$

ここで、

V : P波またはS波の速度 (m/s)

ΔX : 距離 (m)

ΔT : 時間 (s)

【付帯条項】

5.1

- (1) 図-3 に走時の読取り方法を示す。

- a. P波の場合は、起振時から初動が到達するまでの時間を読み取る。
- b. S波の場合も初動を読み取るが、初動の判別が困難な場合には、S波位相の山または谷

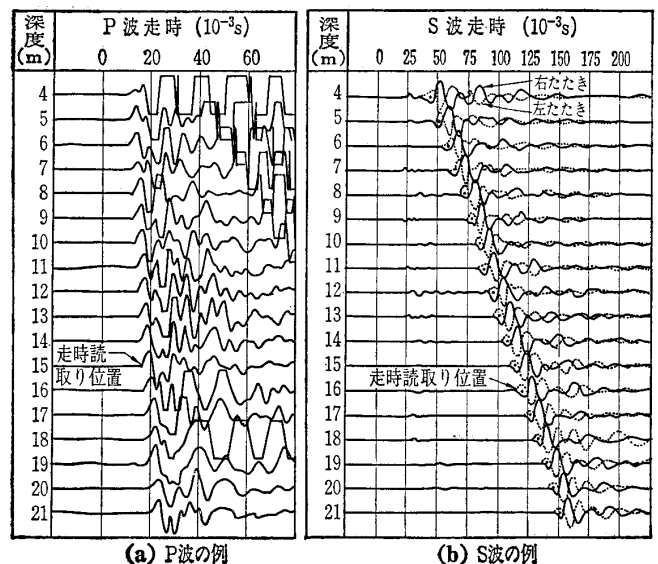


図-3 走時の読取り方法

部の時間を読み取り，利用する。

6. 報告事項

測定結果について次の事項を報告する。

- (1) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には，その内容
- (2) 測定地点の地名，番地および調査位置図
- (3) ボーリング孔名と測定深さ（測定区間）
- (4) 測定年月日

- (5) 測定の方法および測定装置
- (6) 測定波形
- (7) 走時曲線
- (8) 速度層の構成
- (9) その他の必要事項

【付帯条項】

- (6) 測定波形は深さごとに並べて一覧図とする。
- (8) 測定結果は，ボーリング柱状図等と併記した総合的なものとする。

土質工学会基準案 孔内水平載荷試験方法

JSF
1421—1993

Method for Pressuremeter Test in Borehole

1. 総 則

1.1 試験の目的

この試験は，ボーリング孔内において地盤の変形係数，降伏圧力および極限圧力を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

削孔された孔壁面が滑らかでかつ自立するようなあらゆる地盤・岩盤を対象とする。

1.3 用語の定義

孔内水平載荷試験とは，試験孔の孔壁面に対して垂直方向に載荷し，そのときの圧力と孔壁面の変位を測定することによって，以下の値を求めるものである。

変形係数とは，圧力－孔壁変位量（または体積変化量）関係における直線部の勾配を用いて算出した値をいう。

降伏圧力とは，圧力－孔壁変位量（または体積変化量）関係において勾配が急変するときの圧力をいう。

極限圧力とは，地盤が耐え得る最大圧力をいう。

は，その内容を報告事項に明記しなければならない。

2. 試験用具

孔内水平載荷試験機は，孔壁を加圧する測定管，測定管への圧力・変位量の制御・測定部，圧力源および測定管と地上測定部の連結部から構成される。

孔内水平載荷試験機は，載荷方式により等分布荷重方式（1室型（A型），3室型（B型））および等変位方式（C型）がある。

2.1 等分布荷重方式・1室型（A型）

- (1) 測定管 1室のゴムチューブ製測定用セル。
- (2) 圧力・変位量の制御・測定器 圧力制御は加圧コックの開閉等を利用し，圧力源からの圧力を制御するもの。圧力測定は圧力計を用いる。また，変位量測定は容積計に取付けたスタンドパイプ等を用いる。
- (3) 圧力源 高圧ガスボンベやポンプ等，所定の範囲の圧力を供給できるもの。
- (4) 測定管と地上測定部の連結部 できるだけ膨張量の少ないもの。

【付帯条項】

1. 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合に

2.2 等分布荷重方式・3室型（B型）

- (1) 測定量 ゴムチューブ製の測定用メインセルおよび上下のガードセル。
- (2) 圧力・変位量の制御・測定器 圧力制御は減圧制御弁を用いる。なお、メインセルとガードセルの圧力差は自動制御弁によって一定に保持される。圧力測定は圧力計を用いる。また、変位量測定は、メインセルに接続する容積計に取付けたスタンドパイプ等を用いる。
- (3) 圧力源 A型に同じ。
- (4) 測定管と地上測定部の連結部 A型に同じ。

2.3 等分布変位方式（C型）

- (1) 測定管 測定円管周囲の一部が載荷板であるような構造を有するもの。
- (2) 圧力・変位量の制御・測定器 圧力制御はポンプ操作等による。圧力測定は圧力計等を用いる。また、孔壁変位量測定は、加圧ジャッキの吐出油量等に基づいて算出する。
- (3) 圧力源 所定の範囲の油圧力等を發揮できるポンプ。
- (4) 測定管と地上測定部の連結部 A型に同じ。

【付帯条項】

2. 孔内水平載荷試験機の基本構造を図-1に示す。

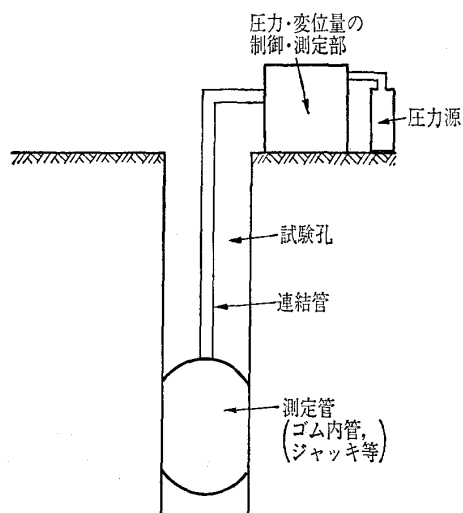


図-1 孔内水平載荷試験基本構造図

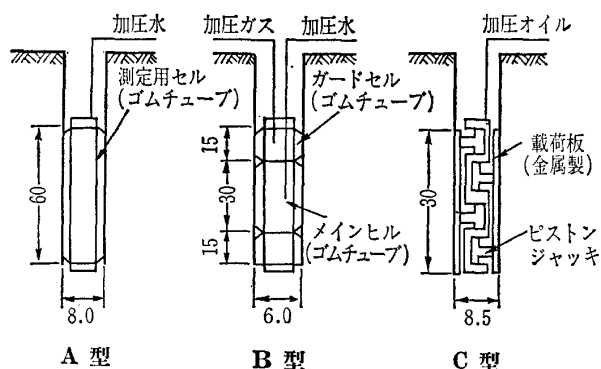


図-2 各試験機における測定管の例（単位：cm）

2.1, 2.2, 2.3

- (1) 各々の試験方式に対応する測定管の例を図-2に示す。

① AおよびB型では、円筒形圧力の場合を二次元とみなせる十分な長さとして直径の6倍以上が必要である。

② C型では地盤の変形特性に対して十分な剛性を有する載荷板が必要である。

- (2) 変位の測定精度は測定管直径に換算して0.1%以内とする。

- (4) 連結管は測定管容量に見合った送水断面が必要である。

3. 試験方法

3.1 試験孔の削孔

試験の精度を高めるために、乱れの少ない孔壁を仕上げる。

3.2 圧力・伝達経路の気泡の除去

測定管およびその地上測定部との連結部中の気泡は試験前に除去しておく。

3.3 キャリブレーション

- (1) 測定管ゴムチューブの張力補正 AおよびB型を用いる方式については、ゴムチューブの張力補正を各変位量に対して実施する。
- (2) 測定管系の体積変化を考慮した補正 測定管への注入量から測定管の半径方向変位量（または体積変位量）を算出する場合は各圧力に対する測定管系の体積変化補正を実施する。

3.4 測定管の挿入および設置

挿入前に測定管をゴムチューブのたるみがない状態で地表面上に安置し、スタンド

パイプ、圧力計等の目盛を記録し、これを初期値とする。この後、測定管を試験孔中に挿入する。測定深度に達した後、スタンドパイプ、圧力計等の値を記録する。

3.5 加圧および測定

- (1) 測定 設置後、測定管を段階的に加圧する。各圧力段階で一定圧力を一定時間保持し、圧力と変位量を測定する。測定終了後、速やかに次の圧力段階へ移行する。
- (2) 荷重増分 予想最大加圧力の1/10以下とする。
- (3) 測定時間 測定時間は載荷後15秒、30秒、1分とする。
- (4) 試験終了 極限圧力が確認できればその時点で試験を終了する。

3.6 測定管の回収

加圧力を開放し、測定管に圧入した水あるいは油を元の状態に戻し、測定管を回収する。

【付帯条項】

3.1 以下の点に留意する。

- a) 試験孔が削孔された後、試験はできるだけ速やかに実施しなければならない。
- b) 試験孔の径はできるだけ測定管径に近く仕上げる。
- c) ただし、硬質土、岩盤では数回分までの先行削孔を行った後試験を実施しても良い。

3.3 キャリブレーション試験時の圧力増分、保持時間は本試験に対応させて設定する。

- (1) 測定管ゴムチューブを空気中または水中で最大測定範囲まで少なくとも3回膨張させ、その後の膨張量と加圧力の関係から張力補正量を求める。
- (2) a. 測定管の外径にほぼ等しい内径を有する硬い厚肉円筒中に測定管を設置し、測定管を加圧する。厚肉円筒の変形が無視できれば、試験中の加圧力に対応する測定管系の体積変化量が求める体積補正量となる。硬質土や岩盤中ではこの補正が特に重要である。
- b. 1 kgf/cm^2 {100 kPa 程度} で体積補正量が測定管の初期体積の0.1%以下であれば無視

できる。

3.5 それぞれの測定深度間距離は、測定管長の1.5倍以上離す必要がある。

- (3) クリープ特性が問題になる場合など目的によってはより長時間の載荷時間を採用する。
- (4) 極限圧力が確認できない場合は、測定管ゴムチューブがその破断圧力に達する直前に試験を終了する。

4. 試験結果の整理

- (1) 孔壁への圧力の算出 算出は、測定時間1分に対応する圧力に基づいて行う。

① AおよびB型では、張力補正などを考慮した孔壁に作用する全圧力から測定管位置での静(泥)水压を引いた有効圧力で整理する。

② C型では、圧力に換算荷重校正係数を乗じた全圧力から測定管位置での静(泥)水压を引いた有効圧力で整理する。

- (2) 圧力-変位量、クリープ量関係の算出 いずれの試験方式の場合も、初期値からの平均的な孔壁変位量(または体積変化量)に基づいて圧力-変位量(または体積変化量)関係を算定する。

AおよびB型では、さらに各圧力段階における圧力-クリープ量関係を求める。クリープ量は、各々の載荷段階に対して測定時間1分と30秒に対応する圧力(または体積変化量)の差として算定する。

- (3) 圧力-変位量、クリープ量関係図 (1), (2) の計算に基づき、圧力-変位量(または体積変化量)関係図および圧力-クリープ量関係図(A, B型のみ)を作成する。
- (4) 初期圧力 p_0 圧力-クリープ量曲線においてクリープ量が一定値に落ち着き始めたときの圧力として定める。
- (5) 降伏圧力 p_v 圧力-クリープ量曲線においてクリープ量が一定値から増加し始めたときの圧力として定める。C型では圧力-変位量関係の直線部から外れ始める圧力で定める。

- (6) 極限圧力 p_l 圧力-変位量曲線において変位が急激に進行するときの圧力として定める。
- (7) 変形係数 圧力-変位量（または体積変化量）曲線における直線部分の勾配を利用して以下のように算出する。

① A型

$$E = (1 + \nu) \cdot r_m \cdot \frac{\Delta p}{\Delta r}$$

ここに、

ν : ポアソン比

Δp : 圧力-孔半径曲線の直線部分における圧力増分

Δr : Δp に対応する孔半径変位増分

r_m : $\Delta p / \Delta r$ 算定区間の中間半径である

② B型

$$E = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot (V_e + V_m) \cdot \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

ここに、

V_e : 無加圧時のメインセルの体積

$\Delta p / \Delta V$: 圧力-体積変化曲線の直線部分の勾配

V_m : $\Delta p / \Delta V$ 算定区間の中間に対応する注入量である

③ C型

$$E = \frac{d}{2} \cdot \Phi \cdot K$$

ここに、

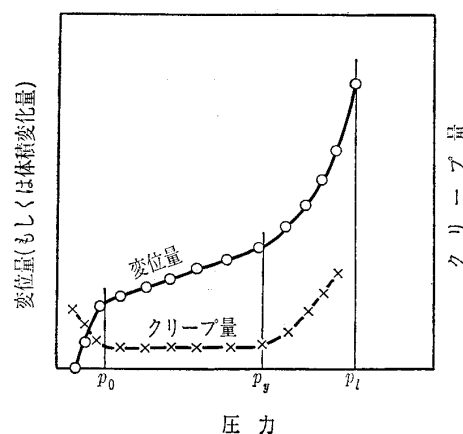
d : 初期試験孔径

$\Phi(\nu, \beta)$: ν と載荷面曲率 β から決まる定数

K : 測定値 ($= \Delta p / \Delta r$) である

【付帯条項】

- (2) 圧力-変位量（または体積変化量）関係図および圧力-クリープ量関係図の典型的な例を図—3に示す。
- (6) 便宜的にある限界注入量を定めて、その時点での載荷圧より決めることがある。
- (7) a. 繰返し載荷過程から変形係数を算定する場合は、除荷-再載荷曲線の直線部の勾配を利用する。
- b. C型における変形係数の算定に使用する代表的な $\Phi(\nu, \beta)$ は以下のとおりである。
- $\Phi(0.3, 45) = 1.232$, $\Phi(0.3, 90) = 1.040$



図—3 圧力-変位量（もしくは体積変化量）および圧力-クリープ量関係の例

$$\Phi(0.5, 45) = 1.087, \Phi(0.5, 90) = 1.000$$

5. 報告事項

試験結果は以下の事項を報告する。

- (1) 本基準と部分的に異なる試験方法を用いた場合には、その内容
- (2) 試験孔番号
- (3) 試験日時
- (4) 試験方式、測定管の直径および高さ
- (5) 試験深度、孔内水位
- (6) 測定記録（圧力増分、各測定時間における孔壁変位量（または体積変化量））
- (7) ① AおよびB型における圧力-変位量（または体積変化量）関係図、圧力-クリープ量関係図、およびこれらより得られる初期圧力、降伏圧力、極限圧力および変形係数。
- ② C型における圧力-載荷板変位量図、およびこれらより得られる降伏圧力および変形係数。
- (8) キャリブレーション試験結果
- (9) 試験者
- (10) その他特記すべき事項

【付帯条項】

- (5) 試験深度とは地表面から測定管中央までの深さをいう。