

多段式傾斜計の取扱方法

目 次

1 . 仕様及び寸法 -----	3
2 . 使用材料及び工具-----	9
3 . 設置要領 -----	10
4 . データ整理 -----	16

1. 仕様及び寸法

(1) センサ仕様

地山の地滑り変位や地下連続壁など土留め壁の変位測定に使用し、地盤や構造物に鉛直に設置した専用ガイド管に、複数の傾斜計を測定位置にくる様に中継ロッドで接続し固定する。

KB-JB / KB-KBは、最大14段まで、KB-JC / KB-KCは、孔径の大きなガイド管(KBF-21)と組み合わせることで最大30段まで、さらにKB-LB / KB-MBは、スイッチボックスを内蔵し、最大50段までの計測ができる。

データロガーTDS-302 / -601などを使用することにより自動計測が行える。

入出力ケーブルは、仕様では2mが標準であるが直出しが基本となり発注時に指定しておく。

KB-LB / KB-MBのch.No.は、組立時に設定するので発注時に指定しておく。

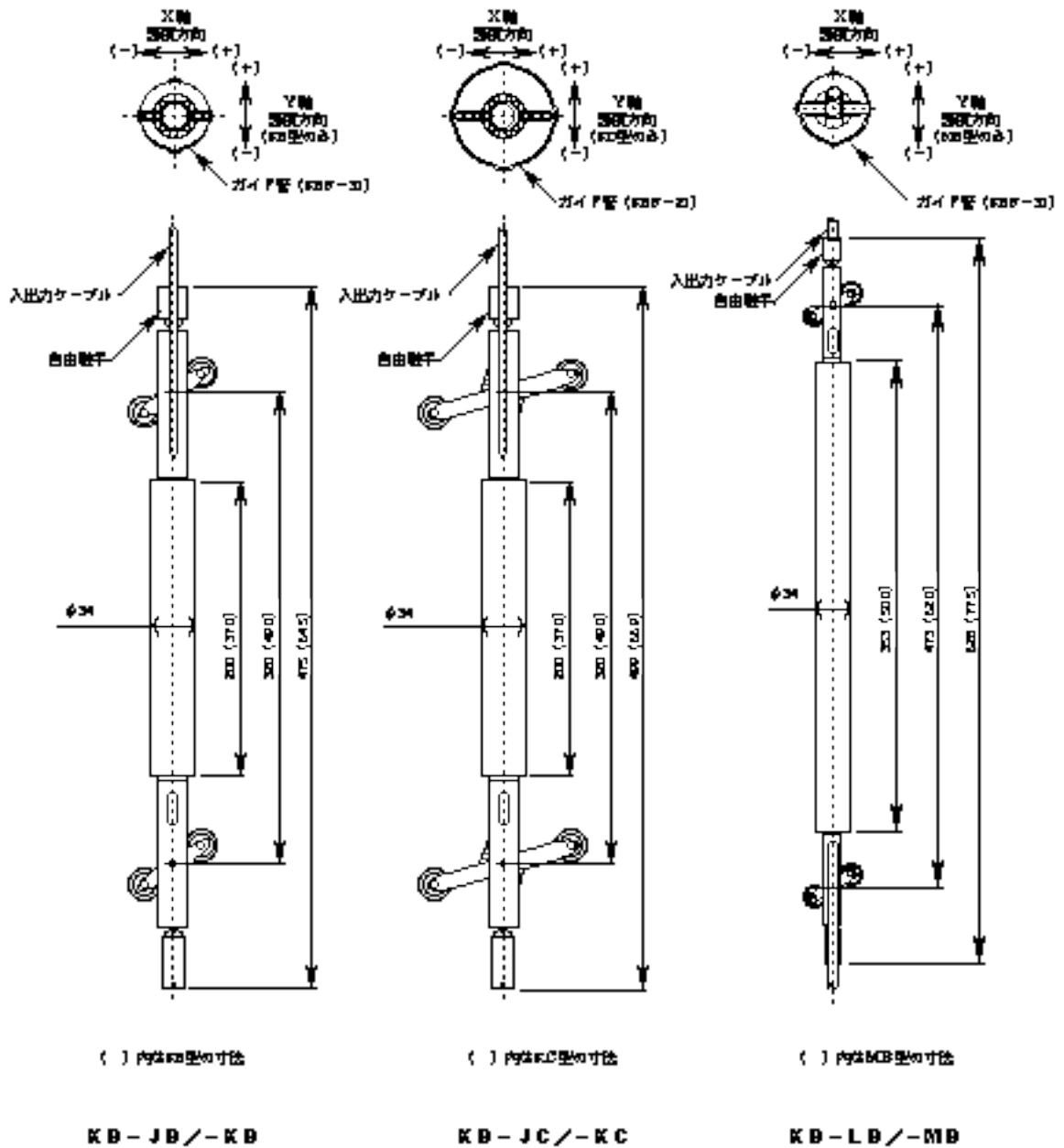
多段式傾斜計、KB-JB(1軸用) / KB-KB(2軸用)、KB-JC(1軸用) / KB-KC(2軸用)、KB-LB(1軸用) / KB-MB(2軸用)の仕様を表-1に示す。

(表-1 多段式傾斜計の仕様)

型名	KB-5JB KB-5JC	KB-10JB KB-10JC	KB-5KB KB-5KC	KB-10KB KB-10KC	KB-5LB	KB-10LB	KB-5MB	KB-10MB
容量	±5°	±10°	±5°	±10°	±5°	±10°	±5°	±10°
測定軸数	1方向		2方向		1方向		2方向	
定格出力	約1mV/V (2000×10 ⁻⁶)							
非直線性	0.5% RO							
相互干渉	-		2%		-		2%	
許容温度範囲	-20 ~ +60				0 ~ +50			
入出力抵抗	350		入力175 出力350		350			
推奨印加電圧	2V以下							
許容印加電圧	5V							
入出力ケーブル	4.6 0.14mm ² 4心 シールドビニールケーブル 2m		4.6 0.08mm ² 6心 シールドビニールケーブル 2m		9 0.3mm ² 8心シールドビニールケーブル 2m			
測定段数	KB-JB / -KB : 最大14段 KB-JC / -KC : 最大30段				最大50段 原則として、5台1組			
重量	1.5 kg		2.5 kg		2.0 kg		3.0 kg	

(2) 寸法

多段式傾斜計、KB-JB(1軸用)/KB-KB(2軸用)、KB-JC(1軸用)/KB-KC(2軸用)、KB-LB(1軸用)/KB-MB(2軸用)の外観寸法を図-1に示す。



(単位: mm)

(図-1 多段式傾斜計の外観寸法)

多段式傾斜計(K B - J C , K B - K C)関連製品

- ・ガイド管 K B F - 2 1
傾斜計を一定の方向に保持させておくための直交する溝を持ったアルミ製のパイプ。表面は、防錆のための塗装が施されており、3 mの長さが用意されている。(内径 69 mm、 外径 78 mm)
- ・ガイド管ソケット K B F - 2 2
ガイド管とガイド管を接続するための継手、リベット穴及びガイド管とソケットの隙間を止水するための粘着テープと、これを締付けるビニールテープが付属。
- ・ガイド管頭部キャップ K B F - 2 4 - 1
ガイド管に泥水が入るのを防止する。
- ・ガイド管底部キャップ K B F - 2 4 - 2
ガイド管に泥水が入るのを防止する。
- ・リベット K B F - 2 8
ガイド管とガイド管ソケットを固定するためのピン(市販品:ブラインドリベット サイズ4-2)
- ・リベット K B F - 3 9
リベットをかしめるためのペンチ
- ・中継ロッド K B F - 2 3 J C - 1 , K B F - 2 3 J C - 2
K B F - 2 3 K C - 1 , K B F - 2 3 K C - 2
中継ロッドは、両端の中継金具を傾斜計端部の中継金具に接続することによって、上下段の傾斜計の測定間隔を確保するために使用する。測定間隔が1 mと2 mのものを標準としているが、1軸と2軸とで全長が異なるためそれぞれ専用のロッドを使用する。
- ・延長ロッド K B F - 3 3 L - 1 , K B F - 3 3 L - 2
上下段の測定間隔が2 mを超える場合に、中継ロッドの延長に使用する。3 mと4 mの測定間隔が確保できる。
- ・ロッドエンド K B F - 2 6 - 1
接続された傾斜計を所定の深度を保持させるためにガイド管天端より吊り下げるのに使用する。また、中継金具付の1 mの全ねじで設置位置の調整ができる。
- ・中継ロッド脱着ペンチ K B F - 3 9 - 1
本体および中継ロッドの接続を外すための工具。

多段式傾斜計(K B - L B , K B - M B)関連製品

- ・ガイド管 K B F - 3 1 - 1 , K B F - 3 1 - 2 , K B F - 3 1 - 3
傾斜計を一定の方向に保持しておくための直交する溝を持ったアルミ製のパイプ。表面は、防錆のための塗装が施されており、1 m, 2 m, 3 mの長さが用意されている。(内径 49 mm、外径 56 mm)
- ・ガイド管ソケット K B F - 3 2
ガイド管とガイド管を接続するための継手、リベット穴及びガイド管とソケットの隙間を止水するための粘着テープと、これを締付けるビニールテープが付属。
- ・ガイド管頭部キャップ K B F - 3 4 - 1
ガイド管に泥水が入るのを防止する。
- ・ガイド管底部キャップ K B F - 3 4 - 2
ガイド管に泥水が入るのを防止する。
- ・ガイド管位置決め治具 K B F - 3 5
埋設するガイド管の感度方向を合わせる治具
- ・リベット K B F - 3 8
ガイド管とガイド管ソケットを固定するためのピン(市販品:ブラインドリベット サイズ4-2)
- ・リベット K B F - 3 9
リベットをかしめるためのペンチ
- ・中継ロッド K B F - 3 3 L B - 1 , K B F - 3 3 L B - 2
K B F - 3 3 M B - 2
中継ロッドは、両端の中継金具を傾斜計端部の中継金具に接続することによって、上下段の傾斜計の測定間隔を確保するために使用する。測定間隔が1 mと2 mのものを標準としているが、各多段式傾斜計は、全長が異なるためそれぞれ専用のロッドを使用する。また、傾斜計(K B - M B)には、2 mの中継ロッドのみ用意されている。
- ・コネクタ部中継ロッド K B F - 3 3 C L B - 1 , K B F - 3 3 C L B - 2
K B F - 3 3 C M B - 2
- ・延長ロッド K B F - 3 3 L - 1 , K B F - 3 3 L - 2
上下段の測定間隔が2 mを超える場合に、中継ロッドの延長に使用する。3 mと4 mの測定間隔が確保できる。
- ・ロッドエンド K B F - 3 6 - 2 A , K B F - 3 6 - 2 B , K B F - 3 6 - 2 C
接続された傾斜計を所定の深度を保持させるためにガイド管天端より吊り下げるのに使用する。また、中継金具付の1 mの全ねじで設置位置の調整ができる。
- ・中継ロッド脱着ペンチ K B F - 3 9 - 1
本体および中継ロッドの接続を外すための工具。

多段式傾斜計の関連製品を図 - 2 に示す。



(図 - 2 関連製品)

(表 - 2 傾斜計用関連製品対応表)

名 称	型 名	KB-JB	KB-KB	KB-LB	KB-MB	KB-JC	KB-KC
ガイド管	KBF-31-1 (1m用)						
	KBF-31-2 (2m用)						
	KBF-31-3 (3m用)						
	KBF-21-3 (3m用)						
ソケット	KBF-32						
	KBF-22						
中継ロッド	KBF-33JB-1 (1m用)						
	KBF-33JB-2 (2m用)						
	KBF-33KB-1 (1m用)						
	KBF-33KB-2 (2m用)						
	KBF-33LB-1 (1m用)						
	KBF-33LB-2 (2m用)						
	KBF-33MB-2 (2m用)						
	KBF-23JC-1 (1m用)						
KBF-23JC-2 (2m用)							
コネクタ部 中継ロッド	KBF-23KC-1 (1m用)						
	KBF-23KC-2 (2m用)						
	KBF-33CLB-1 (1m用)						
延長ロッド	KBF-33CLB-2 (2m用)						
	KBF-33CMB-2 (2m用)						
頭部キャップ	KBF-33L-1 (1m用)						
	KBF-33L-2 (2m用)						
底部キャップ	KBF-34-1						
	KBF-24-1						
ロッドエンド	KBF-34-2						
	KBF-24-2						
リベット	KBF-36-1						
	KBF-36-2						
	KBF-26-1						
リベッタ	KBF-38						
	KBF-28						
ガイド管 位置決め治具	KBF-39						
脱着ペンチ	KBF-35						
	KBF-39-1						

測定に必要な関連製品

傾斜計と傾斜計の間隔が3m以上の場合に使用する

KB-LB/-MB多段型傾斜計を6段以上接続する場合は、中継ロッドの一部がKBF-33CLB/-CMBに替わる
作業性向上のため使用

2 . 使用材料及び工具

(1)使用材料

多段式傾斜計(試験成績書含む)、ガイド管、ガイド管キャップ(頭部キャップ、底部キャップ)
ガイド管ソケット、リベット、普通ポルトランドセメント、ベントナイト、水、粘着テープ、VMテープ
ビニールテープ、木杭、バインド線、工業用紙ウエス(キムワイプ、J Kワイパーなど)

(2)使用工具

リベッタ、電動ドリル、高速カッター(金ノコ)、電気攪拌機、グラウト注入ポンプ及びホース
グラウト練り混ぜ用水槽、スパナ、ペンチ、振動ドリル(10コンクリート用ドリル)、ドライバ
ハンマ、巻尺、コードリール

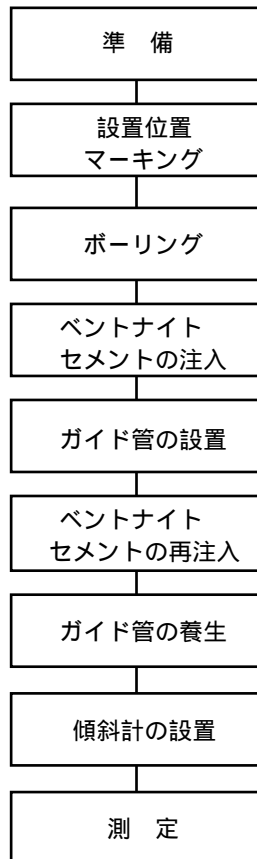
(3)チェック用計器その他

静ひずみ測定器、(T D S - 3 0 2 , T C - 3 1 K など)、テスタ(印加電圧 50 V以下で使用)
データシート、黒板、カメラ

3 . 設置要領

ガイド管をボーリング孔に設置する場合、その削孔径は、86 がよい。また、グラウトホース(通常 20 mm程度)をガイド管に沿わせる場合や削孔用のケーシングパイプをガイド管埋設後に抜き取る場合は、86 mm以上(KB-JC, KB-KCの場合は 114 mm以上)の削孔径が必要となる。

図 - 3 に多段式傾斜計の設置の作業手順のブロック図を示す。



(図 - 3 多段式傾斜計の設置の作業手順)

各工程の作業詳細を以下に説明する。

(1) 準備

ガイド管の準備

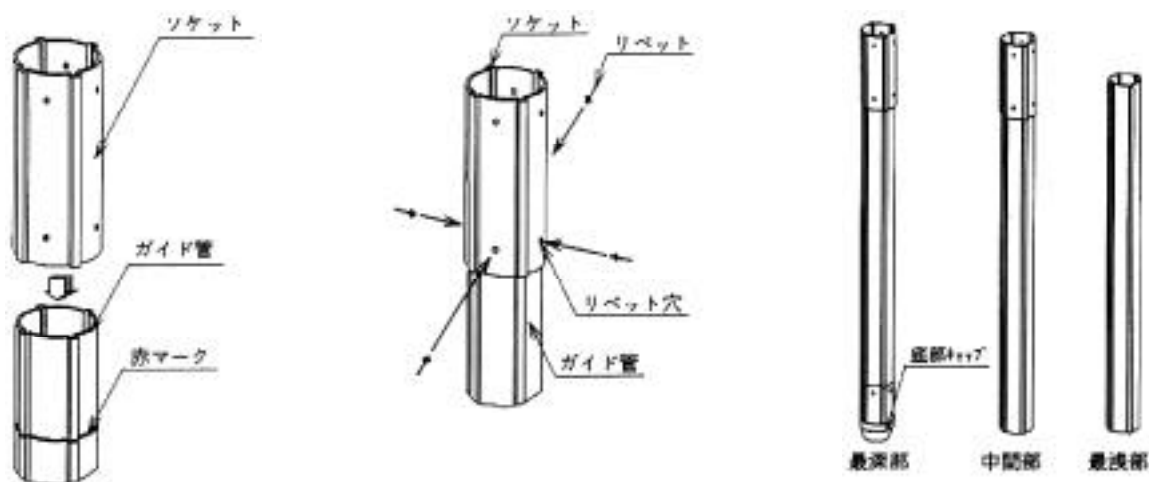
使用するガイド管・ソケット・ガイド管底部キャップを予め接続し、ガイド管にドリル穴(ドリル径 3.3mm)を開ける。

ガイド管の片端部の赤マークの位置までソケットを入れる。

ソケットにあるリベット穴に合わせてガイド管にリベットの下穴をあけ(ドリル径 3.3 mm)、この穴にリベッタを使ってリベットを打ち込む。

最深部のガイド管の片端には底部キャップが取付けられているので反対側にソケットを取付ける。最浅部のガイド管には取付けない。

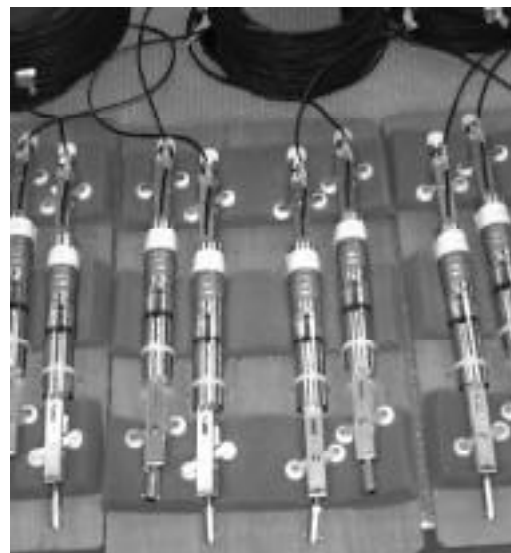
底部キャップ及びガイド管上部のソケットは、予め接続しておいてかまわないので、リベットで固定し継目部分のソケットに付属のシーラントテープを押さえつけるように巻き付け、その上に付属のビニールテープを巻き付けて止水処理を行う。



(図 - 4 ガイド管の準備)

傾斜計の準備

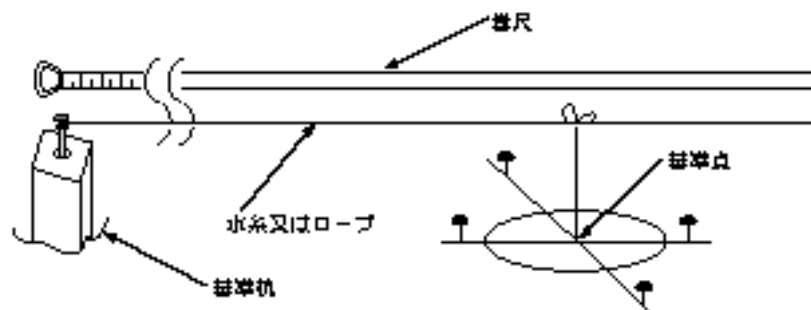
傾斜計をホール毎に深さ順に並べ、板などに固定しセンサおよび延長ケーブルにワイヤーマークなどにより番号を付けておく。



(図 - 5 傾斜計の準備)

(2) 設置位置のマーキング

設置位置を出す基準点となるものが無い場合は、基準杭から、水系やロープなどを張り、設置位置をマーキングする。マーキングはカラースプレーや釘などを使用する。



(図 - 6 マーキング)

(3) ボーリング(付帯工事)

ボーリング径は 86以上(KBF-21の場合は 116以上)、深さは設置位置より50cm程度深く掘る。また、ケーシングパイプの必要性の有無及び施工方法は土質などの条件で変わるので、施工業者との打ち合わせにより、不透水層の深さなどを考慮して、設置方法を決定する。

(4) ベントナイトセメントの注入

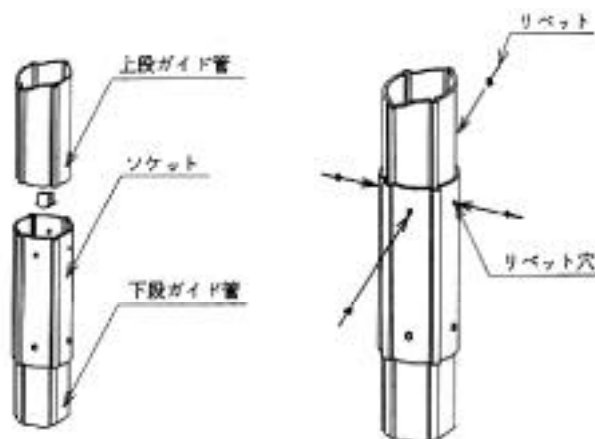
ベントナイトセメントの成分は(ベントナイトセメント重量比 水：セメント：ベントナイト、1：0.3：0.05)とする。以上の材料を練り混ぜ槽に入れ、電動攪拌機で練り混ぜる。練り上がったベントナイトセメントを注入ポンプ及びホースを用いて、ボーリング孔に必要量の5～6割程度、注入する。

(5) ガイド管の設置

ボーリング孔にガイド管を挿入し、接続しながら建て込む。ソケットの接続部分には、ベントナイトセメントなどの侵入を防ぐために止水処理を行う。

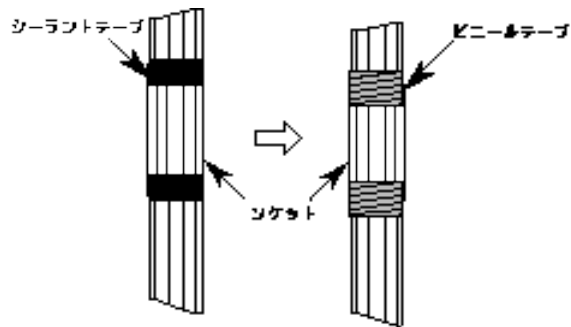
最深部のガイド管の接続部分が作業の行いやすい高さに達したら、上段ガイド管を下段ガイド管に取付けたソケットの溝に合わせて下段ガイド管にあたるまで確実に挿入する。

ソケットのリベット穴に合わせてドリル穴をあけリベットを打ち込む。



(図 - 7 ガイド管の接続)

継目部分に付属のシーラントテープを押えつけるように巻き付ける。
さらにその上にビニールテープを巻付け、シーラントテープを固定する。

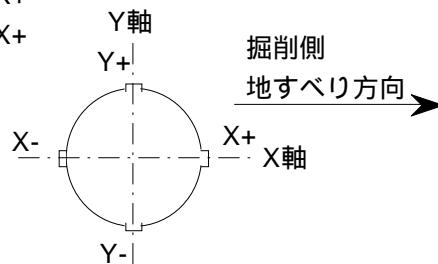


(図 - 8 接続部の止水処理)

上項 ~ 項の作業を繰り返しながら地上部まで順次建て込み、ガイド管にボーリング孔内のベントナイトセメントによる浮力が生じた場合、ガイド管内に水(清水)を注入しバランスをとりながら順次接続する。

規定深度までの建込みが終了したら、測線を水系で出し、ガイド管位置決め治具(KBF-35)で感度方向を合わせる。ベントナイトセメントが硬化した後では方向を変更することは不可能なので、十分注意する必要がある。

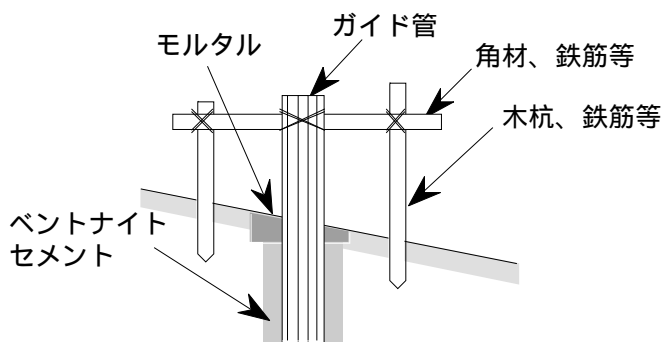
例： 掘削側に傾いて X+
地すべり方向に傾いて X+



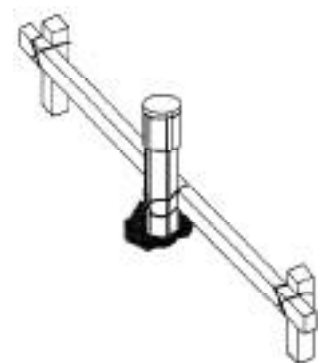
(図 - 9 ガイド管の設置方向)

ガイド管の建て込み終了後、防塵用の頭部キャップを取付け、ガイド管の溝を測定する方向に合わせベントナイトセメントが固結するまで養生する。また、ガイド管頭部の地表部分をモルタルで(厚さ10cmくらい)固定する。

ガイド管に泥水や砂利が入るのを防ぐため、ガイド管に頭部キャップを被せる。また、ベントナイトセメントが完全に硬化するまで(最低2~3日)の間に、ガイド管が浮き上がったり溝の方向がズレないようにガイド管を固定する。



(図 - 10 ガイド管の養生)



(6) 傾斜計の設置

ケーブルをほどいた傾斜計と中継ロッドを下段方より順にガイド管の近くに並べて建て込み作業の準備をしておく。
最上段の傾斜計とガイド管天端の間隔は、ロッドエンドに付属しているネジロッドでその間隔を調整しておく。

例 図のような傾斜計（傾斜計中心）とガイド管天端間が1mである場合、ネジロッドの長さを次のように調整する。

KB-5JB、KB-10JB : 781mm

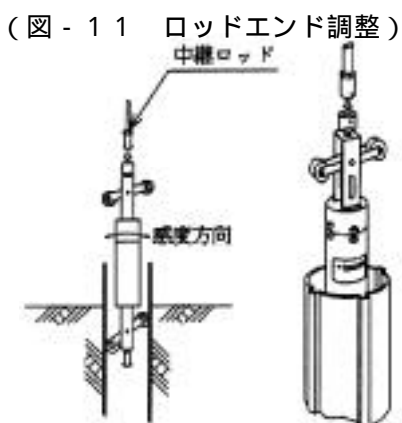
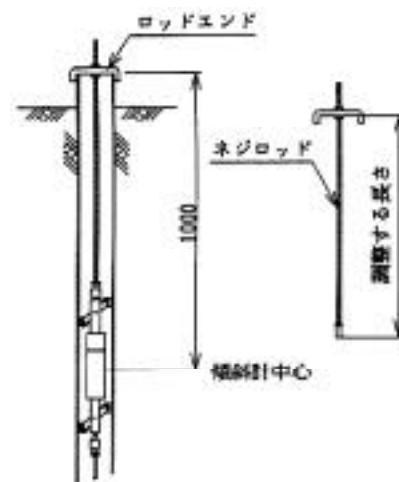
KB-5KB、KB-10KB : 696mm

KB-5JC、KB-10JC : 769mm

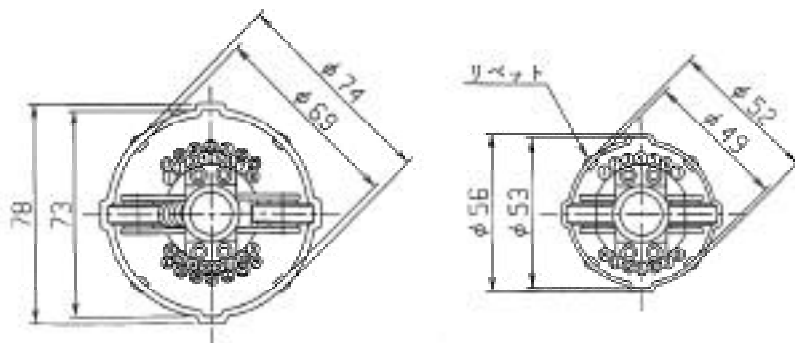
KB-5KC、KB-10KC : 684mm

尚、ネジロッドの長さは1mが標準なので間隔が長い場合は延長ロッドを接続して調整する。

ガイド管の直交する溝にそれぞれX、Y軸を設定し、最下段（図-11 ロッドエンド調整）の傾斜計より所定の中継ロッド（必要に応じて延長ロッド）を接続し感度方向を確認しながら静かにガイド管に挿入する。ケーブルは、ビニールテープ等で適当な間隔で中継ロッドに固定し、傾斜計の部分はケーブルが、たるむことなくまた重ならないように固定する。



(図 - 12 中継ロッド接続)



(図 - 13 ケーブルの配線)

中継ロッドを接続するときなど作業を中断する場合は、図-14のような治具や丸棒を使って仮置きする。

最上段には、で準備したロッドエンドを接続してガイド管天端に固定する。

ガイド管が地上に露出している場合、現場の状況に応じて機械的保護、異物混入防上等の養生を行う。

傾斜計を回収する必要がない場合（計測終了後に再使用することがないので撤去しない）は、より安定な姿勢を保持させるためにガイド管内をグラウトする。

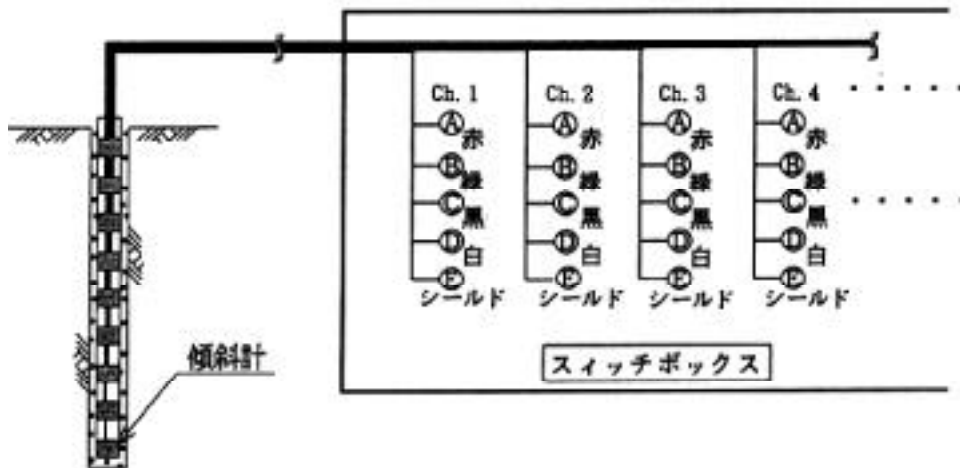


(図 - 14 仮置き)

(7)測定

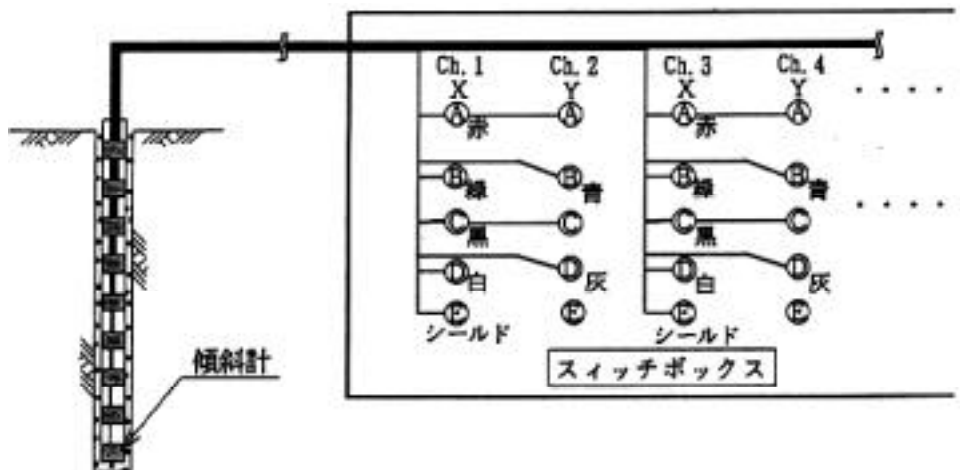
傾斜計の入出力ケーブルを接続して測定器(スイッチボックス)に結線し、必要に応じ測定器の係数・ポイント・単位をセットし計測する。

KB - 5 JB、KB - 10 JB、KB - 5 JC、KB - 10 JC(1軸)



(図 - 15 1軸傾斜計結線方法)

KB - 5 KB、KB - 10 KB、KB - 5 KC、KB - 10 KC(2軸)



(図 - 16 2軸傾斜計結線方法)

4. データ整理

(1) 角度の算出方法

各深度における初期値からの変化量を a_i とすると傾斜角度 θ_i は、次のようにならわされる。

$$\theta_i = C_i \times a_i \quad C_i : \text{成績書に記載されている各々の校正係数}$$

(2) 変位の算出方法

一般に水平変位(累積変位 D_i)は、各深度の傾斜角度 θ_i と測定間隔 L から求められる区間変位 d_i を最下部より累積する事によって求める。

$$\begin{aligned} \text{区間変位} \quad d_i &= L \times \sin \theta_i \\ \text{累積変位} \quad D_i &= d_1 + d_2 + d_3 + \dots \end{aligned}$$

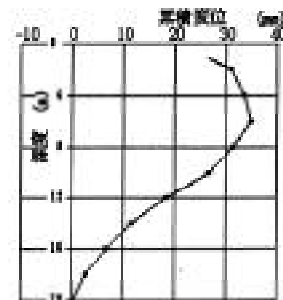
$$= \sum_{i=1}^n d_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

(3) 算出例

測定台数 10 台、測定間隔各 2 m、下方より上方に区間変位を累積する条件で水平変位(累積変位)を求める例を下に示す。

測定値	
深度 (m)	測定値 ($\times 10^{-4}$)
2	283
4	99
6	-47
8	135
10	40
12	117
14	81
16	188
18	177
20	190

初期値	
深度 (m)	初期値 ($\times 10^{-4}$)
2	305
4	110
6	-75
8	96
10	-36
12	53
14	42
16	152
18	156
20	187



変形図の例

計算例

深度 (m)	測定値 ($\times 10^{-4}$)	初期値 ($\times 10^{-4}$)	変化量 ($\times 10^{-4}$)	校正係数 (deg./ $\times 10^{-4}$)	傾斜角度 (deg.)	区間変位 (mm)	累積変位 (mm)
2	283	305	-22	0.00307	-0.06754	-2.4	30.8
4	99	110	-11	0.00317	-0.03487	-1.2	33.2
6	-47	-75	28	0.00321	0.08988	3.2	34.4
8	135	96	39	0.00315	0.12285	4.3	31.2
10	40	-36	76	0.00322	0.24472	8.5	25.5
12	117	53	64	0.00324	0.20736	7.2	18.4
14	81	42	39	0.00328	0.12732	4.5	11.2
16	188	152	36	0.00331	0.11294	3.9	6.7
18	177	156	21	0.00328	0.04894	2.4	2.8
20	190	187	3	0.00329	0.00897	0.4	0.4