ＩＳＳＮ　０３８６－５８７８
土木研究所資料第 4229 号

土 木 研 究 所 資 料

大規模土砂移動検知システムにおける センサー設置マニュアル（案）

平成 24 年 6 月

独立行政法人土木研究所
土砂管理研究グループ
火山・土石流チーム

Copyright © (2012) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土 木 研 究 所 資 料
第 4229 号 2012 年 6 月

土木研究所資料

大規模土砂移動検知システムにおける センサー設置マニュアル（案）

土砂管理研究グループ　火山・土石流チーム　上席研究員　石塚忠範
土砂管理研究グループ　火山・土石流チーム　主任研究員　山越隆雄
土砂管理研究グループ　火山・土石流チーム　研　究　員　武澤永純

要　旨

本資料は、大規模土砂移動検知システムにおいて、大規模な土砂移動現象が発する地盤振動を観測することによって発生を検知する振動センサーおよび観測局の設置にあたっての基本的な考え方と、その方法を述べるものである。

キーワード：大規模土砂移動、大規模土砂移動検知システム、振動センサー、観測局

大規模土砂移動検知システムにおける
センサー設置マニュアル（案）　目次

１．概要　－1
　1-1　マニュアルの概要　－1
　1-2　大規模土砂移動検知システム　－2
　1-3　構成　－3
　1-4　適用範囲　－4
２．大規模土砂移動検知システムの作業工程　－5
３．情報収集　－7
４．対象規模の設定　－8
５．観測局の計画　－9
　5-1　「対象とする土砂移動現象の規模」の振動の評価と観測局の配置計画　－10
　5-2　振動センサーの選定　－13
　5-3　電源・通信設備計画　－13
　　5-3-1　電源設備　－13
　　5-3-2　通信設備　－13
６．観測局の調査　－15
　6-1　各設備の机上・現地確認　－15
　6-2　振動センサーのノイズ評価　－15
　　6-2-1　振動ノイズ評価方法　－16
　　6-2-2　振動ノイズと「対象とする土砂移動現象の規模」の振動との比較　－18
７．観測局の設置　－20
　7-1　振動センサーの設置　－20
　7-2　各設備の設置　－21

参考文献　－22

１．概要

1-1　マニュアルの概要

大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案）「以下、本マニュアルと呼称」は、大規模な土砂移動現象の際に発する地盤振動を観測することによって発生を検知する振動センサーの設置にあたっての基本的な考え方と、その方法を述べるものである。

本マニュアルでは、振動センサー特有の留意点、すなわち振動センサーの配置計画の考え方、およびセンサーの据付方法等について主として解説するものである。本マニュアルに記載されていない事項については、それぞれ適切な指針・基準等を準用するものとする。

なお、一般に砂防分野における振動センサーとは、振動検知式土石流センサー[1)]と呼ばれ、渓流付近に設置して上流から流下する土石流の振動を感知して信号を発するセンサーのことを指すが、本マニュアルでは大規模な土砂・土塊等が移動・流下した際に発する地盤振動を計測する機器のことを指す。

1-2　大規模土砂移動検知システム

大規模土砂移動検知システムとは、対象範囲内で発生した大規模土砂移動現象に伴う地盤振動を、ネットワーク化された複数の振動センサーで観測し、自動分析することで検知・識別するシステム全般のことを指す。

土砂移動現象発生時には、土砂・岩等が地面上を動くことにより地盤振動を発する。例えば、土石流は土石流内に含まれる巨礫が地盤に衝突することで地盤振動を発すると考えられており、1-1 で述べた振動検知式土石流センサー（振動センサー）は、その特性を利用して、土石流の発生を検知するために用いられている[1)]。

一方、地盤振動の規模は土砂移動現象の規模に比例して大きくなることが示されており、地盤振動が大きくなればなるほど、振動は遠くまで伝播する。近年の研究では、大規模な土砂移動現象の地盤振動は数 km 先の観測地点まで到達した事例が多数報告されている[例えば2)]。

また、大規模土砂移動現象の地盤振動は複数の観測地点で同時期に観測されることがあり、その観測記録から地震の震源決定技術を活用して、大規模土砂移動現象の発生位置を特定する技術が開発された[3)～5)]。これらの技術を活用して、振動センサーを面的に配置し、その観測記録から大規模土砂移動現象の発生箇所を監視するシステム[6)]を、本マニュアルでは「大規模土砂移動検知システム」とする。

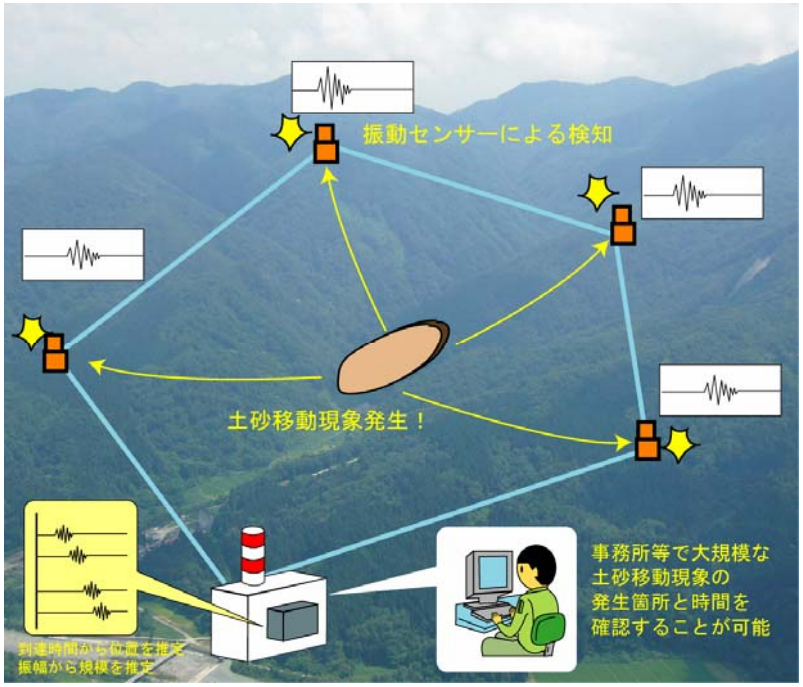

図 1　大規模土砂移動検知システムのイメージ

1-3　構成

大規模土砂移動検知システムの構成は、「観測局」「通信」「監視局」の３つに大別される

大規模土砂移動検知システムの構成は図２のとおりである。

図２　大規模土砂移動検知システムの構成

大規模土砂移動検知システムは大きく３つにわけられる。

「観測局」：本システムでは大規模土砂移動現象が発する地盤振動を検知するものである。よって観測局は、地盤振動を観測するための振動センサー、振動センサーを運用するための電源設備、振動センサーの観測記録を監視局に送信するための通信設備等（必要に応じて局舎等）で構成される。

「通信」：観測局で得られた観測記録を監視局まで送付するためのインフラ設備を指す。観測記録データは一般的にデータ量が大きくなるため、光ファイバ等回線速度が速いものが望ましい。

「監視局」：大規模土砂移動現象の発生を監視する拠点となる場所をさす。一般的に事務所、出張所等が想定される。観測局から送られてくる観測記録を記録・保管するとともに、処理・演算して、大規模土砂移動発生箇所を推定する必要があるため、サーバ、PC（処理ソフト、インターフェース等）等が置かれる。

1-4　適用範囲

本マニュアルの適用範囲は、大規模土砂移動検知システムにおける振動センサーの配置・設置の考え方を、大規模土砂移動による地盤振動の観点からとりまとめたものである。

大規模土砂移動検知システムを運用するためには、システムの計画から始まり、現地調査・踏査、システムの設計、開発・施工、維持管理をあらかじめ検討しなければならない。

本マニュアルでは、そのうち、システムの計画における振動センサーの配置・設置における考え方、現地調査・踏査の方法を大規模土砂移動による地盤振動の観点からとりまとめたものである。すなわち、振動センサーを設置するためには、対象とする大規模土砂移動現象の地盤振動を鑑みた上で、現地の状況や振動ノイズ等を適切に評価して、設置箇所の妥当性を判断しなければならない（図３参照）。

一方、振動センサーの設置箇所は通信・電源設備の状況にも依存することが考えられる。その詳細については、適切な指針・基準等を準用して判断する。

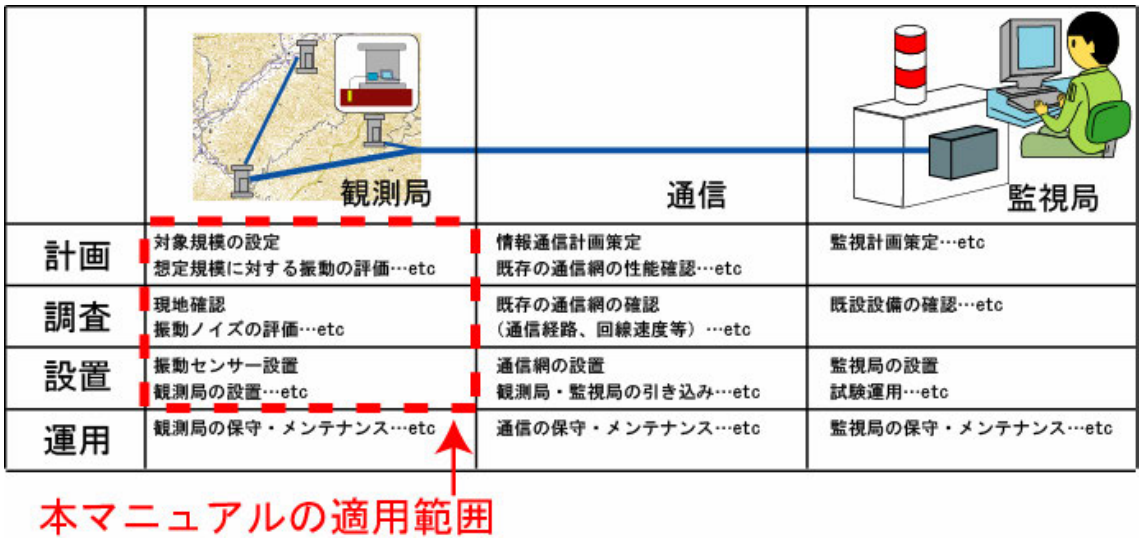

図３　観測局・通信・監視局を構築する上での作業体系と
本マニュアルの適用範囲

２．大規模土砂移動検知システムの作業工程

大規模土砂移動検知システムの作業工程は、必要な情報収集や対象規模を設定した後、観測局、通信、監視局の計画が立案・実施されることで、達成される。

大規模土砂移動検知システムの検討手順は図４に示すとおりである。

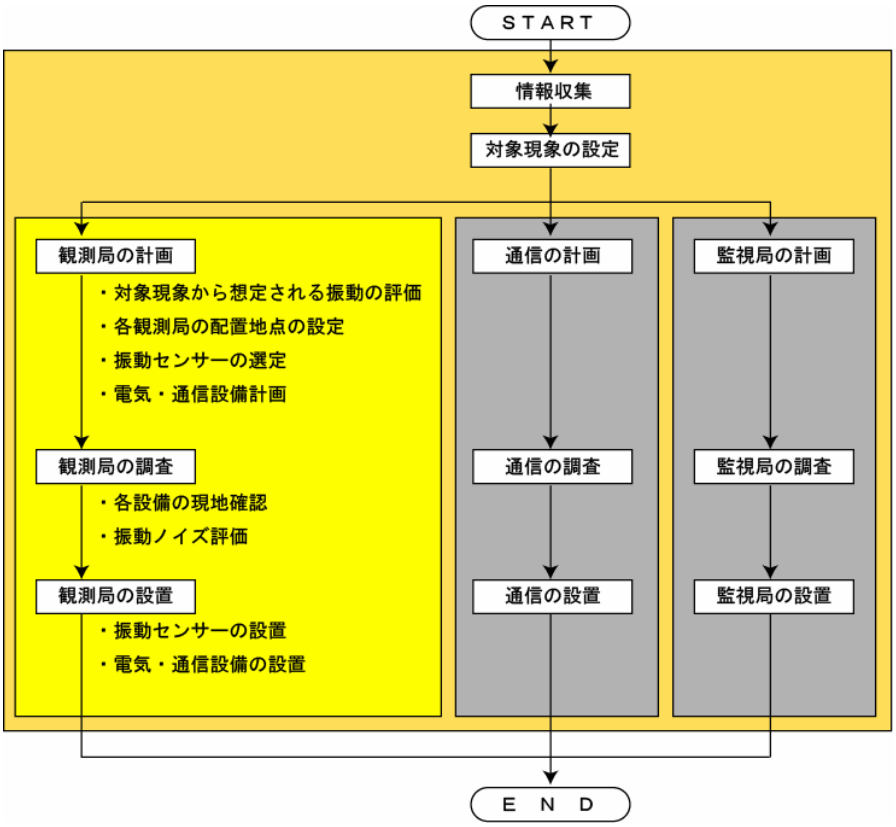

図４　大規模土砂移動検知システムのフローチャート

各項目の詳細は以下のとおりである。

（1）情報収集

対象とする大規模土砂移動現象の規模の設定および観測局の計画立案に必要な文献、資料等を収集する。

（2）対象規模の設定

本システムで監視する土砂移動現象の発生位置と規模を設定する。

（3）観測局の計画・調査・設置

観測局の設置数および観測局を設置するのに必要な振動センサーの仕様、据付方法、電

源設備、通信モジュールの性能を決定する。また、観測局から監視局に送信するデータ容量、形式等を決定する。

（4）通信の計画・調査・設置

観測局から監視局に送信するデータについて、通信方法、通信経路等を計画し、現地の既存設備、新規設置の妥当性等を調査した上で、通信施設の敷設、接続等を実施する。

（5）監視局の計画・調査・設置

観測局から送信されるデータを基に、解析方法（データ処理、イベント判定、震源決定）、記録方法（データ管理体系）、情報通知方法（メール、信号灯等）、表示方法（ソフト、インターフェース）を決定する。また、監視局から別にデータを送信する必要がある場合は、他のシステムへの通信方法や経路、処理方法も確認し、必要な設備を設置する。

これらのうち、本マニュアルは前述の（1）、（2）、（3）に関する検討内容を示す。

３．情報収集

対象規模の設定および観測局の計画立案に必要な資料等を収集する。

（1）対象規模

観測局の配置計画を作るためには、土砂移動現象の規模（土砂量）と位置情報（緯度・経度）の情報が必要となる。

振動センサーを用いた大規模土砂移動検知システムを運用したい地域において、過去の大規模な土砂移動現象の実績がわかる資料（学術論文、調査資料、史書等）を収集する。

（2）観測局

観測局を配置するに当たり、既存の電気・通信設備や、振動センサーの設置箇所の状況を推測できる情報・資料が必要となる。

大規模土砂移動検知システムを運用したい地域において、観測局を設置するために必要な電源や通信網の経路図、IP アドレスの割当状況等が確認できる資料を収集する。通信網については、既存の通信網の性能（回線速度・芯数等）の情報も併せて収集する。必要に応じて、電気・通信関係部局に確認する。

振動センサーを設置箇所は岩着が望ましい（後述）。そのため、設置箇所周辺の地盤情報を収集する。設置箇所直下のボーリングデータ、物理探査結果等があれば望ましいが、必ずしも直下の情報があるとは限らないため、周辺にある土木構造物を建造した際のボーリング調査結果、物理探査結果等や、他機関が実施した調査結果等も参考になる。

また、振動センサーのノイズになりうる道路・ダム等土木構造物、高圧電源設備の位置がわかる図面、地形・地質図を収集する。地形・地質図については、必要に応じて、状況を巨視的に確認するための図面（1/200,000 程度）と配置地点の詳細がわかる図面（1/10,000 程度））を収集する。

４．対象規模の設定

大規模土砂移動検知システムで監視する大規模土砂移動現象の位置と規模を設定する。

大規模土砂移動検知システムを運用したい地域において、「対象とする土砂移動現象の位置」と「対象とする土砂移動現象の規模」を設定する必要がある。

「対象とする土砂移動現象の位置」は各座標系における位置情報（例えば、世界測地系ならば緯度・経度）で設定する。過去に発生した大規模土砂移動現象の発生履歴や、既存の大規模土砂移動の発生危険度評価の結果、本システムを運用したい地域の状況等を勘案して設定してもよい。なお、「対象とする土砂移動の位置」を地点として想定することが難しければ、対象とする土砂移動が発生する可能性がある領域（例えば領域の重心等）等を想定してもよい。

「対象とする土砂移動現象の規模」については、過去の大規模土砂移動現象の実績を踏まえて設定することが望ましいが、土砂移動現象の規模の調査結果が別途あるならば、それを参考に設定してもよい。

５．観測局の計画

想定する大規模土砂移動が発する振動の大きさと距離の関係を評価し、観測局の配置位置を設定する。また、観測局を設置するのに必要な振動センサーの仕様、電源設備、通信設備の性能を決定する。

観測局に必要な設備・機器は以下で構成される。

・振動センサー
・処理器（収録装置、ＰＣ等）
・通信設備（光成端箱、光コンバーター等）
・電源設備（分電盤、無停電装置等）
・避雷設備
・その他

その他については、時刻補正のためのＧＰＳや必要に応じて代替電源（バッテリー、小水力発電等）を別途設置する。

処理器や電源・通信・避雷設備は局舎内に設置する（図５をイメージ）、もしくは屋外用のキャビネット等に格納する方法があり、現地の状況を勘案して決定する。

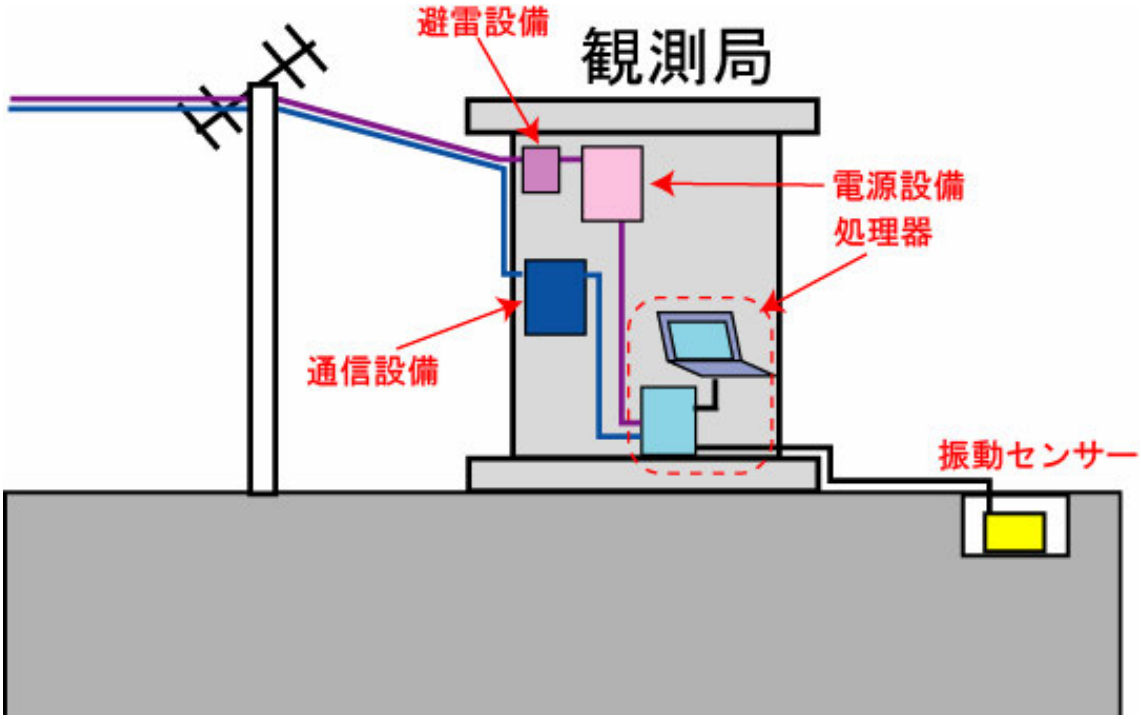

図５　観測局の概念図（局舎内設置をイメージ）

観測局の計画を立案するにあたって、以下の作業を行う

・観測局の配置地点の設定

・振動センサーの設定（性能・据付方法）
・電源、通信設備計画

5-1　観測局の配置地点の設定

観測局の配置地点は、４．で決定した「対象とする土砂移動の位置」において、「対象とする土砂移動の規模」が生じる振動の大きさで決定する。

「対象とする土砂移動の規模」が生じる振動の大きさは式（１）（図６参照[7)]）、式（２）[8)]で評価する。「対象とする土砂移動の規模」が生じる振動の大きさは、「対象とする土砂移動の位置」から地形・地質等の影響を受けずに同心円上に伝播すると仮定する。

$$M = 1.464 \times Log(V) - 6.94 \qquad \cdots(1)$$

$$A = 10^{(0.85M - 1.73\log R - 2.5)} \qquad \cdots(2)$$

$$R = \alpha \cdot R' \qquad \cdots(3)$$

M：マグニチュード、A：振幅（kine）、R：「対象とする土砂移動の位置」を地点として想定したときの震源距離（km）、R‘：「対象とする土砂移動の位置」を領域（の重心）等で想定したときの震源距離（km）、α：係数

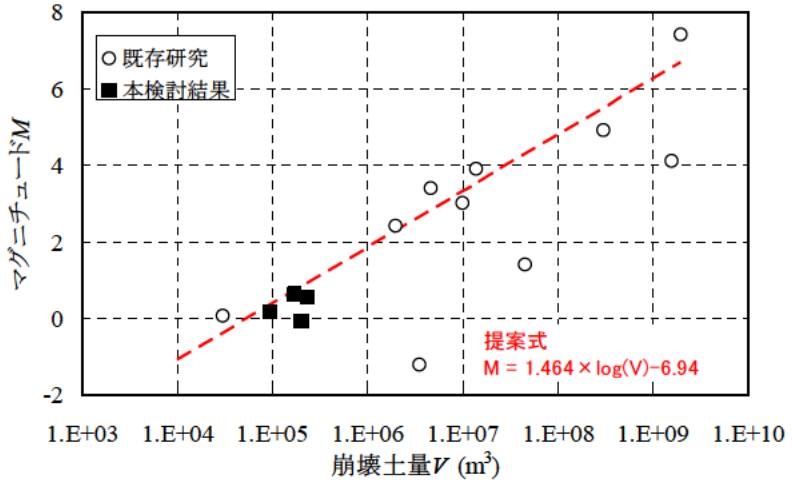

図６　大規模土砂移動現象の土砂量とマグニチュードの関係

式（１）、式（２）により、震源距離に対する振幅値 A が計算される。この振幅値が観測できる位置に観測局を３箇所以上配置する。なお、観測局の配置は、震源から描かれる等振幅線上において、なるべく等距離に分割できるように配置する（図７参照）。

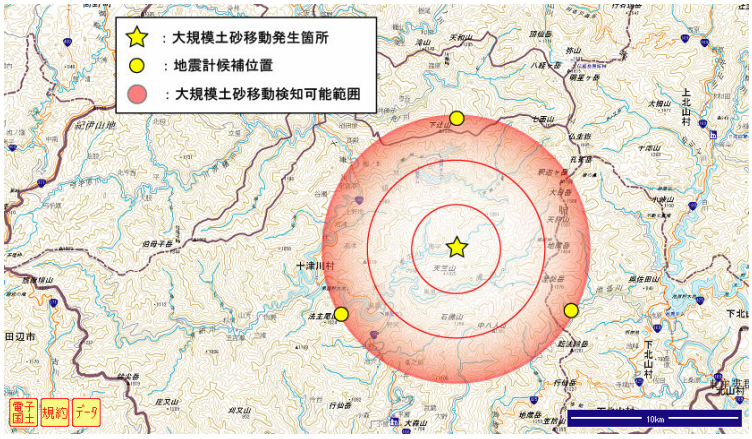

図７　大規模土砂移動が発生する振動を踏まえた振動センサー配置イメージ

R‘について、「対象とする土砂移動の位置」を領域（の重心）等で想定した場合、観測局を頂点とする多角形（観測局が３地点ならば３角形）の内部で発生する可能性がある。そのため大規模土砂移動現象が観測局を頂点とする多角形内のどこで発生しても振動が到達するように計画する必要があり、式（３）で震源距離 R を補正しなければならない。なお、振動センサーを頂点とする多角形が三角形を描くならば、３角形の３辺のうち、最も長い辺が震源距離となるように、α を設定する（正３角形ならばα≒0.58 となる）。

なお、震源距離に対する振幅値が小さい場合、6-2 で実施する常時微動測定を実施し、常時微動の大きさが震源距離に対する振幅値より大きい場合には、他の候補地を模索する。常時微動における一般的な振幅値は必ずしも明らかになっていないが、既往の事例（図８）を踏まえて、震源距離に対する振幅値が 0.1mkine 未満の場合は、事前に対象とする土砂移動の規模」を再検討するか、必要に応じて観測局の配置地点を「対象とする土砂移動の位置」に近づける。

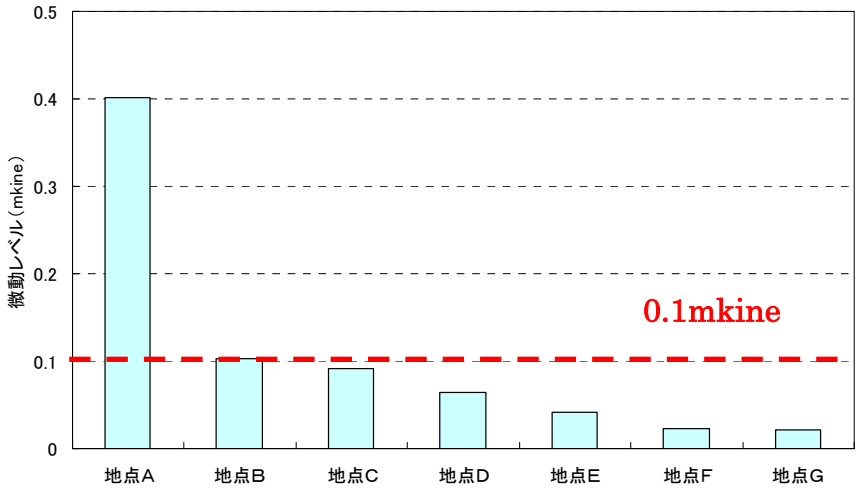

図８　砂防の現場で観測された常時微動の振幅値（概ね 0.1mkine 以下）

なお、観測局を配置した後に、新たに観測局を増設する場合は、既存の配置を拡充する形で増設することが望ましい（図９参照）。なお、図９は既存の観測局が３地点あり、新たに観測局を増設する場合を想定している。

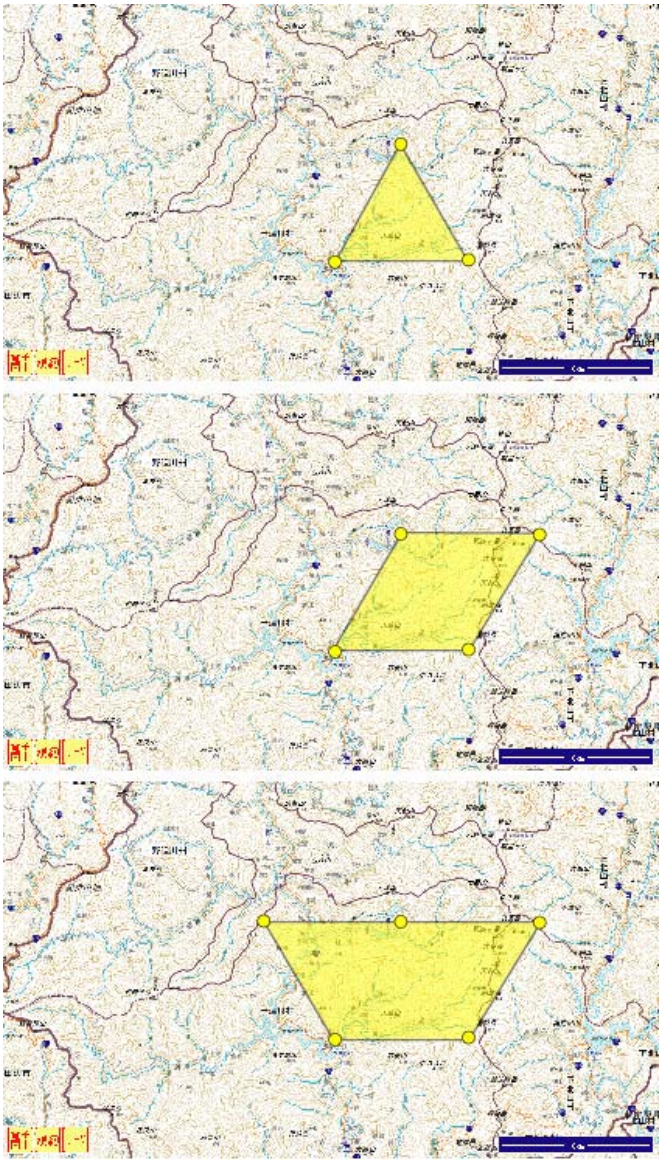

図９　監視局の増設イメージ

5-2　振動センサーの選定

「対象とする土砂移動の規模」が生じる振動を観測する目的で設置する振動センサーは、微小な振動を計測でき、帯域が広い速度計が望ましい。ただし、大規模土砂移動現象がセンサー付近で発生した場合、波形の振り切れ等が発生する恐れがあるため(※)、必要に応じて、強震レベルの振動を観測できるセンサー（例えば加速度計）を併設する。詳細な仕様は以下のとおりとする。

＜速度計＞

計測方式：サーボ式を推奨

計測成分：３成分（水平２方向・鉛直１方向）

測定範囲：2×10^{-7}m/s（0.01mkine）以上～2m/s 程度以下

周波数帯域：0.1～10Hz の範囲を含むこと

感度：5V/m/s 以上

防水処理等：浸水しても性能が低下しないこと（センサーを地中に埋設する際は相応の耐水圧が必要）

記録装置については、前述の振動センサーの観測記録を、チャンネル数３ch 以上同時に実施でき、かつ、分解能 24bit 以上、サンプリング周波数 100Hz 以上で計測可能、GPS で時刻校正が可能なものであり、収録データは WIN フォーマット形式を UDP 送信できるものとする。なお、加速度計の仕様を以下に例示する。

＜加速度計＞

計測方式：サーボ式を推奨

計測成分：３成分（水平２方向・鉛直１方向）

測定範囲：5×10^{-2} m/s^2（約 0.5gal）以上～20m/s^2 程度以下

周波数帯域：0.1～10Hz の範囲を含むこと

感度：5mV/gal 以上

※波形が振り切れると、振動の振幅が正常に観測できなくなる。これより、大規模土砂移動検知システムにおいて、観測波形の到達時間を正確に評価できなくなり、大規模土砂移動現象の発生箇所を精度良く推定することができなくなる。また、地盤振動の規模は崩壊規模と相関があるため[2)]、振幅が正常に観測できなくなることで、崩壊規模の推定に支障が生じる。

5-3　電源・通信設備計画

電源・通信設備計画を立案する前に、電気・通信関係部局と協議を行い、既存設備の状況および本システム導入時に既存設備が活用できるかを事前に確認する。

5-3-1　電源設備

振動センサー・処理器等の稼動に必要な電力を確認する。振動センサーは商用電源による運用を基本とする。なお、実際の運用において、落雷による停電の恐れがあるため、避雷装置や無停電装置の設置も計画する。

5-3-2　通信設備

振動センサーの観測記録を監視局に送信するための通信設備を計画する。振動センサーの観測記録は波形処理のため監視局に常時送信する。このため、通信設備は光ファイバの活用を基本とする。また、通信は災害時に不通になる可能性が考えられるため、必要に応じて冗長性を確保する。

６．観測局の調査

観測局の調査は、観測局候補箇所の現地において、既設設備や新規設置を想定した場合の現地の状況を確認するとともに、観測局で生じうる振動ノイズを評価することを目的とする。

6-1　各設備の机上・現地確認

観測局候補箇所周辺を図面・既存資料で確認するとともに、既設設備の設置状況および新規に設置する設備・機器の想定設置場所ならびに想定配線・配管位置等を現地で確認し、実施の妥当性を判断する。具体には以下のとおり。

・振動センサー埋設位置の確認
・振動センサーから観測局内への配線・配管ルート確認
・光ケーブルの空き芯数および経路（系統）
・電源・通信設備から観測局へ配管・配線するためのルート確認
・各設備から観測局内のケーブル引込口の確認（局舎の場合）
・その他必要事項

別途、観測局周辺でノイズの振動源となりうる箇所を確認する（6-2）。光ケーブルの空き芯数および経路情報は、現地踏査や電気・通信関係部局等に確認する。その際、観測局に割り振る IP アドレスの空きも確認する。なお、光ケーブルの空き芯数がなければ、増設を検討する。

6-2　振動センサーのノイズ評価

振動センサーは、大規模土砂移動の振動をとらえるとともに、大規模土砂移動以外のノイズが影響しない位置、そして、その他対象とする土砂移動現象の検知を行うに当たって支障が生じない位置を選定して設置する。振動センサーの観測で考慮すべきノイズは、例えば施工機械、自動車の走行等により発生したエネルギーが振動として振動センサーで観測される振動ノイズと、送電線の鉄塔やポンプ等により発生した電気（電磁波）が電気信号として観測される電気的ノイズの２つに大別されるが、本マニュアルでは両者を区別せず、振動ノイズとして標記する。

（1）設置を避けるべき箇所

A)振動や電気等のノイズによる影響を受けると考えられる位置

以下に示す場所の付近は、振動ノイズが発生すると考えられるため、設置は避ける。ただし、これらの位置において、振動ノイズの観測を行い、振動ノイズの影響を受けないと確認できた場合は、この限りではない。

・土木工事現場周辺

・鉄道、人通りや交通の激しい道路付近
・建築物、橋梁、電柱など振動を発生させる構造物
・樹木並びに樹木の根本周辺
・ポンプ、コンプレッサー、長期にわたる工事現場等、大きな振動を発生させるものの付近
・地下タンク、下水道等の地下埋設物付近
・高圧線の直下、大電流の流れる電力線、大電流を消費する施設
・局所的な揺れが発生しやすい特殊な地盤（旧河道や池・沼などの埋め立て跡など）
・その他なんらかの振動、電気的ノイズが発生する可能性がある場所

なお、大規模土砂移動が起こりうる豪雨時において、河川の流量が大きくなることで、流水による振動ノイズが大きくなる恐れもあるため、これについても考慮すること。

B)その他、大規模土砂移動の検知を行うにあたり支障が生じる恐れがある位置

以下に挙げる箇所はなるべく避けるものとする。
・地下水や流水などにより冠水しやすい場所
・周囲に比べて著しく軟弱な地盤、空隙がある埋立て盛土であるなど、大規模土砂移動の振動が著しく減衰することが懸念される箇所
・土砂移動等土砂移動現象により振動センサーが流失するおそれがある箇所

（2）設置に適した場所

（1）で示した項目に当てはまらない箇所において、以下の項目に合致する箇所は設置箇所として望ましい。
・地震波形の計測に適した箇所（堅固な地盤岩盤等）
・商用電源が使用可能な箇所
・想定している通信方式が使える箇所（電波が届く、通信施設が周辺にある等）

6-2-1　振動ノイズ評価方法

振動センサーを設置する場所において、振動ノイズを確認するために、現地での振動観測を実施する。実施に当たっては、常時微動を計測する。

（1）常時微動観測機器

常時微動を観測する機器は本システムで運用する振動センサー、またはその同等品を使うことが望ましいが、その振動センサーがない場合は、以下の仕様に沿った振動センサー・記録装置を推奨する。なお、常時微動の観測は、現地において、１点ごとに移動しながら観測を行う（移動観測）ため、機器は現地で容易に持ち運び、設置ができ、かつ商用電源が無い場所でも実施できるような機器が望ましい。

常時微動観測機器：１台

計測方式：速度計（サーボ式を推奨）

計測成分：３成分（水平２方向・鉛直１方向）

測定範囲：5×10^{-7}m/s（0.05mkine）以上～1m/s 程度以下

周波数帯域：0.2～10Hz の範囲を含むこと

感度：5v/m/s 以上

記録装置：１台

前述の振動センサーの観測記録を、分解能 24bit 以上、サンプリング周波数 100Hz 以上で計測できること。

（2）常時微動計測方法

計測に当たっては、観測地点周辺の電気通信設備を確認した後、最低数箇所の常時微動を計測し、その中から最も小さい箇所を観測局設置候補箇所とする（図 10 参照：常時微動は地盤の地表・内部の地形や地質によって変化するため、例えばある地点の観測箇所で微動レベルが大きくても、距離が離れると、微動レベルが小さくなる可能性がある）。

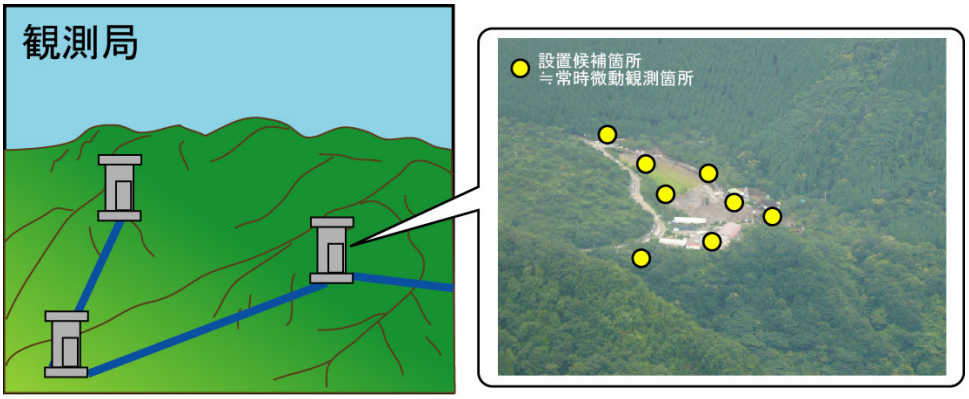

図 10　常時微動観測箇所イメージ

（3）常時微動計測の作業手順

現地における常時微動の計測手順は、次の①～⑤の流れで行う。

①常時微動の観測機器を準備する。

②地表に写真 1 に示すような振動計を地表に設置し、変換機（アンプ、A/D 変換等を可能）、記録装置（ノートパソコン等）、電源を接続する。

写真１　常時微動測定装置例（左：収録機（PC），右：振動計）

③振幅のキャリブレーションを行う。増幅器から較正電圧信号を出し、適当なゲイン（増幅の値）を設定して、波形を描かせる。

④測定開始前に、野帳などに測定年月日、測定時刻、天候、測定者等を記録し、成果図に記入できるようにする。

⑤振動センサーを設置し、観測を開始する。微小な振動を観測対象としているので、周辺での歩行や移動による振動も記録する恐れがあることから、観測中は周辺で振動を発しないよう、静かにする。

測定時間は、1 回当たり 10 分～20 分程度を目安とするが、振動ノイズの発生状況によってはもっと長く測定する必要がある。なお、通常の微動観測は振動ノイズの外的要因が少ない深夜に行われることが多いが、本マニュアルでの実施は振動ノイズの確認を目的として行うため、日中に実施することが望ましい。

（4）計測結果の整理

常時微動計測結果は、次の項目を整理する。

- 計測位置案内図（縮尺 1:25,000～1：50,000）
- 計測位置詳細図（縮尺 1:100～1：500）
- 観測波形図，波形記録
- 使用機器の情報（仕様）、作業状況がわかる記録写真

6-2-2　振動ノイズと「対象とする土砂移動の規模」の振動との比較

観測局設置候補箇所で得られた「常時微動観測で計測した振動ノイズ」と、「対象とする土砂移動現象の規模」について、両者の振幅値を比較し、以下の関係を確認する。

A)「対象とする土砂移動現象の規模」による振動＞常時微動観測で計測した振動ノイズ

この場合、対象とする土砂移動の規模による振動の方が大きいため、対象とする土砂移

動現象の規模を検知することが可能と判断できる。よって、この場合は、観測局設置候補箇所に観測局を設置することが望ましい。

B)「対象とする土砂移動現象の規模」による振動＜常時微動観測で計測した振動ノイズ

この場合、常時微動観測で計測した振幅の方が大きいため、対象とする土砂移動現象を検知することが出来ない可能性が高い。この場合は、現地の振動ノイズを低減する対策（ノイズ発生源をなくす、振動センサーを地中深く埋設する等）を実施するか、観測局の配置の再検討を行うことが望ましい。

７．観測局の設置

振動センサー、各設備を設置し、観測局を立ち上げる。振動センサーの据え付け箇所は埋設、岩着を基本とする。

7-1　振動センサーの設置

本システムで対象とする土砂移動現象の振動の大きさは微小であるため、振動ノイズが大きいと、土砂移動現象の振動を検知することができなくなる恐れがある。そのため、振動ノイズを可能な限り低減させる必要がある。振動センサーを地中深く埋設させることや、岩盤に設置させることで、振動センサー設置地点における振動ノイズの減少が期待できる[9)、10)]。

地表近くに岩盤が存在するならば、人孔を設置した上で地盤に密着させた台座を置き、振動センサーを設置する。振動センサー・台座の設置方法は文献[11)]を参考とする。孔口部は地表部の一般利用に支障が生じないよう、埋設処理を行う。表土層が無い場所（岩盤が露出している場所）は、周辺の外的要因（人・動物等のいたずら等）に影響されないよう、振動センサーをケーシング等で覆うとともに、必要に応じて振動センサーを柵等で囲う。

地表に岩盤の露出が確認できない場合は、ボーリング等で岩盤があるところまで掘削した後、保孔管を設置しつつ振動センサーを孔口から投入して所定の深さまで埋設し、据え付ける（図 11 参照）。埋設した振動センサーは、孔内底部にモルタル等を注入して、地盤と固着させることとするが、別途振動センサーをケーシングに圧着させる方法があれば、必ずしもそれによらない。孔口部は地表部の一般利用に支障が生じないよう、埋設処理を行う。

振動センサーを埋設するにあたっては、設置した振動センサーの成分と方位の関係を明らかにしておく。

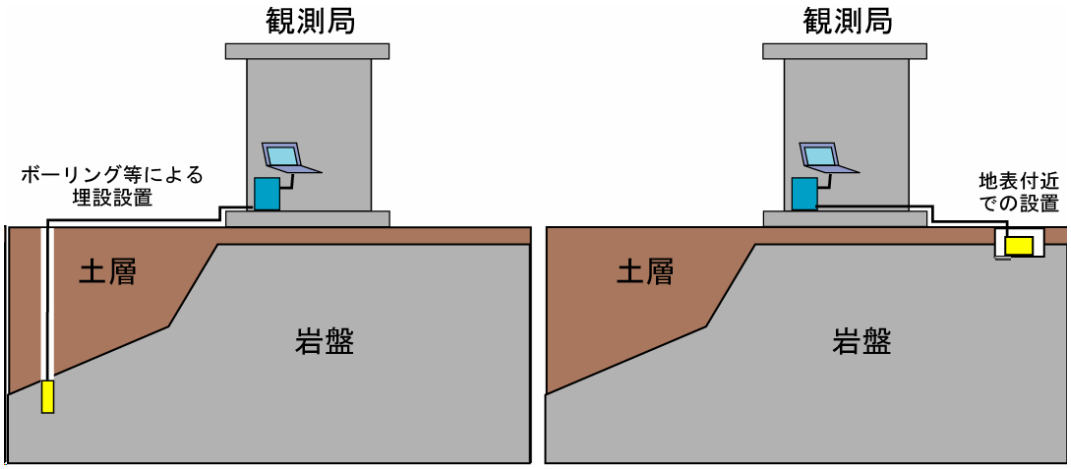

図 11　振動センサー設置イメージ

（左：ボーリングによる埋設設置、右：地表付近での設置）

設置地盤として想定する岩盤の物性値は堅固であることが条件であり、目安としては、例えば工学的基盤（N値 50 以上、Vs=400m/s 以上）が考えられる。

7-2　各設備の設置

処理機、電気・通信・避雷設備を設置し、各種配管・配線作業を実施する。寒冷地においては積雪・凍結により配管・配線が被害を受ける恐れがあるため、その影響を受けないように留意する。

参考文献

１）独立行政法人土木研究所：振動検知式土石流センサー設置マニュアル（案）、土木研究所資料第 3974 号、2005.
２）森脇寛：土砂移動型土石流の流下に伴う地盤の震動特性，地すべり，Vol.36、No.3、99-107、1999.
３）大角恒雄、浅原裕、下川悦郎：2004 年８月 10 日奈良県大塔村斜面土砂移動時の Hi-net データ解析―斜面土砂移動検知への応用―、自然災害科学、Vol.24、No.3、267-277、2005.
４）大角恒雄、浅原裕、下川悦郎：2005 年長野県白馬岳落石・土砂移動の高感度地震観測網波形を用いた震源推定、日本地すべり学会誌、Vol.43、No.1、27-32、2006.
５）大角恒雄、浅原裕、下川悦郎：河道閉塞近傍の振動センサー記録による振動特性の検討、第３回土砂災害に関するシンポジウム論文集、163-168、2006.
６）中谷洋明,大角恒雄，井上公夫：大規模土砂移動早期検知システムの開発，第 55 回平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集、344-345，2006
７）吉村明、藤田和恵：大規模土砂移動検知システムについて、平成 21 年度北陸地方整備局管内事業研究会、2009.
210.148.110.37/library/kenkyukai/H21/0729/29_ino2/04_kanazawa.pdf
８）渡辺晃：近地地震のマグニチュード，地震 2，24，p.189－200,1971.
９）広野卓蔵、末広重二、古田美佐夫、小出馨：地中振動センサーによるバックグラウンドの研究（第 1 報）、気象研究所研究報告、第 19 号第 2 号、323-339、1968.
10）広野卓蔵、末広重二、古田美佐夫、小出馨：地中振動センサーによるバックグラウンドの研究（第 2 報）―地震対ノイズ比の改善―、気象研究所研究報告、第 20 号第 2 号、189-206、1969.
11）気象庁：震度計設置環境基準、平成 21 年 10 月 26 日
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/leaflet/shindo/index2.html

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4229 June 2012

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305－8516 茨城県つくば市南原1－6 電話029－879－6754