

# 添付資料 1 - 5

---

---

地すべり対策工・モニタリング施設  
運用・維持管理マニュアル



Universidad Nacional Autonoma de Honduras  
Alcaldia Municipal del Distrito Central

ホンジュラス国  
首都圏における地すべり対策  
能力強化支援

地すべり対策工・モニタリング施設  
運用・維持管理マニュアル

2016年7月

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

国際航業株式会社  
OYO インターナショナル株式会社





# 目次

## 目次 略語表

Page

<b>1</b>	<b>モニタリング編</b> .....	<b>1-1</b>
1.1	概論 .....	1-1
1.2	孔内傾斜計 .....	1-3
1.2.1	計測 .....	1-3
1.2.2	計測データ解析 .....	1-10
1.2.3	機器の維持管理 .....	1-15
1.3	地表面伸縮計 .....	1-17
1.3.1	モニタリングの目的 .....	1-17
1.3.2	乾期（静穏期）の点検方法 .....	1-17
1.3.3	雨期（変動時）の点検方法 .....	1-20
1.4	地下水位計 .....	1-22
1.4.1	モニタリングの目的 .....	1-22
1.4.2	手動地下水位観測方法 .....	1-22
1.4.3	水圧式自動地下水位観測計 .....	1-23
1.4.4	雨期（変動時）の点検方法 .....	1-25
1.5	雨量計 .....	1-26
1.5.1	設置目的 .....	1-26
1.5.2	設置方法 .....	1-27
1.5.3	データ取得方法と整理・表示方法 .....	1-27
1.5.4	計器の維持管理 .....	1-29
1.6	クラック計測 .....	1-31
1.6.1	地表面クラック計測 .....	1-31
1.6.2	構造物のクラック計測 .....	1-31
1.7	パイプひずみ計 .....	1-33
1.7.1	設置目的 .....	1-33
1.7.2	計測原理と構造 .....	1-33
1.7.3	設置方法 .....	1-34
1.7.4	測定方法とデータ整理 .....	1-35
1.7.5	データ評価と判定 .....	1-36
1.7.6	異常データの解釈 .....	1-37
1.7.7	計器の維持管理 .....	1-38
<b>2</b>	<b>対策工編</b> .....	<b>2-1</b>
2.1	概論 .....	2-1
2.2	表面排水路工 .....	2-2
2.2.1	施設の目的 .....	2-2
2.2.2	通常時の維持管理方法 .....	2-2
2.2.3	定期点検の実施 .....	2-3
2.2.4	変状の原因推定 .....	2-4

2.2.5	補修方法 .....	2-7
2.3	横ボーリング工（地下水排除工） .....	2-9
2.3.1	施設の目的 .....	2-9
2.3.2	維持管理方法.....	2-9
2.3.3	定期点検の実施.....	2-10
2.3.4	変状の原因推定.....	2-11
2.3.5	排水管の洗浄.....	2-12
2.4	集水井（地下水排除工） .....	2-14
2.4.1	施設の目的 .....	2-14
2.4.2	維持管理方法.....	2-14
2.4.3	定期点検の実施.....	2-16
2.4.4	変状の原因推定.....	2-18
2.4.5	効果が低下していると判断された場合の対処.....	2-18
2.5	押え盛土工 .....	2-21
2.5.1	施設の目的 .....	2-21
2.5.2	維持管理・点検方法.....	2-21
2.6	頭部排土工（切土のり面） .....	2-24
2.6.1	施設の目的 .....	2-24
2.6.2	維持管理方法.....	2-24
2.6.3	定期点検の実施.....	2-24
2.6.4	変状への対応.....	2-26

## Appendix（巻末資料）

- 孔内傾斜計データ解析の手順（参考資料）
- 維持管理点検票－Berrinche地区
- 維持管理点検票－Reparto地区

**【略語表 : Abbreviations】**

略語	和文	英文	西文
AMDC	テグシガルパ市(首都都庁)		Alcaldia Municipal del Distrito Central
CODEM	テグシガルパ市防災委員会	Unit of Disaster Prevention Committee	Comite de Emergencia Municipal
COPECO	国家災害委員会	National Disaster Prevention Committee	Comision Permanente de Contingencias
C/P	カウンターパート	Counter Part	Homólogo
GER	テグシガルパ市災害評価部	Risk Evaluation Management Division	Gerencia de Evaluación de Riesgo
IHCIT	地球科学研究所	Honduras Earth Science Institute	Instituto Hondureño de Ciencia de la Tierra
INSEP	インフラ・公共事業省	Ministry of Infrastructure and Public Services	Secretaria de Infraestructura y Servicios Publicos
JCT	JICA調査団	JICA Consultant Team	
JICA	独立行政法人国際協力機構	Japan International Cooperation Agency	Agencia de Cooperación Inernacional del Japón
OJT	オン・ザ・ジョブ・トレーニング	On the Job Training	Capacitación en el trabajo
UMGIR	テグシガルパ市総合災害対策ユニット	Municipal Unit of Integral Risk Management	Unidad Municipal de Gestión Integral de Riesgo
UNAH	ホンジュラス国立自治大学	National Autonomous University of Honduras	Universidad Nacional Autonoma de Honduras



# 1 モニタリング編

## 1.1 概論

地すべり現象の予知・予測は難しく、地すべり対策工事实施後にも地すべりが発生する可能性がある。地すべり災害を未然に防ぐためには、継続的に地すべりをモニタリングすることにより、地すべり現象を早期に検知し、適切な対応を行うことが重要である。

地すべりのモニタリングは、主に地すべりの移動状況を把握する観測と地下水位の観測である（図 1.1.1）。地すべりの活動状況（変動レベル）を勘案し、機器を選定する。観測方式（手動方式、半自動方式、全自動方式）は、コストを考慮のうえ、地すべりの活動状況等を勘案し、必要とされるデータ期間、データ密度、データ品質、即時性の要否等を検討して選定する。これらモニタリングにより、地すべり活動状況を評価し、地すべり災害を予防あるいは被害を最小規模にとどめることが可能となる。



図1.1.1 地すべりモニタリング模式図

(出典: [http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/jisuberi\\_taisaku.html](http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/jisuberi_taisaku.html))

ただし、地すべり地に設置されるモニタリング機器は、それ自体が寿命を持っているうえ、変動する地盤に設置され、しかも野外の気象条件にさらされているため、維持管理が必要である。地すべりモニタリング機器の維持管理は、モニタリング機器自体の維持管理とモニタリング機器が正常に作動するための維持管理があり、これらが点検という作業をとおしてなされることになる。

モニタリング機器自体の耐用年数は機材によって異なるが、最大でも 5～10 年程度であるものが多く、データロガーや現場用パソコンなどの耐用年数は一般に 4～5 年程度である。ゲージタイプのセンサーを用いた計測機器（パイプひずみ計など）は耐用年数が最も短く 1～2 年程度であり、必要に応じて機器の交換を要することとなる。

またモニタリング機器が正常に作動するための維持管理は、計測器が植物のつるや草に絡まれるのを防ぐ除草や整備も含まれる。さらに半自動や自動観測では機器内部の結露、落雷による影響などがあるが、十分な避雷装置を装備するとともに、寒冷時や雨季などには基板の腐食、変色状況などを確認する必要がある。

点検頻度については、活発な活動中の地すべりでは 1 回/月程度実施している場合が多いが、そうでない場合でも年に複数回点検し、モニタリング機器が正常に作業しているかの確認と作動するための整備を実施する。その際、あわせて地すべり地を踏査して、モニタリング機器でとらえられない地すべり現象の有無の確認などを行う必要がある。

本マニュアルの「モニタリング編」では、現在ホンジュラス国に導入されている傾斜計、伸縮計、地下水計、雨量計の運営・維持管理等に係る手順を、AMDC の CODEM が実際に行っている方法に基づいて解説している。また現時点では地すべりモニタリングを目的としてホンジュラス国内にはないものの、将来的に導入が望まれるクラック計測とパイプひずみ計について、目的と原理、設置方法、データ整理方法、維持管理方法についてとりまとめた。

## 1.2 孔内傾斜計

### 1.2.1 計測

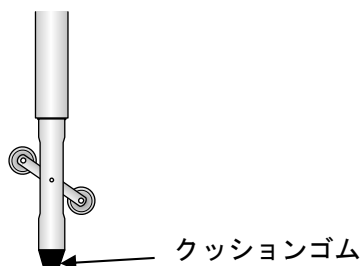
良質なデータを取得するためには、計測機器の整備と正しい取り扱いによる計測が重要である。また、計測担当者が正しい計測方法を理解し実践しなければ、計測時ごとのデータの質にばらつきが生じ、地すべりモニタリングデータの信頼性が損なわれる。また、精度の高い地すべり解析が行えない。従い、計測担当者全員が、正しい計測方法を習得し、誰が計測を行っても良質なデータが取得できる体制を構築しておくことが重要である。

#### a. 計測前の準備

現場計測に出かける前日に、使用する計測機器が正常に機能するか確認を行う。

##### a.1 傾斜計本体

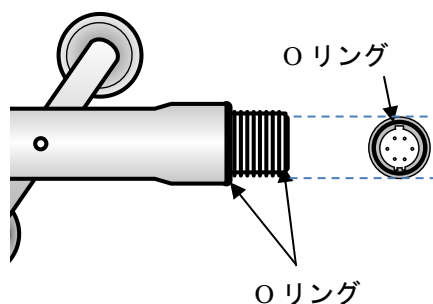
###### ■ 底部のクッションゴム



クッションゴムは、傾斜計の下端部に取り付けられたもので、傾斜計が観測孔底に当たった時の衝撃を和らげるものである。

欠損もしくは破損している場合は、できるだけ早めに交換する。破損したものを交換するまでの間は、計測時に傾斜計が孔底に接触しないように慎重に取り扱うこと。

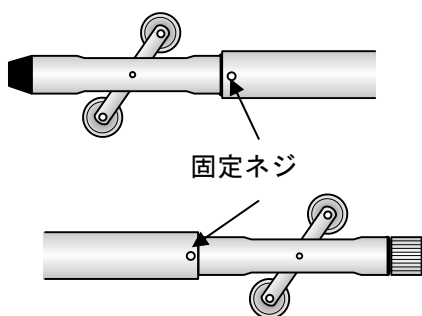
###### ■ Oリング



傾斜計の上端部にあるケーブルと接続する端子部分にはOリングが2箇所取り付けられている。このOリングは、端子部分に対する防水機能を確保するものである。

欠損もしくは破損している場合は、早急に交換する。観測孔内に地下水がある場合は、破損したOリングのまま計測はおこなわないこと。

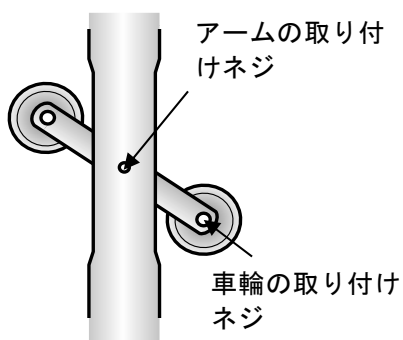
###### ■ 本体の緩み



車輪ハウスと傾斜計胴体部分と結合させる部分の固定ネジの締め具合を確認する。ネジの緩み（結合部分のがたつき）がある場合は、固定ネジの増し締めを行う。

図1.2.1 傾斜計本体模式図（出典：JCT）

### ■ 車輪とアームの緩み



指で車輪をつまんで振るとグラグラする場合は、ベアリングの摩耗もしくは取り付けネジが緩んでいる可能性がある。その場合は、車輪の取り付けネジの増し締めを行う。取り付けネジを締めてもまだ車輪がグラグラする場合は、車輪を交換する。

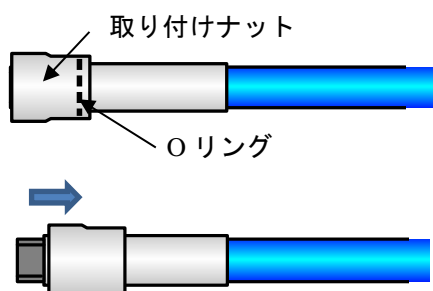
車輪アームのガタつきが見られる場合は、アームの取り付けネジを増し締めする。それでもダメな場合は、修理・交換に出す。

図1.2.2 傾斜計車輪とアーム模式図（出典：JCT）

アームに取り付けられているバネも確認する。バネが折れている、もしくは反発力が緩いものは交換する。

### a.2 計測ケーブル

#### ■ 接続端子部



ケーブルの接続端子には取り付けナットがついている。この取り付けナットの内側にOリングが入っている。取り付けナットを後ろにスライドさせたときに、抵抗なくスライドする場合はOリングが利いていない。

取り付けナットの動きが悪い場合、隙間に泥や砂などが入っている可能性があり、これはケーブルの接続不良を起こす原因となりうる。

図1.2.3 接続端子部模式図（出典：JCT）

Oリングに異常がある場合は、速やかに交換すること。取り付けナットの動きが悪い場合は、シリコングリースを塗布すること。この場合、シリコングリースが端子に付着しないように気を付けること。Oリングに異常がある場合は、地下水のある観測孔での計測は行わない。

#### ■ ケーブル

ケーブルの被覆膜の破れや破損が見られる場合は、防水のビニールテープで補修する。破損部分から芯線が露出している場合は使用できないためケーブルを交換する。

### a.3 計測器 (Handy Data Logger)

#### ■ バッテリー

計測器のバッテリーは、必ず前日にフル充電しておくこと。万が一のために予備のバッテリーも準備しておく。前回の計測時にバッテリーに異常がなかったかを確認する。異常があった場合は、そのバッテリーは使用せず、新たなバッテリーを準備する。



## ■ SD カード

計測データは計測器本体に挿入された SD カードに記録される。SD カードが正しく計測器に挿入されているのを確認する。また、SD カードに空き容量が十分であることを確認すること。空き容量が十分でない場合は、古いデータを削除し、空き容量を確保する。

## ■ 計測器本体

本体の電源を入れて、起動確認を行う。充電されたバッテリーが入っているにもかかわらず起動しない場合は修理に出すこと。

測定器の組み合わせ（傾斜計、ケーブル、計測器）は原則同じにすること。また同じ観測孔は同じ測定器のセットで計測を行うこと。

### b. 計測の方法

#### b.1 計測機器の接続

まず、ケーブルと傾斜計を接続する。

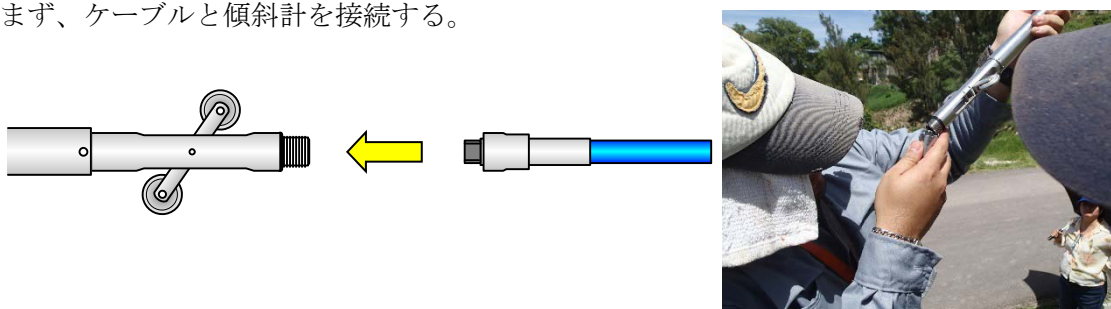


図1.2.4 計測機器の接続 1（出典：JCT）

ケーブル側の取り付けナットを後ろにスライドさせて端子部分を露出させ、ケーブル側端子と傾斜計側の端子の形を良く見ながら、接続する。

かづくで、無理に端子同士を接続すると破損する恐れがあるため、接続には細心の注意を払う。

端子同士を接続したら、ケーブル側の取り付けナットを「手」でしっかりと締める。この際にケーブル本体と一緒に回らないように、傾斜計とケーブルはしっかり保持しておく。

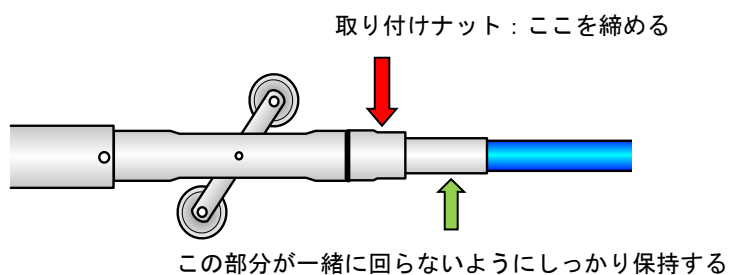


図1.2.5 計測機器の接続 2（出典：JCT）

手で取り付けナットを締めた後、工具を使って軽く締める。工具で強く締めすぎると O リングを破損してしまう恐れがあるため注意する。この際もケーブル部分が一緒に回ら

ないように気を付ける。

次に、ケーブルと計測器（Handy Data Logger）を接続する。傾斜計を接続した際と同様に、ケーブル側端子と計測器側の端子の形を良く見ながら、しっかり奥まで差し込んで接続する。接続する場所を間違えないように注意する。また、力づくで、無理に端子同士を接続すると破損する恐れがあるため、接続には細心の注意を払う。

接続した後は、ケーブルをねじらないように気を付ける。断線の原因となる。



図1.2.6 データロガー（出典：JCT）

## b.2 観測孔への傾斜計挿入

まず、観測孔内に設置された傾斜計ガイド管にケーブルホルダ（Cable Holder）を取り付ける。ケーブルホルダは、測定深度の位置や中心合わせ、および計測作業の負担軽減の役割で使用する。

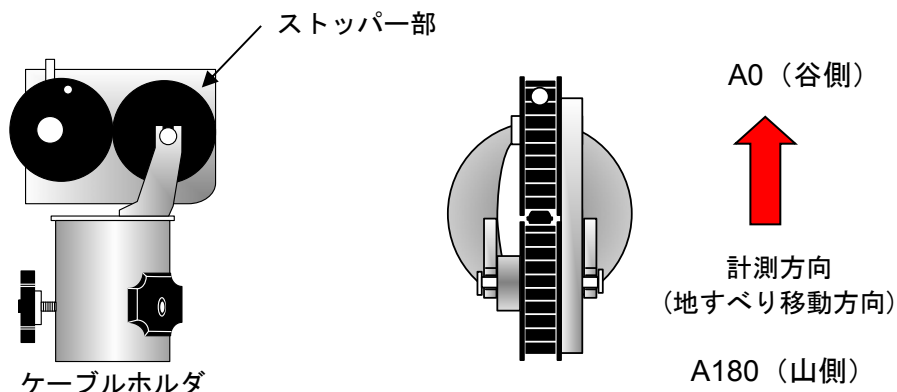
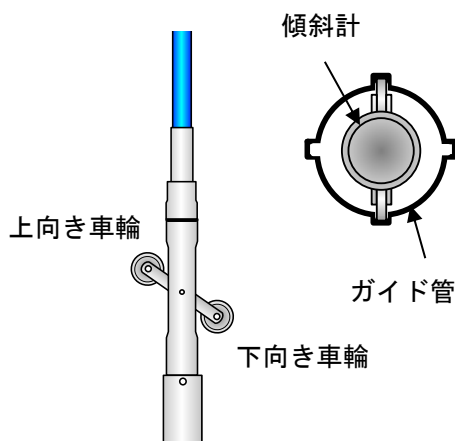


図1.2.7 観測孔への挿入 1（出典：JCT）

次に、ケーブルホルダの上部のストッパー部分を取り外し、傾斜計を挿入する。傾斜計の車輪をガイド管の計測方向（地すべりの移動方向）の溝に沿わせて挿入する。1回目の計測は、上向き車輪を A0 の方向（谷側）に合わせて実施する。



(出典 : Hazama Ando Corporation: El Reparto地すべり地区の対策工パース図を一部改編)

図1.2.8 観測孔への挿入 2 (出典 : JCT)

傾斜計の両側の車輪を手で握り、車輪アームを折りたたんでガイド管に慎重に挿入する。ケーブルを手の中でゆっくりすべらせながら、傾斜計を降下させる。急激に降下をさせると、傾斜計に衝撃が加わったり、ケーブルがもつれたりする可能性があるため、慎重に傾斜計を降下させる。

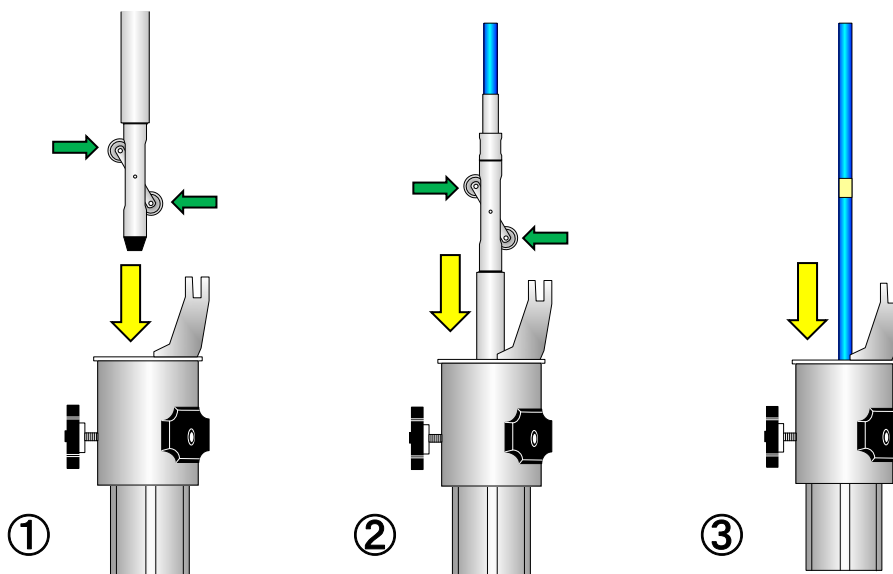


図1.2.9 観測孔への挿入 3 (出典 : JCT)

降下させている傾斜計が孔底深度近くになったら、手でケーブルを握りゆっくり傾斜計を降下させ、最深測定位置になったら止める。必ずしも観測孔の底まで到達する必要はない。急速度で孔底に当たると傾斜計に強い衝撃が加わり、故障の原因となるので注意する。

最深測定位置で傾斜計を保持する。保持時間は30分とする。傾斜計の保持は、傾斜計のセンサーを孔内温度になじませるためと、電気回路の安定化のために必要な手順である。

### b.3 計測

測定を始める前に、ケーブルの測定深度合わせを行う。ケーブルについているマークを基準とする。マークの上端をケーブルホルダの上面に一致させた位置で計測を行う。各深度で常に同じ位置で計測を行うこと。

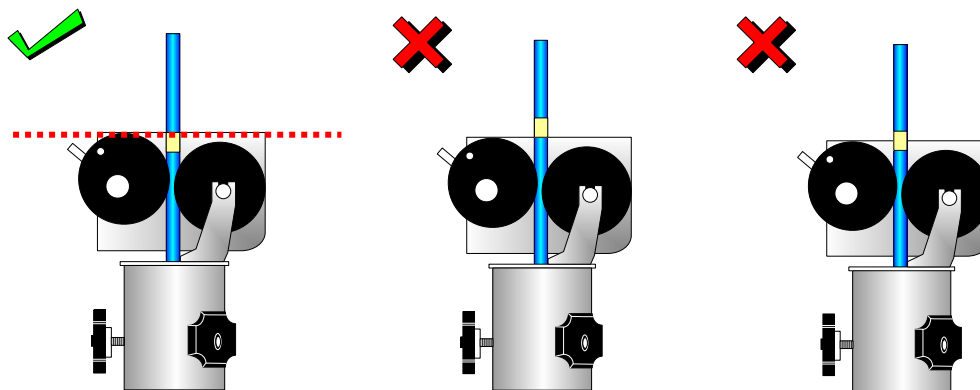


図1.2.10 計測方法 1 (出典 : JCT)

ケーブルを引き上げすぎた場合は、一旦 20cm ほど戻してから再度引き上げて深度をあわせる。測定深度位置がずれると測定値に誤差が生じる原因となる、

測定深度に合わせた後、計測器に表示されている測定値が安定していることを確認してから、データをサンプリングする。

測定値が安定するまでの時間は、計測器の種類や計測環境によって変わるので、必ず測定値が安定したことを測定器のモニターで確認してからサンプリングすることが原則である。深度合わせをしてすぐにサンプリングをすると、精度の悪いデータを取得してしまう原因となる。



図1.2.11 計測写真 (出典 : JCT)

1 回目の計測 (A0 方向) が最上深度 (孔口) まで終了したら、傾斜計をガイド管から引き上げ、傾斜計を反転させて、2 回目の計測 (A180 方向) を行う。

傾斜計をガイド管から引き抜く際に、急激に引き上げを行うと、車輪アームがバネで跳ねて傾斜計がケーブルホルダにあたる恐れがある。従い、傾斜計を挿入する際と同様に、アーム部分を手で押えながら慎重にガイド管から引き抜く。アームの反動の衝撃は、傾斜計の故障や計測値異常が発生する原因となる。

2 回目の計測は、傾斜計を 180 度反転させて、上向き車輪を A180 方向に合わせて実施する。1 回目の計測同様、傾斜計をゆっくり孔底の最深計測深度まで降下させ、傾斜計の保持を行う。2 回目計測時の保持時間は 10 分とする。

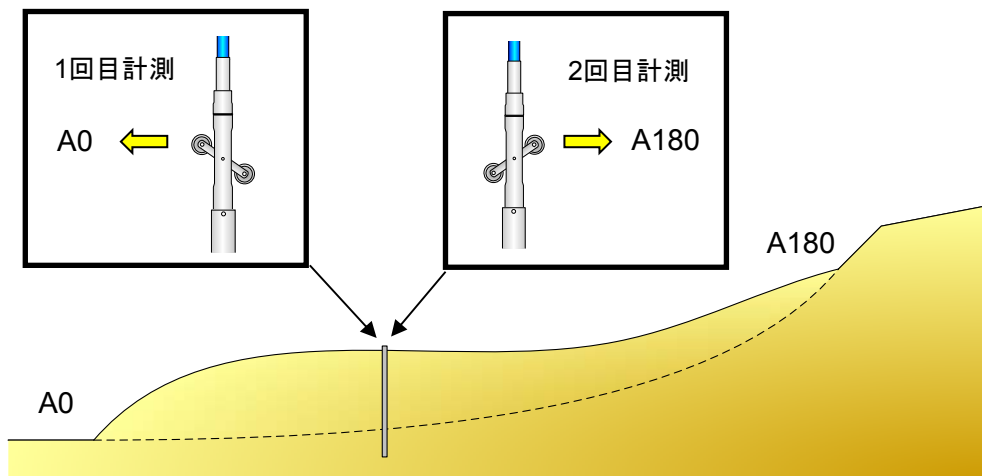


図1.2.12 計測方法2（出典：JCT）

2回目の計測も、1回目の計測と同様、適切な計測位置合わせと測定値が安定してからのサンプリングを心掛ける。同じ計測深度でも1回目の計測と2回目の計測の位置がずれている場合は、正確なデータが取得できないため、計測位置合わせには細心の注意を払う。

2回目の計測が終了したら、計測データを確実に保存する。基本的にB0-B180方向に傾斜計を入れて計測することはない。

計測終了後は、傾斜計とケーブルに付着した水分や汚れをウェスで丁寧に拭き取る。拭き取り作業が終了してから、傾斜計からケーブルを外す。

傾斜計やケーブル、計測器の端子キャップをしっかりと締め、水分や汚れが端子に付着するのを防ぐ。

観測孔は、計測が終了したら保護キャップを被せる。

専用の収納箱に傾斜計を安置する。移動距離が短い場合でも、必ず収納箱に傾斜計を収納してから、移動すること。収納箱の留め金を締め忘れないようにすること。

## 1.2.2 計測データ解析

### a. 計測データ整理

現地で傾斜計データを取得後は、早急に事務所でデータの確認を行うこと。取得データの精度が悪い場合は、再度現地にてデータを取得すること。

取得データを PC に保存する。保存したデータは、後で認識できるようなファイル名をつけて保存し、データ管理をきちんとすること。ファイル名に地すべり地名と取得日を入れておくと、分かりやすい。取得データは CSV 形式で保存されていることから、Microsoft Excel<sup>®</sup>で読み込むことができる。

まず、取得したデータの精度を確認する。精度を確認する方法の一例を Appendix に示したので参照のこと。

精度を確認した CSV データをデータ解析ファイルで読み込み、計測結果のグラフの更新を行う。データ解析ファイルへの読み込み及び計測結果グラフの更新方法の例を Appendix に示したので参照のこと。

### b. 計測データの解析

傾斜計モニタリングでは地すべりブロックの変位量と変位方向、すべり面深度を計測することができる。基本的に、傾斜計の観測孔は地すべりブロック内で、かつ想定地すべり面を貫くように設置される（下図参照）。観測孔内のガイド管の溝は想定される地すべり方向（A0-A180）とそれに直交する方向（B0-B180）に向くように設置される（下図参照）。

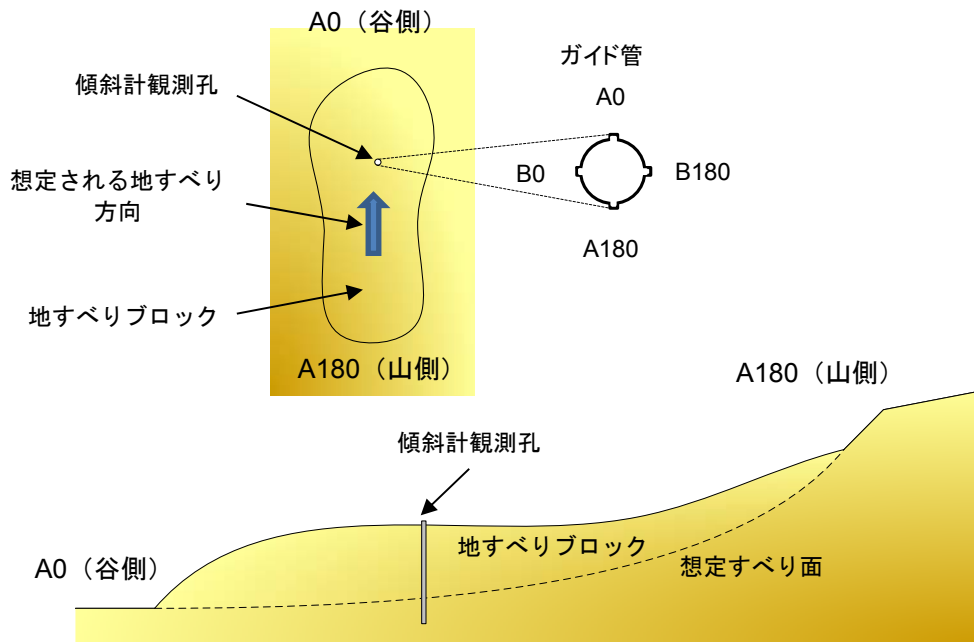


図1.2.13 計測データの解析（出典：JCT）

傾斜計の計測結果の表示は、モニタリングの目的に応じて計測結果のグラフを作成する。一般的には、以下のようなグラフで表示し、対象となる地すべりの動きを確認する。



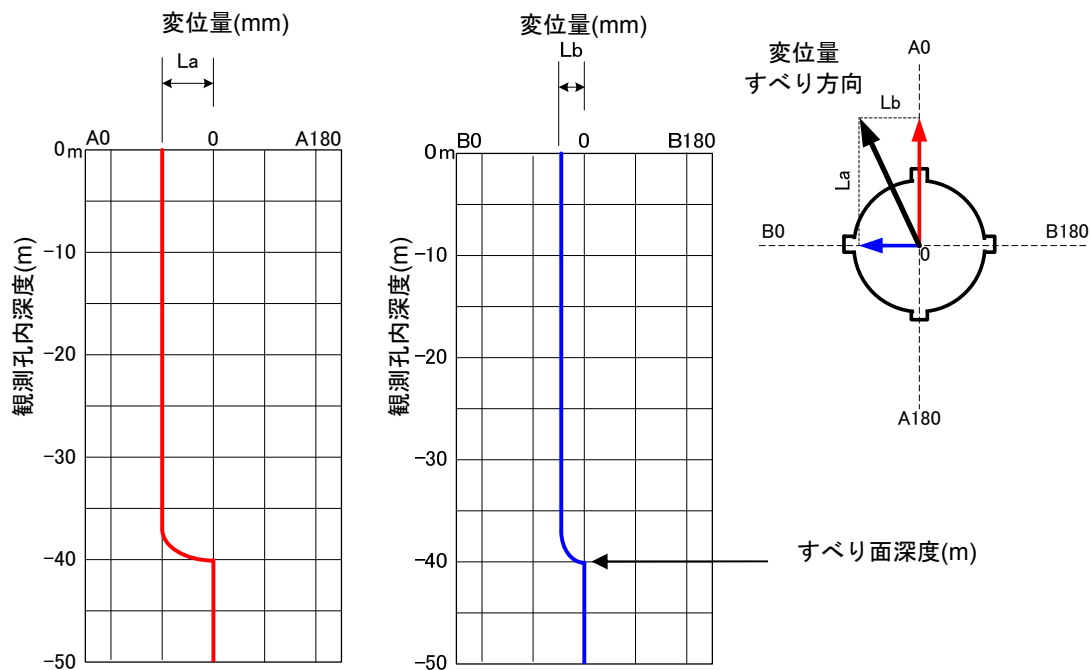


図1.2.14 計測とデータ表示の関係 1 (出典 : JCT)

同じ観測孔で傾斜計の向きを変えて2回 (A0 側と A180 側) 計測することで、A0-A180 方向と B0-B18 方向の2方向の変位を取得することができる。

取得した A0-A180 方向のデータと B0-B180 方向のデータをそれぞれ、上記のようなグラフに表す。グラフは、縦軸が観測孔内深度、横軸が変位量を示す。ここに各深度で傾斜計により計測された変位量が示される。グラフ横軸の 0 は傾斜計ガイド管の設置直後の状態を示し、基準値となる。毎回の計測値をこの基準値と比較することで、ガイド管設置後にどれだけガイド管が変位したのかが分かる。設置後から変位をしていない深度では、計測値は基準値 (0) 線上に示される。

地すべりが観測孔深度内で発生した場合は、急激な変位がグラフに表れる。基本的に、この変位深度は A0-A180 グラフと B0-B180 グラフにおいて、同じ深度を示す。このような変位が確認された場合、その変位深度はすべり面深度と見なされる (上図のケースでは深度 40m がすべり面深度と判断される)。

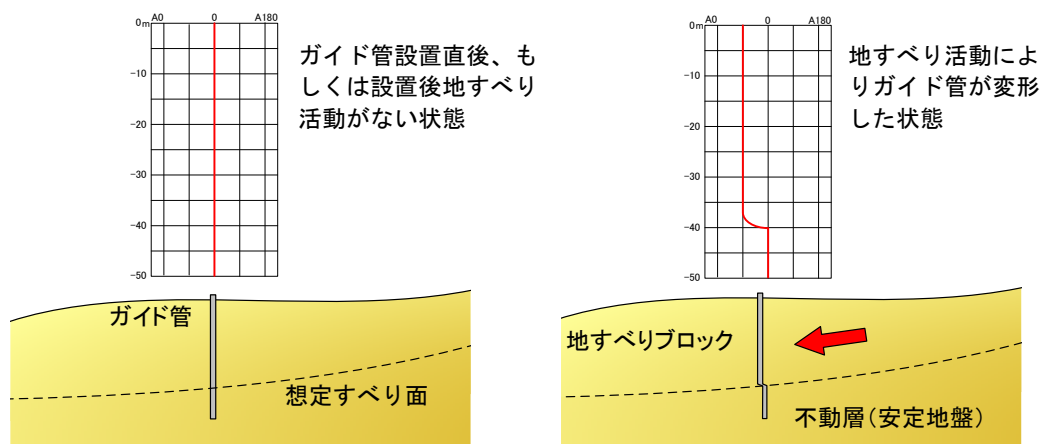


図1.2.15 計測とデータ表示の関係 2 (出典 : JCT)

地すべりの変位量とすべり方向は、A0-A180 方向の変位量と B0-B180 方向の変位量の合成ベクトルで表すことができる（図 1.2.14 右図参照）。

基準値（0）から水平方向に急激な変位を示す深度が、地すべりのすべり面を示していると解釈される。またすべり面は複数発生することもあるので、変位グラフは慎重に調べる必要がある。

観測孔位置で実施されたボーリング調査による地質情報を変位深度と照らし合わせ、変位（すべり面）がどの地層で発生しているのかを確認することは対象の地すべりメカニズムを理解する上で重要である。

傾斜計の解析では、1 回分だけの計測データだけでなく、定期的に計測した複数のデータを同時にグラフ上に表示させることで累積変位を確認することができる。一つのグラフに複数の観測日の計測結果を表示することで、地すべりの活動度を知ることができる。

過去の変位量に対して経時的に累積した変位が見られる場合は、地すべりは活動中であると判断される。過去の変位量と同じであれば、地すべりは活動していないもしくは休止中であると判断される。

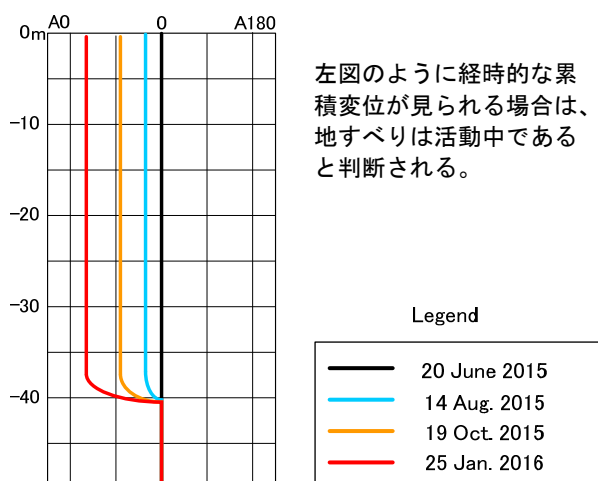


図1.2.16 データの解釈（出典：JCT）

### c. 異常データの解釈

計測データが、正常なデータか異常なデータかを判断する必要がある。異常なデータを使って正しい解析をすることは不可能である。

以下に異常データの例を示す。このようなデータが取得された場合は解析には使わず、早急に計測をやり直すこと。

#### ■ 計測データが山側に変位する

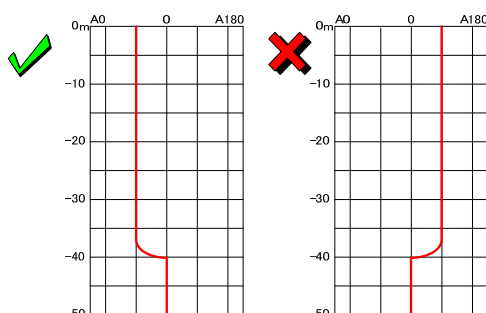


図1.2.17 異常データ 1（出典：JCT）

地すべりは重力に従って高いところ（山側）から低い方（谷側）へ移動する。よって、計測データが谷側(A0)ではなく山側(A180)に変位を示す計測データは異常と判断すべきである。

例外はあるが、基本的に地すべりは山を登らない。



■ グラフが傾く

右図のように計測データの線が傾いて表示される場合がある。これは地すべりの活動が原因ではない。

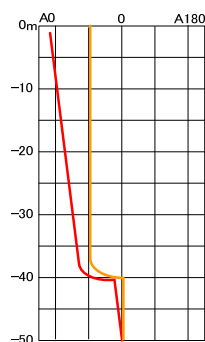


図1.2.18 異常データ 2 (出典 : JCT)

このようなデータが取得される原因として、傾斜計の計測前の孔内保持時間が不十分であった、もしくは、いつもと異なる組み合わせの傾斜計セットを使用して計測を行ったなどが考えられる。計測データの線の形は、基本的には同じなので、大まかに変位があったかの判断はできるが、可能であれば、再度データを取得することが望ましい。

■ ある深度だけでの異常値

右図のようにある深度のみの変位は、地すべり活動を示しているものとは考えにくい。

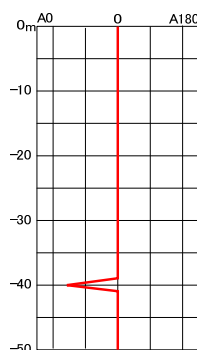
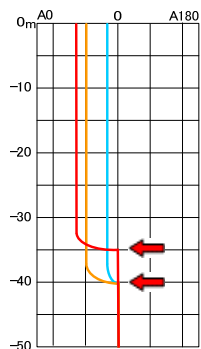


図1.2.19 異常データ 3 (出典 : JCT)

傾斜計のデータで、ある局所的な深度だけで変位を示した場合、これは地すべりの活動を示しているのではなく、異常値であると判断すべきである。傾斜計のデータが地すべりの活動を示す場合は、地すべり区間（すべり面から地表までの区間）はすべて同様な変位を示す。このような局所的な変位データが取れた場合は、これを異常値として取り扱い、解析においては無視すること。

このようなデータは、計測値が安定する前にデータをサンプリングしたなどが原因であると考えられる。計測データの取得（サンプリング）は慎重に行うこと。

■ 変位深度が変わる



右図のように変位深度が、前回の深度と異なる場合は、計測に問題がある場合が多い。

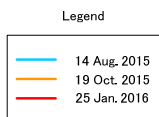
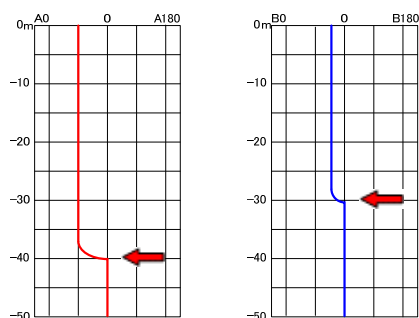


図1.2.20 異常データ 4 (出典 : JCT)

前回まで一定であったすべり面などの変位深度が、今回の計測で変わったのは、今回の計測時の深度設定が前回までのものと異なっていた可能性がある。計測開始時の深度（孔底）および計測終了時の深度（孔口）がいつもと同じに設定されていることを確認すること。このようなデータが取得された場合は、現地にて再度計測を行うこと。

■ A0-A180 データと B0-B180 データの変位深度が一致しない



変位の方向は、A0-A180 方向の変位量と B0-B180 方向の変位量の合成ベクトルで表わされる。従い、変位の方向が、A0-A180 方向もしくは B0-B180 方向と平行な場合を除き、A0-A180 方向と B0-B180 方向に現れる変位深度は、一致しなければならない。これは、1 回目の計測 (A0 方向) と 2 回目の計測 (A180 方向) の計測深度設定が異なっていた、サンプリングを失敗した深度があるなどの現地での計測に原因が考えられる。

図1.2.21 異常データ 5 (出典 : JCT)

■ 計測結果が前回の計測結果と全然違う

過去のデータをグラフ上で重ね合わせた際に、過去のデータと計測値の線の形が大きく異なる場合は、取得したデータの精度が悪いと判断される。この原因としては、計測方向を間違えている (A0-A180 方向ではなく B0-B180 方向に傾斜計を挿入して計測したなど)、計測値が安定する前にデータをサンプリングした、ガイド管のグラウトが十分でないためにガイド管が固定されていない、などが考えられる。このようなデータが取得された場合は、速やかに再度現場にて計測をやり直すこと。

d. 報告書作成

傾斜計の計測結果はモニタリング結果報告書に取りまとめる。報告書には、計測結果の A0-A180 方向と B0-B180 方向のグラフは必ず示すこと。計測結果グラフには最新の計測結果に加え、過去 4~6 ヶ月分の計測結果と共に示す。グラフの凡例には、必ずそれぞれの計測年月日を示すこと。

また、報告書には最新の計測結果で判明したことを記述する。記述するポイントは以下のとおりである。

- これまでの計測値との相違
- 計測値から想定される地すべり深度 (ある場合)
- 計測されたすべり量とすべり方向
- 地すべり活動の有無 (累積変位の変化)
- 異常値の有無、および異常値の想定される理由 (ある場合)

報告書に示されたデータや記述は、地すべり解析を行う上で極めて重要な情報となる。従い、報告書には可能な限り良質のデータを使い、正確な記述を心掛ける。

### 1.2.3 機器の維持管理

傾斜計は精密機器であるため、付属のマニュアルを良く読み、使用時だけでなく保管時にも取り扱いには十分気を付けること。

使用後は、ウェスなどで、傾斜計やケーブル、その他関連機材についての水分や砂や泥などをきれいにふき取り、乾燥した状態で保管すること。また、定期的に傾斜計の車輪、車輪アーム、バネの部分に潤滑油を差す。潤滑油をつけ過ぎた場合は、ウェスで丁寧に拭きとること。グリースを用いる場合は、つけ過ぎると砂やほこりなどが付着しやすくなるので、適切な量を塗布すること。

機器の維持管理は、1.2.1「計測」に示した項目を確認し、異常を発見した場合は、速やかに修理などの対応することが重要である。機器の修理はメーカー（OYO CORPORATION, “www.oyo.co.jp”）に問い合わせること。

#### ■ 傾斜計センサーのテスト計測

正しい方法で計測したにもかかわらず精度の高いデータが取得できない場合は、傾斜計のセンサーに不具合が生じている可能性がある。その場合は、室内でテスト計測を行い、傾斜計の状態を確認する。

まず、傾斜計、ケーブル、計測器を正確に接続する。計測器を計測モードにして、計測深度を 2m～3m に設定する。傾斜計を手で左右にゆっくり傾けて、計測器の測定値が変化しているかを確認する。測定値が変化しているのを確認出来たら、傾斜計を固定し、計測（サンプリング）を行う。計測データの保存をして、テスト計測のデータを PC 上で確認する。

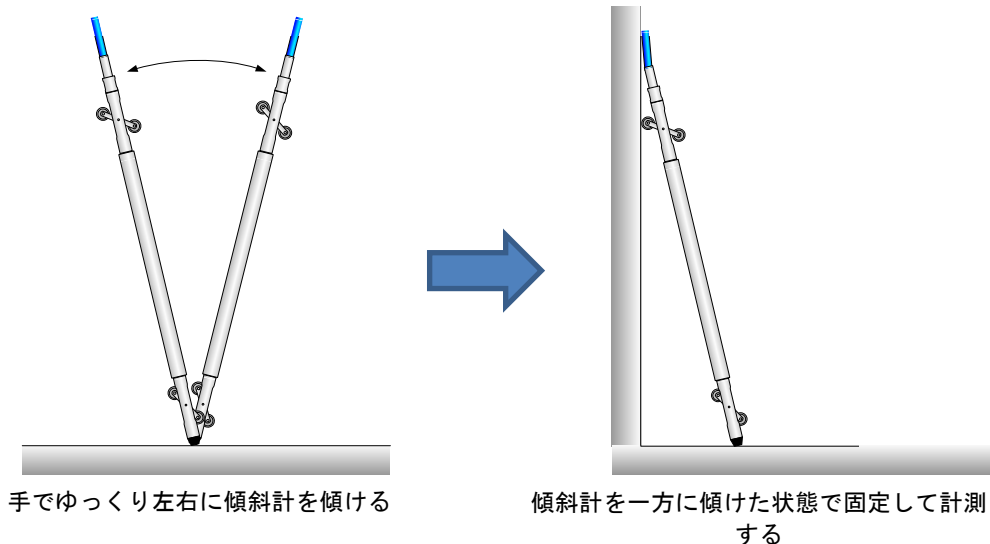


図1.2.22 テスト計測（出典：JCT）

上記のテスト計測の一連の作業において、異常が確認されたら、メーカーに問い合わせ、修理を依頼すること

#### ■ データの保管

傾斜計のデータは紛失しないように、ファイルのバックアップを必ず取ること。傾斜

計でのモニタリングは過去の計測データと比較することで、地すべり解析に活用することができる。従い、過去の計測データは重要であるが、紛失してしまうと二度と取得することができない。

解析用のPCのハードディスクだけでなく、外付けのハードディスクなどにこれまでのモニタリングデータを保存しておくことを強く推奨する。

#### 【参考文献】

独立行政法人土木研究所（2008）：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル（案）

## 1.3 地表面伸縮計

### 1.3.1 モニタリングの目的

地表面伸縮計は、地表面に発生した地すべりによる亀裂や段差を挟む区間の伸縮量を測る計器である。大きい規模の地すべりの場合、地すべりの動き全体をとらえることはできないが、設置された箇所に限っての伸縮量、活動性が計測される。

設置場所が地すべりの変動箇所でない場合は、地すべり地内に設置されていたとしても、変動量が計測されないこともある。その点で、設置場所が適切であること、すなわち変動が起これそうな場所に設置することが重要である。

通常は地すべりの運動方向に沿って、最大の変動量が観測されることが期待される場所に設置される。

また、伸縮計の計測では、変動量も重要ではあるが、変動時期も重要である。地すべり地で降雨量や地下水位が観測されている場合は、雨量や地下水位の観測結果と合わせて、伸縮量の観測結果を分析することにより、変動と降雨量、もしくは地下水位との関連性を確認することができる。地すべりの変動と降雨量や地下水位の変動との関連性が高いことが確認された場合は、この関連性を地すべりの警報に活用することができる。

地表の変動傾向を把握するためには、観測期間に少なくとも1度は雨期をはさみ、なるべく長期間継続してモニタリングを実施することが望ましい。



図1.3.1 Reparto 地区に設置されている地表面伸縮計 (出典：JCT)

### 1.3.2 乾期(静穏期)の点検方法

現在、EL Berrinche地区とEl Reparto地区に設置されている地表面伸縮計により変動量のモニタリングは自動で行われているが、現場で収録された計測データを回収する際には、必ず機材の設置状況や収録装置の状態について確認しなければならない。この際の点検項目、点検内容を下表および下図に示す。乾期(静穏期)のモニタリング、機器の点検は原則、ひと月に一回行うことが望ましい。

表1.3.1 地表面伸縮計の点検項目（出典：JCT）

機材の設置状況	点検内容
外見の点検	1 収納箱に破損、亀裂、傾き、小動物の侵入等の変状がないか。
	2 移動杭に破損、傾き、ぐらつき等の変状がないか。
	3 中間の保護管支え杭に破損、傾き等の変状がないか。
	4 機材の金属部分に腐食がないか。
	5 インバー線に異常はないか。たわみ、さびなどがいないか。インバー線の金属疲労などを考えると通常2年に一度は張替が望ましい。
	6 保護管とインバー線が接触していないか。
	7 保護管が移動杭や収納箱の台に接していないか。
	8 インバー線と接続している本体のワイヤーの伸縮幅に余裕があるか。接続リングが保護管口と本体の中間位置にあるか。収縮場では、リング位置をデータロガーから離し、引っ張り場ではリング位置をデータロガーに近づけることにより、計測領域が大きくなる。
	9 ケーブル類に異常や劣化がないか。
	10 周辺の草木の成長で、保護管に接触していないか。
データ収録装置	1 外観をチェックし、変状、サビ、水もれ、劣化がないか。
	2 本体のワイヤー部分を手でゆっくり引き出し、ゆっくり戻し、計測データが追従するか。
	3 表示部分に異常がないか。
	4 外部電源端子にサビ、ごみ等がないか。
	5 電池が「メイン」で、残量が2.8V以上か。
	6 「メイン」電池をはずし、「サブ」電池に切り替わるか。
	7 電池が「サブ」になっている時は、「サブ」の電池を「メイン」の位置に、新しい電池を「サブ」の位置にはめる。
	8 表示の動作が正しいか（時間・数値のデータ、グラフの変化）

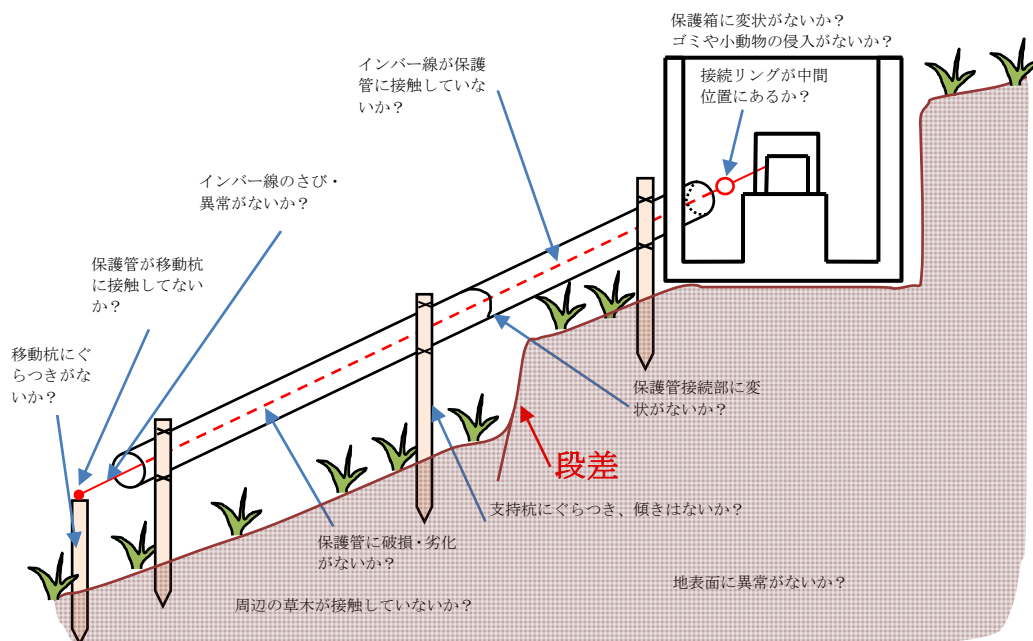


図1.3.2 地表面伸縮計の現地チェック箇所（出典：JCT）





データ収録装置とインバー線の点検



移動杭の点検



保護管が移動杭に当たっている  
(日変動の原因となる)



保護管が曲がっている

図1.3.3 地表面伸縮計の点検状況 (出典：JCT)

データの回収および転送はマニュアルにそって行う。モニターに表示視されている計測数値そのものから異常を見出すことは難しいが、モニターに経時変化図を表示させ、変動状況を確認する。さらに、データをPCに取り込み、測定期間中に確認された変動データが地すべりによる変動かまたは地すべり以外の要因による異常かを検討する。地すべりが動いていないにもかかわらず、急激かつ一時的な変動を示す場合は異常データの場合が多く、その多くは人間のいたずら、家畜などの動物の接触、風で飛んできたものの接触などが原因と考えられる。これらの変動は一時的に大きな変位を示し、従来の地すべり変動の傾向とは大きく異なるため、比較的容易に判定することができる。変動周期を見ることによって、異常データの原因を判定することもできる。日変化の場合、保護管とインバー線が接触している等の設置状況に問題がある場合が多い(図1.3.4)。

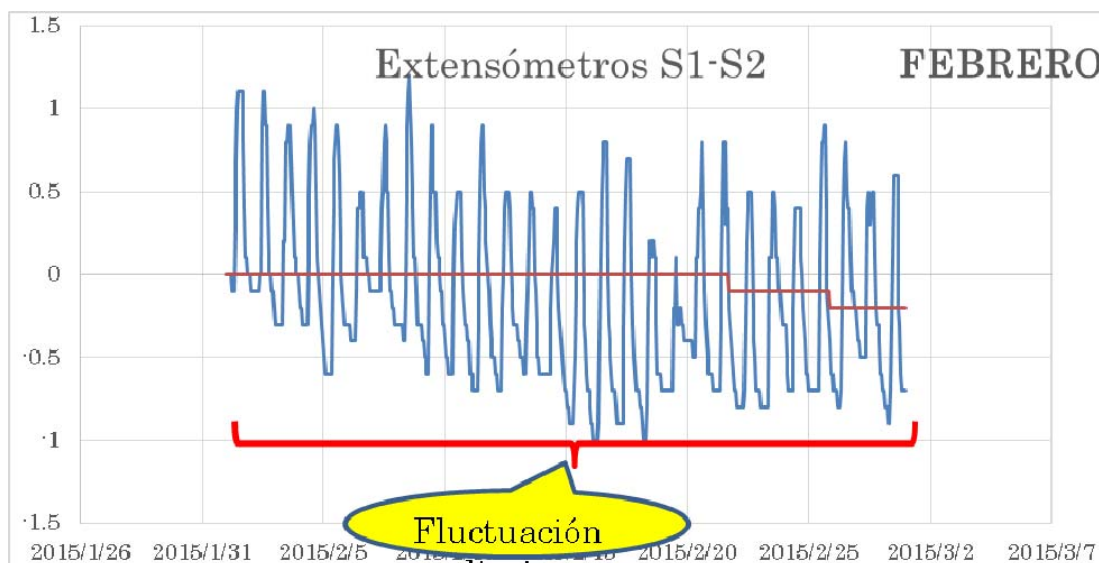


図1.3.4 伸縮計記録の異常の例（日変化をとらえている）（出典：JCT）

データの記録は自動的に行われるが、データ量がいっぱいになると、自動的に古いデータを消して、新しいデータを追加していくように設定されている。El BerrincheやEl Repartoに設置されている機材（SLG-30E）に内蔵されて記録装置では、一時間ごとのデータでは317日分、1分ごとデータの場合、10日分が蓄積できるようになっている。

使用中の伸縮計を別の箇所に移設する場合は、記録されているデータを完全に消去しなければならない。その際は、「Erasing data」を選択し、指示に従って記録されているデータをクリアする。それまでの記録されているデータは、クリアする前に外部のPC等に保存しておくこと。

### 1.3.3 雨期(変動時)の点検方法

降雨量が増加する時期や地すべり活動が活発化した時は乾期（静穏期）での対応とは異なり、緊急対応でモニタリングする必要がある。乾期（静穏期）にデータの取得、モニタリング機器の点検を行っている場合、雨期などの変動時にはその頻度を増やす必要がある。雨期（変動期）、特に雨量が増加してきた場合には原則週一回の点検が望ましい。特に、雨量が増加してきた場合や地すべり被害が報告された場合は、インバー線のチェック、一日一回のデータ取得をする。取得したデータから地すべりの危険性、活動性を判断する際、複数の伸縮計が設置されている場合は、それら複数のモニタリングデータから活動範囲、活動の速度から地すべりの活動性を判断する。

表1.3.2 地表面伸縮計での測定値と地すべり活動性（出典：地すべりガイドライン）

活動性	日変位量 (mm/日)	累積変位量 (mm/月)	周囲の動き
活発（危険な状態）	1mm以上	10mm以上	複数の地盤伸縮計で活発な動きが観測され、地表変動が著しい。
緩慢な活動（やや危険）	0.1-1mm	2-10mm	複数の地盤伸縮計で動きが観測さ



活動性	日変位量 (mm/日)	累積変位量 (mm/月)	周囲の動き
な状態)			れ、地表変動が各所で見られる。
わずかな活動（要注意）	0.02-0.1mm	0.5-2mm	一部の伸縮計に変化が見られる。 地表変動は局所的で緩慢である。
活動がごくわずか	0.02mm以下 - わずかな動き	0.5mm以下 - わずかな動き	わずかな動き（小亀裂など）が散 漫に見られる。

活動が激しくなった場合は、地盤伸縮計の設備そのものが破壊されることがある。その際は、安全を確認したうえで、データ収録装置部分を撤去する。

## 1.4 地下水位計

### 1.4.1 モニタリングの目的

地下水位の上昇は、地すべり活動の誘因のうちの一つである。一般的には降雨により地下水位が上昇することで、地すべりが不安定な状態になることが多い。地下水位が上昇するとすべり面のせん断抵抗力が低くなり、地すべりが活動しやすくなる。

地下水位の観測は、斜面の安定性や対策工を検討するうえでの基礎資料を得ることに役立つ。また、集水井を設置している地すべり地では、集水井への流入量の変化と地下水位の関係を見ることで集水井の効果を確認することができる。地下水位の観測は地すべり対策の施工前、施工中だけでなく施工後も重要である。

このように、斜面の安定性や対策工の効果を評価するために、地下水位の計測が行われる。テグシガルパ市の地すべり地では、水圧式自動計測による地下水位観測と手動接触式の水位観測が行われている。それらの観測機器の維持管理について解説する。

### 1.4.2 手動地下水位観測方法

手動接触式の水位観測は目盛りのついた計測ケーブルの先に、電気接点を設け、その電気接点が水面に達した時に通電し、ブザーがなるものである。構造的には単純なもので、電気接点を常にきれいにしておくこと、測定前に電池のチェックを行うことが必要である。地下水位は地表面からの深さであるため、観測孔の立ち上がり管の高さを差し引かなければならない。

自動計測とは異なり、実際に計測した時しか観測データが得られないため、特に問題になる地すべり地では、できるだけ高い頻度で観測することが望ましい。



目盛り付きケーブルとセンサー部分



センサーを観測孔内に慎重に下ろす



接触時（ブザーがなった時）は上げ下げを繰り返して、接点位置を複数回確認する。

観測孔の立ち上がり管の高さを差し引く

図1.4.1 手動接触式の水位観測（出典：JCT）

### 1.4.3 水圧式自動地下水位観測計

水圧式の自動（自記式）水位計では、地下水位観測孔の孔底に近い深度に水圧センサーが設置される。センサーは設定された記録間隔で、地下水位変動によるセンサー設置位置での水圧の変化を計測し、計測した水圧を地下水位に換算して内部メモリに記録している。

ここでは、El Repartoに設置されているOSASI・TECNOS社製NetLG-001Eの水位データ集録装置を念頭に、機器の点検・メンテナンス方法を解説する。

表1.4.1 水圧式の自動（自記式）水位計の点検項目（出典：JCT）

機材の設置状況	点検内容
外見の点検	1 収納箱に破損、亀裂、傾き、小動物の侵入等の変状がないか。
	2 観測孔の立ち上がり管の変状がないか。
	3 観測孔へ地表からの水の流入がないか。
	4 ケーブル類に異常や劣化がないか。
	5 乾燥剤が赤色になっていないか。赤色になっていた場合は、新たなものに交換、もしくは電子レンジ等で乾燥させる。
	6 空気開放パイプが折れや詰りがいないか。
	7 孔底での泥の堆積がないか。センサーが作動していない時はセンサーが泥などの堆積物の中に埋まっている可能性がある。その場合はセンサーの設置深度を引き上げ、泥などの堆積物より上位に設置し直す。
データ収録装置	1 外観をチェックし、変状、サビ、水もれ、劣化がないか。
	2 メモリ部分に異常がないか。
	3 外部電源端子にサビ、ごみ等がないか。
	4 電池が「メイン」で、残量が2.8V以上か。
	5 「メイン」電池をはずし、「サブ」電池に切り替わるか。
	6 電池が「サブ」になっている時は、「サブ」の電池を「メイン」の位置に、新しい電池を「サブ」の位置にはめる。



取得したデータは内部メモリに蓄積記録される。蓄積されるデータは現在から過去に向かって蓄積され、一定量になると古いデータから消去されていく。また、リチウム電池の寿命も記録間隔によって変化する。電池寿命が切れると追加の記録はなされなくなる。一度、蓄積記録されたデータは電源が切れても消失することはない。

表1.4.2 NetLG-001Eによる水位の記録間隔と水位最大蓄積期間とリチウム電池寿命

記録（観測）間隔	水位最大蓄積日数・年数	1個の電池寿命（稼働日数）
10秒	3.5日	9.2日
1分	21日	49.5日
1時間	3.4年	341日
12時間	41.7年	375日
24時間	83.5年	377日

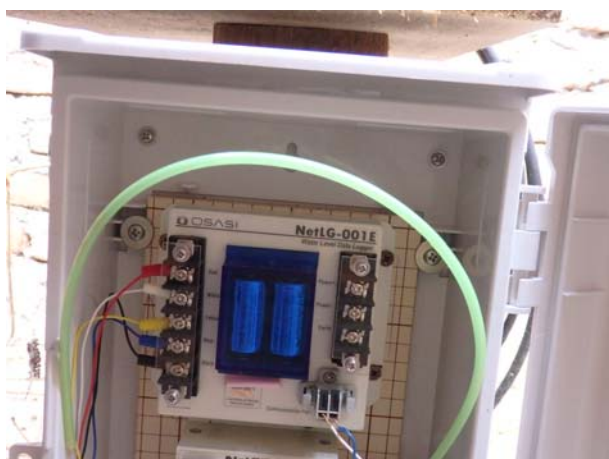
OSASI・TECNOS社資料より



計器保護施設



収録装置とケーブル



収録装置内部  
 空気開放パイプに折れや詰りがいいか。



乾燥剤が赤色になっていないか。  
 赤色になっていた場合は、新たなものに交換か電子レンジ等で乾燥させる。



ストレーナー

水圧センサー部分

図1.4.2 水圧式自動（自記式）水位計の観測（出典：JCT）

#### 1.4.4 雨期（変動時）の点検方法

雨量が増加する時期や地すべり活動が活発化した時は乾期（静穏期）とは異なり、緊急対応で地下水位のモニタリングする必要がある。地下水位および地下水位変動量から地すべりの危険度を判定する汎用的な基準はないが、過去の観測記録と比較して、地下水位と地すべり変動に関連性がある場合は、地すべりが活発化した際の地下水位が危険度を判定する一つの基準となりえる。また、地下水位が急激に上昇した時は、地すべりが不安定化する恐れがあり、記録（観測）間隔を短くし、データの取得頻度を増やすことで現地状況変化の把握に努める必要がある。過去に地すべり活動の実績がない場合は、これまでの地下水位記録から、地下水位の最浅深度、最深深度を求め、過去最浅地下水位を地すべりの警戒地下水位とすることもできる。

また、地下水位が高いにも関わらず、集水井への流入量が少ない場合は、集水井内の排水管のストレーナーが目詰まりを起こしている可能性もある。その場合は、排水管の洗浄を行うなどの対応を行う。

## 1.5 雨量計

ホンジュラス国では、日本からの供与機材の一つである自記雨量計が地すべり地区に設置されており、降雨量データが計測され蓄積されている。



図1.5.1 Reparto 地区に設置されている雨量計（出典：JCT）

### 1.5.1 設置目的

地すべりの活動と地下水変動は密接な関係があるが、ホンジュラス国において地下水変動をリアルタイムで計測することは現状では困難であるため、地下水の供給源であり地下水位の変動に大きく影響を与える「降雨量」を観測する。雨量計により現地における降雨量を測定し、地下水位の変動との相関、地すべり活動との相関をみることを目的とする。また、雨量と他の観測機器との相関性の有無を確認しておくことも重要である。

さらに、どの程度の降雨で地すべりの危険度が変化するか、予め把握しておくことにより、現場に適した早期警戒・避難の警戒基準値を定めることが可能となる。



## 1.5.2 設置方法

雨量計の設置は、建物や樹木などの障害物がなく、風の影響の少ない平坦な場所を選定する。理想としては周辺の障害物の高さの 4 倍以上離れた場所とする。また地面からの雨の跳ね返りが入らないように、周りに植生などを植栽するか、受水口を一段高いところに置くこととするが、受水口が高すぎると風による誤差が大きくなることに注意する。具体的には設置面から 50cm～150cm 程度の高さがよい。コンクリート等で雨量計の基礎台を作り、ボルト等により雨量計を水平になるように固定する必要がある。

また、盗難やいたずら、動物等の接触を防ぐ目的で、周辺に柵等を設けることが必要である。ただし、上空からの降雨を正確に測定できるように、上側部分には人工物を設置しないようにする。もしくは、信頼の置ける人物宅の敷地内（庭等）に設置させてもらうなど、盗難に十分配慮した設置が必要不可欠である。



図1.5.2 雨量計設置の例（出典:JCT）

## 1.5.3 データ取得方法と整理・表示方法

降雨量のデータは、機器により自動記録されているため、一定期間毎にデータを回収する必要がある。平常時では月に 1～2 回程度のデータ回収が良いが、雨季や連続的な降雨の場合は回収頻度を必要に応じて増やして、週 1 回程度とすることも必要である。また集中豪雨の場合は、降雨中や降雨直後にデータ回収を行い、地すべりへの影響を即時に検討することが望ましい。

蓄積された降雨データと地すべり活動との相関性を基に早期警戒・避難のための管理基準値を設定した場合は、基準値に達成したかを頻繁に確認する必要がある（1 日数回程度）。

測定した降雨量のデータは、mm 単位を用い、日雨量に集計して棒グラフで表現する。必要に応じて時間雨量や累積雨量なども集計し表記する。またこのとき、他のモニタリング機器により計測された地すべり移動量や地下水位の変動図を併記すると、それぞれの相関が視覚的に分かりやすくなる。

なお取得したデータは、複数のパソコンやサーバーに分散して保管し、必ずバックア

ップを取る。

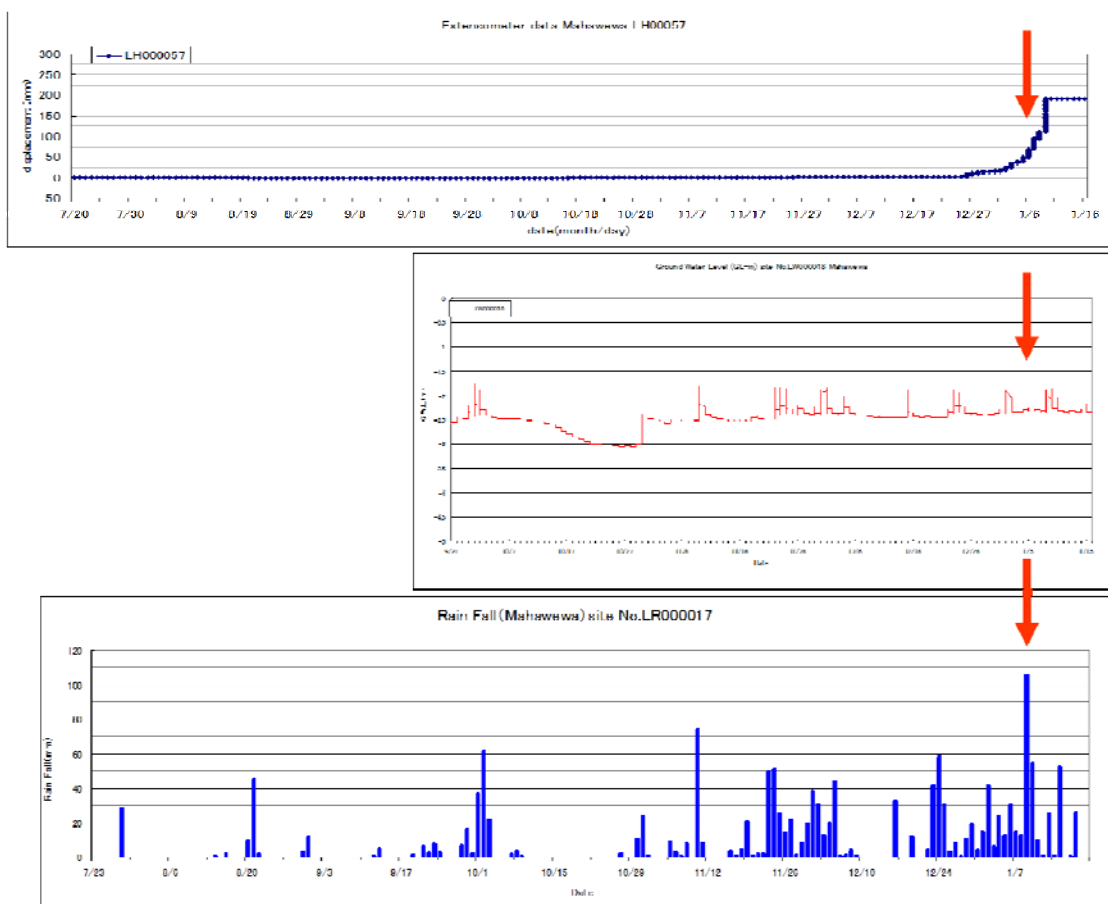


図1.5.3 降雨量(下段)、地下水(中段)、地すべり変動(上段)のグラフ表示の例 (出典:JCT)

ソフトウェアを使用して降雨量をグラフで表記する場合は、縦軸（日雨量 mm）を自動設定とすると、わずかな降雨量でも棒グラフが最大値として表示される、表示されるたびにグラフの縦軸最大値が変更されてしまうことから同じ値でもグラフ形状が毎回異なる等の問題が発生することから、縦軸は年間最大日雨量が最大値となるように、予め手動設定しておく。具体的には、50mm～150mm 程度が望ましい。

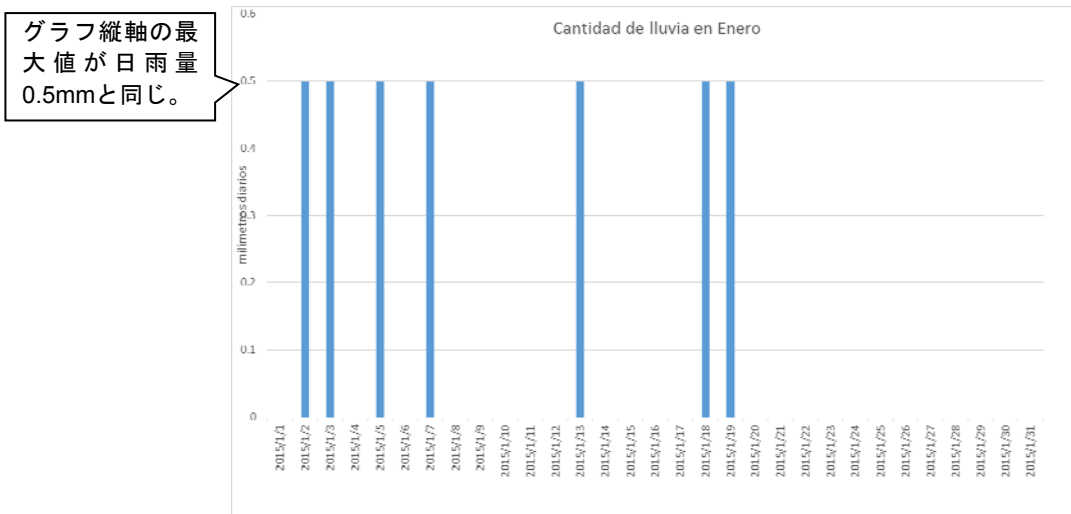


図1.5.4 縦軸(日雨量 mm)自動設定の例 (出典:JCT)



## 1.5.4 計器の維持管理

雨量計の維持管理は以下の項目を実施する。

### a. 受水口の清掃

受水口のつまりや汚れを定期的（年に 2 回程度）に点検し、受水口の落ち葉やほこりを除去する。

### b. 転倒マスの清掃

転倒マスの汚れを定期的（年に 2 回程度）に点検し、汚れていた場合、シリコン製布などでふき取る。

### c. 電気配線の確認

電気配線の緩みや錆を定期的（年に 1 回程度）に点検し、接触不良の有無を確認する。接触不良が発生していた場合、緩み部分の締め直しや部品交換を行う。

### d. 周辺の計測環境の維持

計器の上方に木の枝や障害物等があり、降雨が自然の状態では計器に届かないと判断した場合、樹木の剪定や障害物除去を行う。

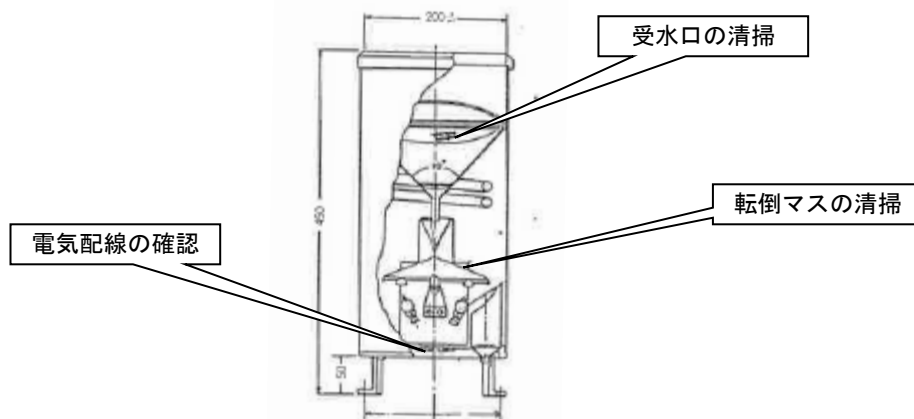


図1.5.5 計器の維持管理（出典：JCT）

また降雨がないにも関わらず雨量計に変化が見られたりする場合や、逆に降雨があったにも関わらず計測結果に変化がなかった場合、体感された降雨量と著しく異なる場合には、計器の故障か設置地点に不都合が生じていると判断する。

下表に、雨量計の維持管理時の点検に用いられるチェックシートを示す。

表1.5.1 雨量計の点検チェックシート（出典：(株)オサシテクノス雨量計 NetLG-201 点検表を変更）

項目	点検内容	判定	備考
転倒マス 設置状況	・ 転倒マス本体に腐食や破損がなく水平に設置されていること		
	・ 転倒マス上空の見通し45°が確保されていること		
	・ 内部の漏斗部にゴミ等、堆積物が無いこと		
	・ 転倒マス軸受部に歪み・引っかかり等無く、スムーズに動くこと		
	・ 信号ケーブルにキズや断線の無いこと		
データ 集録装置	・ 外観、形状に錆び・ヘコミ・ヒビ割れ・水濡れの形跡のないこと		
	・ 外部電源接続端子台に錆びのないこと		
	・ 通信ポートコネクタに錆びや水濡れの形跡のないこと		
	・ 通信ポートコネクタの接続ケーブル状態の確認（抜け、断線等）		
	・ 電池残量の確認（メイン電池が2.8V以上）		
	・ メイン電池からサブ電池に切り替わることを確認（メイン電池を外す）		
・ 電池ホルダーに錆びや水濡れの形跡のないこと			
データ 入力確認	・ 転倒マスを意図的に転倒させ、データ入力状況の確認を行う		

## 1.6 クラック計測

### 1.6.1 地表面クラック計測

亀裂を挟んでその両側に木杭を打ち込み、これに板を渡した変位板を設置し、のこぎりで切りこんだ切れ目の拡大、縮小量を計測するものである。これは安価なものであり、設置が簡単にできるので、設置数を多くして、地すべりクラックの開き幅の変位量を測定することが望ましい。前述の機械式の地表面伸縮計に比べ、計測精度は落ちるが、大まかな地すべりの活動と移動量は十分計測できる。

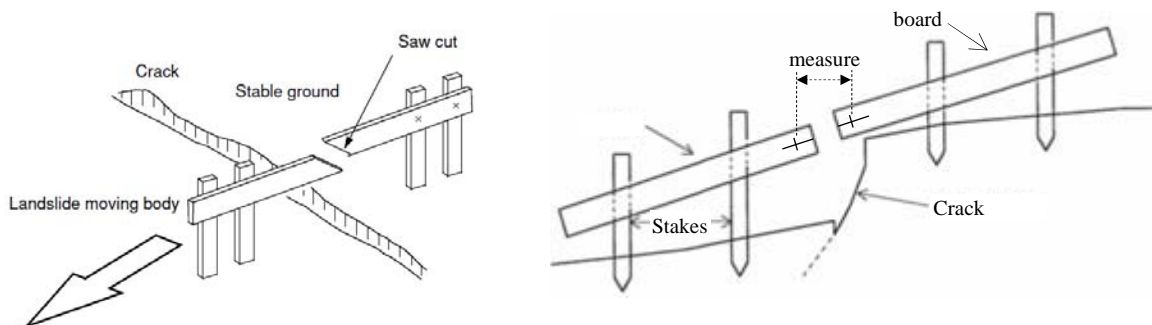


図1.6.1 移動杭による亀裂計測 (出典：JCT)



図1.6.2 移動杭の設置例 (出典：JCT)

この計測装置による計測は頻繁になされなければならない。活動的な地すべりでは、週に一回程度の計測頻度が望ましい。計測装置は人目に触れやすいため、いたずら等がなされやすい。また、材料が木であるため、腐ったり、燃されたりする可能性がある。そうした場合は、再設置か場所の移転等の対応が必要である。

### 1.6.2 構造物のクラック計測

地すべり地では、建物の床や壁、塀、道路面などに亀裂がしばしば発生する。その際、そのクラックの広がりや伸長を測ることにより、地すべりの活動性を診断・評価することができる。建物の床や道路面に亀裂が発生した場合は、亀裂の箇所をマークして、そのマークした箇所の広がりを一定の頻度で計測する。また、亀裂の先端をマークして、亀裂の伸び方を計測する。建物の壁や塀、擁壁などに亀裂が発生した場合は、図 1.6.3 の

ようにメジャーとなるものを直接貼り付けての計測も可能である。

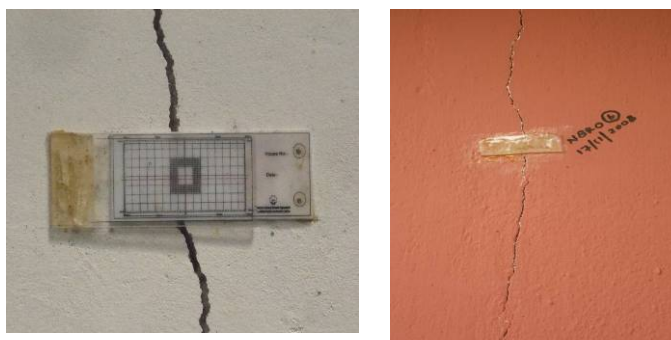


図1.6.3 移動杭の設置例 (スリランカNBROの事例) (出典：JCT)



図1.6.4 道路面や塀でのクラック計測 (出典：JCT)



## 1.7 パイプひずみ計

パイプひずみ計は、地すべり発生地点に埋設して、パイプの変形によって生ずるひずみ変動を電氣的に検出し、地すべり面の位置（深度）や地すべりの活動状況を測定する計測器である。高い感度を誇り、地すべりの微小な変動を検出できるのが特徴である。また、他の計測機器に比べ低コストであり、多くのボーリング孔を必要とする場合の計測手段としても有効である。



図1.7.1 パイプひずみ計の設置（左）とひずみ計（右）（出典：JCT）

### 1.7.1 設置目的

パイプひずみ計は、ボーリング孔内に砂詰めなどによって固定したパイプのたわみを、パイプに貼り付けたひずみゲージによって電気信号として検出し、すべり面の位置を判定する。このひずみの進展状況により、地すべりの活動状況を推定する。

一般的には、地すべり方向に平行する地すべりブロックの中心線上に数箇所設置したボーリング孔にパイプひずみ計を埋設する。埋設した各孔のひずみ（曲がり）の最も大きい深度を結べば、すべり面の位置（深度）と全体の形状を知ることができる。またその性質から、複数の地すべり面が存在する場合においても、それぞれのすべり面の変動を検出することも可能である。

### 1.7.2 計測原理と構造

ボーリング孔に挿入、固定した塩化ビニル製（PVC）パイプの柔軟性を利用し、地すべりの活動によってパイプに生じるたわみ（曲がり）をパイプに貼り付けたひずみゲージによって検知することにより、地盤の動きをとらえる。

一般的なパイプひずみ計の構造は、PVCパイプに表裏2枚（2ゲージ）のひずみゲージを貼り付け、そこから地上に向け電気ケーブルを伸ばしてある（1方向2ゲージ法）。ひずみゲージを貼り付けた箇所念入りな防水加工を施し、地下水などの浸入を防ぐとともに、十分な絶縁性も確保されている。地すべり滑動の初期段階で移動方向が明らかでない場合は、方向を90度変えた2対のひずみゲージを貼付し、ひずみ量のベクトル合

成により地すべり方向を調べる方法もある（2方向4ゲージ法）。

地すべりの活動によりパイプに外部から力が加わると、パイプが曲がる（一面が縮み、その反対側が伸びる）。パイプひずみ計はこの曲げによってひずみゲージに生ずる微小な電気抵抗の変化をひずみ測定器によって測定し、ひずみ量に換算してひずみ値として出力する。このとき、片側に圧縮、反対側に伸びのひずみを発生するため、出力は2倍となる。

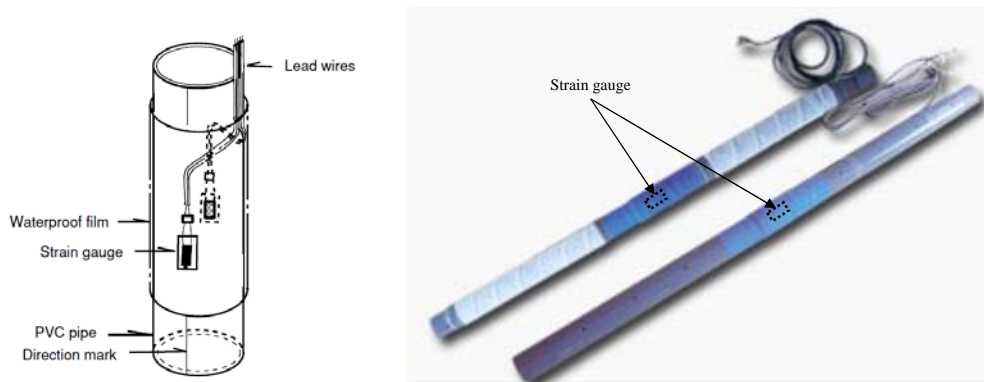


図1.7.2 パイプひずみ計の状況（出典：JCT）

パイプひずみ計は非常に高感度で、わずかな地中の変動をも検出することができる。具体的には、パイプを軽く押し曲げたときに  $1,000 \times 10^{-6}$  程度を示すほど高感度であり、厳密な測定範囲は  $5,000 \times 10^{-6} \sim 6,000 \times 10^{-6}$  程度とされているが、計測器によっては  $10,000 \times 10^{-6}$  以上の実用測定範囲がある。ただし、大きな移動量（数 cm 以降）の測定はできない。

### 1.7.3 設置方法

設置にあたっての留意点は以下のとおりである。

- パイプひずみ計の設置孔は、地すべりブロックの主測線上に、少なくとも3孔以上とし、すべり面の形状が把握できるように配置する。
- パイプひずみ計は、基盤岩中に十分に根入れするように設置する。一般に根入れ深さは3～5mとされているが、予期しないすべり面が発生していることもあるため、少なくとも1孔は基盤岩内を10m程度以上掘削して設置することが望ましい。
- 一般に、ひずみゲージの設置間隔は1mとする。予めすべり面と推定される区間の2～4m程度は0.5m間隔にひずみ計を設置する必要がある。ひずみゲージの間隔が広すぎるとすべり面を把握できない恐れがある。
- 計測深度は標準で30m程度が限界である。調査深度が深くなればその分のひずみ計の点数とコード本数が増えるため、ボーリング孔への挿入が困難となり、また、パイプの埋め戻しも不確実になる。さらにパイプ自身の自重で下部のパイプにたわみが生じることがある。

具体的な挿入方法を以下に示す。

**a. 挿入**

ボーリング孔掘削後、ボーリング孔にパイプひずみ計をつなぎ合わせながら挿入する。その際に地すべりの移動方向に合わせて、ゲージ方向がずれないように注意する。

**b. 埋め戻し**

パイプとボーリング孔壁との間の空隙を入念に埋め戻し固定する。砂等で埋め戻すこととなるが、一般的に砂よりもセメントミルクのグラウトによって固定するほうが隙間の充填がより完全になり、よいデータが得られる傾向がある。

パイプの埋め戻しが不完全であると、ひずみのピークがすべり面から大きく離れた位置に生じたり、すべり面でない深度にひずみが生じたりすることがあり、すべり面の判定を誤りやすい。

**c. 初期値取得**

ひずみ計を設置したら、ひずみ計番号、設置深度、設置年月日を明示し、コードを順序良く整理して保護箱に収納する。一般的に孔の状態が落ち着くまで 7 日程度かかるといわれており、孔が落ち着いた後に初期値を測定する。

#### 1.7.4 測定方法とデータ整理

パイプひずみ計データのデータ取得は、専用ソフトウェアをインストールしたノートパソコンと、地表部分に出ているデータロガーを接続することにより行う。

一般的に、活動している地すべりでは測定は 1~3 日間隔で実施し、活動が著しい場合は数日でパイプが変位しすぎて測定不可能となることがあるため、1 日に 2 回程度測定を実施することがある。

測定したデータはひずみ柱状図としてとりまとめる。ひずみ柱状図は横軸を初期値からの変化量（累積ひずみ量）にとり、深部から順に積分した値をプロットする。深度別ひずみ累積図は、横軸に日付、縦軸に累積ひずみ量をとって、深さごとの経時変化図を作成する。この場合、地質柱状図や地下水位図、降雨量などを併記すると分かりやすい。

なお取得したデータは、複数のパソコンやサーバーに分散して保管し、必ずバックアップを取る。

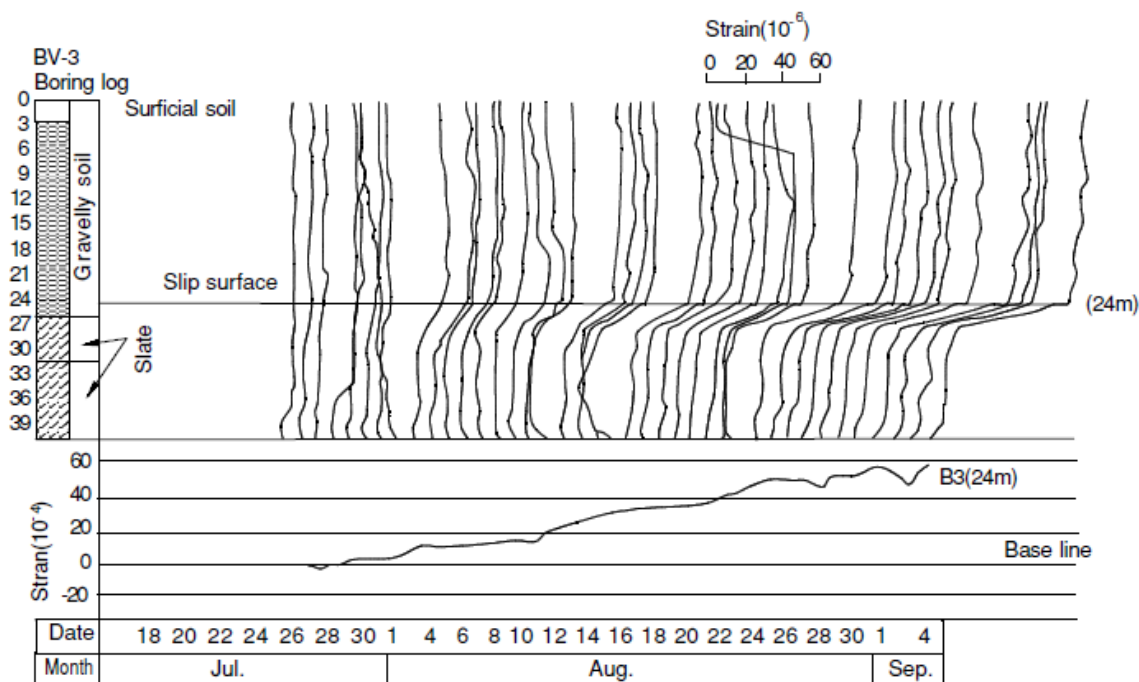


図1.7.3 深度別ひずみ累積図の例 (出典：社団法人地すべり対策技術協会)

### 1.7.5 データ評価と判定

パイプひずみ計を用いたすべり面判定は、深度別ひずみ累積図の分析により行う。下図 (a) に示すようにある一定深度の上下でパイプのひずみが反対方向に変位している場合は、その間にすべり面があると解釈できる。また下図 (b) (c) に示すように特定深度にだけ累積性のひずみが測定された場合にはその深度の近くにすべり面があると判定される。

なお、判定の重要な点は、ひずみに確実な累積性があるかどうかであり、突発的な変位などはすべり面とは考えにくい。また、観測されるひずみの大きさは、すべり面から遠ざかると小さくなる傾向があるため、ゲージ間隔が広い場合はひずみ量が小さくてもすべり面のひずみを検出していることがあるので、ひずみの累積性の有無に着目して判定する必要がある。

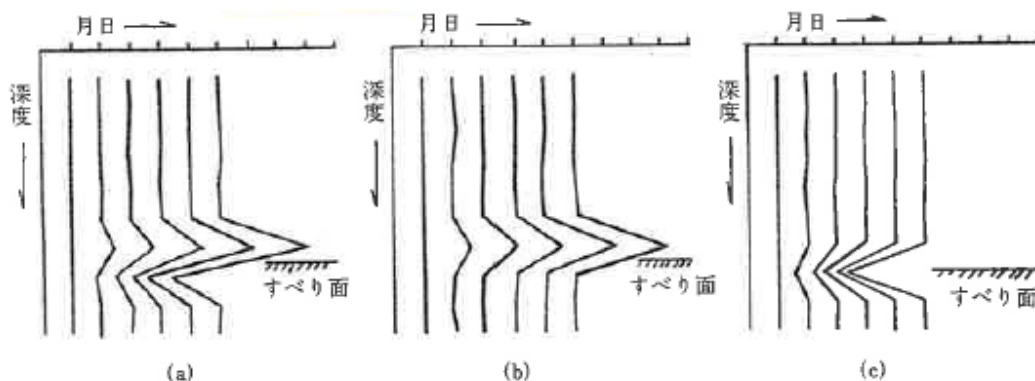


図1.7.4 深度別ひずみ累積図の例 (出典：社団法人地すべり対策技術協会)



すべり面は、挟在した凝灰層や岩盤と土層の境界など、地質的に影響を受けることが多いため、地質調査結果を踏まえて総合的にすべり面を判定する。

パイプひずみ計による地すべり判定に係る一般的な表を以下に示す。

表1.7.1 ひずみ変動種別一覧表（出典：藤原 1979 を一部加筆）

活動レベル	日変動 ( $\mu$ )	累積変動 ( $\mu$ /month)	形態		すべり面の存在	総合判定
			累積傾向	変動形態		
確定	$10^2$ 以上	$5 \times 10^3$ 以上	顕著	累積	あり	確定すべり面
準確定	$10^2$ 以上	$10^3$ 以上	やや顕著	累積	あり	準確定すべり面
潜在	$10^2$ 以下	$10^2$ 以上	ややあり	累積、断続、かく乱、回帰	あり	潜在すべり面
異常	$10^2$ 以上	$10^3$ 以上	なし	断続、かく乱回帰	なし	地すべり以外

### 1.7.6 異常データの解釈

埋め戻しが不十分である場合、パイプがボーリング孔内で固定されずに乱れたデータになる場合がある（下図（a））。深度が深くなるにつれボーリング孔径を変化させていった場合、孔径の変化部分で埋め戻しが不十分となり上述と同様の傾向になる。

設置後長期間が経過すると、防水処理部分の劣化やコード被膜に生じた割れ目からの水の浸入を起因とする絶縁低下が起こり、乱れたデータになる場合がある（下図（a））。このような状態になると、パイプひずみ計の寿命であり、新規でパイプひずみ計を近隣に設置するか、他の計測手段を取る必要がある。

測定器そのものが不調となった場合、指示値が微妙にずれてくることが発生する（下図（b））。この場合は測定器の寿命ないし故障であり、新規の計測器に取り替える必要がある。

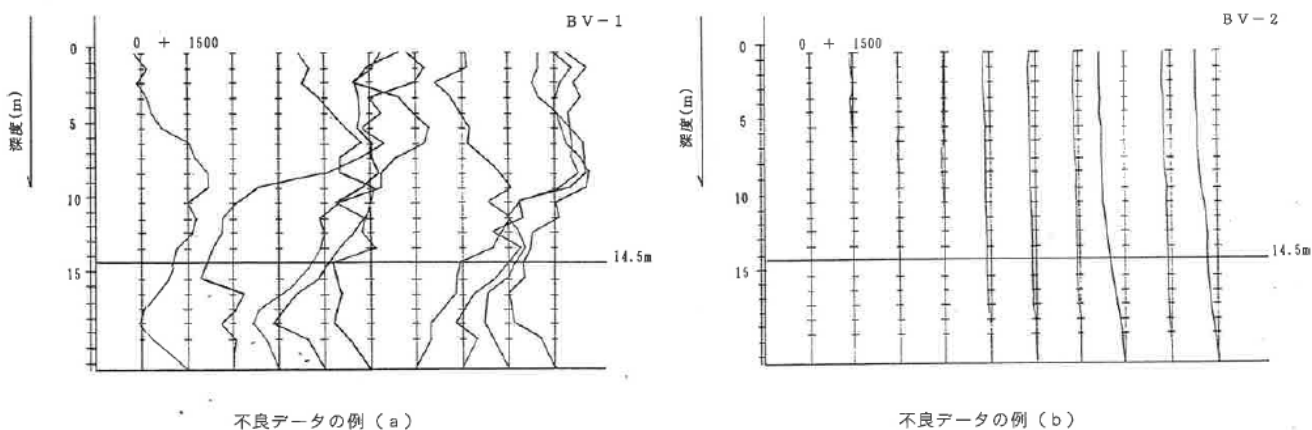


図1.7.5 不良データの例（出典：社団法人地すべり対策技術協会）

### 1.7.7 計器の維持管理

#### a. コード酸化による接触不良

パイプひずみ計は微小な電気抵抗の変化を測定するものであり、接触不良によるデータ異常が発生しやすい。対策としては、測定毎にコード先端を良く磨くとともに、計測器の接触点は常に清浄を保つようにする。また設置前の対策として、コードの芯線をメッキ線にする、二重被覆線を用いることなどである程度は軽減できる。

#### b. コードの断線

パイプひずみ計は地中の湿潤な環境に置かれているため、 $0.3\text{mm}^2$ 程度であるコードは劣化や断線が発生しやすい。またネズミ等にかじられて破損することもある。対策としては、常にデータ異常に留意し異常が認められた場合は断線箇所を探して修理すること、地上部分におけるコードの防護措置を徹底しておくことが挙げられる。ただし、パイプひずみ計の通常の寿命は1～3年程度であり、長期間の測定は困難であることを認識しておく。

#### c. 測定器の不調

先にも述べたとおり、測定器そのものが不調となった場合、指示値が微妙にずれてくることが発生する。そのため、検定用ゲージを予め用意しておき、測定のたびに検定することが望ましい。また測定器に定期点検は年に2回程度実施する。

#### d. 擬似累積

地下水の変動や降雨量に全く無関係に、顕著なひずみの累積が測定されることがある。また、すべり面でない部分でひずみの累積が計測されることがある。これらは、ひずみゲージの故障の可能性が高く、防水処理が不十分であるときに発生する。対策としては、周囲の地表面変状の有無を調べるとともに、周辺のひずみ測定孔のひずみ変動と照合し確認する。

#### 【引用文献】

社団法人地すべり対策技術協会（2012）：地すべり観測便覧、pp.141-144

藤原明敏（1979）：地すべりの解析と防止対策，理工図書，p.17.

## 2 対策工編

### 2.1 概論

地すべり防止施設は、永久構造物と考えるべきではない。現場の環境の変化により設計時に想定された効果が軽減する、もしくは施設自体の老朽化により想定された効果を得られなくなる場合があるからである。したがって、地すべり防止施設には、定期的な維持管理が必要である。

テグシガルパ市では、Berrinche地区とReparto地区に地すべり防止施設が施工されている。現在モニタリングの結果から、これらの地すべりは比較的安定していると判断される。しかしながら、今後維持管理を怠ることで防止施設の効果が弱まり、対象地すべりが再度活発化することも否定できない。また、切土や盛土などの斜面が不安定化することにより、地域住民の生活に影響を及ぼすことも考えられる。

地すべり防止施設には多種あるが、本マニュアルでは実際にBerrinche地区とReparto地区において施工されている地すべり防止施設に関する維持管理の方法および効果の判定手法について述べる。

表2.1.1 テグシガルパ市で施工されている地すべり防止施設一覧(出典:JCT)

El Berrinche地区	El Reparto地区
表面排水路工	表面排水路工
集水井(地下水排除工)	集水井(地下水排除工)
横ボーリング工(地下水排除工)	頭部排土工
頭部排土工	押え盛土工
押え盛土工	

地すべり防止施設の維持管理は、定期的に見視およびモニタリング計器などで状態を確認し、変状や問題が確認された場合には早急に対応することが重要である。これらの施設が適切に機能することにより、対象となる地すべりの活動が停止もしくは軽減されているため、施設に問題が発生した場合、地すべりが不安定な状態になっている恐れがある。このような状況と降雨などが重なった場合、再度地すべりが活動することも考えられる。従って、基本的に地すべり防止施設は施工後にメンテナンスフリーとなることはなく、常に維持管理を行い、地すべりの動きをコントロールする上でも、モニタリングと同様に重要な作業となる。

## 2.2 表面排水路工

### 2.2.1 施設の目的

表面排水路工は、地すべり地域内の表流水や、地下水排除工などにより地表面に排出された水を地すべり地外に適切に排出するために施工される。表面排水路工が十分に機能しない場合、表流水が地すべり地内に浸透し、地すべり活動を増長させる場合がある。構造はシンプルではあるが、地すべり防止施設として、重要な役割を担っている。

排水路工の1種として、明暗渠工がある。この排水路工は、表面排水路工の下部に集水管や防水シートを併用したもので、表面からの流水だけでなくごく浅い地下水も集水し、地すべり地外に排出することを目的としている。

明暗渠工かどうかは、水路の下流側に暗渠の排水孔の有無により判断できるが、施工範囲については設計・施工図面などで確認する必要がある。



表面排水路工



明暗渠工

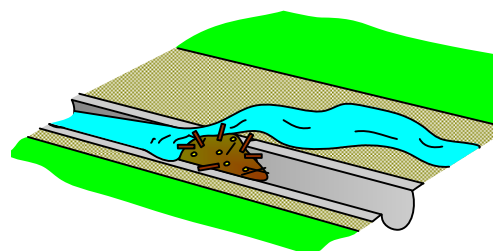
図2.2.1 表面排水路工と明暗渠工（出典：JCT）

### 2.2.2 通常時の維持管理方法

表面排水路工の通常時のメンテナンスとして、1) 排水路内の清掃、2) 変状の修復が主な作業になる。これらは定期的に点検を行い、点検結果から必要に応じて上記作業を実施する。

#### <排水路内の清掃>

表面排水路は地表面の表流水が流入する際に、周囲の土砂も同時に流入することが多い。これらの土砂も水と共に流下することもあるが、比較的粒径の大きいものなどは水路内に堆積する。これらの堆積した土砂が水路内に廃棄されたゴミ等と共に水路内の流下を妨げ、状況によっては水が水路からオーバーフローし、地すべり地内に浸透することがある。



（出典：JCT）

この状況を回避すべく、水路内の土砂やゴミは定期的に除去し、特に大量の水が流下する雨期前には特に実施するべきである。また、水路周辺に繁茂する植生などの発育により水路に変状をきたす場合もあるため、水路周辺の植生除去なども併せて行う。

一定区間に設置された集水枡にたまった土砂も同様に除去を行う。

#### <変状の補修>

表面排水路工は、当施設の性格上、排水路内にクラックなどの隙間が発生した場合、従来の効果は期待できなくなる。特に水路の打ち継ぎ目などに発生しやすいクラックや段差に対して、早急に補修を行う必要がある。

この変状が起こる原因としては、以下のものが考えられる。

- 地すべり活動
- 洗掘や人工地形改変などによるごく地表面の変化

地すべり活動が原因で表面排水路に損傷が発生している場合は、できるだけ早く地すべり対策を実施することが必要である。その間もできるだけ損傷の補修は行う必要がある。一方で、洗掘や人工地形改変による表面の変化が原因である場合は、洗掘させる流水の適切な処理を行う。人工地形改変が原因の場合は、一時的な変状である場合もあるため、補修後も変状が続くかを定期的に確認するべきである。

明暗渠工の場合は、表面排水路だけの損傷であれば、損傷箇所から地下に浸透した地下水を地表面に排水させることが期待できる。

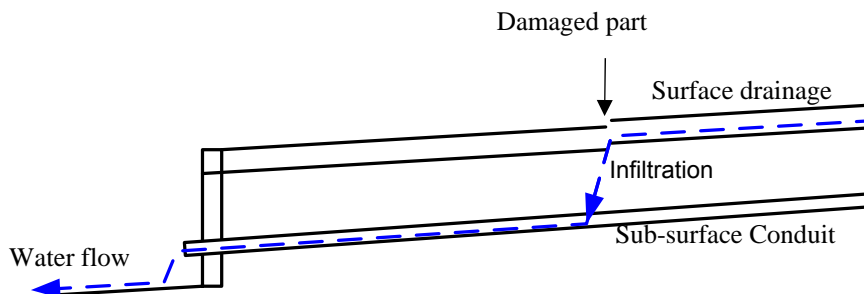


図2.2.2 明暗渠工における表面排水路の破損箇所からの流入水の排水経路（出典：JCT）

しかしながら、この変状が地すべり活動に起因するものである場合、地下の集水管や防水シートも同様に損傷している可能性がある。明暗渠工において、表面排水路が損傷し、損傷箇所からの地下への流入が確認されるにもかかわらず、暗渠からの排水が見られない場合は、暗渠および防水シートも損傷を受けている可能性がある。原因がいずれにせよ、表面排水路に発生した変状・損傷は、早急に補修しなければならない。

### 2.2.3 定期点検の実施

地すべり防止施設の維持管理をする上で、定期点検は必須の作業である。点検の頻度は通常は月に1度程度で実施する。地すべり活動が活発になる雨期には頻度を増やし、月に2度もしくは地すべり活動が確認された場合は、その状況に応じて頻度を増やすことが望ましい。

点検の目的は、表面排水路が適切に機能しているかを確認し、問題となる箇所を早期に発見することにある。これは地すべり活動を早期に検知する意味もある。従って、水路内に流下する水の流れが妨げられていないか、適切に地すべり地外に排水されているかが主な着目点となる。具体的な着目点は以下のとおりである。

- 表流水が排水路に流入する妨げ（障害）はないか
- 水路内に障害物がないか
- 流入水量に対して水路断面は十分か（水がオーバーフローすることはあるか）
- 水路内に水が地下に浸透してしまうようなクラックはないか
  - （ある場合）どの位置の水路か？
  - （ある場合）水路のどの位置か
  - （ある場合）クラックの幅はどの程度か
  - （ある場合）クラックは新しいものか
  - （ある場合）クラックに沿った変位はあるか
  - （ある場合）変位の方向は？
  - （ある場合）割れ目から湧水が認められるか
  - （ある場合）地表にも連続するクラックは確認されるか
  - （ある場合）想定されるクラック発生の原因は？
  - （ある場合）補修方法と数量の確認
- 明暗渠の場合、暗渠からも排水が認められるか

これらの着目点を現地にて確認し、その結果を記載した点検票を作成する。点検票は同一フォーマットとし、点検の毎に作成する。作成された点検票はファイリングし、過去の点検結果が容易に参照できるように保管する。提案する点検票フォーマットを本マニュアルの巻末に参考資料として示した。

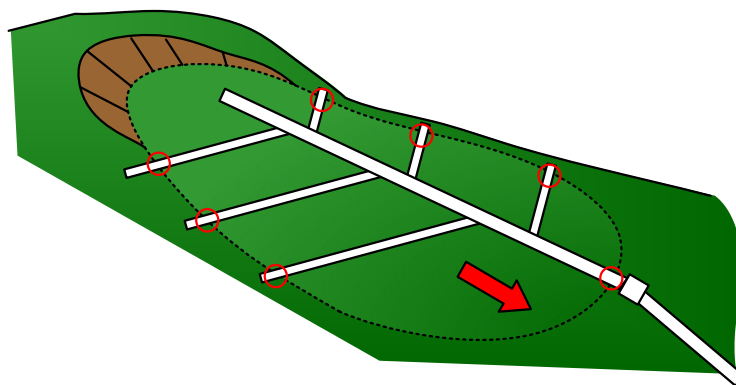
点検後は、点検結果を基に必要に応じて問題箇所の補修などの対応をする。補修方法や作業数量は点検時に現地である程度決めておくとよい。

## 2.2.4 変状の原因推定

水路にクラックや変位が見られた場合、これらの発生原因を推定することは今後の維持管理の参考になる。上記点検項目で判明した現状から、変状原因の推定を行う。

### ■ クラック・変状の位置

変状の見られる水路が地すべりブロックのどの位置にあるかによって、地すべりによる変状なのか、局所的な地盤変位が原因なのかを推定する。変状箇所が地すべりブロックの境界部分に位置している場合、これらの変状は地すべり活動が原因の可能性が高い。モニタリング結果などを参考に、地すべり活動の有無を確認する必要がある。



赤○の位置の水路に変状が見られた場合は、地すべり活動が原因かもしれない。

図2.2.3 地すべり活動により水路が変状を受けやすい箇所（出典：JCT）

想定される地すべりブロック内部で変状が見られた場合でも、地すべりブロック内部に小規模な地滑りが発生している可能性もある。水路で変状が見られた場合は、まず地すべり活動が原因という可能性は排除せず、変状した箇所周辺の状況を調査する必要がある。

#### ■ 水路でのクラック・変状位置

クラックや変状が水路のどの位置に発生しているかを確認する。多くは水路の継ぎ目に発生するが、急激に大きな力がかかる場合は、水路本体にもクラックや変状が見られる。水路の継ぎ目のクラックは周辺の植生の根が発育することにより発生することもある。また、表流水による水路周辺が洗掘されることや、周辺の地盤工事などにより局所的に地盤が変化することがクラックや変状の原因にもなりえる。一方で、水路の線形が変わるほどの変状であれば、地すべり活動を疑った方が良い（下図参照）。

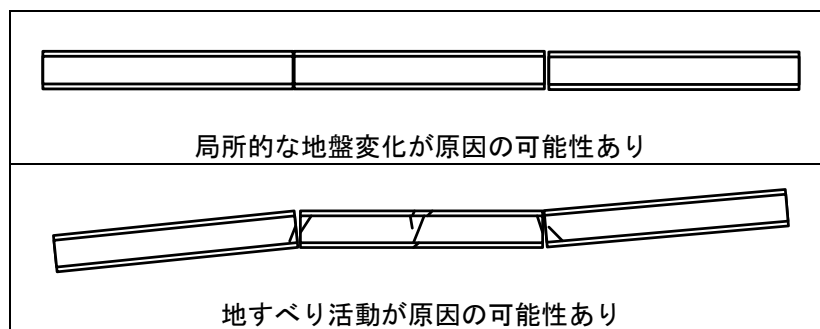


図2.2.4 水路のクラックの位置や状況により原因を推定（出典：JCT）

#### ■ クラックの開口幅

クラックの開口幅の程度で原因を推定するのは難しいが、定期的な開口幅を計測することにより開口幅が経時的に変化しているかを確認する。開口幅が継続的に大きくなっている場合は、地盤が継続的に変化している可能性があり、地すべり活動による原因を疑った方が良い。

#### ■ クラックの新鮮さ

クラック断面の汚れの程度で新鮮さを判断する。新しいクラックが確認された場合は、周囲で地盤や環境などの変化（水路工事や宅地造成など）が見られるかを確認する。また、以後の定期点検ではこのクラックの変状が進行するかに注意する。



### ■ 変位の方向

水路の変位が地すべりの活動が原因の場合、変位の方向から地すべりブロックのどの箇所に水路が位置しているのか推定できる。水路に変位が見られただけで、地すべり活動が原因と断定はできないが、変位の方向と地すべりブロックの位置から、推定は可能である。

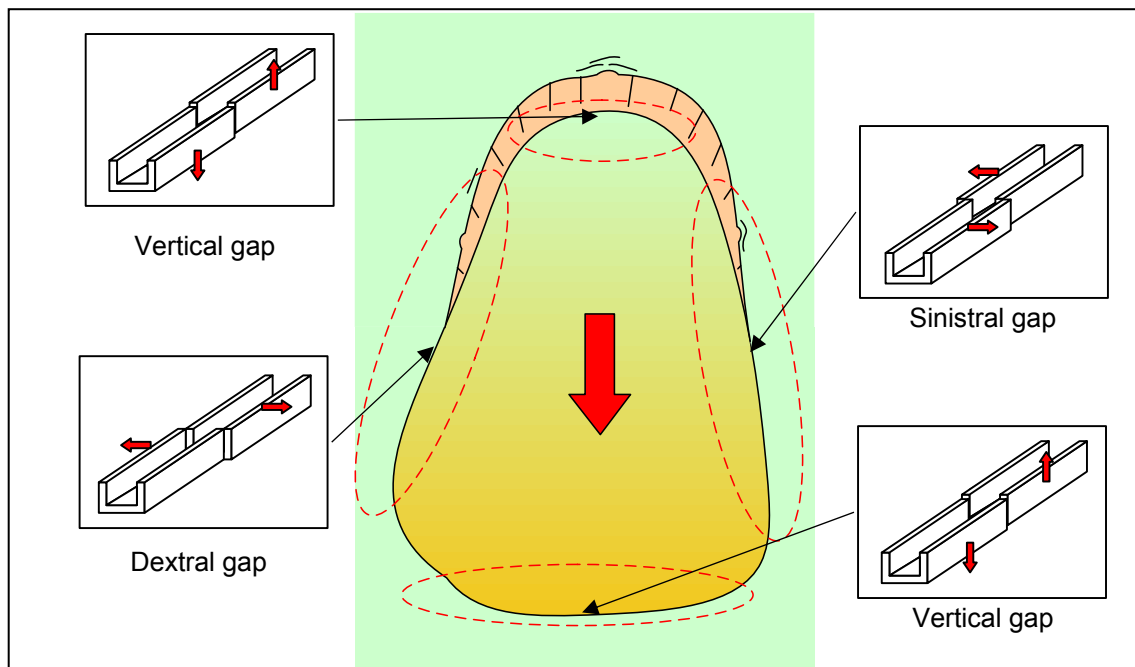


図2.2.5 水路の変位方向と地すべりブロックの位置関係（出典：JCT）

### ■ 湧水の有無

地下水位がきわめて浅い場合、水路の開口クラックから湧水が確認されることがある。地下水位が地表から浅い位置にある場合、地表付近の洗掘や地表面の軟弱化を促進させる。湧水が確認される開口クラックを閉塞しても良いが、山側の水路壁に PVC パイプなどの水抜き孔を設けても良い。

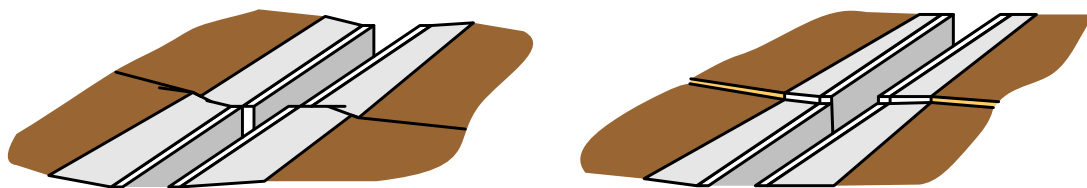


図2.2.6 水路の継ぎ目からの湧水（赤矢印）  
（出典：JCT）

### ■ 連続するクラック

クラックが水路だけでなく周辺の地表にも連続して確認される場合は、地すべり活動が原因の可能性がある。水路にクラックなどの変状が見られた場合は、その周辺も注意して観察する必要がある。





連続する横ずれクラック

連続する縦ずれクラック

図2.2.7 水路の変状と連続する地表面のクラック（出典：JCT）

#### ■ 暗渠からの排水の有無

暗渠はきわめて浅い地下水を排出することを目的としている。特に暗渠からの排水量を計測する必要はないが、排水の有無は記録しておく。急に暗渠からの排水が認められた場合は、周囲の地下水位が上昇もしくは表面排水路からの水の地下への浸透が考えられる。一方で、急に暗渠からの排水量が減少・途絶えた場合、周囲の地下水位の下降もしくは暗渠の目詰まり、暗渠の破損などが考えられる。暗渠の破損は地すべり等による地盤変形が主な原因であるため、モニタリング結果などで地すべり活動の有無について確認する。排水量の低下は暗渠の目詰まりが原因の場合がある。以下の横ボーリング工の章で述べる排水管の洗浄方法で、目詰まりを解消する。

このように、表面排水路を点検することは、地すべり活動の有無を推定する上でも重要な情報を提供してくれる。

### 2.2.5 補修方法

表面排水路工の補修は、基本的にクラックの埋め戻しである。開口したクラックから地下への浸透を防ぐ目的で、モルタルなどでクラックを塞ぐ。水路が地すべり活動など継続して変状をうける場合は、根本的な対策を実施する必要がある。地すべり活動による水路の変状は、地すべり活動を停止させるまで継続する。

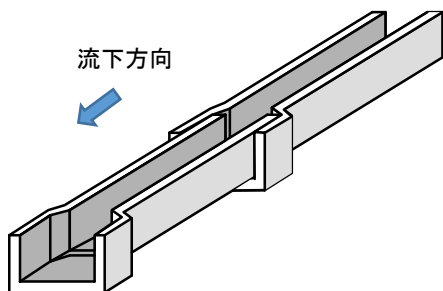
地すべり活動の停止には時間と費用を要することから、表面排水路の補修を優先して実施することになる。この場合、ある程度地すべりの影響を受けることを想定した構造にする必要がある。修復する水路区間をフレキシブルな素材を用いることが望ましいが、フレキシブルな素材の入手が困難な場合は、ギャビオン等のフレキシブルな構造をもつ構造物を用いる、水路の継ぎ目をオーバーラップさせる、もしくは水路底面に遮水シートを敷設するなどの対応を行う。



スチールのコルゲート管を用いた水路



ギャビオンを用いた水路



水路の継ぎ目をオーバーラップさせる



水路下への遮水シートの敷設

図2.2.8 水路の補修例（出典：JCT）

雨期に水路から水がオーバーフローしている場合は、流下水量に対して水路断面が十分でないと判断される。原因としては、上流側の集水面積の変化や地形の人工改変等が考えられる。水路断面が十分でないと判断された場合は、再度流下水量の計算を行い、適切な水路断面を確保する。水路から溢れた水が地下に浸透し、地すべり活動を促進する要因となりえるので、オーバーフローを確認した場合も、早急に対応することが重要である。

## 2.3 横ボーリング工(地下水排除工)

### 2.3.1 施設の目的

地下水位の上昇は、地すべり活動の誘因のうちの一つである。雨期の降雨により地下水位が上昇することで、地すべりが不安定な状態になることが多い。横ボーリング工は地すべり地内の地下水位の上昇を抑止もしくは低下させることを目的としている。周辺の地形にもよるが、一般的に比較的浅い深度に分布する地下水を対象に適用される対策工である。

Berrinche地区にのみ、一箇所施工されている。横ボーリング工の構造図を以下に示す。

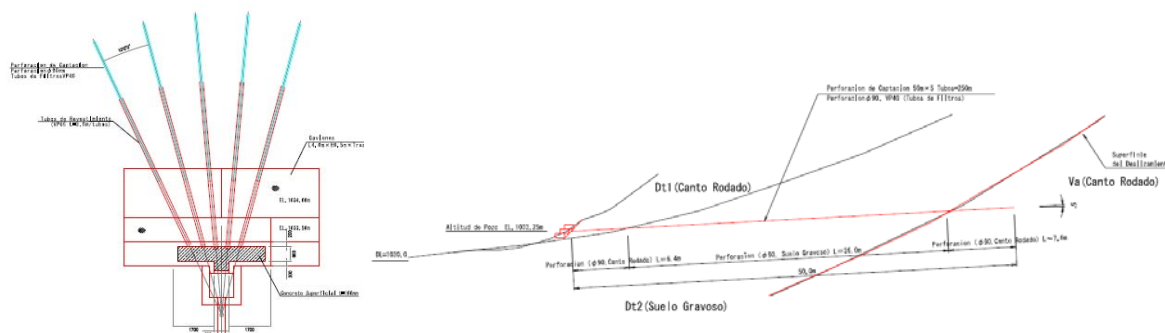


図2.3.1 Berrinche地区の横ボーリング工構造図（出典：As Built Drawing）

横ボーリング工では排水管（perforated）を地中に挿入しているため、管の側面の孔から流入する地下水と共に土砂が流入することがある。これらの土砂が管内に堆積し、地下水の排出を妨げることがある。また地すべりの活動により排水管が破断し、その箇所から土砂が流出することもある。またPVC管の劣化による破損もありうる。一般的にPVC管の寿命は50年程度と言われているが、日射に弱いとため、地表に露出している箇所は容易に破損する恐れがある<sup>1</sup>。

横ボーリング工は、破損してしまうと補修や置き替えは不可能である。可能な限り長く機能を確保するためには、維持管理は重要となる。

### 2.3.2 維持管理方法

横ボーリング工の維持管理項目は、1) 排水孔内の洗浄、2) 付帯施設の修復が主な作業になる。これらは定期的に点検を行い、点検結果から必要に応じて上記作業を実施する。

<排水孔内の洗浄>

横ボーリング工は地中に有孔排水管を挿入し、管周辺の地下水を集水し地すべりブロックへ排出するものである。地下水が排水管に流入する際に、周囲の土砂も同時に流入することが多い。これらの土砂も水と共に流下することもあるが、比較的粒径の大きいものなどは排水管内に堆積する。これらの堆積した土砂が管内のスムーズな排水を阻害することにより、横ボーリング工からの排水量が低減する事態が発生しうる。この状況

<sup>1</sup> Public Works Research Institute of Japan (2013): Case of example of the horizontal drainage work to prevent landslide (in Japanese), p.97



を回避すべく、排水管内の土砂やゴミを除去し、特に大量の水が流下する雨期前に実施するべきである。

定期点検などで排水量の低下が確認された場合、機能低下の原因は、主に排水管の目詰まりや閉塞、破損が考えられる。この場合、管内の洗浄を行うことが望ましい。

#### <付帯施設の補修>

一般的に横ボーリング工は地すべり地内に施工されることが多く、地すべりが発生した場合破損などの影響を受けやすい。また、排水管が地表に出る箇所は、排水などにより周辺の地盤が浸食を受けやすい。このような状況に対して、横ボーリング工の排水管への影響を軽減させるため、排水管の地表付近には擁壁が施工される場合が多い。



Gabion工による孔口保護壁



コンクリートによる孔口保護壁

図2.3.2 孔口保護工の事例（出典：JCT）

横ボーリング工の排水管から排出された水が集水マスを通して、表面排水路工により地すべり地の外に排水される。したが、横ボーリング工と表面排水路工の維持管理作業は同時期に連携して実施することが望ましい。集水マスに漏水や土砂などが溜まっている場合は、早急に修復する必要がある。

また住民などが施設内に入るのを予防する柵などが破損している場合も早急に修繕する。水路周辺に繁茂する植生などの発育により排水管孔口に変状をきたす場合もあるため、排水孔口周辺の植生除去なども併せて行う。



（出典：JCT）

### 2.3.3 定期点検の実施

点検は、年1回程度の定期点検と豪雨や大きな地震が発生したときに実施する異常時(臨時)点検を行う。通常、点検は地すべり地内や地すべり防止施設に異常がないかを目視で行う。特に孔口付近の保孔管の破損の有無や土砂の堆積状況、排水状況の確認などを行う。緊急時点検は、定期点検と同様、目視で実施する。点検項目同じである。

点検の目的は、横ボーリング工が適切に機能しているかを確認し、問題となる箇所を早期に発見することにある。具体的な着目点は以下のとおりである。

- 排水の有無（排水量の変化）
- 排水管の変形
- 孔口の閉塞
- 孔口での漏水
- 孔口保護施設の破損変形

これらの着目点を現地にて確認し、その結果を記載した点検票を作成する。点検票は同一フォーマットとし、点検の毎に作成する。作成された点検票はファイリングし、過去の点検結果が容易に参照できるように保管する。提案する点検票フォーマットを本マニュアルの巻末に参考資料として示した。

点検後は、点検結果を基に必要に応じて問題箇所の補修などの対応をする。補修方法や作業数量は点検時に現地である程度決めておくといよい。

- 点検票フォーマット
- 点検結果管理方法
- 点検結果による施設の健全度判定（期待された性能を保持できているか）

### 2.3.4 変状の原因推定

横ボーリング工における変状は主に、孔口保護施設の破損・変形、排水管の閉塞が挙げられる。孔口保護施設の破損変形が見られる場合は、背後の地山の動き（地すべり）が原因であることが考えられる。地山が動いているかは、近辺のモニタリングデータの確認、踏査によりクラックや段差などの変状が地表に現れているかを確認する。

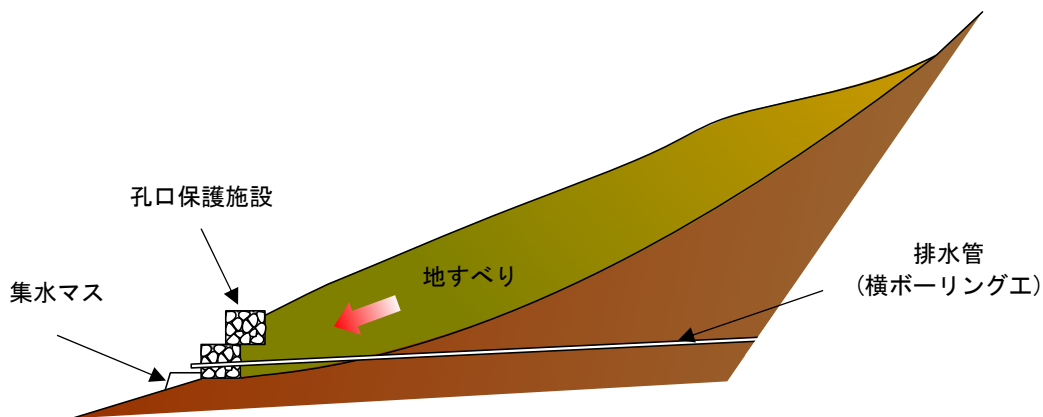


図2.3.3 地すべりと孔口保護施設の位置関係（出典：JCT）




一般的に、地下水排除工からの排水量は時間の経過とともに減少する傾向を示す。排水量が減少する原因として、1) 地下水排除工により地下水位の低下、2) 排水管のストレーナーの目詰まり、が考えられる。原因1)の場合は、本来の地下水排除工の効果によるものであるため、特に対処の必要はない。原因2)については、排水管内を洗浄することにより目詰まりを除去する必要がある。以下に、孔内洗浄の方法を記載する。

### 2.3.5 排水管の洗浄

目詰まりを起こした排水管のストレーナーは、高圧力水の噴射により洗浄機能を回復させる。

以下に排水管洗浄に必要な資機材と資機材の接続状況を示す。

表2.3.1 排水管洗浄資機材一覧（出典：JCT）

洗浄ノズル	高圧ポンプ	発電機	耐圧ホース
前方及び側面後方に向かって噴出口がある。	35-70 l/min, 14 MPa	9000W, 120/240V 30A	100R 2/2 L=90m
			

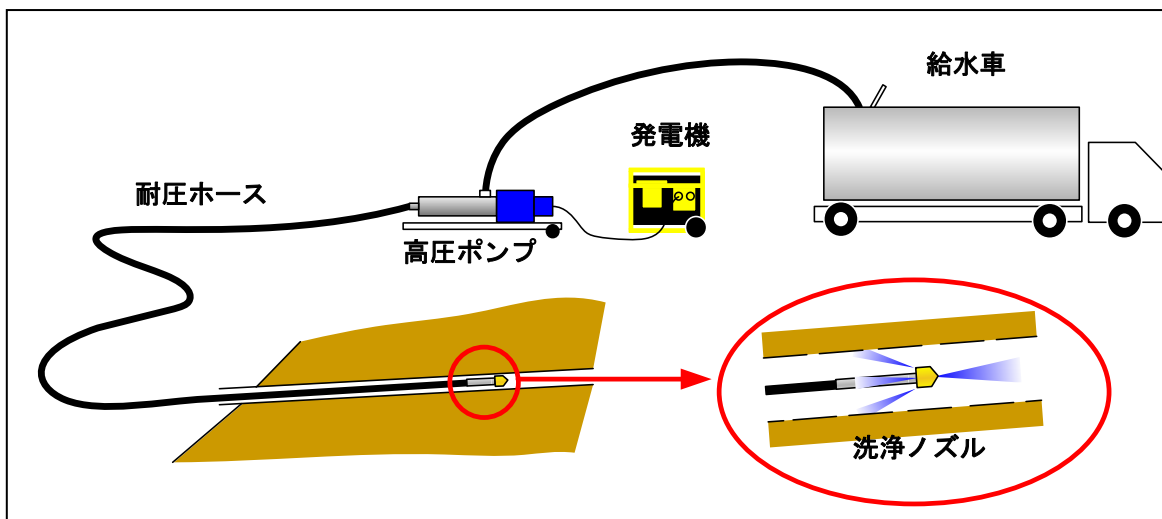


図2.3.4 洗浄資機材接続状況（出典：JCT）

しかし、高圧力水の水 flow で排水管の外側の孔壁自体を広げてしまう恐れや、多量の水を地すべりブロック内に流入させる可能性もあるので（下図参照）、洗浄は慎重に行う必要がある。できるだけ、同じ場所に水が長時間集中しないように配慮する。



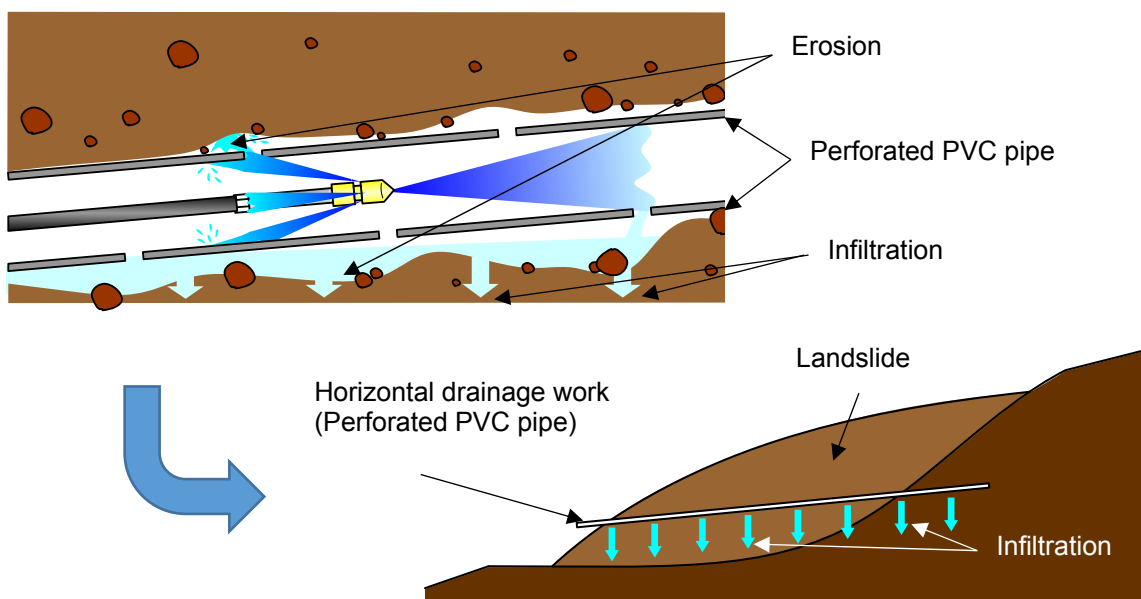


図2.3.5 洗浄水の浸透による地すべりの活性化の可能性（出典：JCT）

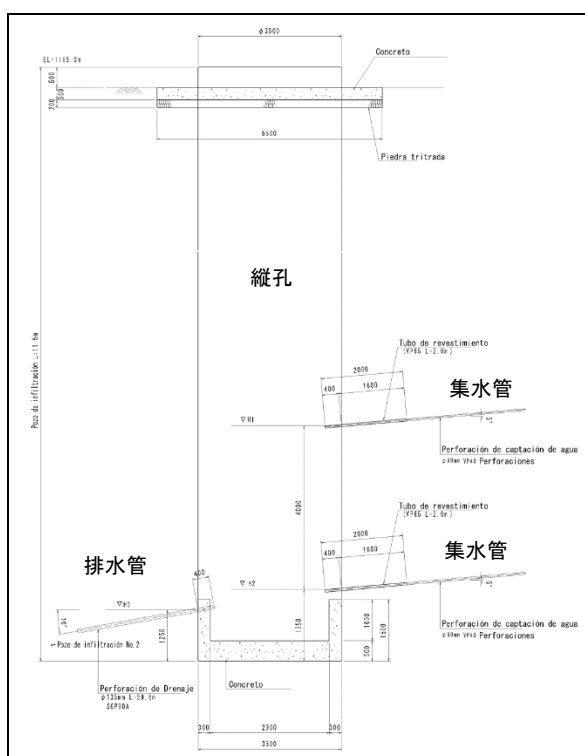
排水管の洗浄後は、集水マスや水路に溜まった土砂を除去する。

## 2.4 集水井(地下水排除工)

### 2.4.1 施設の目的

地下水位の上昇は、地すべり活動の誘因のうちの一つである。雨期の降雨により地下水位が上昇することで、地すべりが不安定な状態になることが多い。集水井工は地すべり地内の地下水位の上昇を抑止もしくは低下させることを目的として施工される。一般的に、比較的深い位置に分布する地下水を対象に適用される対策工である。もしくは、地下水位が浅いにもかかわらず斜面勾配が緩やかであるため、横ボーリング工では地表から地すべり地内の地下水に排水管を到達させるのが困難な条件の場合に、適用される。

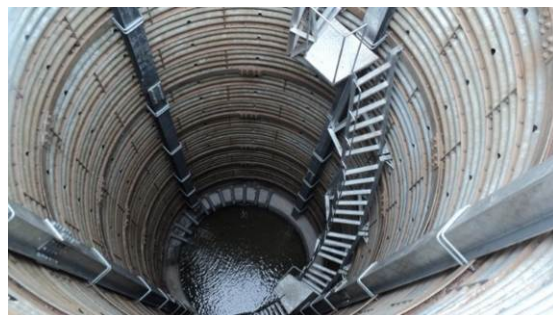
Berrinche地区に施工されている集水井工の構造図を以下に示す。



Berrinche地区No.1集水井構造図



縦孔口周辺状況



縦孔内状況

図2.4.1 集水井工の構造図及び現況写真 (出典：JCT)

### 2.4.2 維持管理方法

集水井工の維持管理項目は、1) 孔内の集水管・排水管の洗浄、2) 付帯施設の修復が主な作業になる。これらは定期的に点検を行い、点検結果から必要に応じて上記作業を実施する。

< 孔内の集水管・排水管の洗浄 >

集水井工は地中に径3.5m程度の縦孔を掘り、縦孔の側壁から有孔管をほぼ水平方向に挿入し、地下水を集水することで、地下水位を低下させるものである。孔内に集められた地下水は排水管を通じ地すべりブロックへ排出するものである。地下水が集水管に流

入る際に、周囲の土砂も同時に流入することが多い。これらの土砂も水と共に流下することもあるが、比較的粒径の大きいものなどは集水管内に堆積する。これらの堆積した土砂が管内のスムーズな集水および排水を阻害することにより、集水井工による効果が低下する事態が発生しうる。この状況を回避すべく、集・排水管内の土砂やゴミを除去し、特に大量の水が流下する雨期前に実施するべきである。

定期点検などで排水量の低下が確認された場合、機能低下の原因は、主に集・排水管の目詰まりや閉塞、破損が考えられる。この場合、管内の洗浄を行うことが望ましい。

上位の集水井工により集水された地下水は、排水管より接続する下位の集水井工に排水され、最下位の集水井工から地すべり地外へ排出される。したがって、洗浄は上位の集水井工から始め、下位へ順番に移動していく。

#### <付帯施設の補修>

一般的に集水井工は地すべり地内に施工されることが多く、地すべり活動により施設が破損するなどの影響を受けやすい。付帯施設は主に集水井の維持管理のために設置されたものであるため、常に正常な状態を維持する必要がある。以下に、集水井工の付帯施設を示す。

表2.4.1 集水井工の付帯施設一覧（出典：JCT）

設置位置	付帯施設
地表部	縦孔口のふた
	昇降口
	縦孔の外壁
	昇降用梯子及び手摺り
	保安柵
	コンクリート基礎
	保安柵と昇降口の錠前
地中部	縦孔の内壁
	孔壁補強材（縦）
	孔壁補強材（横）
	昇降用梯子及び手摺り
	作業用ステージ
	孔底のコンクリート基礎

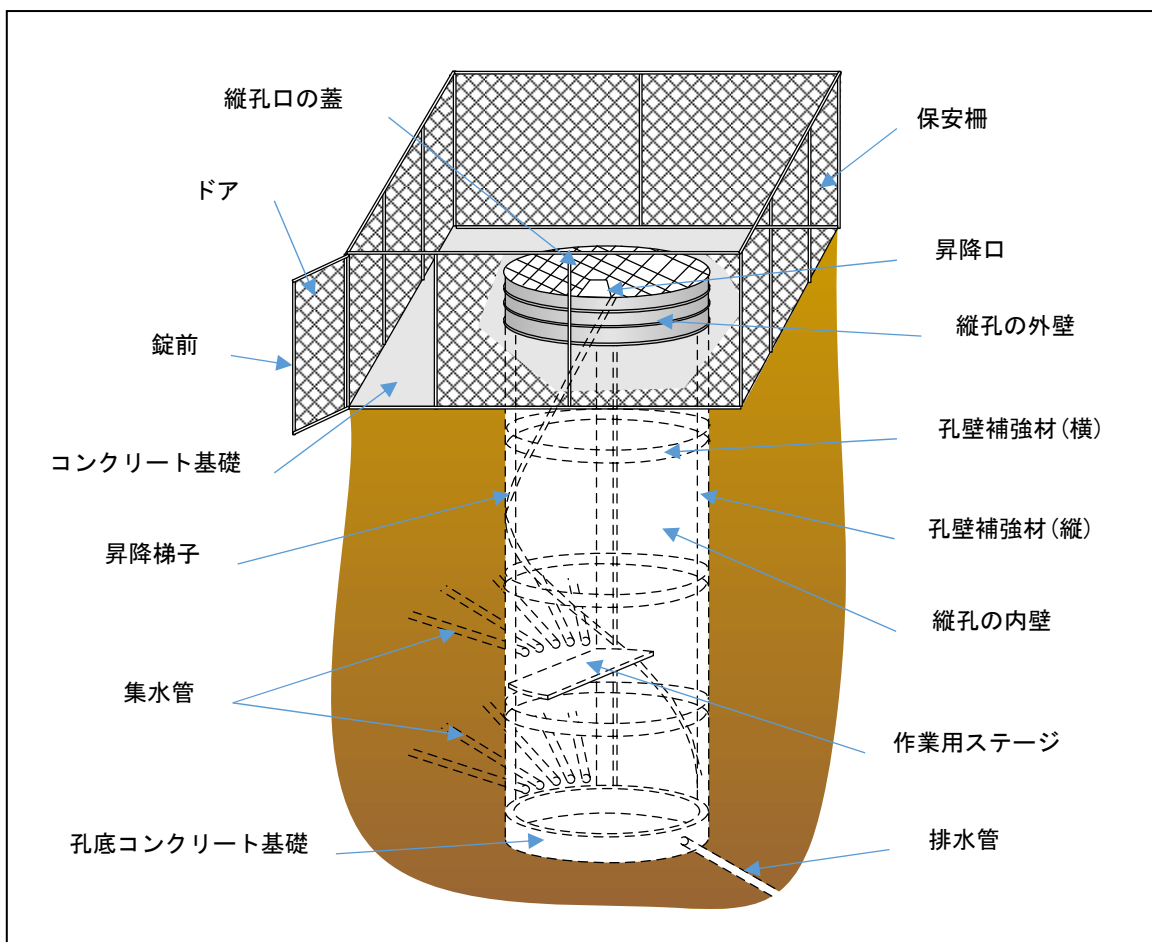


図2.4.2 集水井工の付帯施設 (出典：JCT)

また、集水井工付近は、水分が多く集まりやすいので、施設が植生の繁殖により被害を受ける場合があるため、植生除去なども併せて行う。

### 2.4.3 定期点検の実施

点検は、年1回程度の定期点検と豪雨や大きな地震が発生したときに実施する異常時(臨時)点検を行う。通常、点検は地すべり地内や地すべり防止施設に異常がないかを目視で行う。特に集水管の破損の有無や土砂の堆積状況、排水状況、孔底のコンクリート基礎の破損の有無などの確認などを行う。緊急時点検は、定期点検と同様、目視で実施する。緊急時の点検項目は通常件々の項目同じである。

点検の目的は、集水井工が適切に機能しているかを確認し、問題となる箇所を早期に発見することにある。具体的な着目点は以下のとおりである。

表2.4.2 定期点検の着目点 (出典：JCT)

外部	ふたの欠損・ゆがみ、腐食、柵の変形・破壊、柵の腐食、形動、隙間、亀裂、陥没
地中部	補強材の取付け金具の破損、ライナープレート腐食・ゆがみ・欠損、異常な湛水、集水管の破損・スライムの付着による閉塞、排水管の閉塞・スライムの付着、排水量の変化、孔底のコンクリート基礎の亀裂 / 破損
その他	水量計測による漏水の推定、住民等による無断・不適切利用

<入孔時の注意点>

孔内での点検、維持管理作業は安全対策に十分配慮して行わなければならない。

- 保安帽の着用
- 転落防止のための命綱とハーネスの着用
- 酸素濃度計の携行
- 複数の作業員による作業監視

孔内は手すりや昇降用梯子が濡れて滑りやすいため、ゴム製の手袋や長靴を着用すること。

孔内に入る前には、酸素濃度計により孔内の酸素濃度を確認し、安全であることを十分に確認すること。

作業は1人では行わず、必ず複数名で行うこと。孔内の作業者を他の作業者が常に観察し、孔内の作業者に変状や事故の兆候や確認された場合は、早急に救助できる体制をとること。

同一作業員の孔内での作業は連続で1時間以内とし、1時間が経過したら孔内から出て休憩、もしくは他の作業員と交代する。

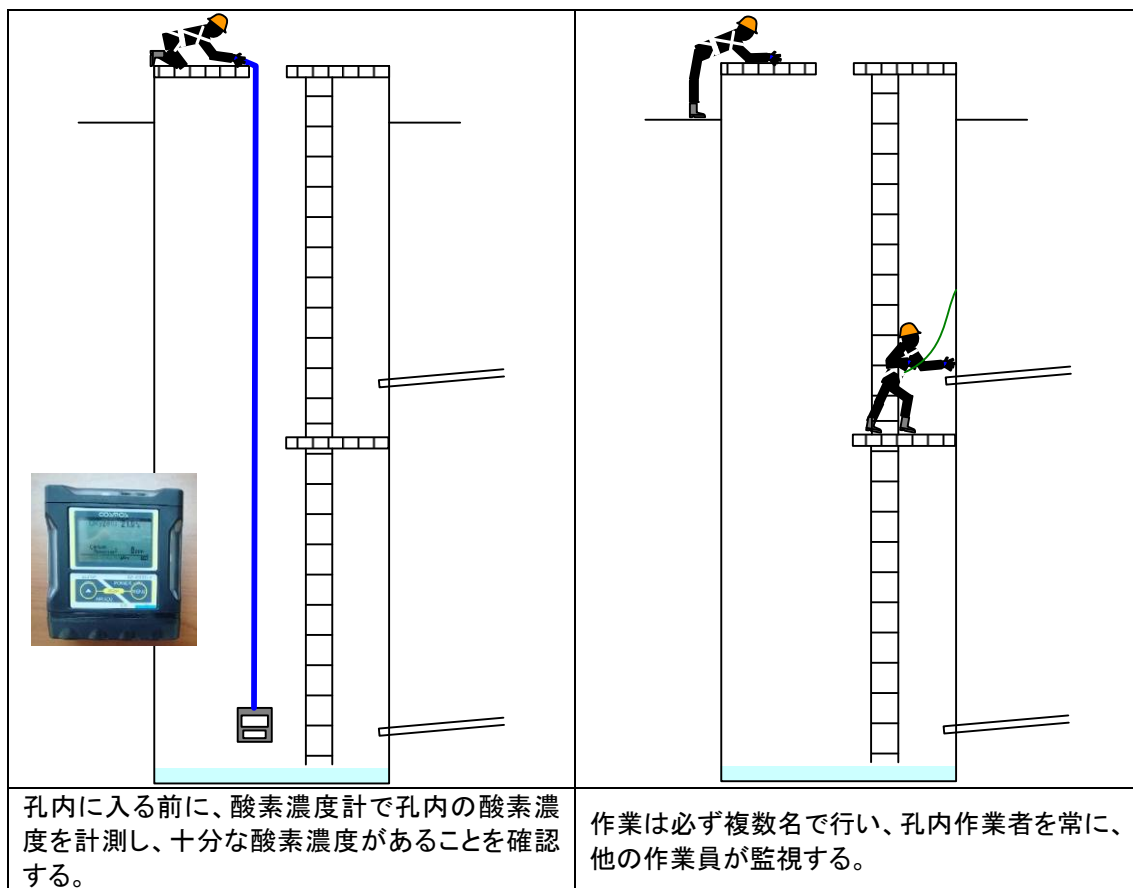
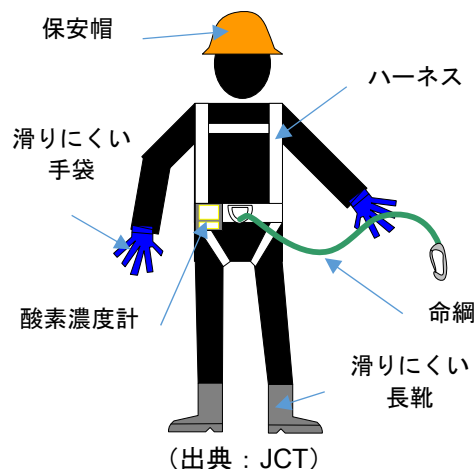


図2.4.3 孔内作業の安全確保 (出典：JCT)

表4.3.1に示した着目点を現地にて確認し、その結果を記載した点検票を作成する。点検票は同一フォーマットとし、点検の毎に作成する。作成された点検票はファイリングし、過去の点検結果が容易に参照できるように保管する。提案する点検票フォーマットを本マニュアルの巻末に参考資料として示した。

点検後は、点検結果を基に必要に応じて問題箇所の補修などの対応をする。補修作業内容や作業数量は点検時に現地である程度決めておくことよい。

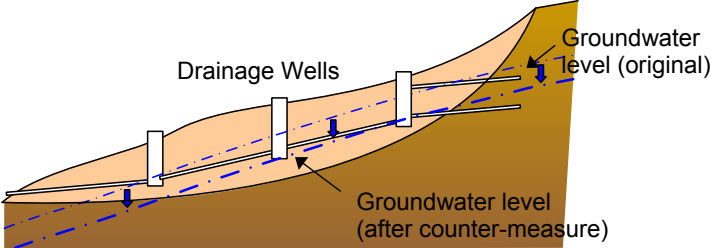
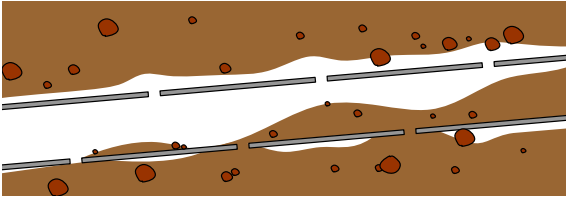
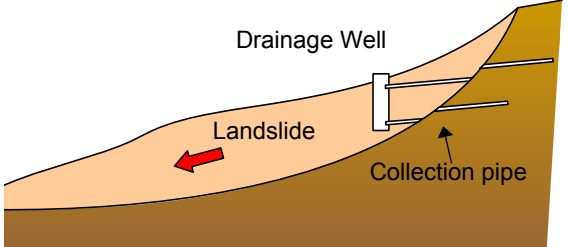
- 点検票フォーマット
- 点検結果管理方法
- 点検結果による施設の健全度判定（期待された性能を保持できているか）
- 入孔時の注意（酸素濃度チェックなど）

#### 2.4.4 変状の原因推定

定期的実施する集水管の排水量の測定結果を基に、集水井の健全度を評価する。排水量の測定は、特に雨期中は毎月実施すること。

一般的に、地下水排除工からの排水量は時間の経過とともに減少する傾向を示す。排水量が減少する原因として、1) 地下水排除工により地下水位の低下、2) 排水管のストレーナーの流入土砂による目詰まり、3) 集水管の破損が考えられる。原因1)の場合は、本来の地下水排除工の効果によるものであるため、特に対処の必要はない。原因2)については、排水管内を洗浄することにより目詰まりを除去する必要がある。原因3)は主に地すべりの活動が関与している可能性があるため、近辺のモニタリングデータの確認、踏査によりクラックや段差などの変状が地表に現れているかを確認する。

表2.4.3 集水井の想定される変状の原因（出典：JCT）

<p><b>原因 1</b>                  集水井を設置することで、従来の地下水位が低下し、地下水の排出量が低減する。</p>	 <p>The diagram illustrates a cross-section of a slope with drainage wells. A dashed blue line represents the 'Groundwater level (original)', and a solid blue line represents the 'Groundwater level (after counter-measure)', which is significantly lower. Arrows indicate the downward flow of groundwater into the wells.</p>
<p><b>原因 2</b>                  地下水に伴う流入した土砂が集水管内に堆積、または排水管が閉塞されて地下水の排水量が低減する。</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a drainage pipe partially buried in the ground. The pipe is filled with brown sediment (sand and soil) that has accumulated from the surrounding groundwater, blocking the flow.</p>
<p><b>原因 3</b>                  地すべりの再活動により、すべり面付近の集水管が切断、もしくは破壊される。</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a slope where a 'Landslide' (indicated by a red arrow) has occurred. A 'Drainage Well' and its 'Collection pipe' are shown being displaced and broken by the movement of the soil mass.</p>



## 2.4.5 効果が低下していると判断された場合の対処




上記の原因1については、集水井が機能した結果であることから、特に対処は必要ない。原因3については、集水管が破損した場合、これに対する修復方法はない。破損した集水井が機能していなく、かつ集水井が機能しないことより地すべり活動が活発化する恐れがある場合は、新規に集水井を設置するべきである。

原因2については、集水管内を洗浄することにより機能が回復することもありうるため、年に1度程度の頻度で管内洗浄を行う。洗浄の対象となる管は、排水量が低下したことが認められるものとし、設置後から排水が確認されないものは、洗浄の対象としない。

目詰まりを起こした排水管のストレーナーは、高圧力水の噴射により洗浄し機能を回復させる。

以下に集水管洗浄に必要な資機材と資機材の接続状況を示す。

表2.4.4 排水管洗浄資機材一覧（出典：JCT）

洗浄ノズル	高圧ポンプ	発電機	耐圧ホース
前方及び側面後方に向かって噴出口がある。	35-70 l/min, 14 MPa	9000W, 120/240V 30A	100R 2/2 L=90m
			

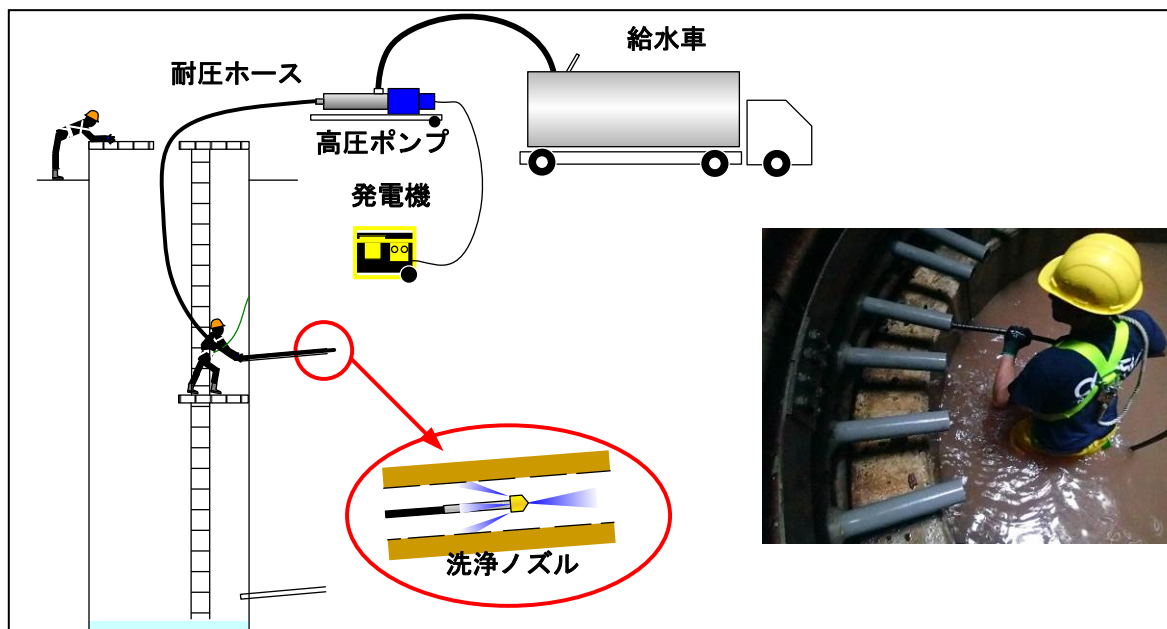


図2.4.4 洗浄資機材接続状況（出典：JCT）

しかし、高圧力水の水流で排水管の外側の地山の孔壁自体を広げてしまう恐れや、多量の水を地すべりブロック内に流入させる可能性もあるので（下図参照）、洗浄は慎重に行う必要がある。できるだけ、同じ場所に水が長時間集中しないように配慮する。

ホースの挿入が困難な場合、無理にホースを押し込まないようにする。ホース先端が管内でスタックし抜けなくなることや管を破損してしまうことなどの事故の原因となる。

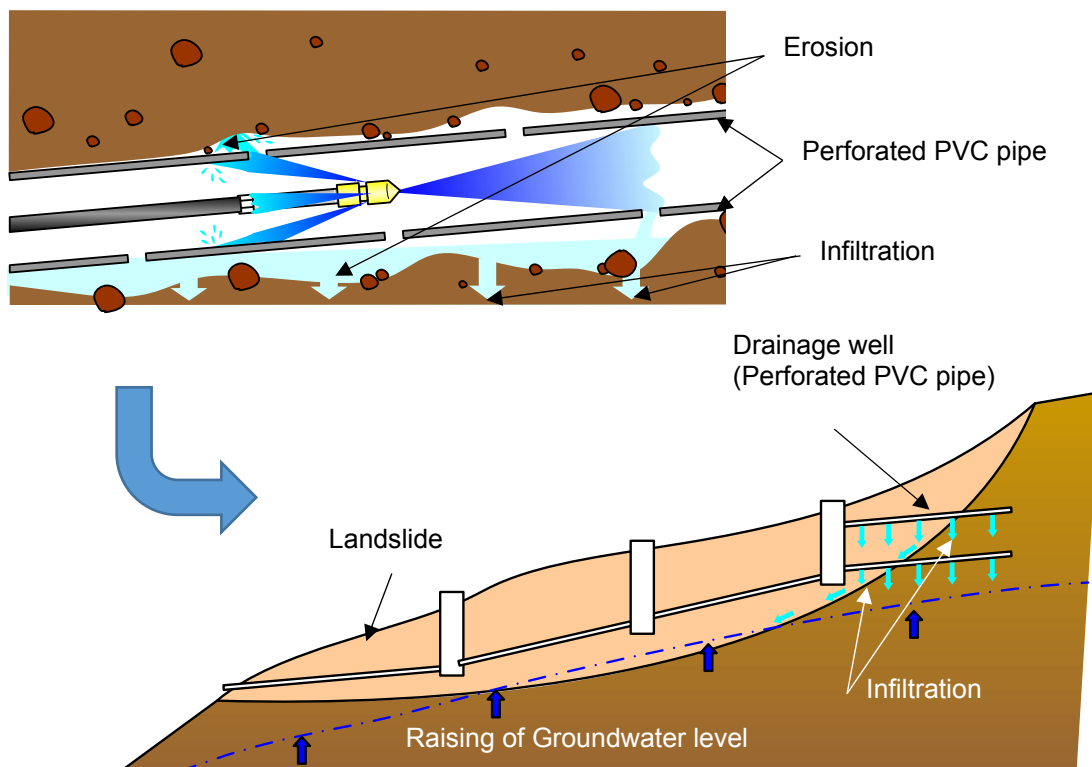


図2.4.5 洗浄水の浸透による地すべりの活性化の可能性（出典：JCT）

排水管の洗浄後は、集水井底部に溜まった土砂を除去する。

## 2.5 押え盛土工

### 2.5.1 施設の目的

地すべり下部に土砂を盛ることで地すべりの安定性を図るものである。しかし、地すべり末端部の土は特に乱されて軟弱なためこの付近に盛土をする場合は盛土の重みにより基礎地盤破壊をおこしたり、地下水流を妨げ地すべり土塊内の間隙水圧を上昇させ地すべりを誘発する可能性があるため、盛土工には地下水排除を十分に実施されるべきである。

地すべり対策の押え盛土工は、想定される地すべりの形状や滑動力に対して盛土の荷重や施工位置が設計されている。従い、施工後は押え盛土部は開発対象外とし、基本的には盛土部の掘削などの地形改変を行ってはならない。

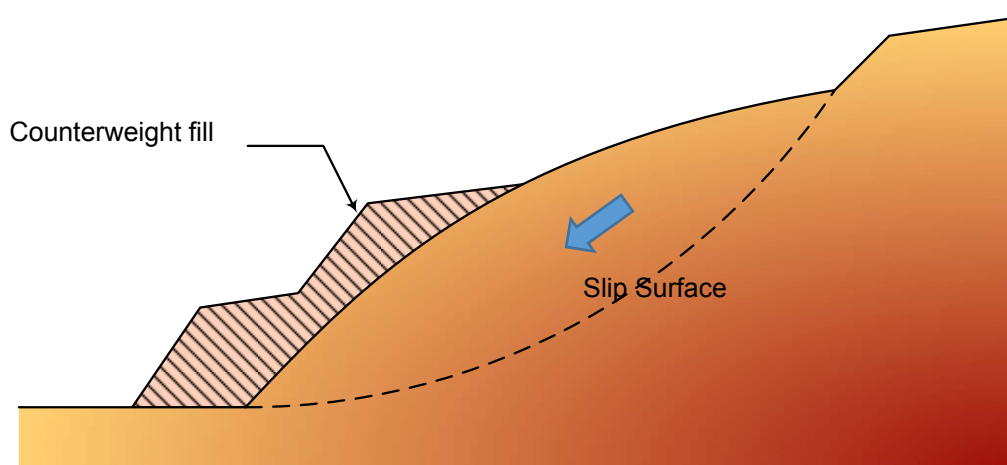


図2.5.1 押え盛土工のイメージ図（出典：JCT）

### 2.5.2 維持管理・点検方法

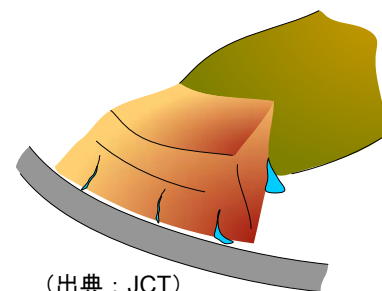
押え盛土工での維持管理方法は、主に盛土部分の施工時の状況の維持である。主な維持管理の方法は変状箇所の修復と、目視による点検である。点検は定期的を実施し、年に1度の頻度で実施する。盛土に変状をきたす場合、地すべり活動によるものや地下水位が高くなるのが主な原因と考えられる。従い、点検時期は、地すべりが活発化する雨期終了後の早い段階で実施することが望ましい。

現地での点検時の着目点は以下のとおりである。

- 盛土部からの湧水の有無
- 盛土斜面の表層崩壊
- 盛土部の亀裂
- 盛土部の地形改変（掘削等を伴う造成など）

#### <盛土部からの湧水>

地すべりブロックの端部に施工する押え盛土工には、本来排水機能を持たせている。理由は、地すべり端部に湧水がある場合、この湧水が押え盛土により排水できなくなり、地すべりブロック内の地下水位を上昇させてしまう恐れがある



（出典：JCT）

からである。地すべりブロック内の地下水位が上昇することで、間隙水圧が上がり、地すべりブロックが不安定化する。

従って、点検時でも押え盛土部からの湧水の有無を確認する必要がある。特にこれまで湧水が確認されていたにもかかわらず、急に湧水が止まってしまった場合は、要注意である。押え盛土内部で湧水が排出されず、地すべり内部の地下水位を上昇させてしまっている場合がある。その場合は、地すべりブロック内の地下水位のモニタリング結果で、地下水位が変化しているかを確認する。

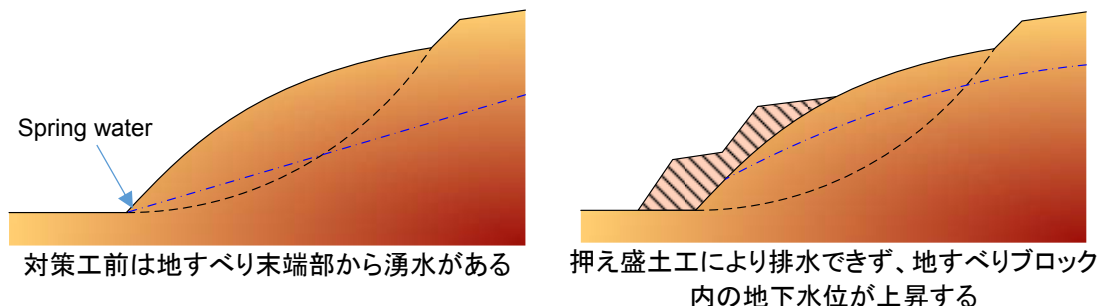
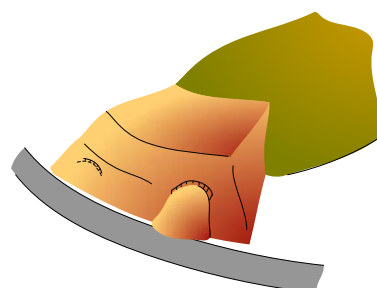


図2.5.2 押え盛土による地すべり不安定化の模式図（出典：JCT）

#### <盛土斜面の表層崩壊>

一般的に、盛土斜面は安定勾配を維持し、また施工時にも十分な転圧やジオテキスタイルを併用するなどにより盛土自体の安定性が確保されている。このような盛土斜面で表層崩壊が確認された場合は、1) 盛土内部の地下水位が上昇することによる斜面表層の不安定化、2) 背後の地すべり活動により盛土部が変形し、盛土斜面が不安定化、のいずれかの原因が考えられる。

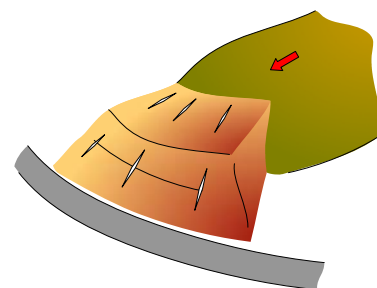


（出典：JCT）

盛土斜面の表層崩壊が確認された場合、背後地すべり地での地下水位と地すべりの動きに変化があるかを確認する。地すべりの動きがみられた場合は、地すべりブロックでの詳細調査を実施し、地すべりの活動メカニズムを把握する。この調査結果を基に追加の対策工を実施する。

#### <盛土部の亀裂>

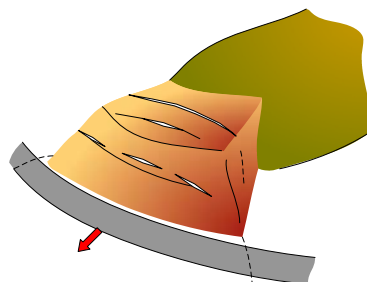
盛土に亀裂が確認された場合は、地すべり活動による原因を疑う必要がある。盛土部に斜面傾斜に対して平行方向に発生する亀裂（縦亀裂）が確認された場合、押え盛土背後の地すべり活動によるものである可能性がある。背後の地すべりが活動した際には押え盛土には圧縮亀裂が発生するためである。この縦方向の亀裂が盛土部に確認された場合は、背後地すべりの活動状況をモニタリングなどにより確認する。地すべりの動きがみられた場合は、地すべりブロックでの詳細調査を実施し、地すべりの活動メカニズムを把握する。この調査結果を基に追加の対策工を実施する。



（出典：JCT）

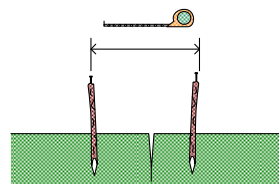
また、盛土部に斜面傾斜に対して垂直方向に発生する亀裂（横亀裂）が確認された場合、盛土部を含む下方斜面で地すべりが発生した可能性がある。下方斜面が活動することにより、その地すべりブロックの頭部に位置する盛土部で引張亀裂が発生するため

ある。この横方向の亀裂が盛土部に確認された場合は、盛土部の下方斜面の施設（道路や家屋）などに地すべりによる変状がないかを確認する。これらの施設で一連の地すべり活動を示す変状が見られた場合には、詳細調査を実施し、地すべりの活動メカニズムや地すべりブロックの範囲を把握する。この調査結果を基に追加の対策工を早急に計画、実施する。



(出典：JCT)

盛土部に亀裂が確認された場合、簡易モニタリングを実施することが望ましい。亀裂を挟んだ両側に杭を設置し、この杭の距離の変化を継続して計測することで、亀裂が継続的に拡大しているかを確認することができる。

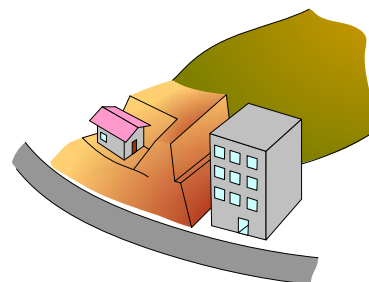


(出典：JCT)

このモニタリング手法は、簡易に設置でき費用もかからないが、住民などにより破壊されやすいため、維持には十分配慮する必要がある。

#### <盛土部の地形改変>

地すべり対策としての押え盛土工の形状や設置範囲は、地すべりの活動を抑止するために設計されたものである。このため、地すべりブロックのバランスを崩すような盛土部の地形改変は行うべきではない。従って、地すべり対策工を管理する自治体は、盛土部での開発計画を許可すべきではなく、不法に住居などが建設されることを阻止すべきである。



(出典：JCT)

万が一、盛土部に地形改変や大規模崩壊などの変化が見られる場合は、早急に現状を復旧することが必要である。また、継続したモニタリングを実施し、盛土周辺に新たな変状が発生しないかを確認する必要がある。

上記、点検のための着目点に留意して現地にて確認し、その結果を記載した点検票を作成する。点検票は同一フォーマットとし、点検の毎に作成する。作成された点検票はファイリングし、過去の点検結果が容易に参照できるように保管する。提案する点検票フォーマットを本マニュアルの巻末に参考資料として示した。

点検後は、点検結果を基に必要に応じて問題箇所の補修などの対応をする。補修方法や作業数量は点検時に現地である程度決めておくといよい。



## 2.6 頭部排土工(切土のり面)

### 2.6.1 施設の目的

排土工は、地すべりブロックの一部または全部を排除することでブロック自体の重量を軽減させ、地すべりの滑動力を低減させることを目的として実施される。排土工には地すべりブロックの全てを排除する場合と、一部を排除する場合がある。一般的には地すべり地の上半部の位置を排除するケースが多い。排土工は地すべりの規模、分布及び土の強さを調査によりできるだけ正確に求めた上で安定計算を行い、所要の安全率になるように設計される。維持管理の面では、排土工により発生した切土のり面の安定性が対象となる。

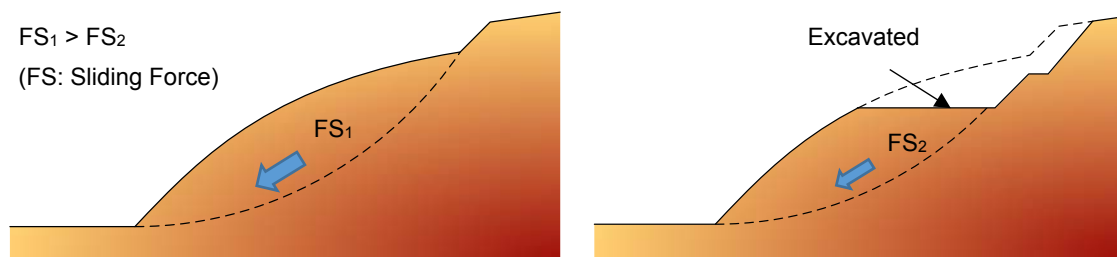


図2.6.1 排土工の地すべり活動に対する効果 (出典：JCT)

### 2.6.2 維持管理方法

排土工によるのり面で、亀裂、浸食が発生した場合は、直ちに補修し、また、崩壊などが発生した場合は、柔軟で浸水性に富む材料でのり面保護工を実施する。地すべりに関係あると思われる亀裂、崩壊等の場合は、応急対策を行う。

### 2.6.3 定期点検の実施

切土のり面の状況は、目視による定期点検において実施する。点検は年に1度程度の頻度で実施する。のり面などの斜面は雨期に発生しやすいことから、点検は雨期終了直後に実施することが望ましい。のり面の安定性を確認する上で着目すべき点は以下のとおりである。

- のり面からの湧水の有無
- 亀裂の有無
- 表層崩壊の有無

<のり面からの湧水>

のり面からの湧水が見られる場合、周辺の地下水位が地下浅く分布している可能性がある。湧水は、のり面を浸食しガリーを形成し、のり面の表層崩壊の原因となることがある。のり面に湧水が確認された場合は、表面排水路などを設置し、のり面や周辺の地すべり地に影響を与えないよう、適切に排水する。

常時湧水が確認されない場所でも、地下水位の上がる雨期にのみ湧水が確認される場合がある。そのため点検時には、湧水の有無に加え、湧水が流れた跡がないかも確認する必要がある。





崩壊斜面からの湧水



切土のり面からの湧水

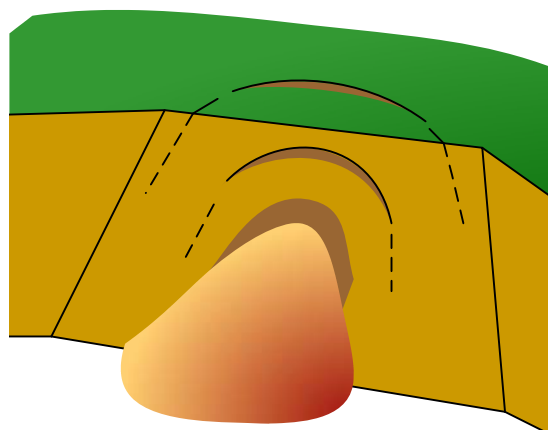
図2.6.2 斜面からの湧水事例（出典:JCT）

### < 亀裂の有無 >

のり面に亀裂は、表層崩壊の前兆である。表層崩壊は、**Mass Movement**とは異なり、崩壊の規模は小さいものの、崩壊速度は早い。従い、亀裂が確認された場合、近い将来に表層崩壊が発生すると考えても良い。また、のり面に亀裂や表層崩壊が確認された場合、崩壊範囲が後方に拡大している可能性もある。点検時は、のり面だけでなくのり肩部も確認し、崩壊が拡大していないかを確認することが重要である。



切土のり面にみられる亀裂



切土のり面背後の亀裂

図2.6.3 切土のり面の亀裂事例（出典:JCT）

のり面に亀裂が発生する原因として、のり面表面の土砂部が湧水や降雨などにより不安定化して発生するものと、切土のり面の応力解放が考えられる。切土のり面の応力解放は、切土工事中および直後に発生するケースが多い。また、のり面背後に地すべりが発生し、その地すべりの活動により発生するものもあることから、のり面の亀裂が確認された場合は、周囲の状況から他の地すべりが発生しているかの確認も含め、注意深く観察する必要がある。

### < 表層崩壊の有無 >

切土のり面に表層崩壊が発生した場合、崩壊斜面周辺も注意を払って観察する必要がある。表層崩壊が発生した場合、崩壊範囲が後方に拡大している可能性もある（上図参照）。点検時は、のり面だけでなくのり肩部も確認し、崩壊が拡大していないかを確認することが重要である。表層崩壊発生の原因として、のり面を構成する地質に対してのり面勾配が急なこと、背後からの湧水、のり面背後に地すべりが発生し背後からの土圧によるもの等が考えられる。



切土のり面の表層崩壊



切土のり面肩部からの崩壊

図2.6.4 切土のり面の崩壊事例（出典：JCT）

## 2.6.4 変状への対応

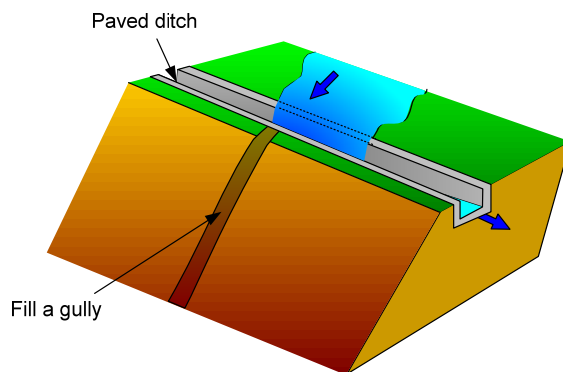
切土のり面で湧水や、亀裂、表層崩壊が確認された場合、補修を行わないと変状が拡大する恐れがある。このため、変状が確認されたら早急に補修を行う。

<湧水>

湧水はのり面上のものと、斜面上方から流下してくるものの2つのタイプがある。のり面上に湧水が確認された場合は、湧水地点から斜面下方に向けて表面水路を設置し、流水によるのり面の浸食を防ぐ。常時湧水が確認される場合は、PVC管を湧水地点に挿入し、湧水地点の浸食を防止すると良い。



湧水箇所にPVC管を挿入



切土のり面肩部からの流水を誘導

図2.6.5 斜面からの湧水への対応事例（出典：JCT）



### < 亀裂・崩壊 >

切土のり面上に亀裂が確認された場合は、近い将来に表層崩壊に至る可能性が高い。のり面前面が交通や住民の生活の場として利用されている場合は、この崩壊土砂により影響を受ける可能性がある。その場合は、崩落土砂が交通や生活の場に達しないようにのり面末端部にGabionや土嚢などで障壁（Barrier）を作り、崩落土砂の拡散を防ぐ。壁背面に土砂が堆積したら、土砂を除去し、のり面と障壁との間のスペースは常に確保する。

亀裂や崩壊が継続して発生する場合は、のり面の勾配が、のり面を構成する地質の安定勾配より急傾斜であることが考えられる。この場合は、のり面勾配を緩くするなどの土工を行う。地質の種類にもよるが、のり面勾配は概ね45度程度にする。のり面高さが10mを超える場合は途中で小段を設けること。

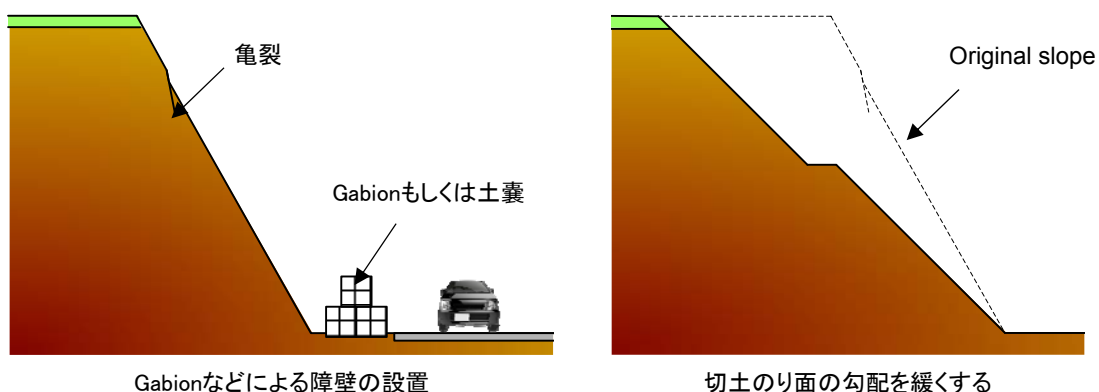


図2.6.6 亀裂および崩壊への対応事例（出典：JCT）

のり面勾配を緩く掘削する場合、のり面背後の斜面を不安定化させる可能性がある。のり面掘削を計画する際は、背後斜面の安定性も十分に検討する必要がある。

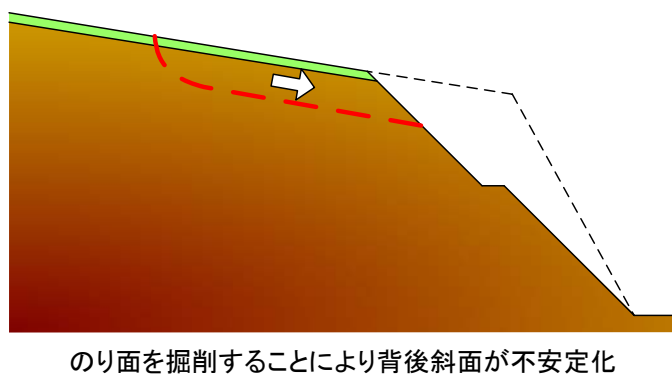


図2.6.7 切土による二次崩壊の可能性（出典：JCT）



## **Appendix （巻末資料）**

- 孔内傾斜計データ解析の手順（参考資料）
- 維持管理点検票－Berrinche地区
- 維持管理点検票－Reparto地区





# 孔内傾斜計データ解析の手順

## (参考資料)

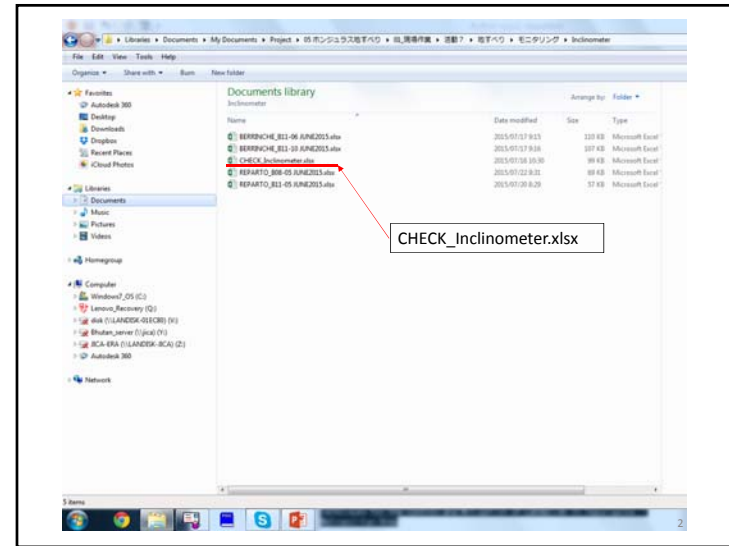


# Inclinometer data Processing

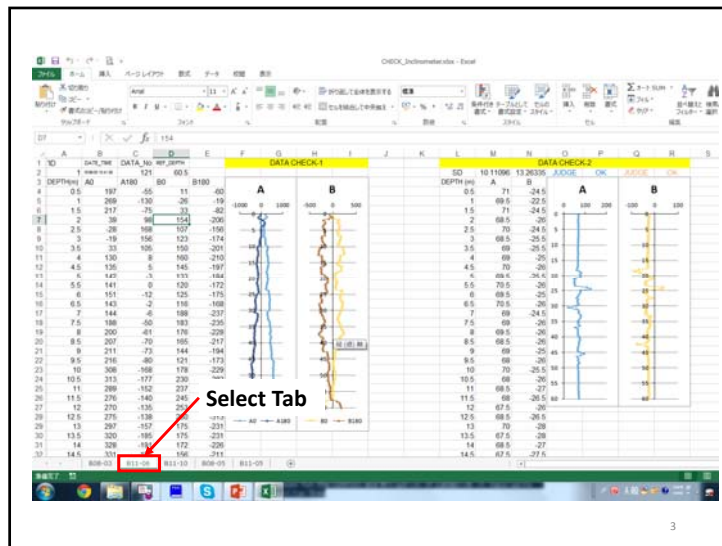
24 July 2015

JICA Consultant Team of the Project for  
 Assistance for Strengthening and Capacity Building of Professional  
 Techniques for the Control and Mitigation of Landslide in Tegucigalpa  
 Metropolitan Area

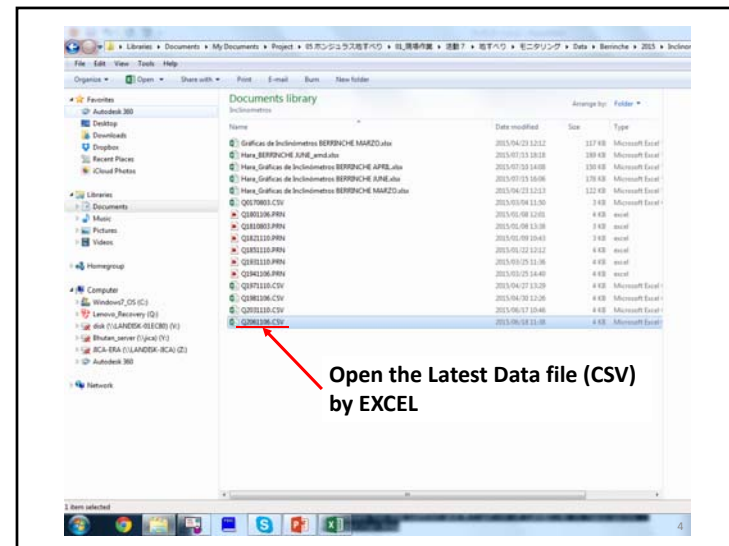
1



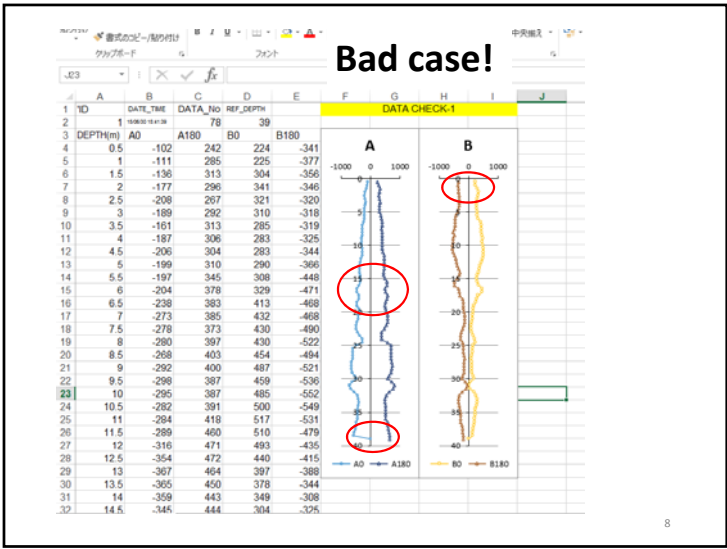
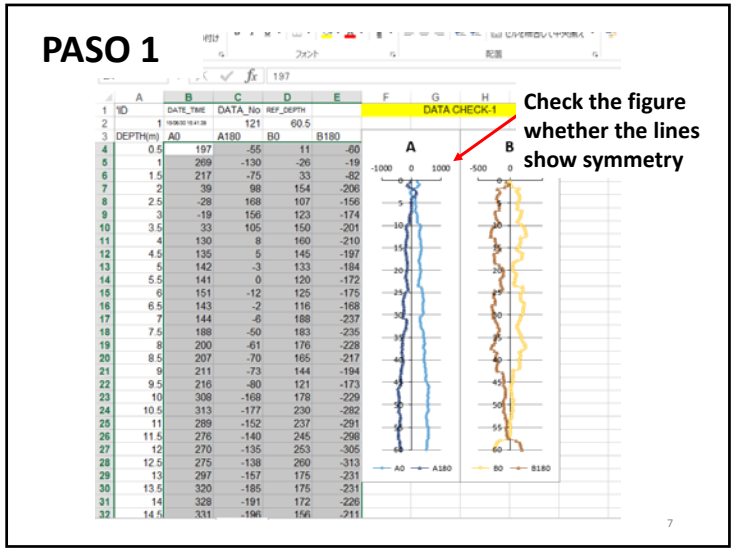
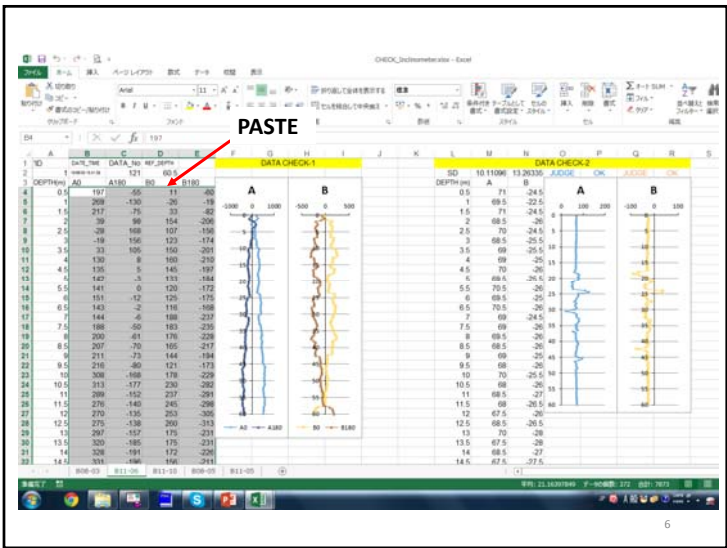
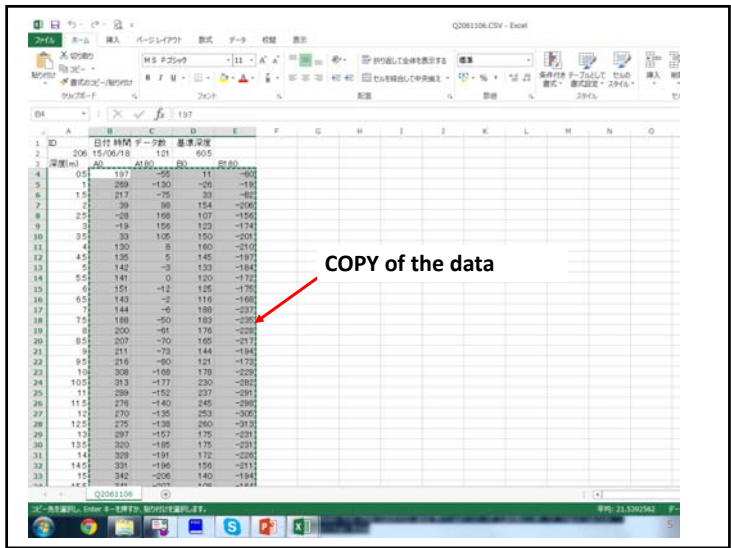
2

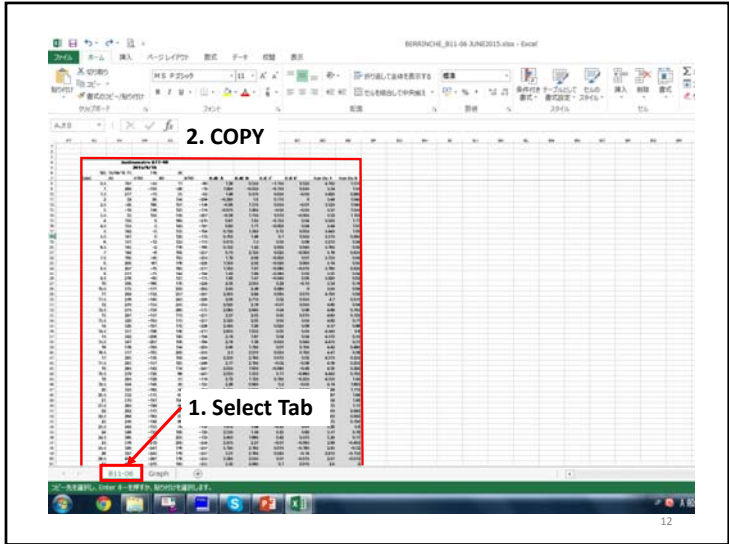
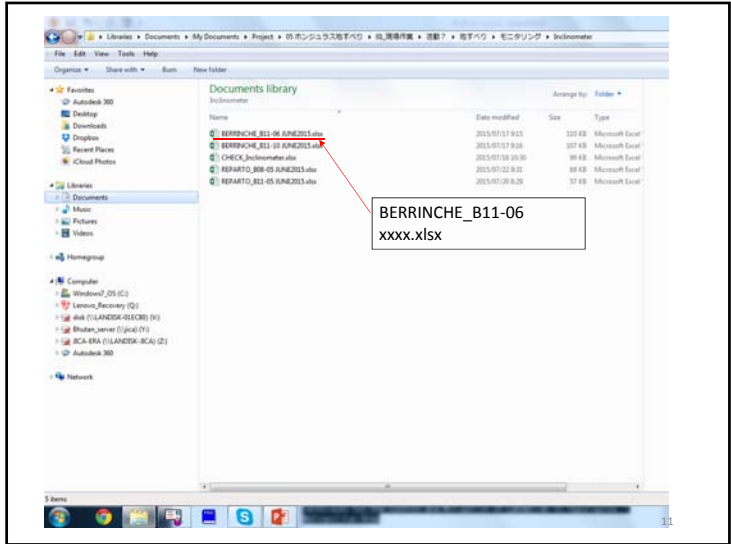
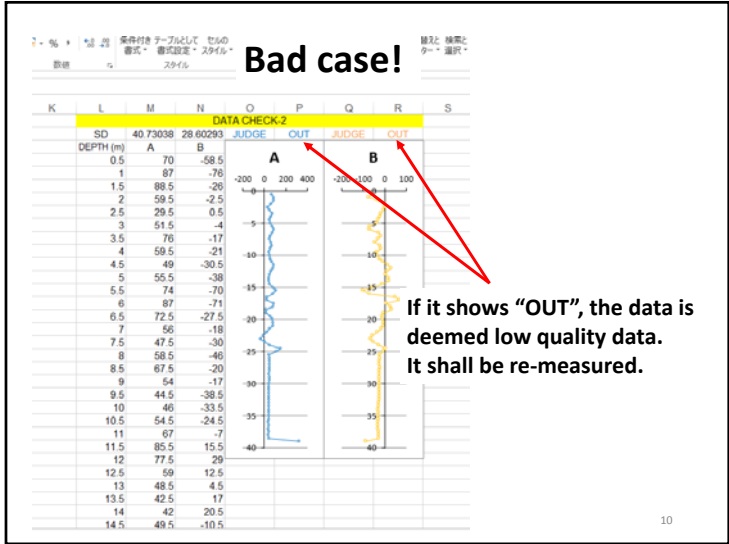
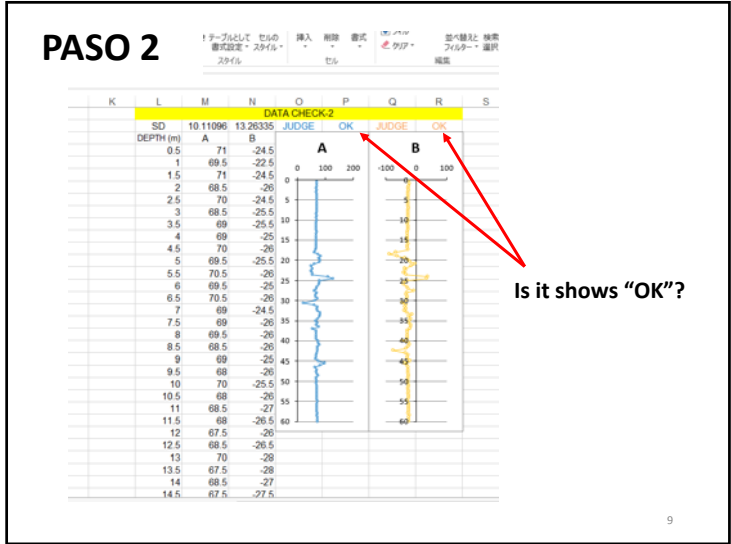


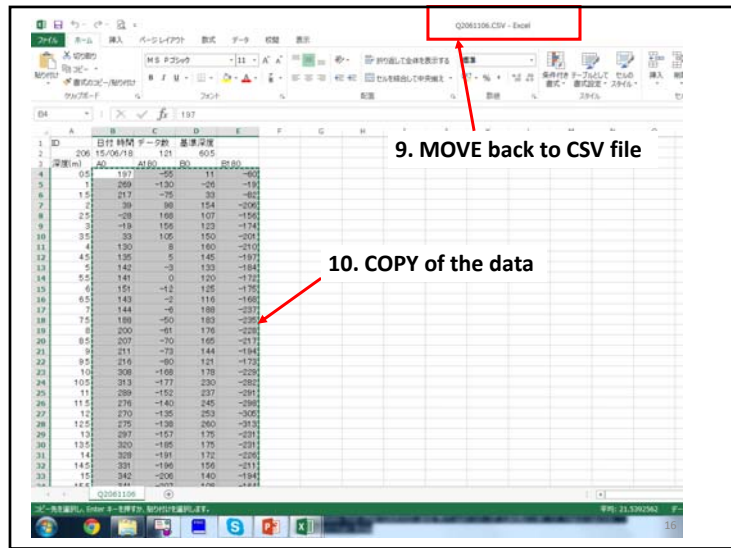
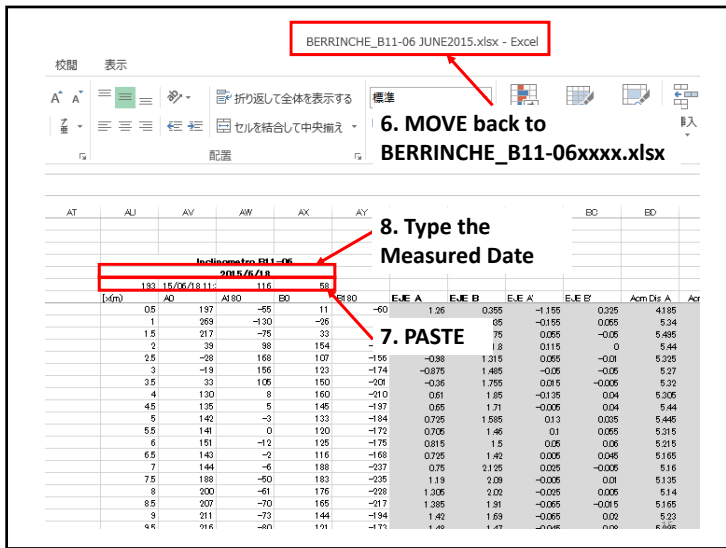
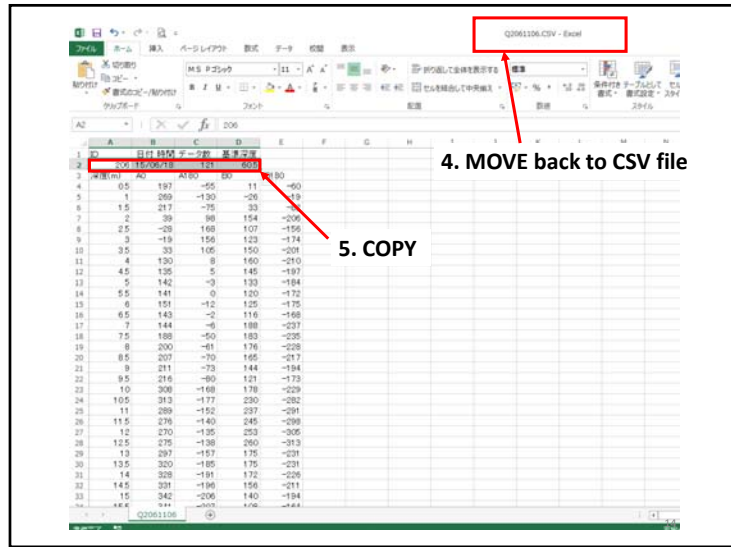
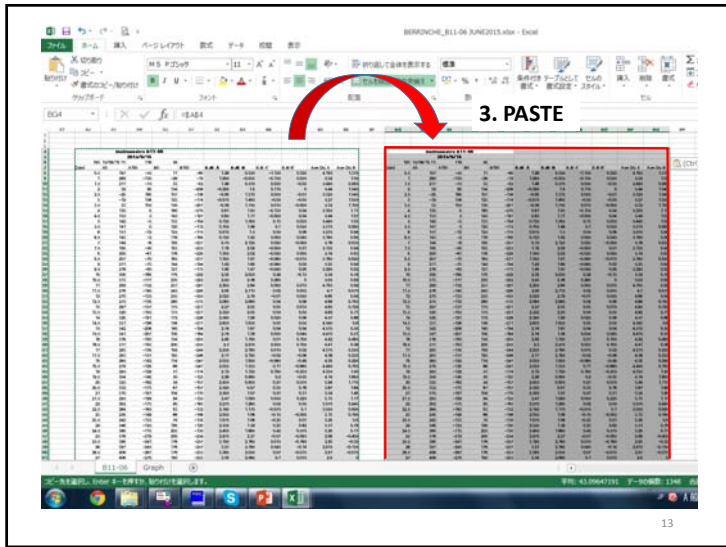
3



4









BERRINCHE\_B11-06 JUNE2015.xlsx - Excel

11. MOVE back to BERRINCHE\_B11-06xxxx.xlsx

12. PASTE

15/06/18 11:11	116	B180	EJE A	EJE B	EJE A'	EJE B'	Acm Dct A	Acr	
0.5	197	-55	11	-63	1.26	0.355	-1.155	0.325	4185
1.5	269	-130	-26	-19	1.995	-0.005	-0.155	0.055	5.34
2	29	-75	33	-49	1.46	0.575	0.055	-0.05	5.495
2.5	29	98	154	-206	-0.295	1.9	0.115	0	5.44
3	-19	168	107	-156	-0.98	1.315	0.055	-0.01	5.325
3.5	-19	156	123	-174	-0.875	1.485	-0.05	-0.05	5.27
4	33	106	150	-20	-0.36	1.755	0.035	-0.005	5.32
4.5	130	9	160	-210	0.61	1.95	-0.135	0.04	5.305
5	135	5	145	-197	0.65	1.71	-0.005	0.04	5.44
5.5	142	-3	133	-184	0.725	1.585	0.13	0.035	5.445
6	141	0	120	-172	0.705	1.46	0.1	0.055	5.315
6.5	151	-12	135	-175	0.815	1.5	0.05	0.06	5.215
7	144	-6	188	-237	0.75	2.125	0.025	-0.005	5.16
7.5	188	-60	193	-235	1.19	2.09	-0.005	0.01	5.195
8	200	-41	176	-229	1.305	2.02	-0.005	0.005	5.14
8.5	207	-70	165	-217	1.385	1.91	-0.005	-0.015	5.155
9	211	-73	144	-194	1.42	1.69	-0.005	0.02	5.23
9.5	216	-80	191	-173	1.48	1.47	-0.005	0.06	5.465

NG

NG

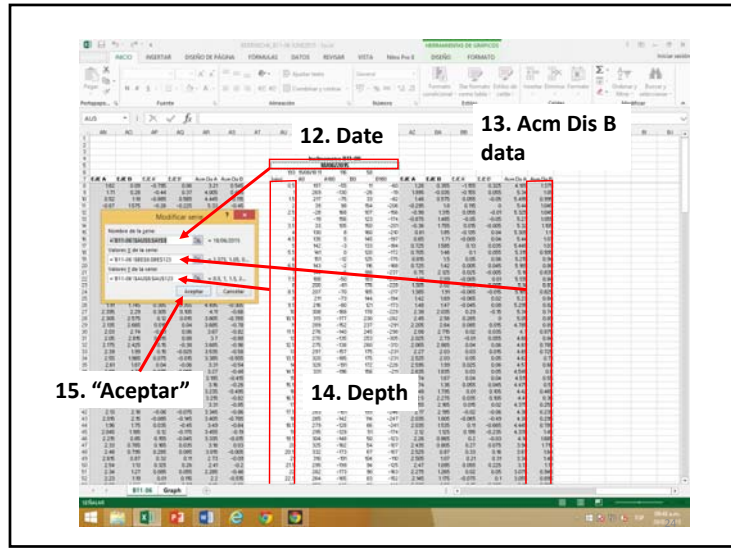
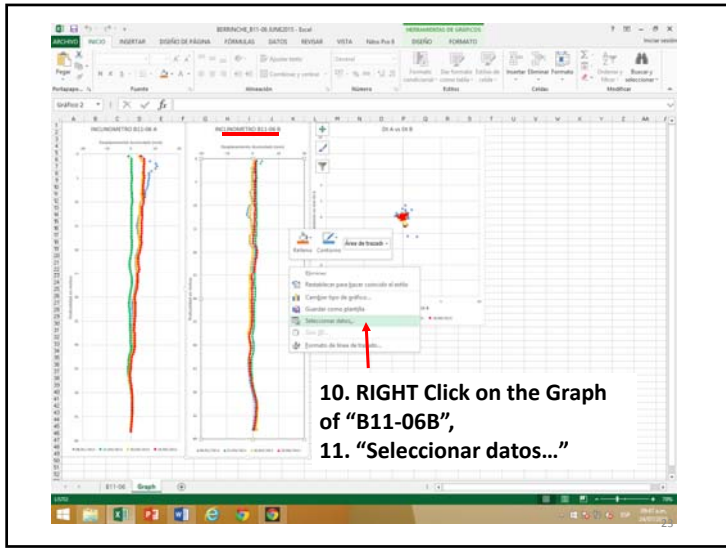
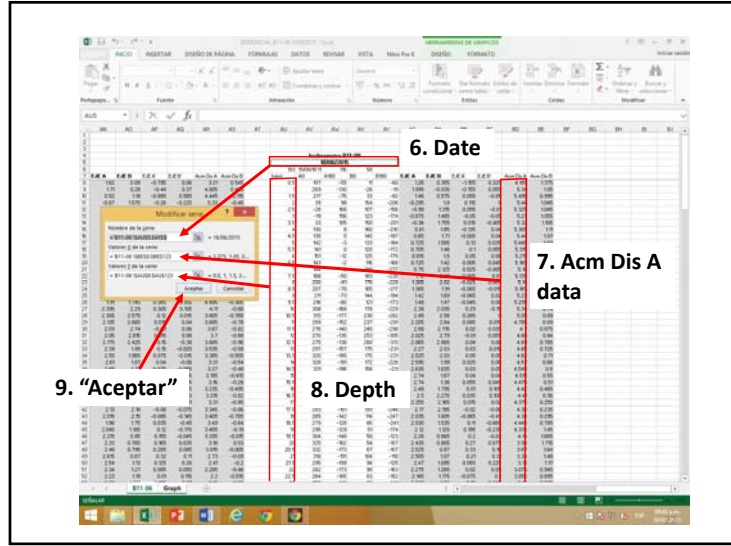
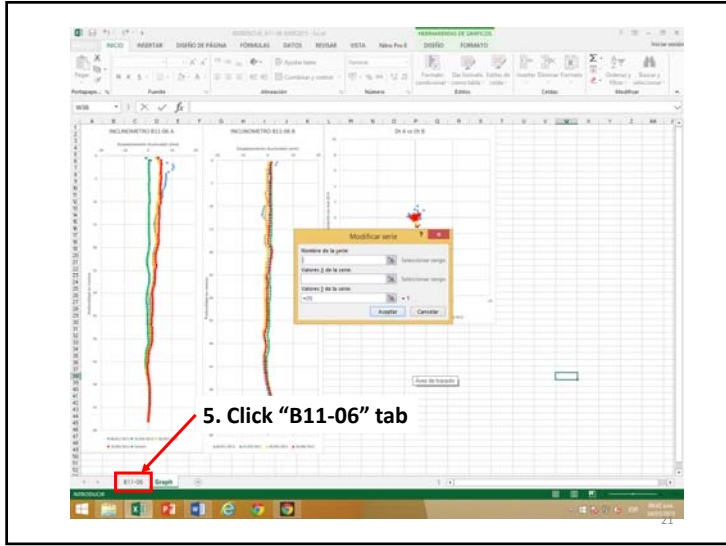
Is there neither too much nor too little?

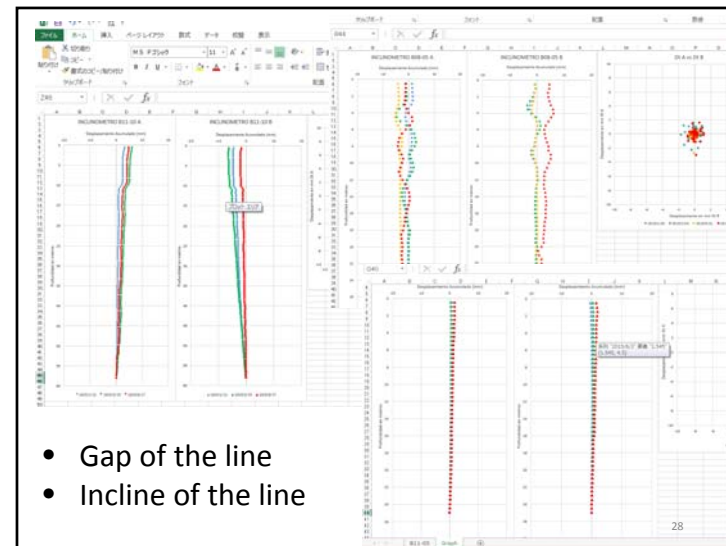
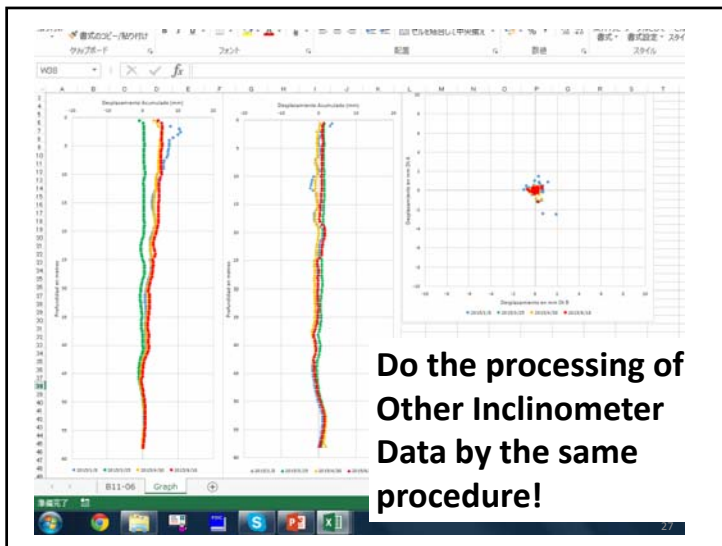
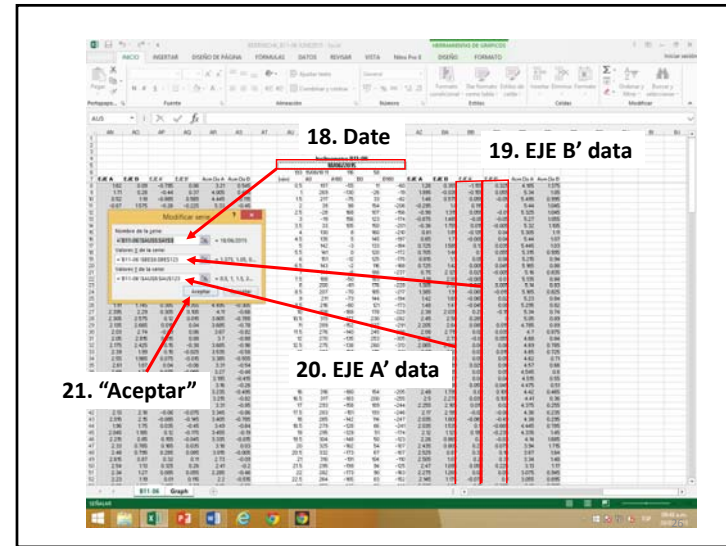
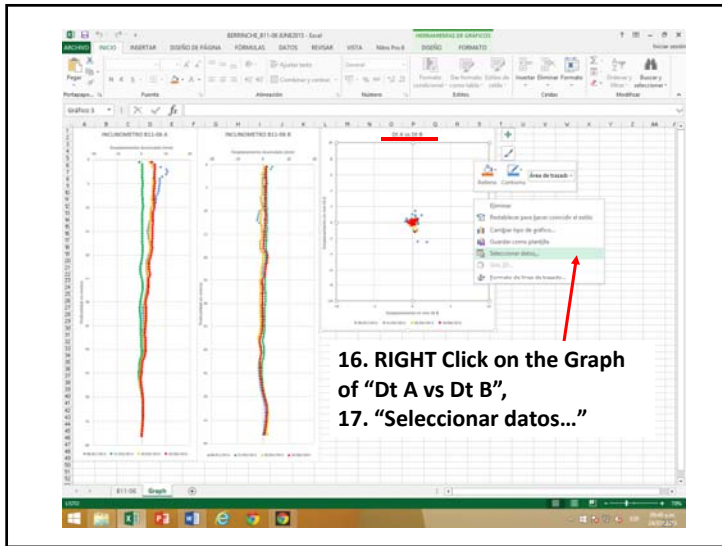
1. Select "Graph"

2. RIGHT Click on the Graph of "B11-06A",

3. "Seleccionar datos..."

4. Click "Agregar"





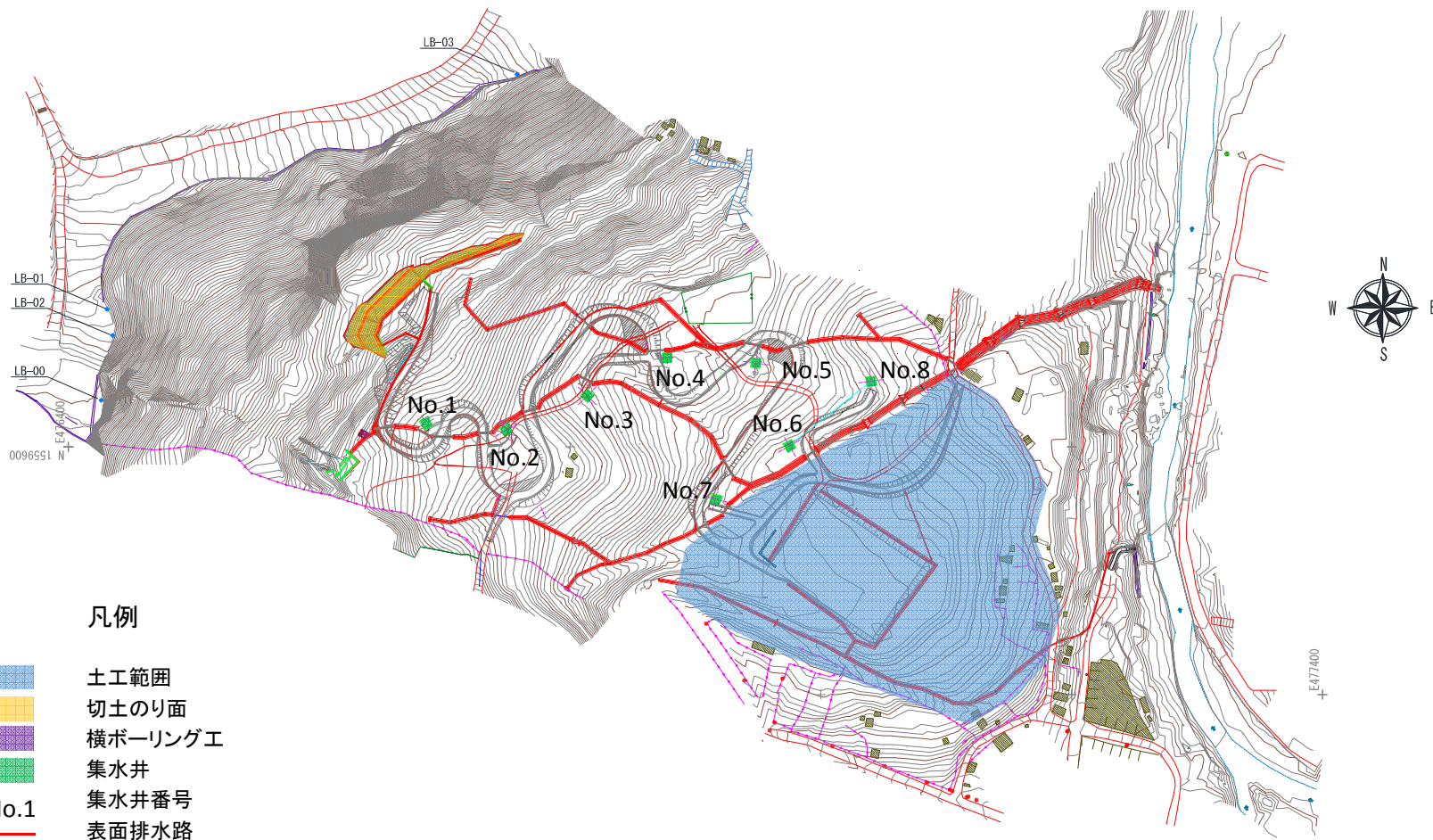


維持管理点検票

Berrinche地区



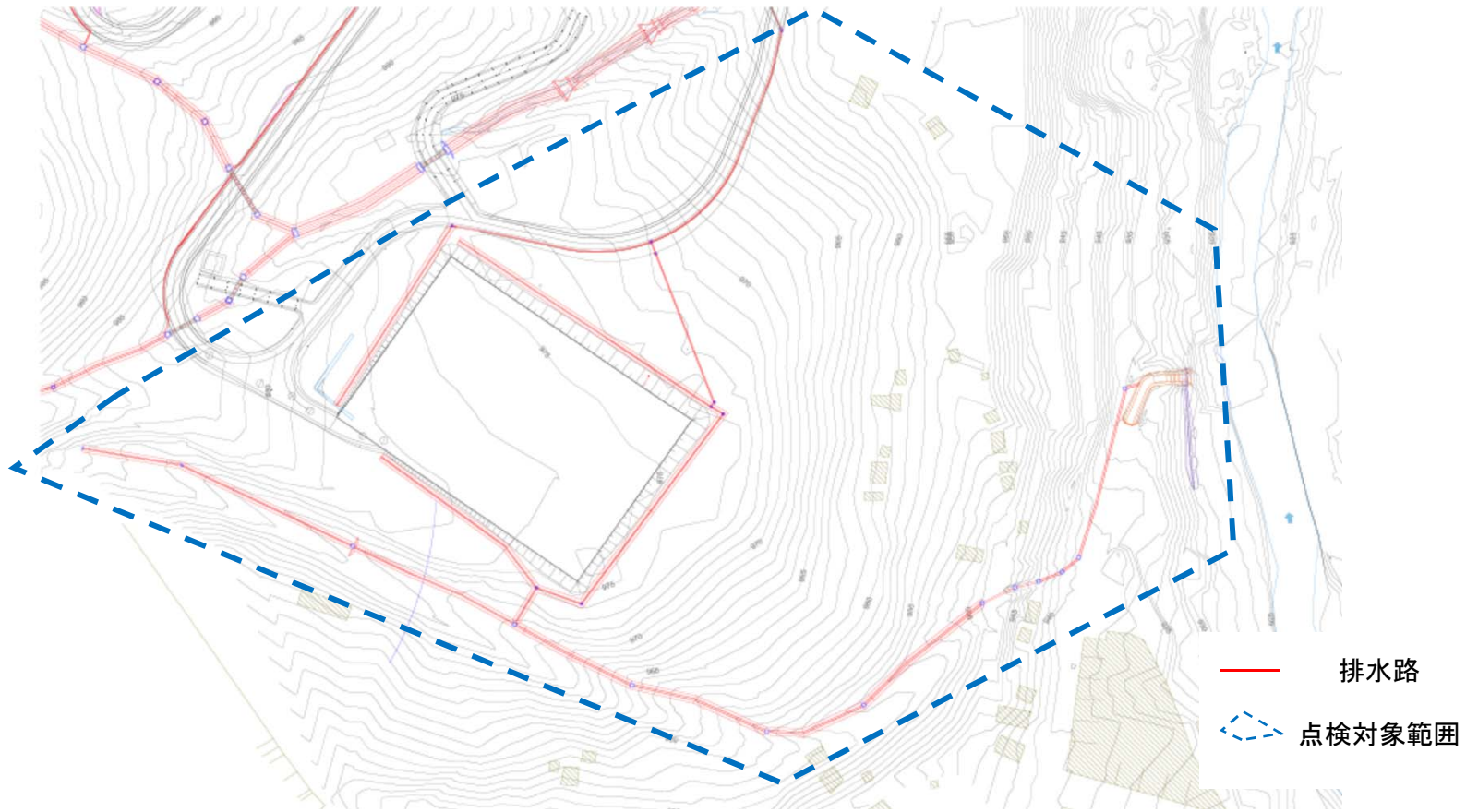




Format 2-1

Surface Drainage / Ditch (EL BERRINCHE)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Type of defect: Crack

Subsidence  Others ( \_\_\_\_\_ )

Difference from previous inspection

No change  Worse  Improved

Damaged level:

Slightly  Moderate  Terrible

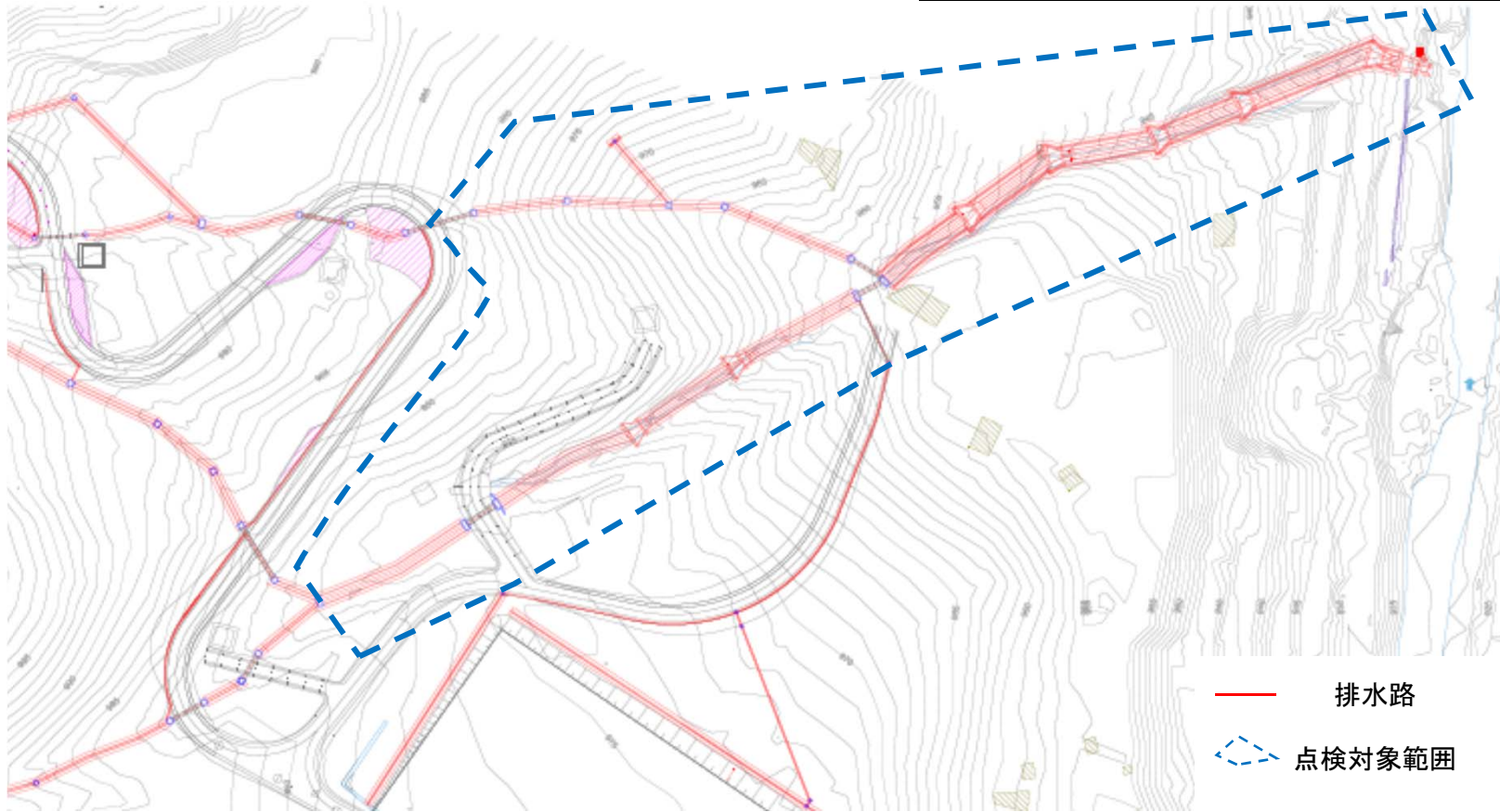
Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

Format 2-2

Surface Drainage / Ditch (EL BERRINCHE)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No.

Type of defect: Crack

Subsidence  Others ( \_\_\_\_\_ )

Difference from previous inspection

No change  Worse  Improved

Damaged level:

Slightly  Moderate  Terrible

Comment and Recommendation:

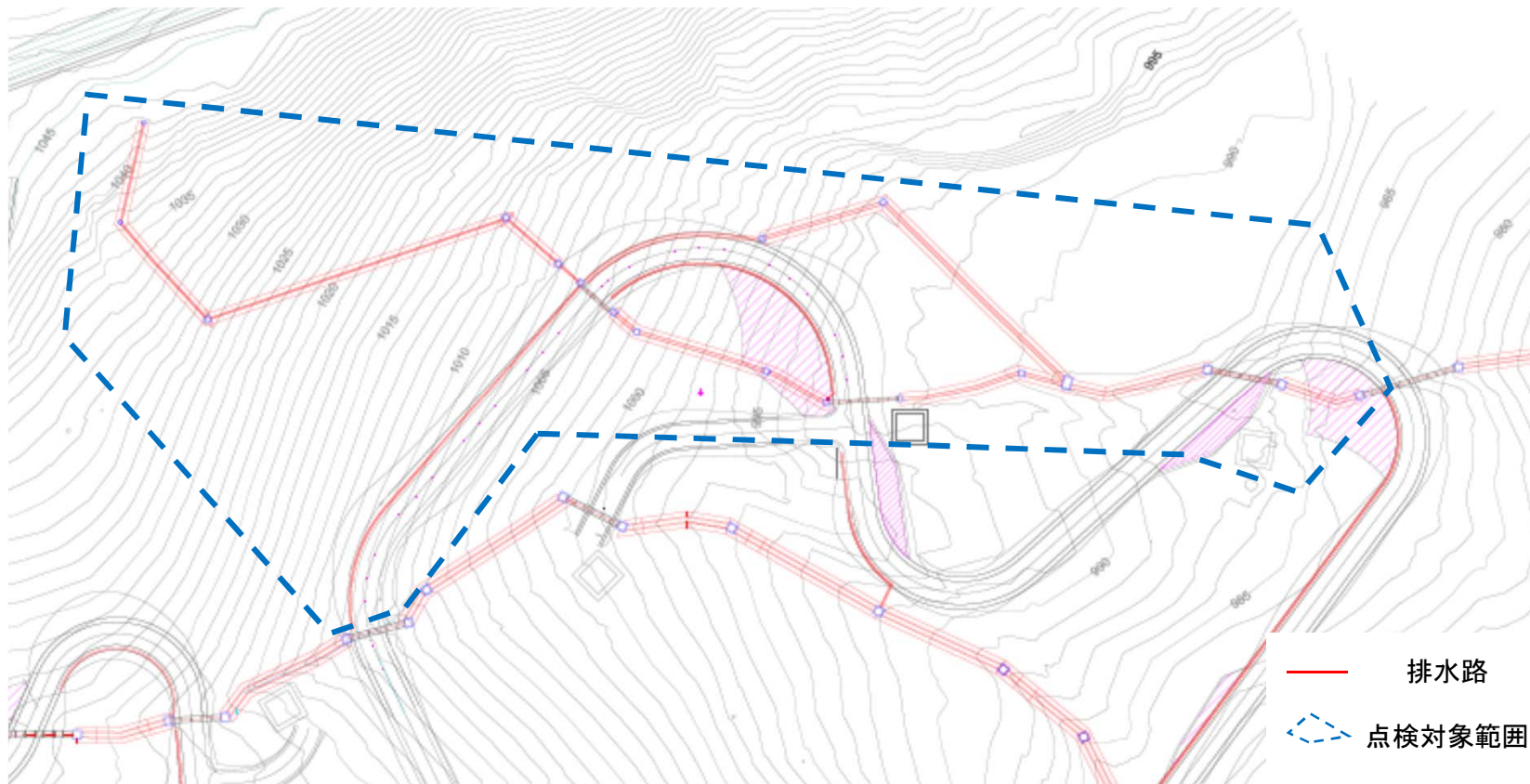
Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature



Format 2-3

Surface Drainage / Ditch (EL BERRINCHE)

Date of Inspection:



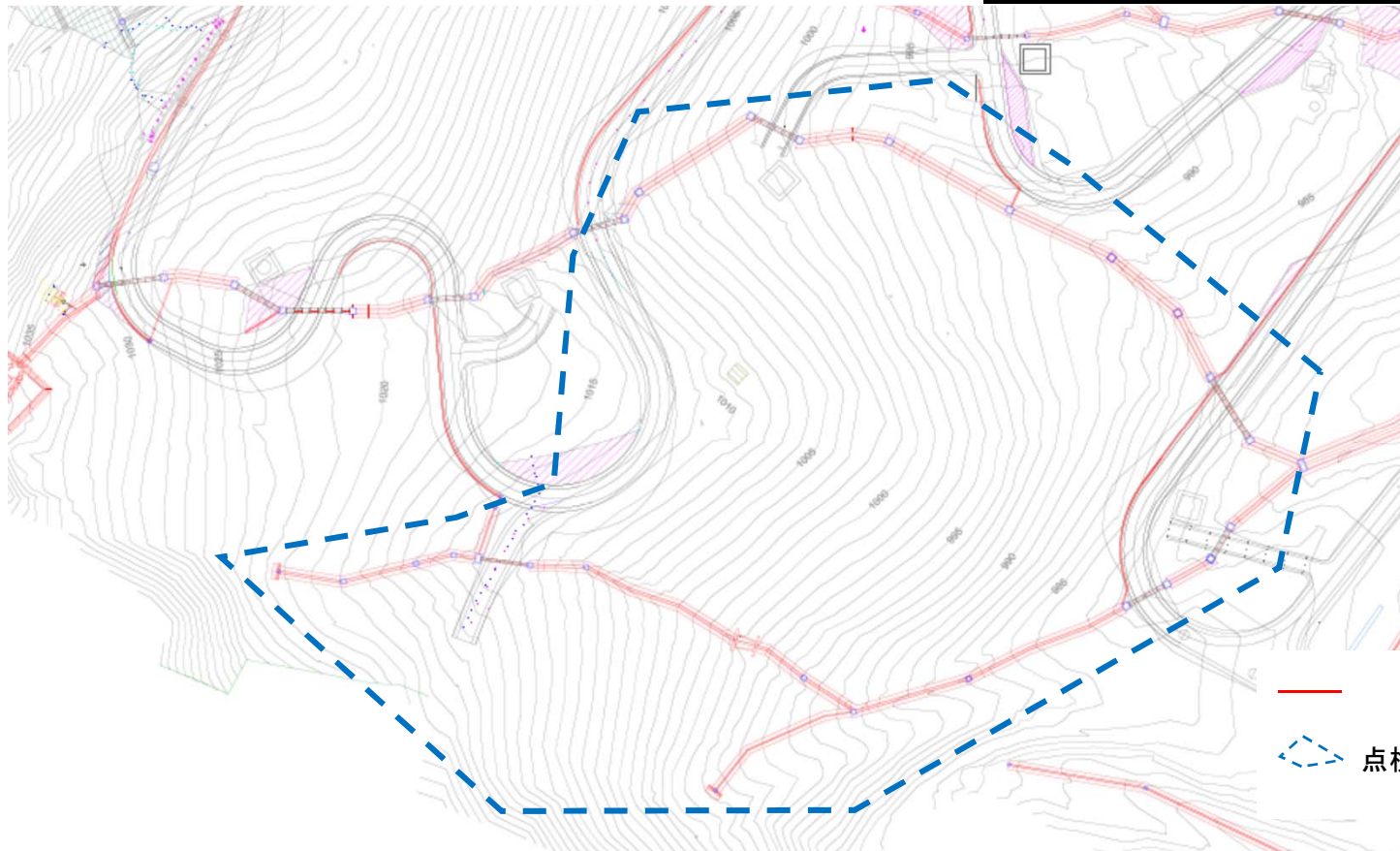
Channel Section:	Location: _____ m from Reserver No. _____ toward Reserver No. _____	Type of defect: Crack <input type="checkbox"/> Subsidence <input type="checkbox"/> Others ( _____ )
Difference from previous inspection No change <input type="checkbox"/> Worse <input type="checkbox"/> Improved <input type="checkbox"/>		Damaged level: Slightly <input type="checkbox"/> Moderate <input type="checkbox"/> Terrible <input type="checkbox"/>
Comment and Recommendation:		Name of Inspector: _____ Signature _____



Format 2-4

Surface Drainage / Ditch (EL BERRINCHE)

Date of Inspection:



— 排水路  
- - - 点検対象範囲

Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Type of defect: Crack

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Subsidence  Others ( \_\_\_\_\_ )

Difference from previous inspection

Damaged level:

No change  Worse  Improved

Slightly  Moderate  Terrible

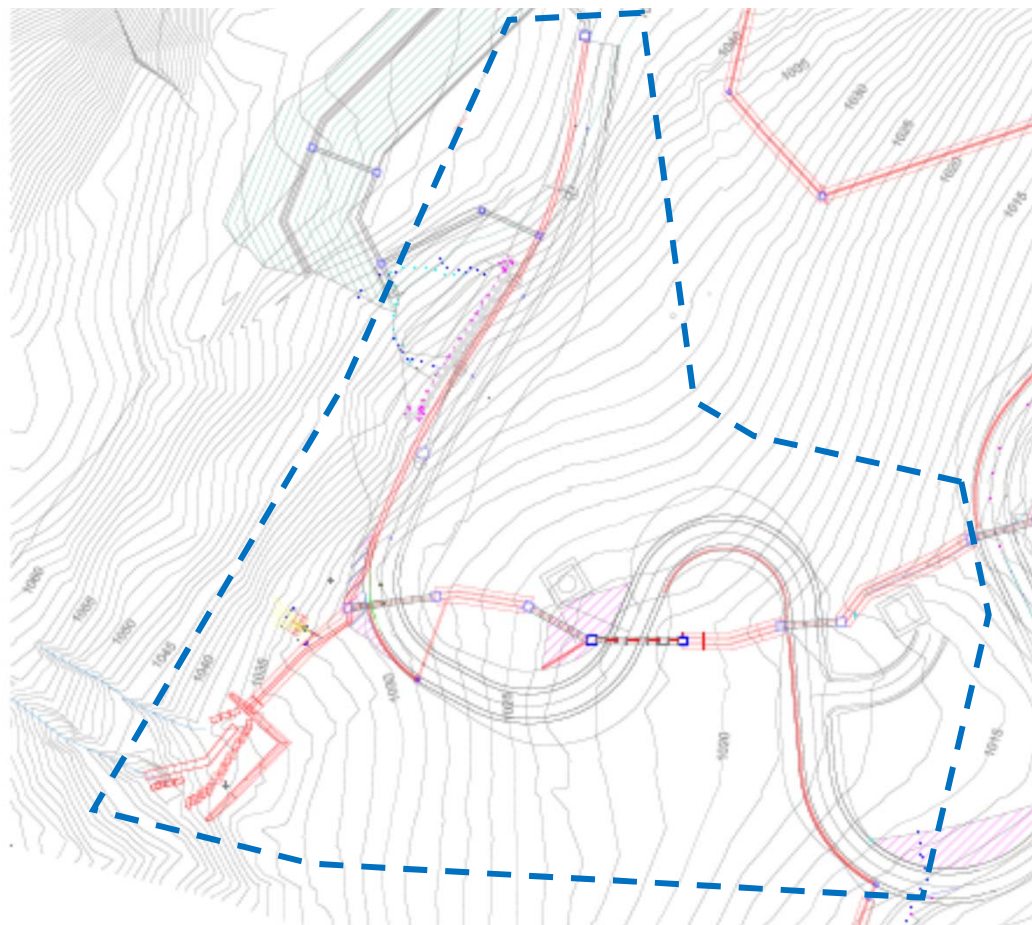
Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

Format 2-5

Surface Drainage / Ditch (EL BERRINCHE)

Date of Inspection:



— 排水路  
- - - 点検対象範囲

Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from  
Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Type of defect: Crack   
Subsidence  Others ( )

Difference from previous inspection  
No change  Worse  Improved

Damaged level:  
Slightly  Moderate  Terrible

Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

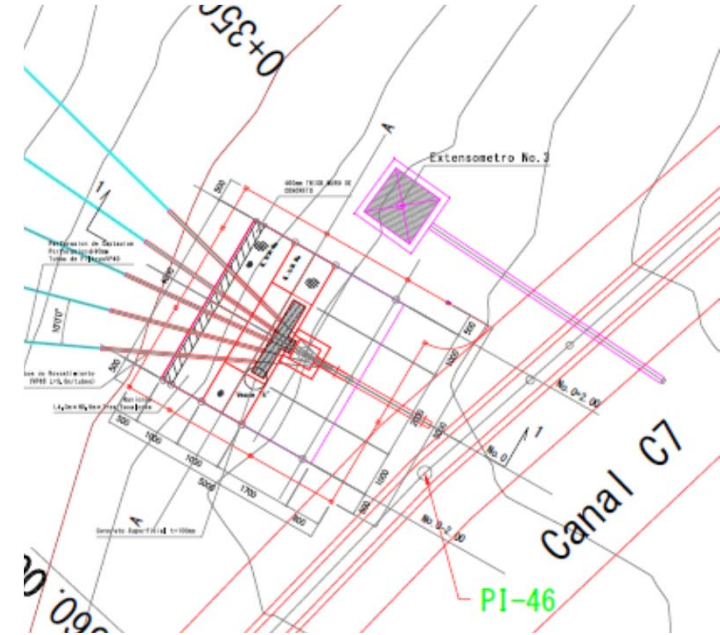
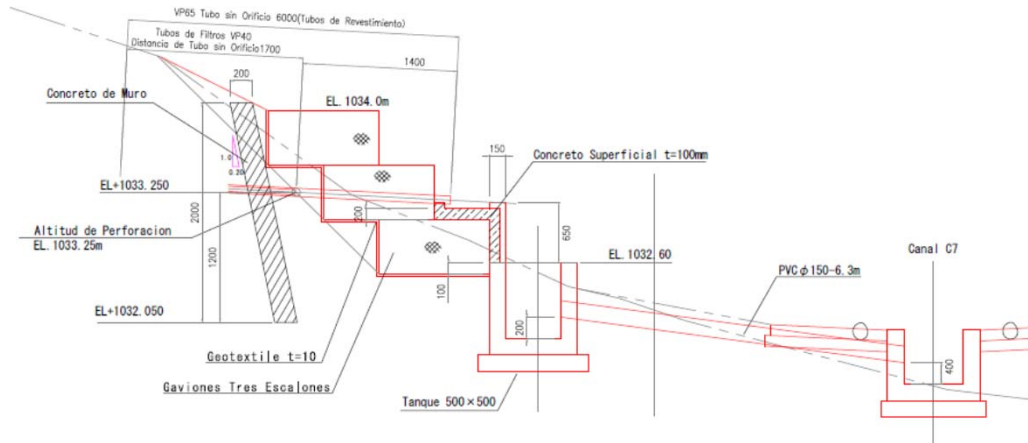
Format 3		Drainage Well					地すべり地名:					
Well No.:		異常					異常の程度			対応		
付帯施設		破損	変形	劣化	緩み	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
地表部	蓋											
	入口											
	井戸外壁											
	フェンス											
	梯子											
	コンクリートベース											
	その他											
陥凹部	梯子											
	踊り場											
	作業ステージ											
	井戸内壁											
	補強材(縦)											
	補強材(横)											
	底部コンクリート											
	その他											
上段集水管No.												
集水量 (L/min)												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
下段集水管No.												
集水量												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
上位の集水井からの排水管						下位の集水井への排水管						
排水量 (L/min)						排水量 (L/min)						
堆積物						堆積物						
異常						異常						
点検日:				点検者名:				サイン:				

Format 4

Horizontal Drainage

地すべり地名:

No. :

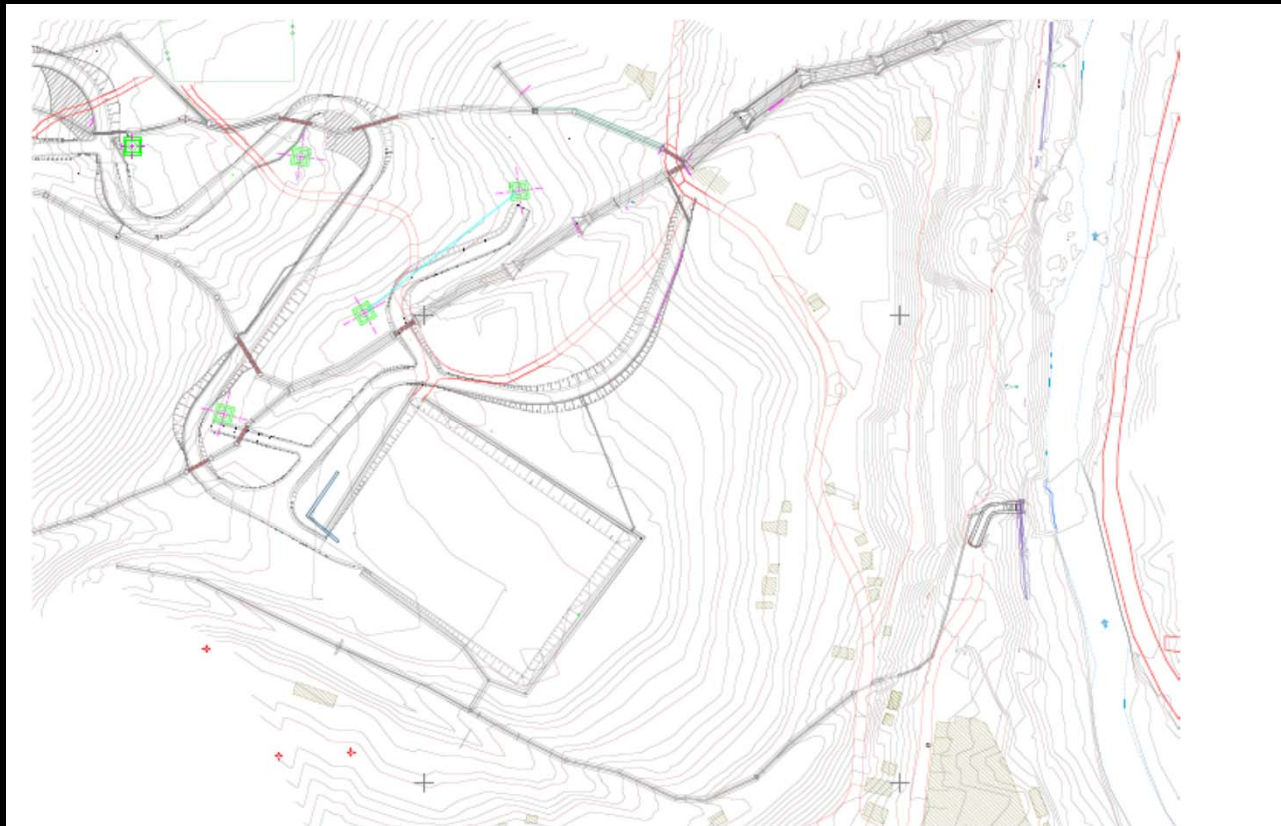


付帯施設		異常					異常の程度			対応		
		破損	変形	劣化	緩み	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
地表部	集水枡											
	排水管											
	ギャビオン											
	表面コンクリート											
	排水路											
	コンクリートベース											
	その他											
排水管No.												
集水量 (L/min)												
堆積物		S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S:Si, N: No
異常												
点検日:				点検者名:				サイン:				



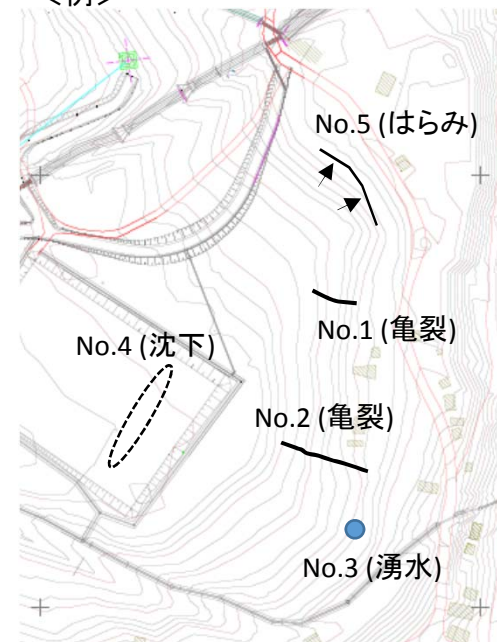
Format 5

Foot Part of Landslide Area (EL BERRINCHE)



点検時に異常が確認された場所を左図中に示し、番号を付記する。

<例>



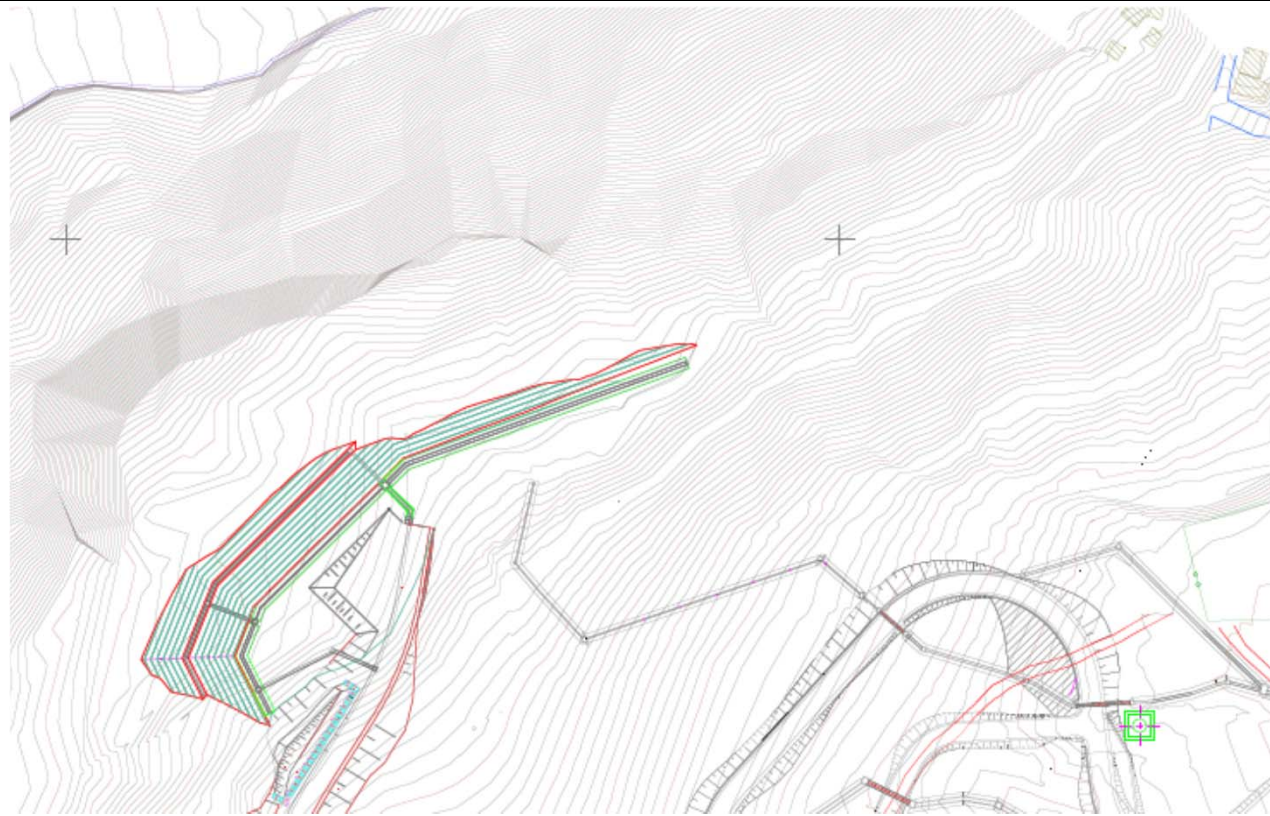
図中の番号	異常					異常の程度			対応		
	亀裂	はらみ	沈下	湧水	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											

点検日:

点検者名:

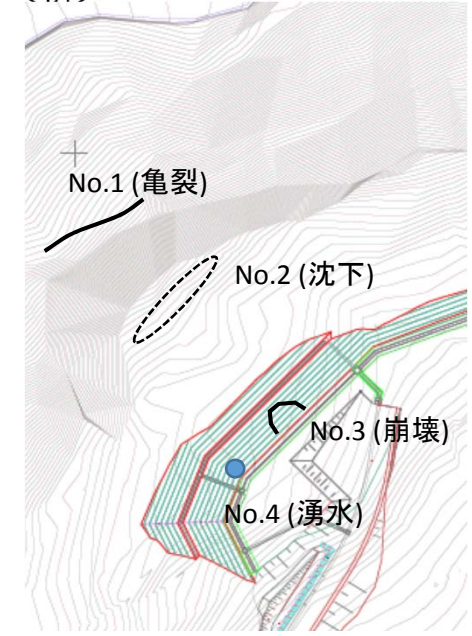
サイン:





点検時に異常が確認された場所を左図中に示し、番号を付記する。

<例>



図中の番号	異常					異常の程度			対応		
	亀裂	崩壊	沈下	湧水	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											

点検日:

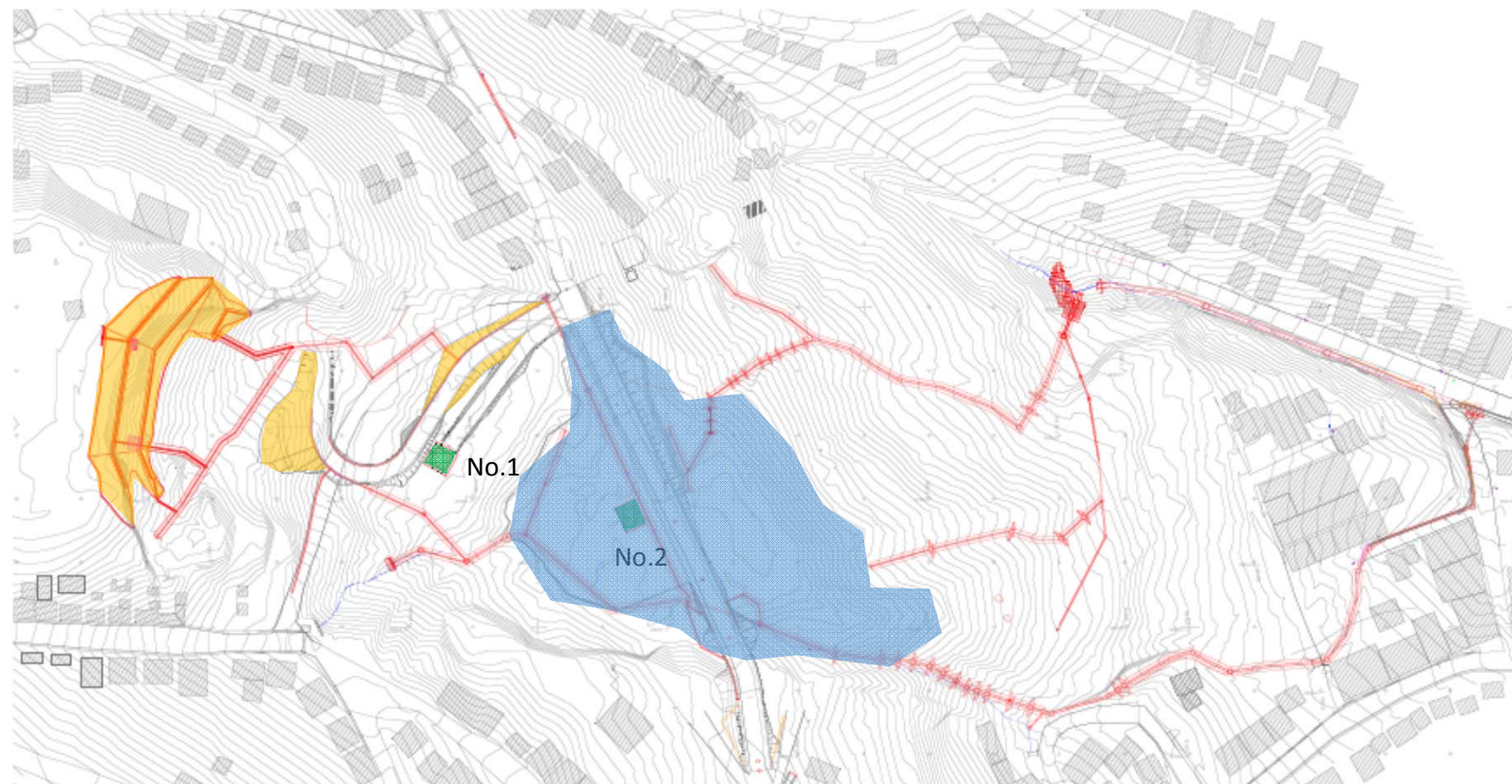
点検者名:






サイン:

維持管理点検票

Reparto地区





-  土工範囲
-  切土のり面
-  集水井
-  集水井番号
-  表面排水路



Format 2-1

Surface Drainage / Ditch (EL REPARTO)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Type of defect:

Crack

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Subsidence

Others ( \_\_\_\_\_ )

Difference from previous inspection

No change

Worse

Improved

Damaged level:

Slightly

Moderate

Terrible

Comment and Recommendation:

Name of Inspector:

Signature



Format 2-2

Surface Drainage / Ditch (EL REPARTO)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Type of defect: Crack

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Subsidence  Others ( )

Difference from previous inspection

Damaged level:

No change  Worse  Improved

Slightly  Moderate  Terrible

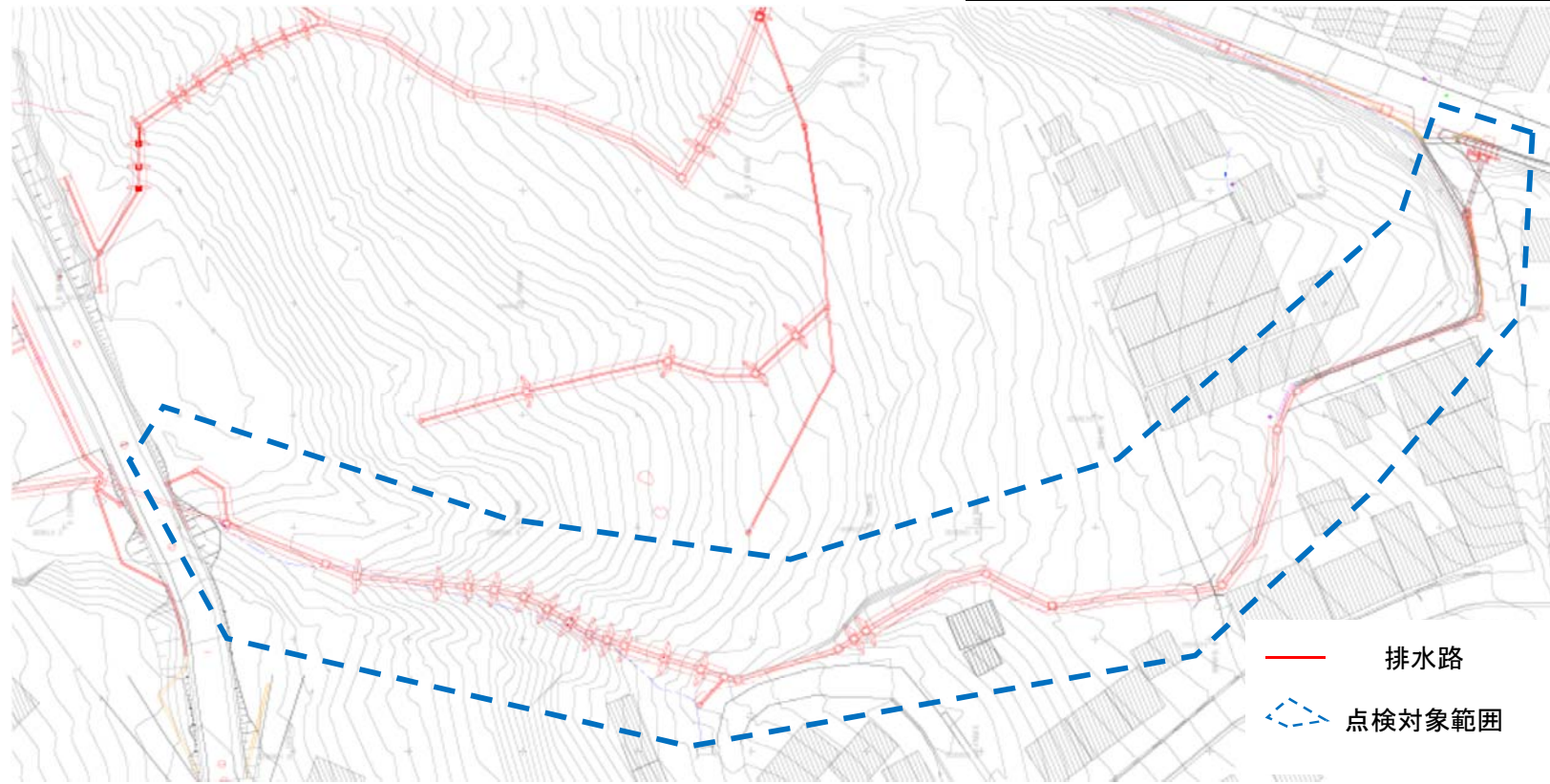
Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

Format 2-3

Surface Drainage / Ditch (EL REPARTO)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Type of defect: Crack

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Subsidence  Others ( )

Difference from previous inspection

No change  Worse  Improved

Damaged level:

Slightly  Moderate  Terrible

Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

Format 2-4

Surface Drainage / Ditch (EL REPARTO)

Date of Inspection:



— 排水路  
- - - 点検対象範囲

Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from  
Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Type of defect: Crack   
Subsidence  Others ( )

Difference from previous inspection  
No change  Worse  Improved

Damaged level:  
Slightly  Moderate  Terrible

Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

Format 2-5

Surface Drainage / Ditch (EL REPARTO)

Date of Inspection:



Channel Section:

Location: \_\_\_\_\_ m from

Type of defect: Crack

Reserver No. \_\_\_\_\_ toward Reserver No. \_\_\_\_\_

Subsidence  Others ( \_\_\_\_\_ )

Difference from previous inspection

Damaged level:

No change  Worse  Improved

Slightly  Moderate  Terrible

Comment and Recommendation:

Name of Inspector: \_\_\_\_\_ Signature

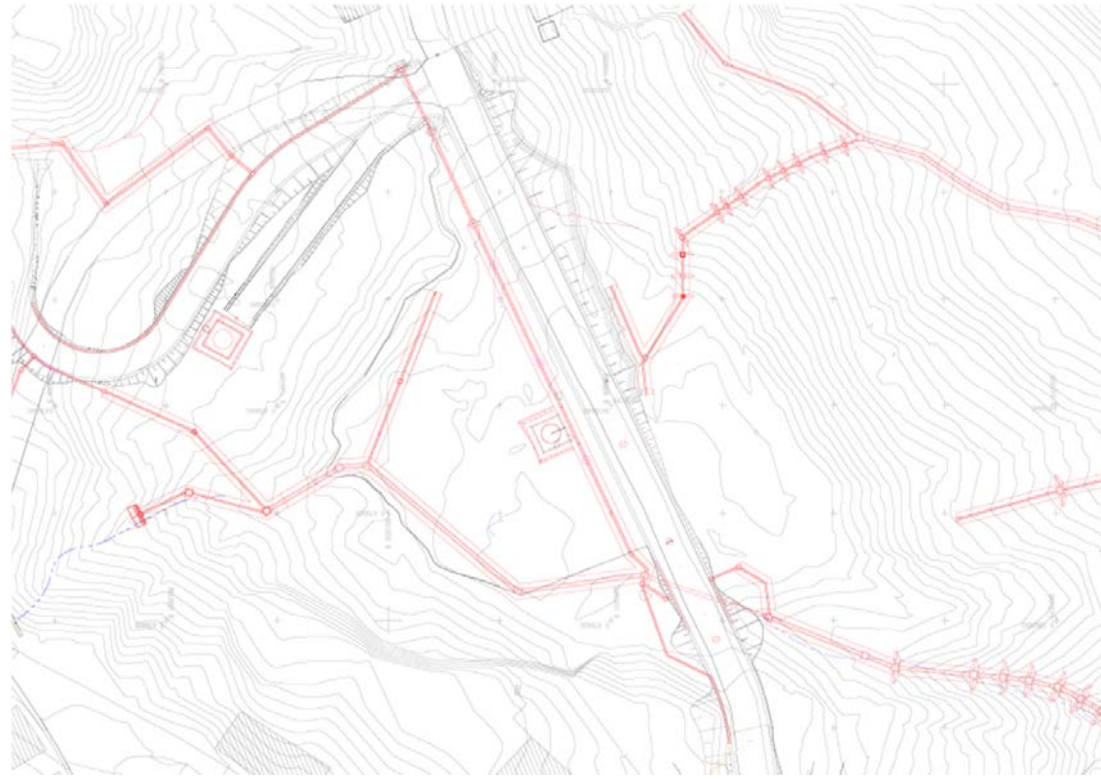


Format 3		Drainage Well					地すべり地名:					
Well No.:		異常					異常の程度			対応		
付帯施設		破損	変形	劣化	緩み	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
船形	蓋											
	入口											
	井戸外壁											
	フェンス											
	梯子											
	コンクリートベース											
	その他											
船形	梯子											
	踊り場											
	作業ステージ											
	井戸内壁											
	補強材(縦)											
	補強材(横)											
	底部コンクリート											
	その他											
上段集水管No.												
集水量 (L/min)												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
上段集水管No.												
集水量												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
下段集水管No.												
集水量 (L/min)												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
下段集水管No.												
集水量												
堆積物		S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S N	S:Si, N: No
異常												
上位の集水井からの排水管						下位の集水井への排水管						
排水量 (L/min)						排水量 (L/min)						
堆積物						堆積物						
異常						異常						
点検日:				点検者名:				サイン:				



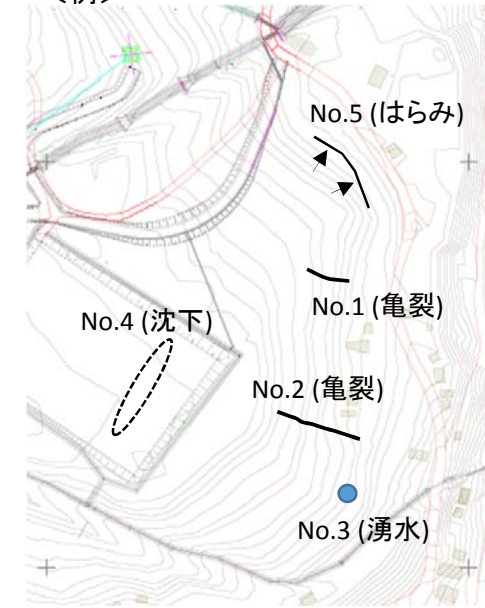
Format 5

Earth Filling Area (EL REPARTO)



点検時に異常が確認された場所を左図中に示し、番号を付記する。

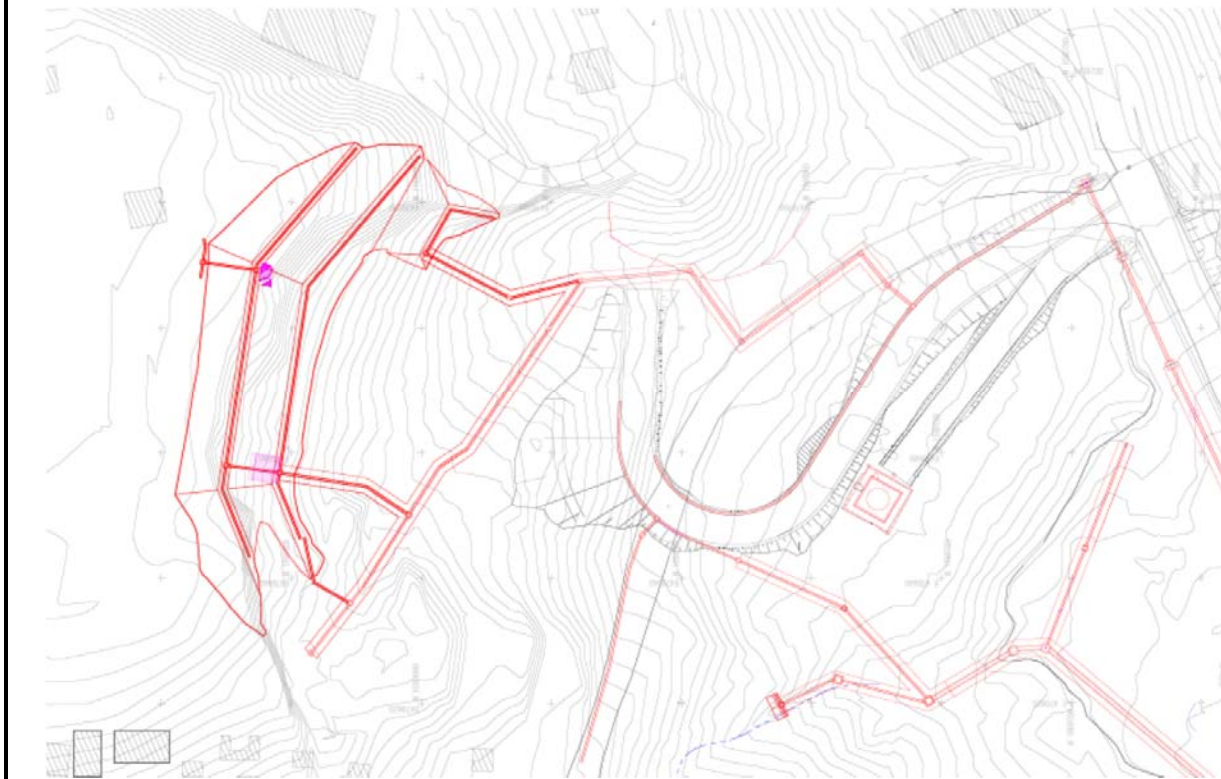
<例>



図中の番号	異常					異常の程度			対応			
	亀裂	はらみ	沈下	湧水	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修	
No.												
No.												
No.												
No.												
No.												
No.												
No.												
点検日:			点検者名:					サイン:				

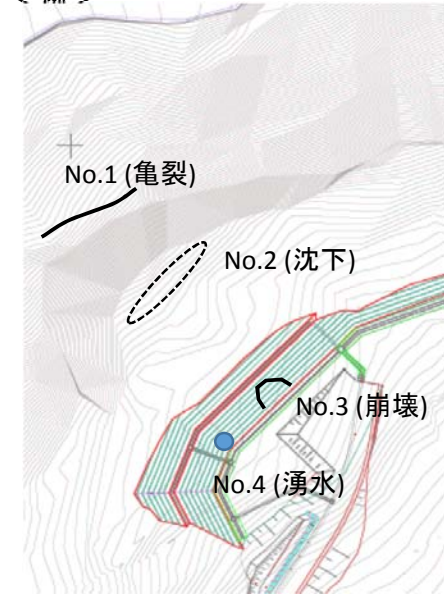
Format 6

Cut Slope Area (EL REPARTO)



点検時に異常が確認された場所を左図中に示し、番号を付記する。

<例>



図中の番号	異常					異常の程度			対応		
	亀裂	崩壊	沈下	湧水	その他	軽微	中程度	重大	必要なし	観察	要補修
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
No.											
点検日:			点検者名:					サイン:			

