共同研究報告書
整理番号第 384 号

光ファイバセンサを活用した地すべりモニタリング

共同研究報告書

平成２０年３月

独立行政法人土木研究所
株式会社エイトコンサルタント
ＮＴＴインフラネット株式会社
株式会社興和
古河電気工業株式会社
株式会社レイディック

Copyright © (2008) 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。

共同研究報告書
第 384号 2008 年 3 月

光ファイバセンサを活用した地すべりモニタリング

独立行政法人土木研究所　土砂管理研究グループ　地すべりチーム　上席研究員　藤澤和範
研究員　小原嬢子
交流研究員　樋口佳意
交流研究員　池田　学

株式会社エイトコンサルタント　本社技術本部プロジェクト部　部長　永井泉治
名古屋支店技術部　副技師長　神原規也
関西支社技術２部　リーダー　藤原康正

ＮＴＴインフラネット株式会社　事業開発本部　事業開発部門　部長　藤橋一彦
課長　山越重志
関根一守

株式会社興和　調査部　部長　坂井俊介
調査部　次長　山本宏幸
調査部　課長代理　廣橋典明
先端技術部　課長代理　笹川孝義

古河電気工業株式会社　ファイテル製品部　アクセスシステム部　部長　岩館和夫
課長　山下哲朗
主任　村上恵司

株式会社レイディック　代表取締役　山崎宣悦
係長　髙濱利光
石坂周平

要　旨

地すべり地表面の変位量観測については、地盤伸縮計によるところが大きい。地盤伸縮計は電気式センサによる計測実績が多く、自動観測にも用いられるが、多数のセンサを用いた場合にはケーブル敷設が煩雑になり、また、誘電雷による障害を受ける可能性がある。

一方、光ファイバを用いたセンサや伝送ラインは、誘電雷や電磁ノイズの影響を受けないという特徴がある。また、1 本の光ファイバーケーブルに複数のセンサを接続した状態での長距離伝送が可能である。

本共同研究では、光ファイバの敷設・保守・光ファイバの製造・検査などで一般的に使用されている OTDR（Optical Time Domain Reflectometer）を利用した地すべりのモニタリングシステムを開発し、複数の地すべり地において適用した。

本報告書は、土木研究所地すべりチームと民間 5 社が、平成 17 年度から平成 19 年度にかけて実施した共同研究について、その成果をとりまとめたものである。

キーワード：地すべり、地表面変位、地盤伸縮計、光ファイバ、OTDR

【 目 次 】

1. はじめに ・・・・・ 1
1. 1. 研究背景 ・・・・・ 1
1. 2. 研究目的 ・・・・・ 3
1. 3. 研究内容 ・・・・・ 4

2. 光ファイバを用いた地すべり変位検出センサ ・・・・・ 5
2. 1. 光ファイバセンシング ・・・・・ 5
2. 2. OTDR を用いた地すべり変位検出センサ ・・・・・ 13
2. 3. 平成 17 年度に実施したセンサの改良 ・・・・・ 14
2. 4. 平成 18 年度に実施したセンサの改良 ・・・・・ 32
2. 5. 平成 19 年度に実施したセンサの改良 ・・・・・ 45

3. 光ファイバを用いた地すべり監視システム ・・・・・ 47
3. 1. 既往の計測管理システム ・・・・・ 47
3. 2. 光ファイバ網の活用及び維持管理 ・・・・・ 53
3. 3. 光ファイバを用いた地すべり監視システム ・・・・・ 54
3. 4. ソフトウェア開発 ・・・・・ 58
3. 5. システムの動作確認試験 ・・・・・ 60
3. 6. システムの現場への適用 ・・・・・ 66

4. 現場計測 ・・・・・ 69
4. 1. 設置計画 ・・・・・ 69
4. 2. 設置・観測方法 ・・・・・ 71
4. 3. 現場適用事例 ・・・・・ 73
4. 4 設置観測に関する概算費用 ・・・・・108

5. まとめ ・・・・・112

＜巻末資料＞
巻末資料 1（概算費用算出資料） ・・・・・117
巻末資料 2（特記仕様書案） ・・・・・124

1.　はじめに

1.1.　研究背景

地すべり斜面における地表面の変位量計測については、地盤伸縮計が用いられることが多い。地盤伸縮計は、自己記録式（ペンレコーダ）や摺動抵抗等を用いた電気式のセンサによる計測実績が多い。近年では、自動監視システムによって、事務所等でデータを取得できるほか、管理基準値を超えた動きが生じた場合には、携帯電話等にメール等で警報を発信する機能を有するシステムもあり、災害時の監視にも用いられている。

しかしながら、大規模な地すべりを対象に地盤伸縮計観測を行う場合には多数の機器の設置が必要となり、多くの費用と労力を要することになる。さらに、計測ケーブルが煩雑になるとともに、誘導雷や電磁ノイズによる機器の損傷や欠測の可能性も高くなる。

自動観測システムの雷被害に関しては、本共同研究において、各地方整備局および各都道府県の地すべり防止区域管理担当者に対してアンケート調査を実施したところ、24 箇所の地区において、雷による被害が発生していることが判明した。地方別の発生地区の割合を図 1-1 に示す。最も多くの被害が報告された中部地方では、12 地区で被害が発生している。

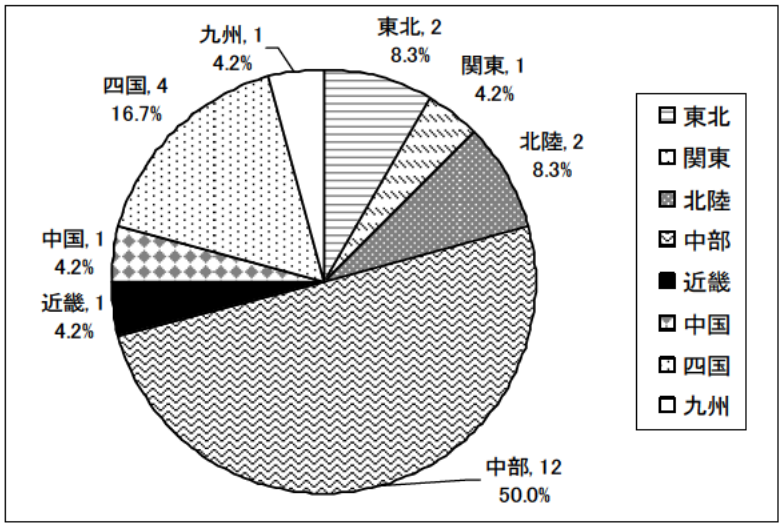


図 1-1　地方別雷被害発生地区数

続いて、被害が生じた計測器の種類について図 1-2 に整理した。地盤伸縮計、縦型伸縮計、水位計のほか、モデム等の通信装置や電源装置における被害が多く発生している。地盤伸縮計は 20 基の事例が報告され、被害が生じた計測器のうちの割合としては 19.8%であった。

また、データ異常や欠測期間について回答が得られた 45 機器について、それらの欠測期間を図 1-3 に整理した。観測を再開するために機器の修理や交換が必要となると欠測期間も長くなるケースが多く、欠測が 1 ヶ月以上に及んだものが 55.6%、観測を停止したものも 20%に及ぶなど、観測に支障を生じていることが判明した。

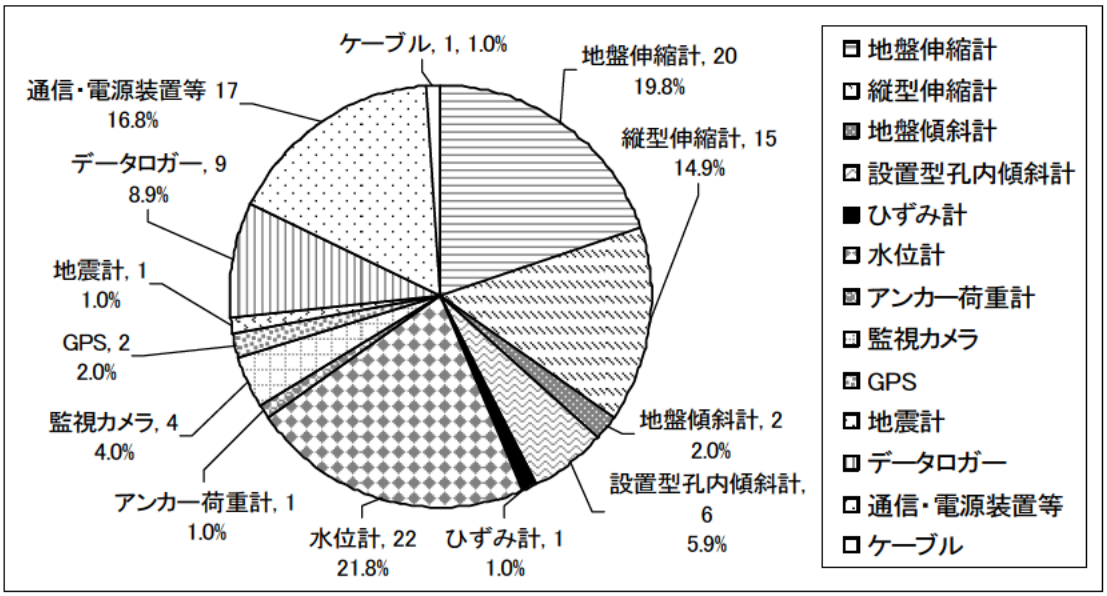


図 1-2　被害が発生した計測機器の種類と割合

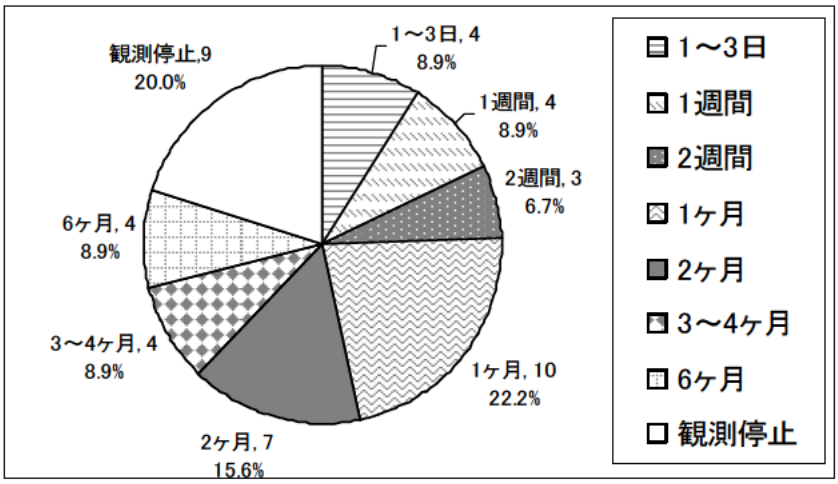


図 1-3　データ異常や欠測の期間

一方で、光ファイバが誘導雷や電磁ノイズの影響を受けないという特徴を有することから、光ファイバを用いたセンサの研究開発が多くの機関でなされている[例えば 1)]。また、地すべり観測においても光ファイバのセンシング技術の導入は積極的に行われており、BOTDR 方式や FBG 方式などを用いたセンサが数多く研究されている。しかしながら、これらの方式はアナライザ（測定器）が高額であり、技術の普及という点に課題があると考えられた。このため、土木研究所地すべりチームでは、光ファイバ回線の敷設・保守、光ファイバの製造・検査などで一般的に使用されている OTDR（Optical Time Domain Reflectmeter）という低価格な測定器に着目し、光ファイバを利用した地すべり変位検出センサの研究開発を行ってきた[2)]。本共同研究以前に開発した変位検出センサ（以下、初期型センサ）は、計測範囲に課題があり、また、地すべりモニタリングに活用するためには、光ファイバの特徴を利用した監視システム全体の構築が必要であると考えられた。

そこで、新たに、土木研究所地すべりチームと民間 5 社（株式会社エイトコンサルタント、NTT インフラネット株式会社、株式会社興和、古河電気工業株式会社、株式会社レイディック）による共同研究において、光ファイバセンサを活用した地すべりモニタリングのシステムを開発するとともに、経済的な設置方法や観測体制の検討を行うものとした。

1.2. 研究目的

広域の監視が容易かつ低コストで行えるという特徴を有する OTDR 方式による光ファイバセンサを活用することで、大規模な地すべりブロックの効率的な観測システムを構築することが本研究の目的であり、以下の項目について実施した。

(1) 光ファイバセンサの現場適応性の検討
(2) 光ファイバセンサの改良検討
(3) 経済的な施工方法および観測体制の検討
(4) モニタリングシステムの提案

1.3. 研究内容

本研究の実施内容を図 1 - 4 に示す。

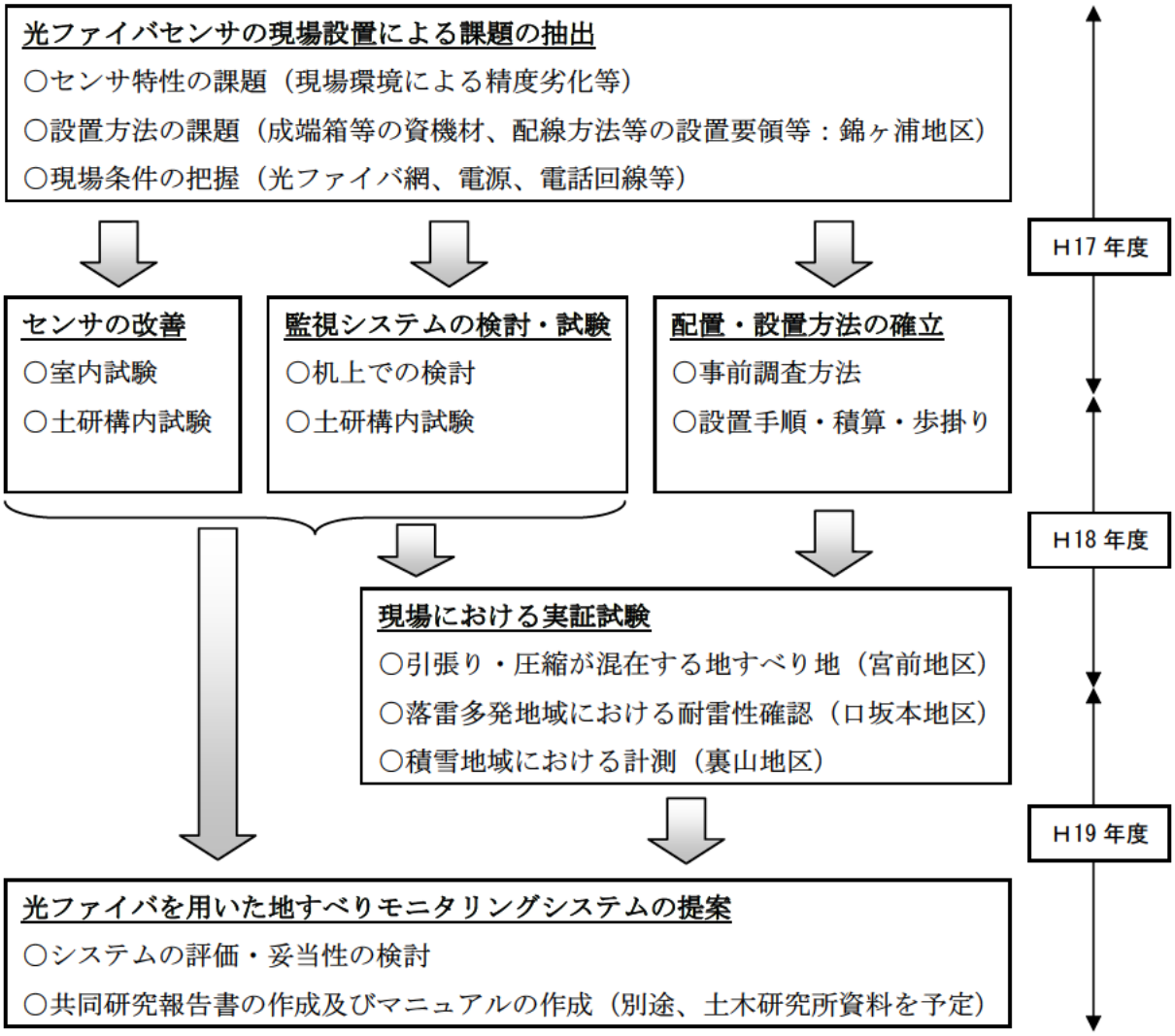


図 1-4 共同研究内容

＜参考文献＞

1）独立行政法人土木研究所ほか：光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリングに関する共同研究報告書，土木研究所共同研究報告書第 292 号，2003.

2）浅井健一，樋口佳意，藤澤和範：滝坂地すべりにおける OTDR 方式光ファイバ変位検出センサの試験計測，土木技術資料，第 48 巻第 5 号，pp. 42-47，2006.

2. 光ファイバを用いた地すべり変位センサ

地すべり地において、地すべりの挙動を常時監視し、運動状況を適正に把握する方法として、電気式の計測システムによるモニタリングが行われている。大規模な地すべり地の場合、これらのモニタリングが広域にわたるために、多数のセンサ毎に長大なケーブルを用いたデータ伝送が必要となっている。また、電気式の信号ケーブルを用いた計測方法の場合には、センサやデータロガーが誘導雷により障害を受ける可能性がある。

光ファイバ方式では、センサや伝送ラインなどを光ファイバで施工するので、誘導雷などによる影響を受けずに計測できる。また、１本の光ファイバケーブルに複数の光ファイバセンサを接続して長距離の伝送が可能である。

このような観点から、本共同研究開発では土木研究所地すべりチームが試作した「光ファイバ変位検出センサ（初期型センサ)」を現場に適用しやすく、維持管理も容易なシステムに改良し、モニタリングシステムの構築を研究開発することとした。

なお、本システムで使用する光ファイバセンサに関しては、「地すべり計測装置および方式」として、特許公開中（特開 2006-266992）である。

2.1. 光ファイバセンシング

現在、光ファイバを用いた計測技術は、上記に示した光ファイバが持つメリットに大きな期待が寄せられている。地すべり計測においても積極的に研究が進められており、実用化レベルの技術もある。以下に光ファイバセンシングを用いた既存技術の地すべりへの適合性を示す。

(1) OTDR 測定方式

【原理】

OTDR（Optical Time Domain Reflectometer）は光ファイバの片端から光パルスを入射し光ファイバ内で生じる散乱光を解析することで光ファイバの破断点、損失などを測定する計測器である。OTDR は 1970 年代半ば、パルスレーダーあるいは同軸ケーブルの試験に使用されていたパルス反射法の技術を応用し、光ファイバの破断位置を検出しようとする研究に始まった。当初はフレネル反射光のみの利用であったが、1976 年に後方散乱光を用いた伝送損失への利用が示された。現在ではインターネットを支える光ファイバの製造、検査および光ファイバ回線の敷設、保守において欠かせない測定器になっている。

OTDR の基本構成を図 2-1 に示す。レーザダイオード（LD）から出た光パルスはサーキュレータを介して被測定光ファイバに入射する。サーキュレータは入射光を除去して反射光を効率よく抽出するための光部品である。入射した光パルスは光ファイバ内を進行すると共に、レイリー散乱と呼ばれる色々な方向に散乱する光を生じる。特に進行方向に対して、逆方向に進む光を後方レイリー散乱光と呼び、この光は光ファイバ内を入射光とは反対方向に進むことができ、入射端に戻ってくる。またコネクタ接続点など屈折率の不連続点があると、そこでフレネル反射と呼ばれる反射光が生じて入射端に戻ってくる。この散乱光と反射光はサーキュレータ

を通ってアバランシェ・フォトダイオード（APD）に入射し光電変換され、信号増幅回路で取り扱いやすい信号レベルまで増幅される。光パルスを入射した時間から入射端に戻ってきた後方散乱光および、反射光の到着時間を測定し、光ファイバ内の何処の位置から戻った光であるかを算出する。つまり、OTDR は、パルス入射からの時間と戻ってきた光の強度により、光ファイバ内の損失を測定する装置である。OTDR の画面は横軸が時間軸、縦軸は散乱光のパワーで表示される。OTDR の画面表示例を図 2-2 に示す。

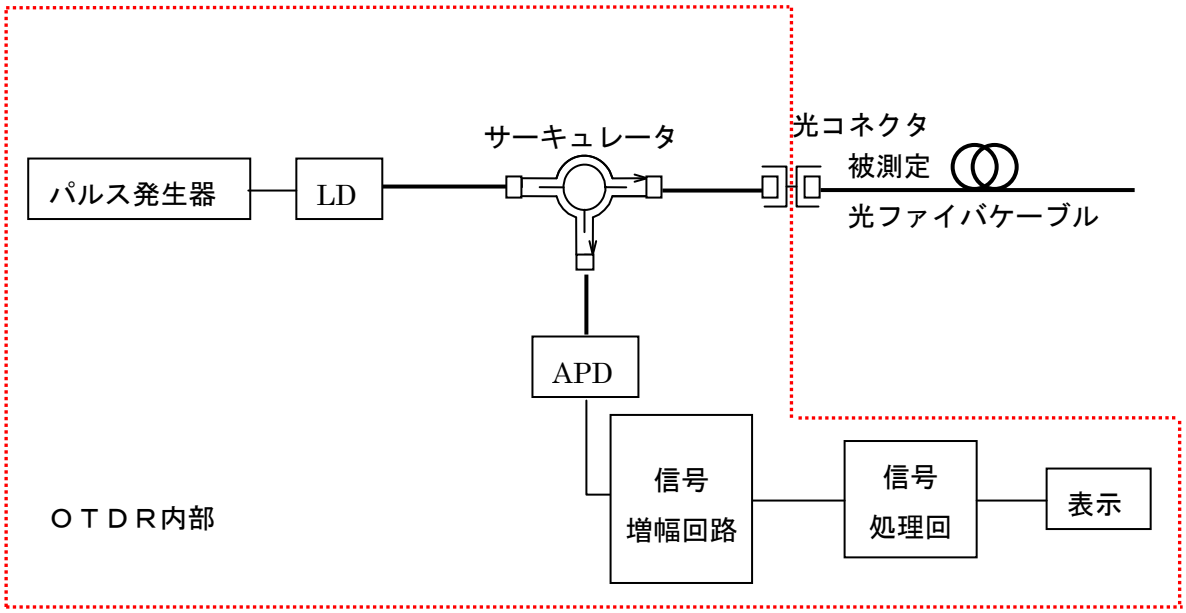


図 2-1　OTDR の基本構成

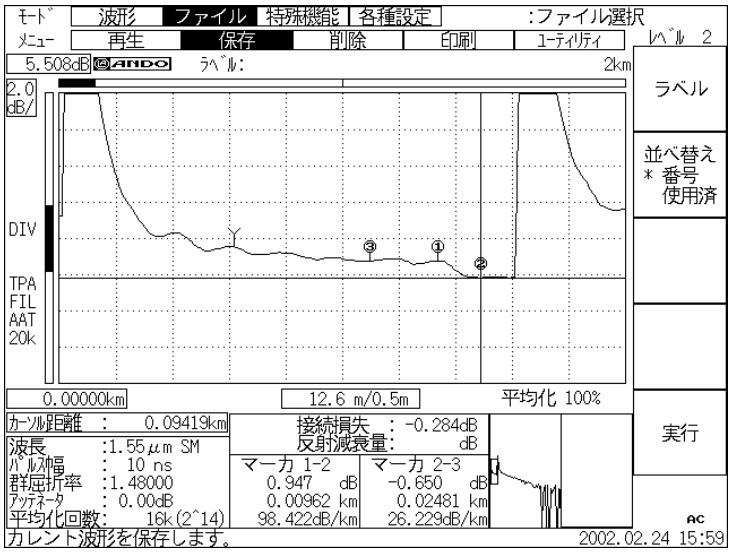


図 2-2　OTDR の測定画面例

【地すべり計測への適合性】

地すべり計測においてOTDR測定方式の多くは地表変位計測に用いられており、光ファイバの曲げ損失（マイクロベンド損失※1、マクロベンド損失※2）を利用している。

地表変位計測では、光ファイバを固定する治具を測定範囲に所定の間隔で連ね、治具間に光ファイバを敷設する。地表面に変位が生じると地表に設置した治具が変位して光ファイバに曲げ損失を与える構造となっている。曲げ損失から地盤の変位量やひずみ量を得るためには再現性が高い治具が必要となる。

※1　マイクロベンド損失 1)

光ファイバ側面からの不均一な圧力により光ファイバ内の光軸がミクロン（10^{-6}m）オーダで曲がるために発生する損失。

※2　マクロベンド損失 2)

曲げ損失とも呼ばれており、光ファイバを数十ミリ（10^{-2}m）オーダで曲げると、光ファイバ内で光が進む条件を満たすことができないことで発生する損失。

(2)　BOTDR 測定方式

【原理】

光ファイバは、ひずみを受けると、その部分から発生する散乱光の周波数が、受けたひずみの大きさに応じてシフトする性質を持っている（ブリルアン散乱光）。BOTDR（Brillouin Optical Time Domain Reflectometer）を用いてこの周波数変化量を検出することにより、ひずみ量に換算することができる。

また、光ファイバに光を入射してから散乱光が戻ってくるまでの時間から、ひずみが生じている位置を計測することができる。したがって、長い光ファイバをセンサとして使用し、対象物に設置することにより、広範囲にわたる対象物の変化（変位）を計測することが可能となる（図 2-3 参照）。

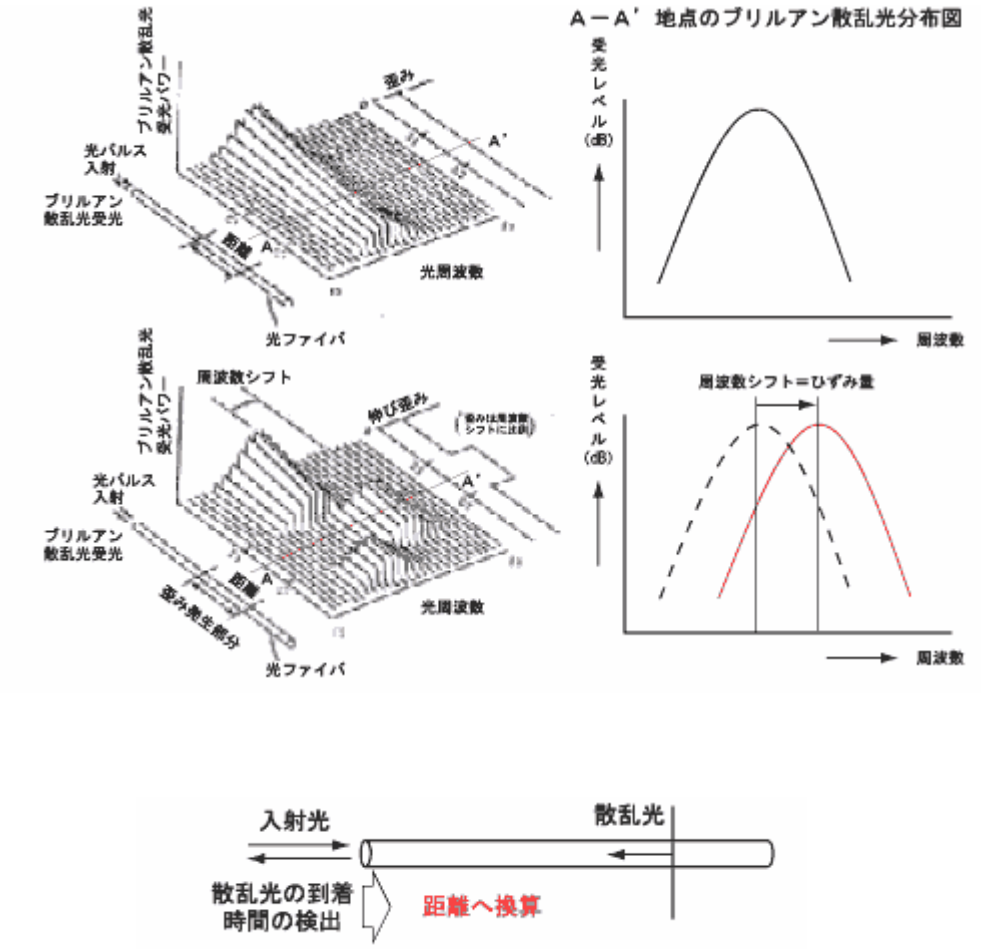


図 2-3　BOTDR の測定原理

【地すべり計測への適合性】

BOTDR 測定方式は光ファイバの長さ方向のひずみ分布を計測できる。ひずみは実効的に数100μの分解能で最大50000μ、距離分解能は１m程度と報告されている。現在主流であるひずみゲージを使用したセンサでは±20000μ程度の範囲で 1μの分解能の計測ができるため、BOTDR を用いた場合では測定精度が低くなるが、少数の光ファイバを測定対象に張り巡らすことで広い範囲のひずみ分布を得られることが利点となっている。

地表変位計測では光ファイバを測定対象地盤に一定間隔で固定して敷設する。光ファイバは予め固定点間で張力を与えて敷設する場合が多い。地表面に変位が生じると光ファイバの固定点が変位して光ファイバのひずみ量が変化する構造となっている。地中変位に関してはボーリング孔に光ファイバをアルミケーシングまたは塩ビパイプの長さ方向に貼り付けて埋設する。アルミケーシングまたは塩ビパイプが地中変位に伴い変形すると光ファイバにひずみが生じる構造となっている。BOTDR 測定方式では地盤やケーシングに光ファイバを固定する方法が重要である。

BOTDR 測定方式では光ファイバ自体の温度が測定値に与える影響が極めて大きい。測定値の精度向上には温度補正が重要であり、各研究機関が課題としている場合が多い。温度補正は光ファイバの敷設状況（日照条件や長さ）に応じて現場毎に検討していくことが必要であり、知識をもった技術者が光ファイバ敷設ならびに温度測定の設計を行なう必要がある。

(3)　FBG 方式

【原理】

FBG（Fiber Bragg Grating）は、ファイバのコア部分にブラッグ回折格子（屈折率を変化させた周期的格子）を形成したもので、特定の波長の光のみを反射する。図 2-4 に FBG の構造を模した図を示す。光ファイバのコア内に図 2-4 に示す白色光（広い波長帯域を持った光）を入射すると、FBG の周期で決まる特定の波長 λ の光のみが反射し、他の波長の光は透過して行く [2]。

FBG 反射光の波長 λ は、ブラッグ回折格子の格子間隔に依存しており、波長の変化量は温度とひずみに対しリニアな関係を持っている。FBG は、温度、ひずみ、またはひずみに変換できる物理量を測定することができ、ひずみに対して 1.2pm/μ の感度を持ち、温度に対して、13.7pm/℃の感度を持っている [3]。よって、反射光 λ の波長を測定することで、ひずみに変換できる物理量または温度を測定するセンサに使用することができる。FBG は波長変化量を測定することから、1 本のファイバに異なる波長の FBG を連装することが可能である。

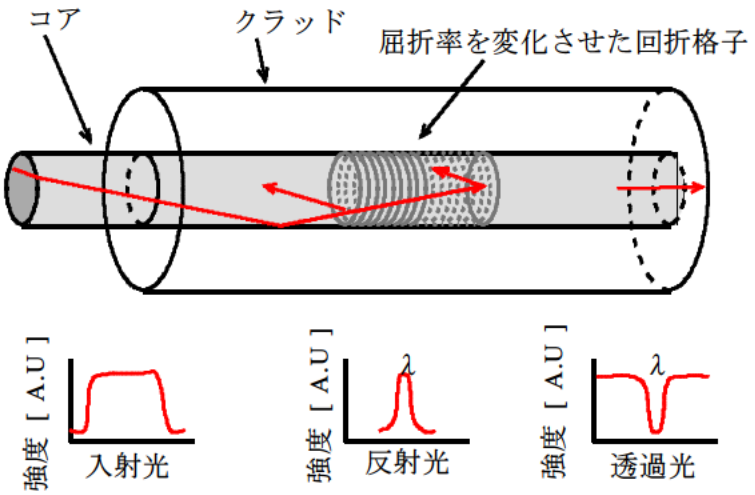


図 2-4　FBG 構造模式図

【地すべり計測への適合性】

FBG は従来の電気式のひずみゲージのように測定対象物に貼り付けてひずみを計測する。但し、電気式のひずみゲージと異なり 1 本のファイバ上で数 10 箇所程度のひずみ測定が可能であり、疑似分布型測定が可能となる。

地すべり斜面のアンカー工の内部応力を計測する目的でアンカーの自由長部、定着長部ならびに受圧板に FBG を貼り付けてひずみから応力を得ることや、地中変位を測定する目的で従来の電気式のパイプひずみ計のように FBG を塩ビ管の軸方向に一定間隔で貼り付けて用いている。この他にも FBG 方式は伸縮計、傾斜計、水位計などにも利用されており、地すべり計測においても利用が期待できる。

但し、前記の BOTDR 測定方式と同様に光ファイバの温度が測定値に与える影響が極めて大きい。測定値の精度向上には温度補正が重要である。また、電気式ひずみ計に比べて測定分解能は低いのが現状である。

FBG 方式は従来の電気式ひずみ計から置き換えることで様々な地すべり計測用センサに対応できると期待できるが、測定値の温度補正に注意が必要である。測定分解能は従来の電気式に比べて低く、価格はセンサ・測定器ともに２～５倍程度となる。しかし、光ファイバの無誘導性からセンサやセンサケーブルへの落雷の影響が少なく、センサケーブル（光ファイバ）の延長特性がよいため、避雷性能が特に重要となる現場や測定対象位置が広範囲にわたる現場においては有効であると考えられる。

(4) その他

OTDR 測定方式、BOTDR 測定方式ならびに FBG 方式のほかにリング干渉計を用いた地表変位計測手法とラマン散乱光（温度変化により強度が変わる散乱光）を用いた温度計測による地下水検層手法がある。

従来の電気式測定器のように設置した 1 測点を測定する光ファイバセンサも存在する。表 2-1 に代表的な光ファイバセンサの種別と開発メーカを示す。特に FBG 測定方式のセンサ開発を進めているメーカが近年増えている。

光ファイバを用いたセンシングシステムでは、センサ（20～50 万円）ならびに測定器（200～500 万円）は、従来の電気式のセンサと比較すると 2～5 倍の価格となっている。また、測定分解能は電気式に比べて低いのが現状である。しかし、光ファイバの無誘導性からセンサやセンサケーブルへの落雷の影響が少なく、センサケーブル（光ファイバ）の延長特性がよいため、避雷性能が特に重要となる現場や測定対象位置が広範囲にわたる現場、長期計測を行う現場においては有効であると考えられる。

表 2-1　光ファイバセンサの種類

センサ種別	測定方式	開発メーカー
伸縮計、変位計、水位計、多段式傾斜計、固定式傾斜計、水盛り式沈下計、層別沈下計、パイプ歪計、歪計、応力計、鉄筋計、軸力計、張力計、落石検知機、温度計、雨量計	FGB 歪測定方式	NTT-AT 坂田電機 東京測器 東横エルメス 日立電線
変位計、歪計、温度計、圧力計	ファブリーペロー型干渉計方式	ロックテスト等
圧力計、歪計、加速度計	マイケルソン型干渉計方式	沖電気等
圧力計、歪計	SOFO	坂田電機 SMARTEC

2.2　OTDR を用いた地すべり変位検出センサ

(1)　原理

本共同研究で用いたセンサの変位検出部における基本的構造を図 2-5 に示す。変位検出センサの基本原理は地盤の変位を光ファイバの曲げ損失に変換してその損失量の変化で変位を検出するものである。変位をプーリによって回転変位に変換し、この回転変位をギア構造により減速した上で光ファイバ巻き付け軸に 4 芯テープの光ファイバを巻き取ることで曲げ損失を発生させる機構である。曲げ損失が発生する光ファイバの位置を以下、変位検出部と称する。

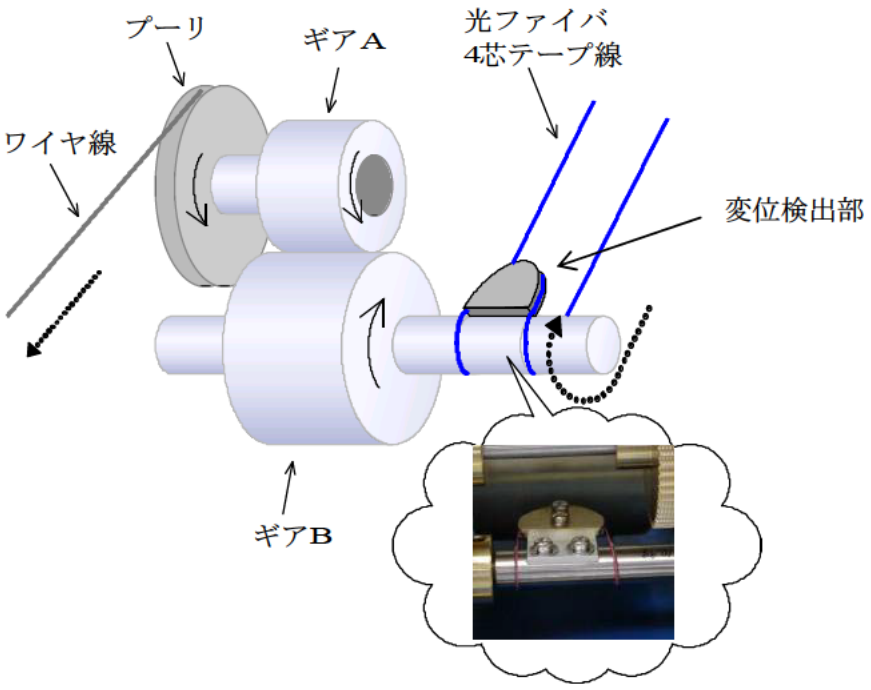


図 2-5　センサ内部模式図

2.3　平成 17 年度に実施したセンサの改良

既存の 5mm フルスケールの地すべり変位検出センサ（以下、初期型と称する）を 100mm フルスケールのセンサ（以下、改良型(Ver.1)と称するに改良する）に改良した。

【　改良型(Ver.1)センサの仕様　】

本研究で作成する地すべり変位検出センサの仕様を以下に示す。

型　　式	・・・・・・・・・・	ELS-1100-2
検出方式	・・・・・・・・・・	マクロベンド損失
計測範囲	・・・・・・・・・・	100mm
損失変化量	・・・・・・・・・・	約 3dB/100mm
非直線性	・・・・・・・・・・	±2%　F.S
使用測定器	・・・・・・・・・・	OTDR 測定器
質　　量	・・・・・・・・・・	約 1.7kg

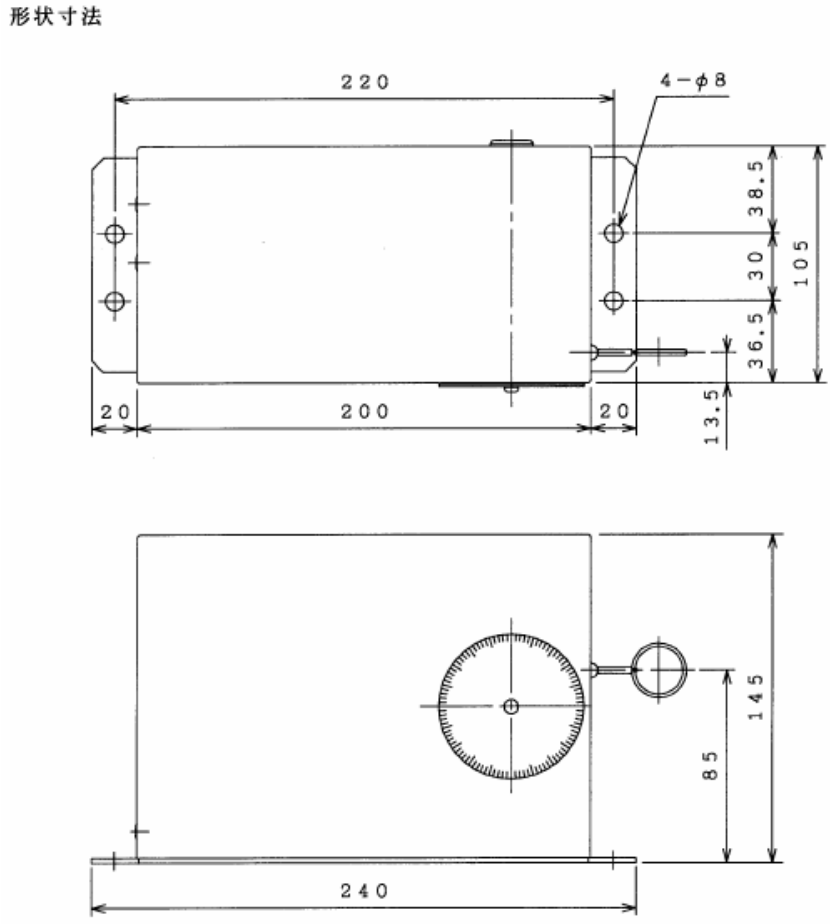


図 2-6　改良型(Ver.1)の外観

2.3.1 事前検討

初期型センサから、改良型（Ver.1）へ改良するにあたり、以下の項目について検討を行った。

① 入射光のパルス幅の検討

OTDR は 10ns～20μs の入射光のパルス幅で測定が可能である。パルス幅は距離分解能とダイナミックレンジに大きな影響を与えることから、センシングに最適なパルス幅の選定を行った。

② OTDR の測定精度とセンシング領域の検討

OTDR が持つ測定精度の検討を行った。又、OTDR は損失量が大きい領域（長距離位置）ではセンサの損失演算を行う波形データにノイズが加算され、損失の演算精度に影響を及ぼす。そこで、地すべり変位検出センサとして使用できるセンシング領域の検討を行った。

③ センサ間の接続方法の検討

測定経路の光ファイバの接続方法において、損失が小さく、信頼性が高い接続方法を選定した。

(1) OTDR のパルス幅の検討

【目的】

通信の世界で OTDR を使用する場合、測定結果の評価は後方散乱光の波形データを基に 2 点法や最小二乗法などを用いて損失量を求めている。本研究では、精度と演算の容易さを考慮して、曲げ損失を発生させた位置の前後 100 データの平均値を求め、減算することで損失量としている。よって、センサの損失量を高精度で求めるには、曲げ損失を発生させた位置の前後に外乱に影響されない光ファイバ線（以下、損失演算余長と称す）を配置する必要がある。この損失演算余長は OTDR のパルス幅に起因する距離分解能により長さが異なる。

OTDR のパルス幅は、距離分解能とダイナミックレンジに影響を与える。パルス幅を広くするに従い、ダイナミックレンジも広がり、センシングに有利になるが、距離分解能が粗くなる。そこで、パルス幅とセンサの損失量の演算に必要な損失演算余長の関係から、効率的なパルス幅の検討を行う。

【検討結果】

損失演算余長は、OTDR のパルス幅で光が進む距離の 1.75 倍(安全率)とする。表 2-2 は、OTDR のパルス幅とダイナミックレンジの関係の一例である。表中のパルス幅を式 2-1 に代入し、計算した結果を図 2-7 に示す。パルス幅を広げると直線的な増加を示すダイナミックレンジに対して、損失演算余長はパルス幅 10μs 以上で極端に増加する。ダイナミックレンジの幅と実用的な損失演算余長を考え、パルス幅は 1μs、損失演算余長 350m とした。

表 2-2　OTDR のパルス幅とダイナミックレンジの一例

波長	1.31μm				
パルス幅	10ns	100ns	1μs	10μs	20μs
ダイナミックレンジ（平均時間 3 分 ）	8.4 dB	17.9 dB	26.9 dB	36.9 dB	38.4 dB

損失演算余長＝光が進む距離 ×1.75倍　　・・・　式2－1

ただし、

光が進む距離　：光の速度×時間×$\frac{1}{\text{媒質中の屈折率}}$

光の速度　　：300,000 km/s（真空）
媒質中の屈折率：1.5　（溶融石英）
時間　　：10ns～20μs（パルス幅）

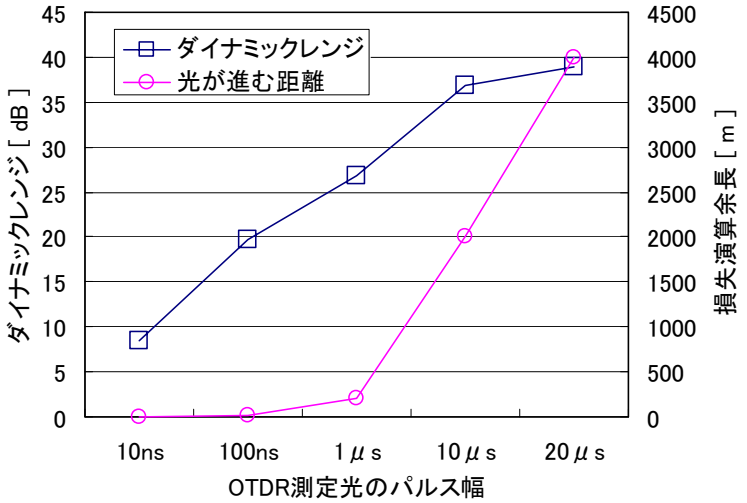


図 2-7　ダイナミックレンジと損失演算余長の関係

(2) 測定精度とセンシング領域の検討

【目的】

OTDR はレイリー後方散乱という非常に微弱な光を測定している。また、サンプリング速度も高速なため、受光回路等でノイズ影響を受けることが知られている。そこで、測定器が持つ直線精度および、有効な後方散乱光の受光レベルが取れる範囲を検討する。

【検討結果】

OTDR による測定では、損失測定精度に寄与する考慮すべき条件が 2 つある。

1 つ目は相対損失精度に関する条件であり、OTDR 測定器の精度はカタログ仕様上では、±0.05dB/dB 以下 と示されている。これは、区間損失量の精度が測定した値に対して±5%以下であることを意味しており、損失量が増えると誤差も増える結果となる。この精度では 100mm の測定範囲に対して 1～2mm の測定精度を実現する事は困難であるが、この保証精度にはマージンが含まれている事と、距離平均を行うことで精度が向上すると考えられる。

2 つ目は、ノイズに関する誤差である。測定範囲 100mm に対し 1～2mm 程度の精度で測定を行うため、ノイズは最低でも 1/200 程度に抑えたい。

OTDRの測定において、後方散乱光の測定結果を$\frac{1}{200}$以下のノイズレベルに抑えるための

後方散乱光強度は、ノイズピークから　$5\times\log\left(\frac{1}{200}\right)=-11.5\mathrm{dB}$　　以上の帯域である。

この結果から、図 2-8 の実線（35.5dB 以上）で示した後方散乱強度以上が今回の測定に適した範囲である。表 2-2 の 1μs 時のダイナミックレンジを参考にすると、測定に使用できる領域は、15.4dB 程度である。

上記に示した 2 つの精度に関する検討は､2 点法を用いた場合の精度および誤差要因であり、距離方向のデータに対する平均処理を行った場合は、更に精度が向上することが予想され、参考値として利用する。

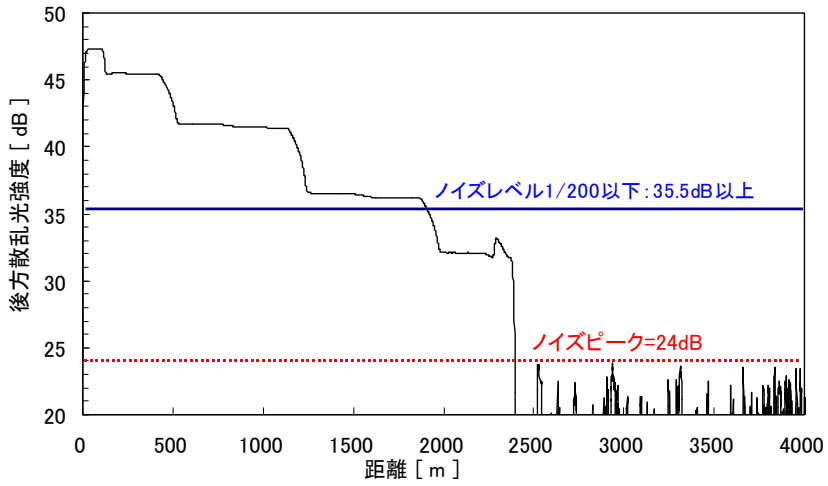


図 2-8　センシング領域の検証実験結果

(3) センサ間の接続方法の検討

【目的】

光ファイバの接続方法を選定するため、一般的な接続方法の調査を行った。

【調査結果】

光ファイバの接続方法は、永久接続法とコネクタ接続法に分けられる。通信分野で見込む接続損失は一般的に表 2-3 に示す範囲であり、それぞれの特徴と損失を以下に示す。

表 2-3　接続方法と損失量の設計値 [4)]

接続区分	接続種類	損失量　［ dB/箇所 ］
コネクタ接続法	コネクタ接続	0.3～1.0
永久接続法	メカニカルスプライス	0.2～0.7
	融着接続	0.1～0.6

① コネクタ接続

コネクタはその形状により、FC、SC、ST コネクタ等の種類があるが接続損失や反射の影響はコネクタの形状ではなく、コネクタ内にある光を結合する部品であるフェルールの研磨方式によって決まる。表 2-4 に研磨の方法と損失量および反射減衰量を示す。OTDR の測定では、接続損失だけでなく、反射減衰量も損失演算余長に影響を及ぼす。研磨方法で最も適した性能を持つ方法はAPC研磨であるが､あまり一般的ではなくAdPCもしくはPC研磨が使用できる。

表 2-4　研磨方法と接続損失量 [4)]

研磨方式	反射減衰量	接続損失
フラット研磨	＞ 15 dB	0.7 dB
PC 研磨	＞ 25 dB	0.5 dB
AdPC 研磨	＞ 40 dB	0.5 dB
APC 研磨	＞ 60 dB	0.5 dB

② メカニカルスプライス

社内 LAN や家庭に光ファイバを引き込む際に使用されている。光ファイバを挟んで機械的に接続しており、融着損失も少なく屈折率整合剤等を用いて、反射を抑える工夫がされている。接続も非常に簡便であるが、屈折率整合剤の劣化や温度依存性について懸念がある。

③　融着接続

光ファイバの接続の中で最も低損失で信頼性の高い方法である[5)]。図 2-9 によると、平均接続損失は、0.042dB であり、極めて小さい。ただし、この実験は同一の光ファイバを切断し、融着により再接続を行っているため、異種メーカやロットが異なる場合は多少大きな損失値を示すと考えられる。

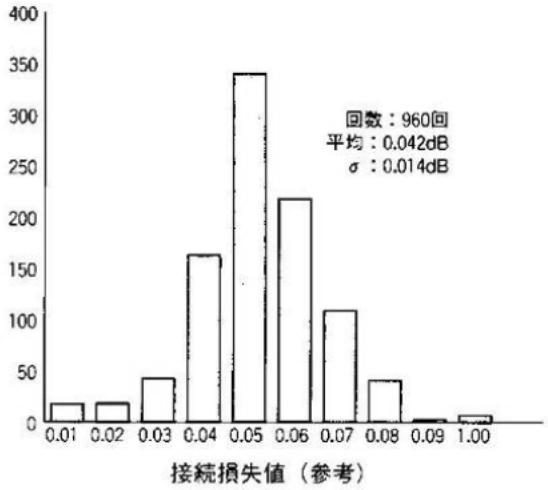


図 2-9 融着による接続損失値[5)]

以上の調査結果から、損失量および長期安定性において、融着接続よりすぐれた方法は無く、現場での融着作業は技術とノウハウが必要であるが、センサの接続方法としては最も信頼ができることから、融着による接続を提案する。

(4)　改良機(Ver.1)の光ファイバ構成

前項の検討結果を考慮した光ファイバの構成を図 2-10 に示す。変位量に比例して、変位検出部の両端に損失演算余長を 350m 設け、センサ同士の接続は融着を用いることにした。

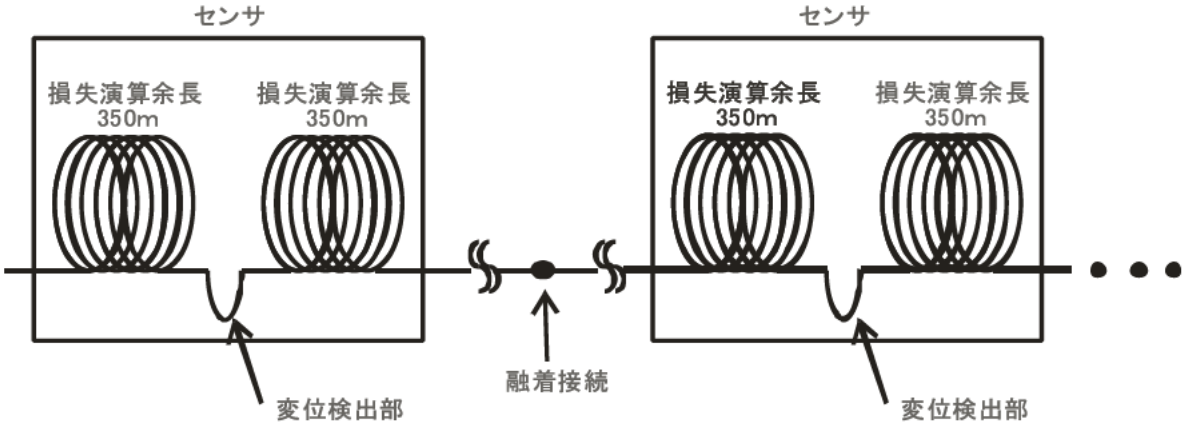


図 2-10　センサ内部の光ファイバ接続模式図

2.3.2　基礎実験

作成した改良機(Ver.1)の基本特性を把握するため、以下の項目について基礎実験を行った。

① 校正実験

3 台のセンサを直列に接続し、校正を行いセンサの非直線性を求めた。

② センサの温度依存性の確認

センサに温度変化を与えて、温度による誤差の検証を行った。

③ OTDR の温度依存性の確認

OTDR に温度変化を与えて、温度による誤差の検証を行った。

(1)　校正実験

【目的】

改良機(Ver.1)の測定精度を知るため、校正実験を行った。

【実験方法】

図 2-11 に実験での測定系模式図を示す。便宜上、光スイッチの 1ch に近い方から、センサ 1 からセンサ 3 と称す。測定系は、センサ 1、2、3 を直列に接続し、光スイッチを用いてセンサ群の両端から測定を行っている。写真 2-1 に光スイッチ、制御・データ収録用 PC および、OTDR の写真を示す。

校正器の所見は表 2-5 の通りである。3 台の変位検出センサに任意の変位量を同時に与え、その時の損失量を OTDR で測定を行った。変位量は、測定範囲 100mm を 10mm ステップで与え、再現性を検証するために 3 往復の実験を行った。

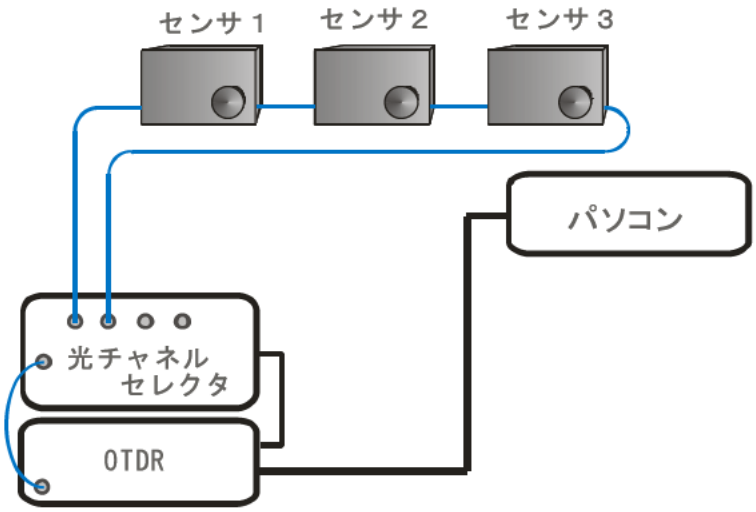


図 2-11　実験測定系の模式図

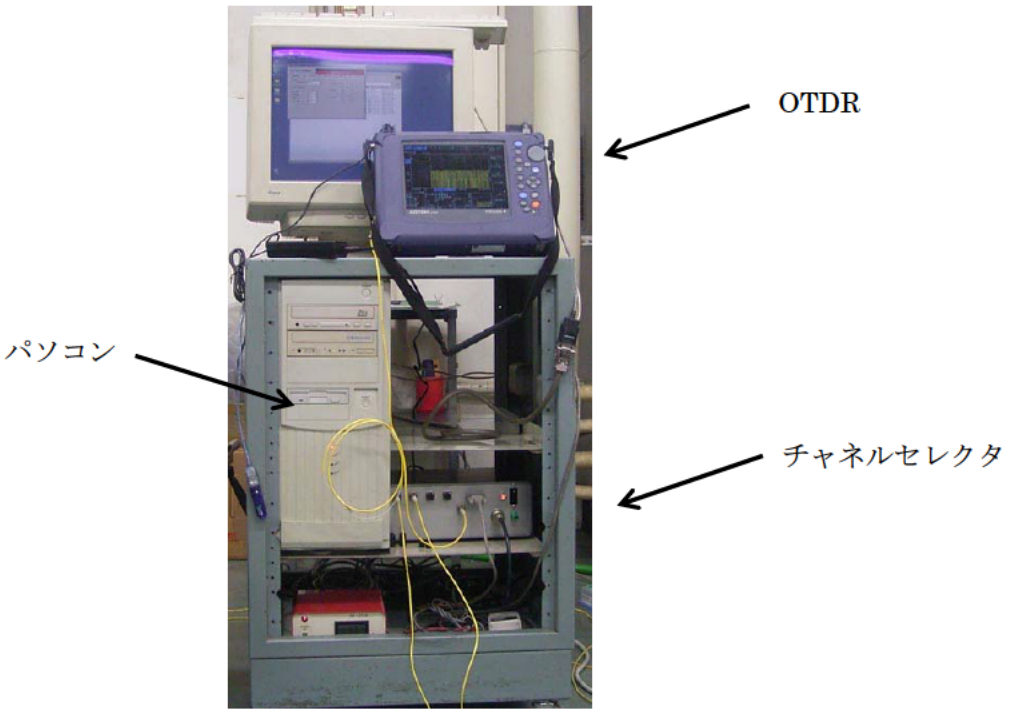


写真 2-1　OTDR 計測システム写真

表 2-5　校正器の所見

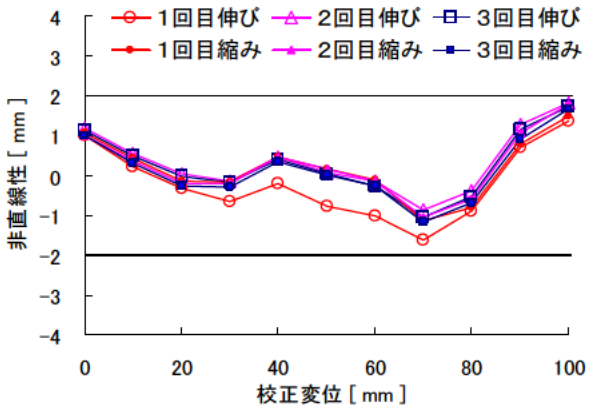
1 回転変位量	500　mm
精度	8×10^{-4}　mm
繰り返し位置決め精度	8×10^{-4}　mm

【実験結果】

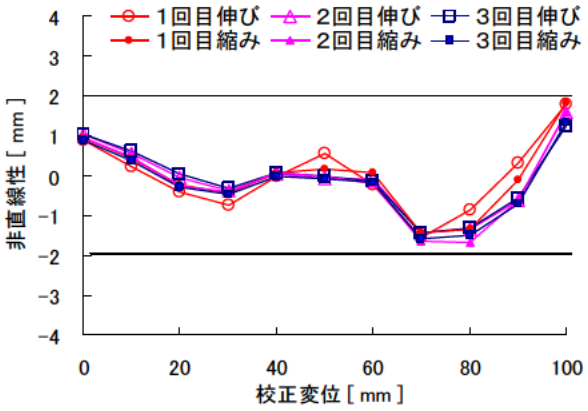
変位量に対する変位検出センサの非直線性を求めた結果を図 2-12 に示す。a、c、e は 1ch から測定した校正結果を示し、b、d、f は 2ch から測定した校正結果を示している。e を除いた校正結果は測定範囲 100mm の範囲において、ヒステリシスも小さく、非直線性としても±2mm 以内に入っており 3 回の繰り返し再現性も良い結果が得られている。

1ch からの測定結果と 2ch からの測定結果を非直線性の形状で比較すると非常に似ており、非直線性の形状はセンサの固体差と考えられる。

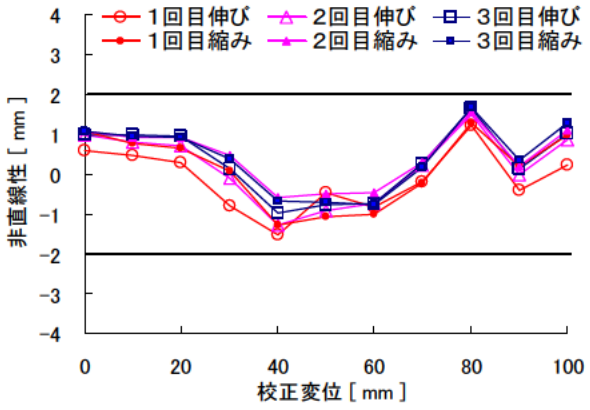
e のデータは、測定範囲 70mm 付近までは±2mm 以内に入っており 3 回の繰り返し再現性は良いが、80mm を超えたところで感度が小さくなる方向に非直線性が大きくなり、±2mm 以上の結果を示した。しかし、e のデータを測定した後、チャネルを 1ch から 2ch に切り換えて測定している f のデータでは±2mm 以内の良好な結果が得られていることから、センサ単体としての精度は±2mm 以内の性能を持っていると考えられる。



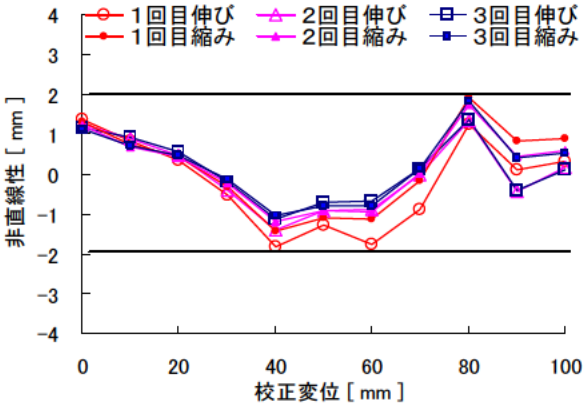
a)　1ch から測定したセンサ 1 の校正結果



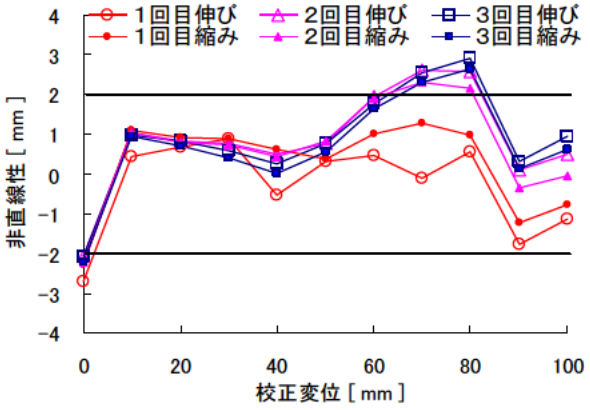
b)　2ch から測定したセンサ 1 の校正結果



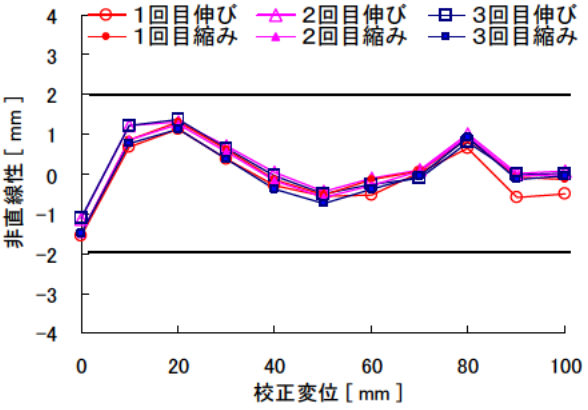
c)　1ch から測定したセンサ 2 の校正結果



d)　2ch から測定したセンサ 2 の校正結果



e)　1ch から測定したセンサ 3 の校正結果



f)　2ch から測定したセンサ 3 の校正結果

図 2-12　非直線性結果

(2)　改良型(Ver.1)の温度依存性の確認

【目的】

センサの温度特性を確認するため、恒温槽にセンサを配置して温度を-10、20、50℃に変化させ、経時測定を行った。

【実験方法】

測定システムは、図 2-11 の実験測定系と同様のシステムを使用し、15 分毎の測定を行った。センサ側は写真 2-2 の治具を使用して、センサに任意の変位量を与えられる工夫を行った。治具は板圧 10mm のアルミ合金を使用し、センサおよび引き出し線をネジで固定している。アルミ合金は比較的線膨張係数(15.9 $\times 10^{-6}$ /℃)が高い材料であるが、60℃の温度変化を与えた場合、熱膨張による変位量は 100mm の区間において、0.1mm 以下であり、±2mm の測定精度に対し十分小さいため、無視できる範囲である。

センサは、向かって左からセンサ 1、2、3 の順に配置しており、センサの変位量を表 2-6 に示す組み合わせにより変位量を変化させ、各変位量の時にセンサの温度を変化させた。

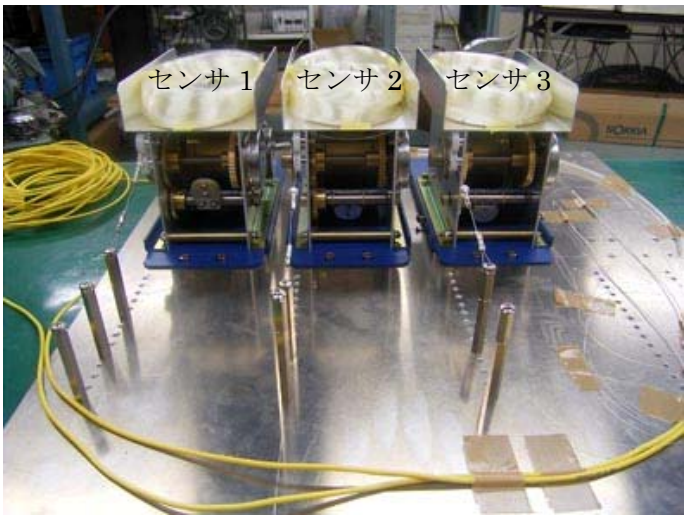


写真 2-2　センサ温度特性実験治具　正面写真

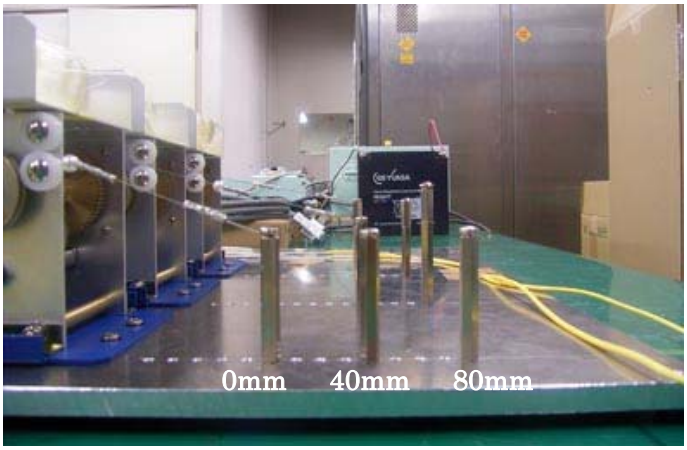


写真 2-3　センサ温度特性実験治具　側面写真

（図中の数字 0㎜、40㎜、80㎜ はワイヤを引き出して与えた変位量）

表 2-6　センサ変位量と温度一覧表

	センサ 1	センサ 2	センサ 3	恒温槽内温度
Case_1	0 ㎜	40 ㎜	40 ㎜	-10、20、50℃
Case_2	40 ㎜	40 ㎜	40 ㎜	-10、20、50℃
Case_3	80 ㎜	40 ㎜	40 ㎜	-10、20、50℃
Case_4	0 ㎜	0 ㎜	0 ㎜	-10、20、50℃

恒温槽内へ設置した時の状況写真を写真 2-4 に示す。センサ近くに温度計を配置して恒温槽内の温度を測定した。槽内の温度は-10、20、50℃を 5 時間保持し、24 時間周期で表 2-6 の各 Case で 1 サイクル行った。温度のタイムチャートを図 2-13 に示す。



写真 2-4　恒温槽設置状況写真

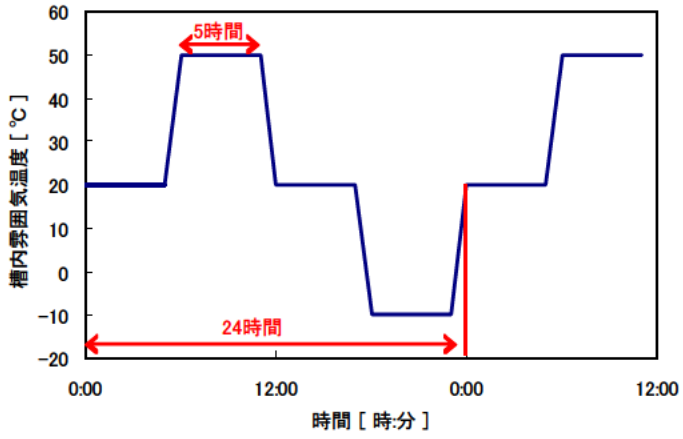


図 2-13　恒温槽内温度タイムチャート

【実験結果】

図 2-14 にセンサの Case1～Case4 までの温度特性実験結果を示す。横軸は実験日数を示し、左縦軸は各センサの相対損失量を示している。同時測定した恒温槽内の温度と OTDR を置いている室内の温度を右縦軸に示している。各 Case で槽内温度は-10～50℃に変化し、室内の温度は 15～20℃程度の幅で一定であることがわかる。

Case1～Case4 のデータは、槽内の温度変化に追随してセンサの損失量が変化している。1ch と 2ch から測定したプロット結果は終始重なっており、定量的にも概ね同じ結果が得られている。センサ 1 に着目すると、Case1 および Case4 の損失量が小さい範囲では温度による損失量の変化が小さく、Case2、Case3 の様に損失量が大きくなるに従い、温度による損失量の変化も大きくなる結果（最大 0.24dB）が得られた。

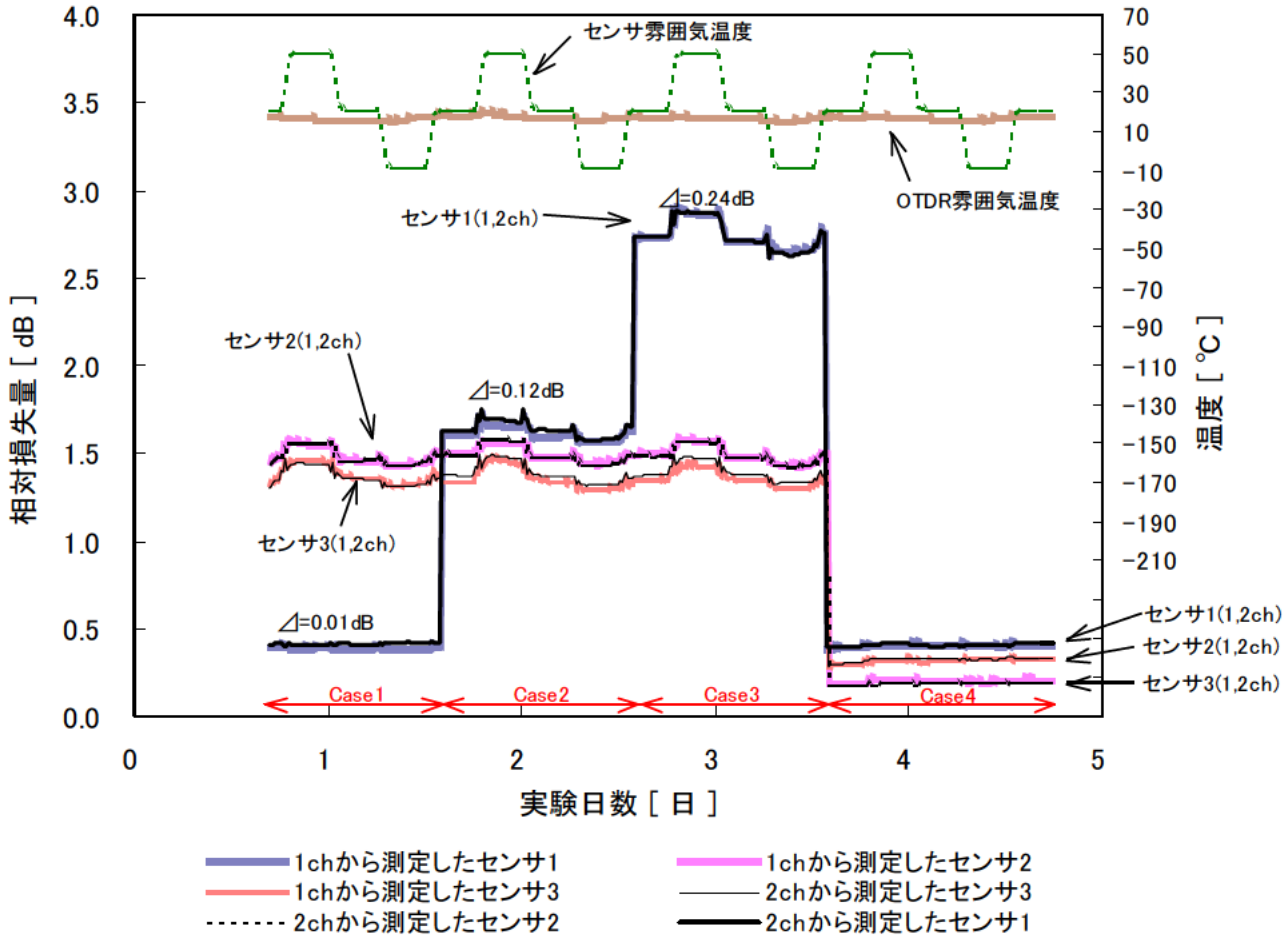


図 2-14　センサ温度特性経時データ

(3)　OTDR の温度依存性の確認

【目的】

OTDR 測定器の温度特性を確認するため、恒温槽に OTDR を配置して温度を-10、20、50℃に変化させ、経時測定を行った。

【実験方法】

実験のための測定システムは、図 2-11 の実験測定系と同様のシステムを使用し、15 分毎の測定を行った。OTDR および光スイッチを恒温槽内に配置した状況写真を写真 2-5 に示す。槽内の温度は、-10、20、50℃を 5 時間保持しており、槽内温度のタイムチャートは図 2-13 と同様である。センサ側は写真 2-2 の治具に固定し、表 2-7 の Case1～Case3 の変位を与えた。

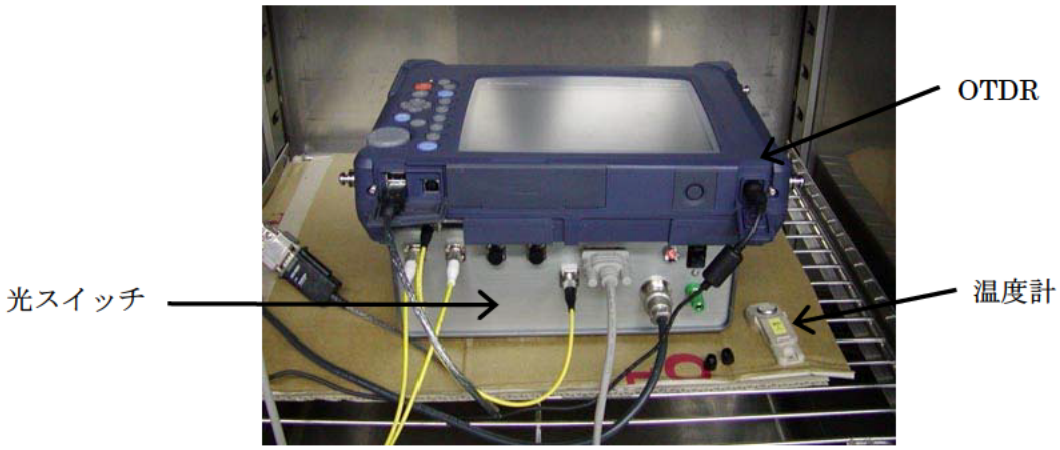


写真 2-5　OTDR 温度特性確認試験の試験状況

表 2-7　センサ変位量と温度一覧表

	センサ 1	センサ 2	センサ 3	恒温槽内温度
Case_1	40 mm	40 mm	40 mm	-10、20、50℃
Case_2	80 mm	40 mm	40 mm	-10、20、50℃
Case_3	0 mm	40 mm	40 mm	-10、20、50℃

【実験結果】

図 2-15 にセンサの Case1～Case3 までの温度特性実験結果を示す。横軸は実験日数を示し、左縦軸は各センサの相対損失量を示している。同時測定した恒温槽内の温度と OTDR を置いている室内の温度を右縦軸に示している。各 Case で槽内温度は-10～50℃に変化し、室内の温度は 15～20℃程度の幅で一定であることがわかる。

Case1～Case3 のデータは、恒温槽内の温度変化に追随してセンサの損失量が変化している。同程度の相対損失量であるセンサ２、センサ３のプロット結果は終始重なっており、OTDR の温度依存性は相対損失量が同じで有れば、後方散乱光レベルのどの位置でも同様の傾向を示すこと考えられる。センサ 1 に着目すると、損失量が大きくなるに従い、温度による損失量の変化も大きくなる結果（最大 0.88dB）が得られた。

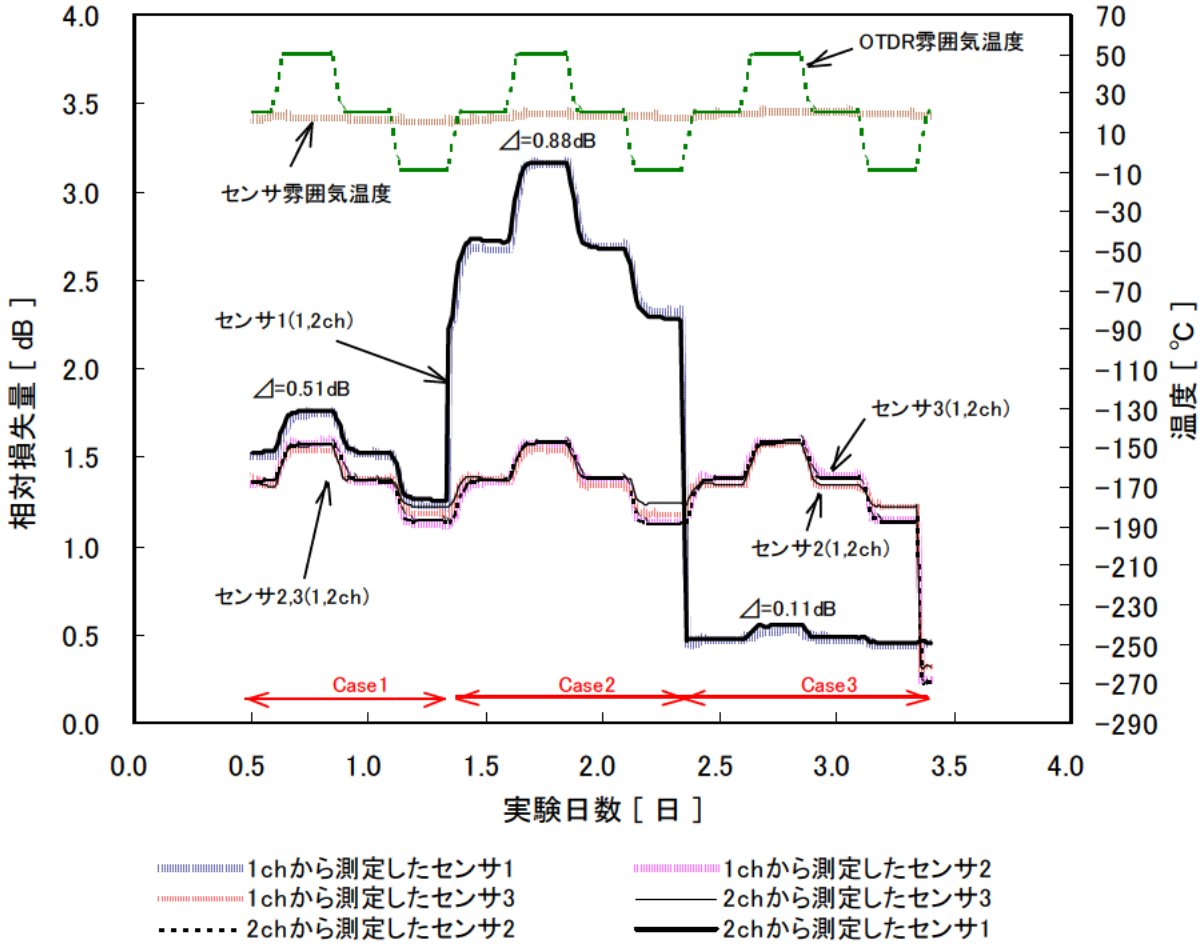


図 2-15　OTDR 温度特性経時データ

2.3.3 平成 17 年度センサ改良のまとめ

改良型(Ver.1)の評価結果を以下に示す。

- 測定範囲 100mm に対して、±2mm 以内の非直線性であった。
- センサの温度依存性は、0.24dB/60℃ (0.058mm/℃) であった。
- OTDR の温度依存性は、0.88dB/60℃ (0.25 mm/℃) であった。

以上の結果から、改良型(Ver.1)の非直線性は、目標値を満足する結果が得られている。今回用いた OTDR の温度依存性はセンサの 4 倍以上あり、OTDR を設置する環境は温度変化が少ない方が良い。

また、改良型(Ver.1)の評価実験等により、以下の課題が明らかとなった。

- 現場からの声を参考にし、設置し易いセンサへの改良（センサの小型化等）
- 低コスト化
- センサおよび OTDR 温度依存性の改善方法の検討

2.4　平成 18 年度に実施したセンサの改良

平成 18 年度に改良型(Ver.1)を「錦ヶ浦地すべり」に設置した。設置作業の経験から要求事項の一つに挙げられたセンサの小型化、および製造コストについて再検討し、改良型(Ver.2)を作製した。改良型(Ver.2)は「口坂本地すべり」および、「宮前地区地すべり」で観測を行った。

改良型(Ver.2)は、変位を光ファイバの伝送損失に変換する機構等は従来方式と同じであり、主に操作性について改良を施している。下記に主な変更点を示す。

- 質量の軽減　・・・・　1.7kg　→　1.2kg
- 小型化（W×D×H）　・・・・　240×105×145　→　237×99×114.5
- 融着ケーブルの変更　・・・・　PV シース（φ3mm）　→　UV コート線（φ250μm）

【　改良型(Ver.2)センサの仕様　】

型　　式	・・・・・・・・・	ELS-1100-3
検出方式	・・・・・・・・・	マクロベンド損失
計測範囲	・・・・・・・・・	100mm
損失変化量	・・・・・・・・・	約 3dB/100mm
非直線性	・・・・・・・・・	±2%　F.S
使用測定器	・・・・・・・・・	OTDR 測定器
質　　量	・・・・・・・・・	約 1.2 kg

形状寸法

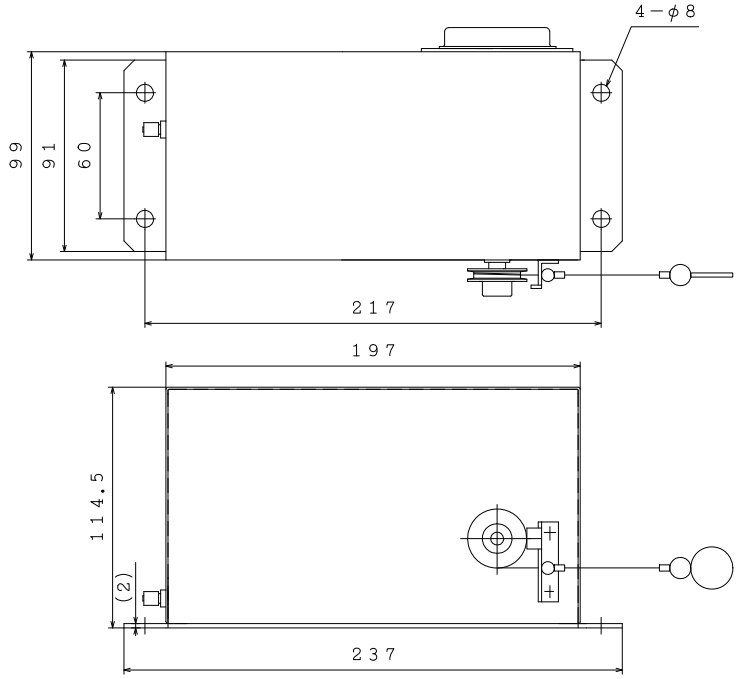


図 2-16　改良型(Ver.2)の外観

2.4.1　改良型(Ver.2)の温度依存性の改善

平成 17 年度の研究により、センサの温度依存性が明らかとなり、センサの温度依存性の軽減について研究を行った。検出部に 2 通りの改良を施し、センサの温度特性を評価した。

(1)　改良検出部の評価

【目的】

センサの温度依存の原因が変換機構に使用している材質の線膨張係数の不一致によるものと考え、2 通りの方法で改善を試み、温度依存性の評価を行った。

現在の変換機構はステンレスとアルミを使用しており、材質の線膨張係数の不一致により温度依存が発生していると考えた。改善案として、これらの部品を線膨張係数が同じ材質で作製する方法、又は可能な限り光ファイバを鋼材に接触させない方法で温度依存性を軽減できると考える（写真 2-6 に示される大きな接触面を無くす方法)。

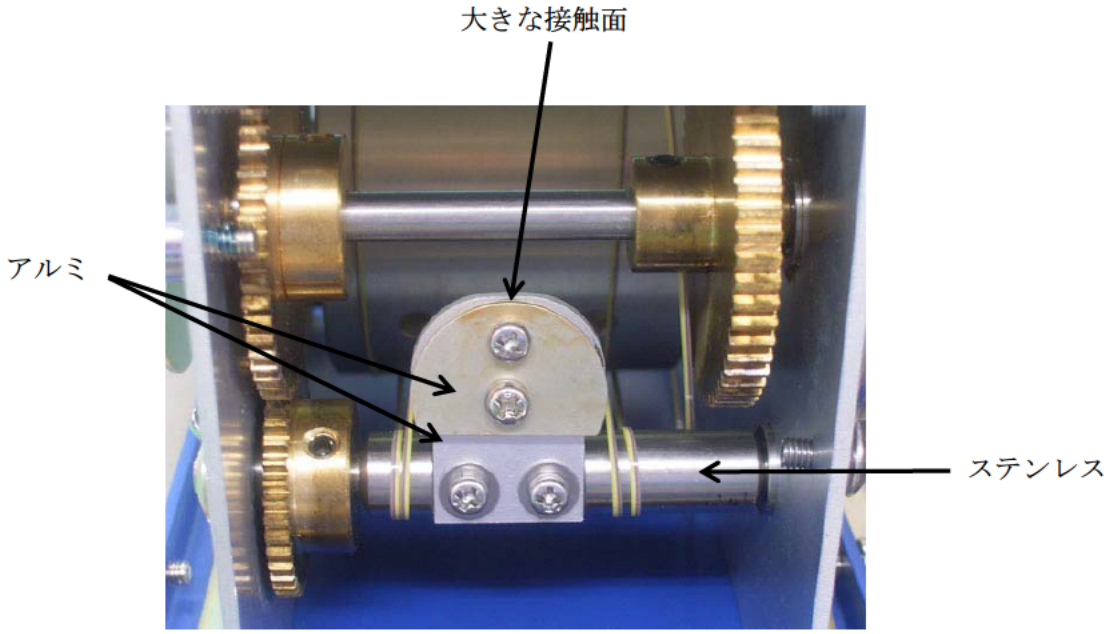
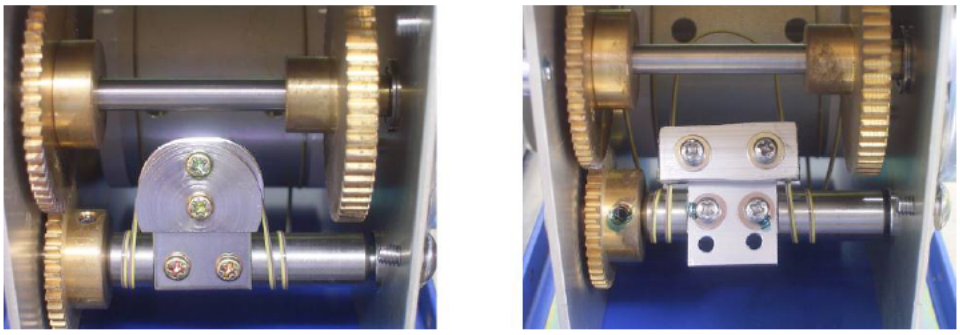


写真 2-6　変換機構拡大写真

【実験方法】

変換機構の材料を鉄製に統一したセンサ（以下、鉄製センサと称す）と光ファイバと金属部品の接触面積を減らしたセンサ（以下、非接触センサと称す）を作製し、改良型(Ver.2)共に温度依存性を評価した（写真 2-7 参照）。



(a)　鉄製センサ　　(b)　非接触センサ

写真 2-7　変換機構を改良したセンサ

非接触センサ、鉄製センサおよび、改良型(Ver.2)のセンサを図 2-17 に示す様に直列に接続し、OTDR で 10 分ピッチの測定を行った。3 台のセンサは 100mm 相当の変位を与えた状態で恒温槽に設置し、-10 から 20℃ピッチで 50℃まで温度変化を与えた。

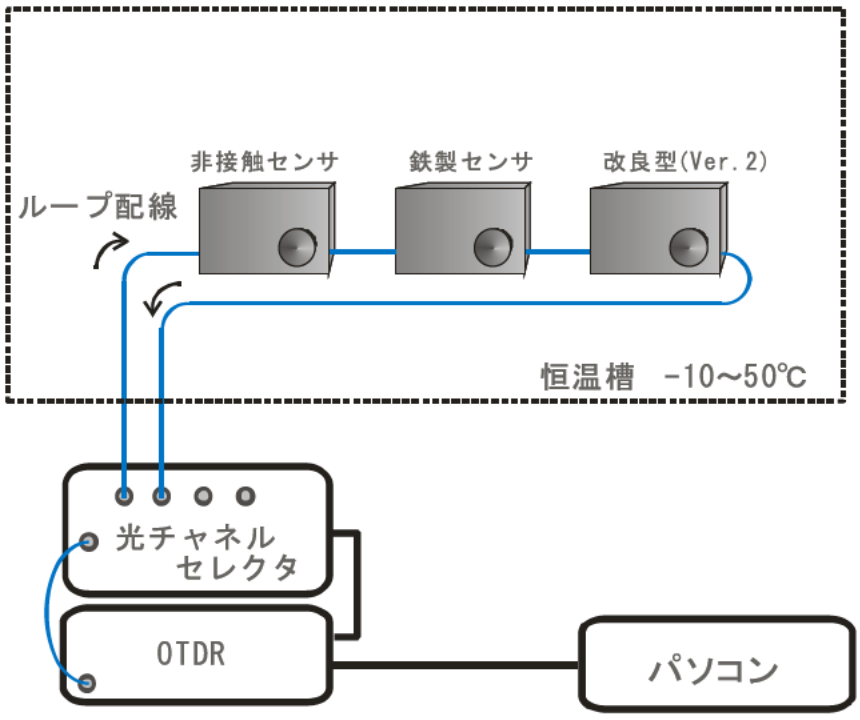


図 2-17　変換機構を改良したセンサ

【実験結果】

OTDR で測定した結果の一例を図 2-18 に示す。距離が近い方から、非接触センサ、鉄製センサ、改良型(Ver.2)の損失が有る。センサ前後の 100 データを用いて、後方散乱光強度の平均値の減算を行い、損失量を求めた。損失量と雰囲気温度の関係を示す経時変化を図 2-19 に示す。

実験は、3 種類のセンサを恒温槽内に設置し、-10℃から 20℃ピッチで 50℃まで温度変化を与えた。各温度到達時間は 1 時間とし、各設定温度の保持時間は 4 時間とした。非接触センサは、鉄製センサ、改良型(Ver.2)に比べて温度依存性が小さいことが分かる。本実験は改良型(Ver.2)側からも行っており、同様の結果が得られている。

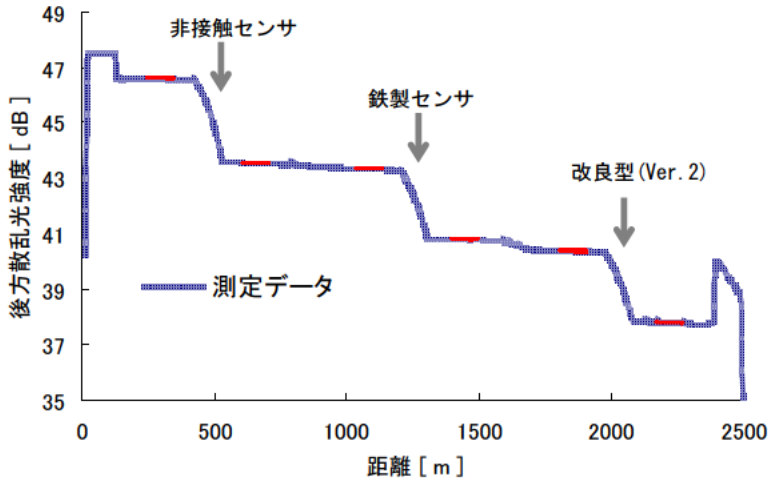


図 2-18　変換機構改良実験時の OTDR 測定結果の一例

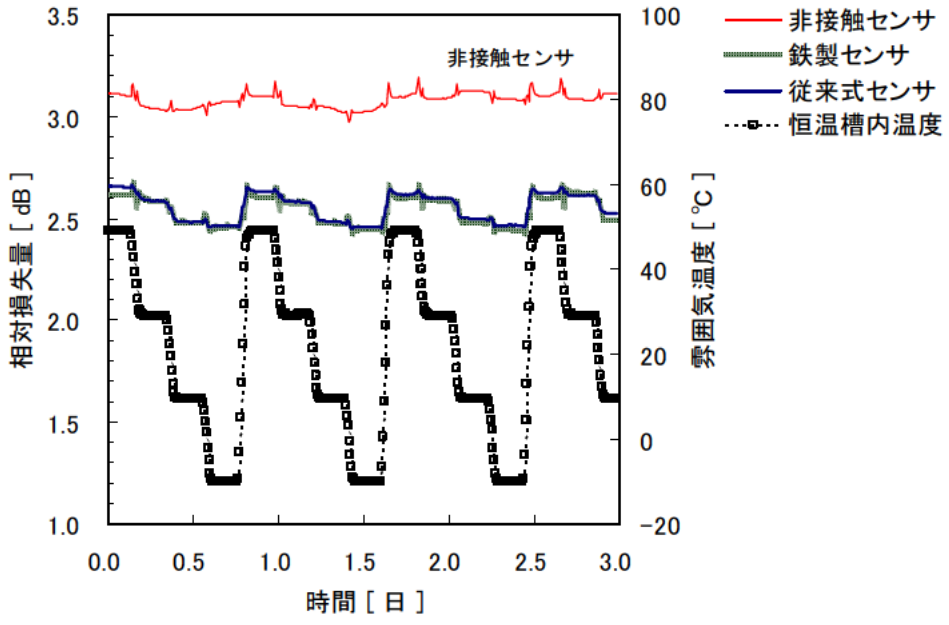


図 2-19　変換機構改良器の温度特性経時グラフ

更に詳細を見るため、横軸に温度、縦軸に-10 から 50℃まで変化させた時の損失の変化量をプロットした結果を図 2-20 に示す。それぞれのセンサの最大変化量は、従来式改良型(Ver.2):0.2dB、鉄製センサ：0.17dB、非接触センサ 0.07dB であり、非接触センサは、改良型(Ver.2)に比べて、温度依存性が 1/2 程度である。

以上の結果から、写真 2-7(b)の様な光ファイバに金属部品が触れる面積を減らす構造にすることで、温度依存性を±0.1dB 程度に改善することが可能と考えられ、改良型(Ver.3)の変換機構に採用する。

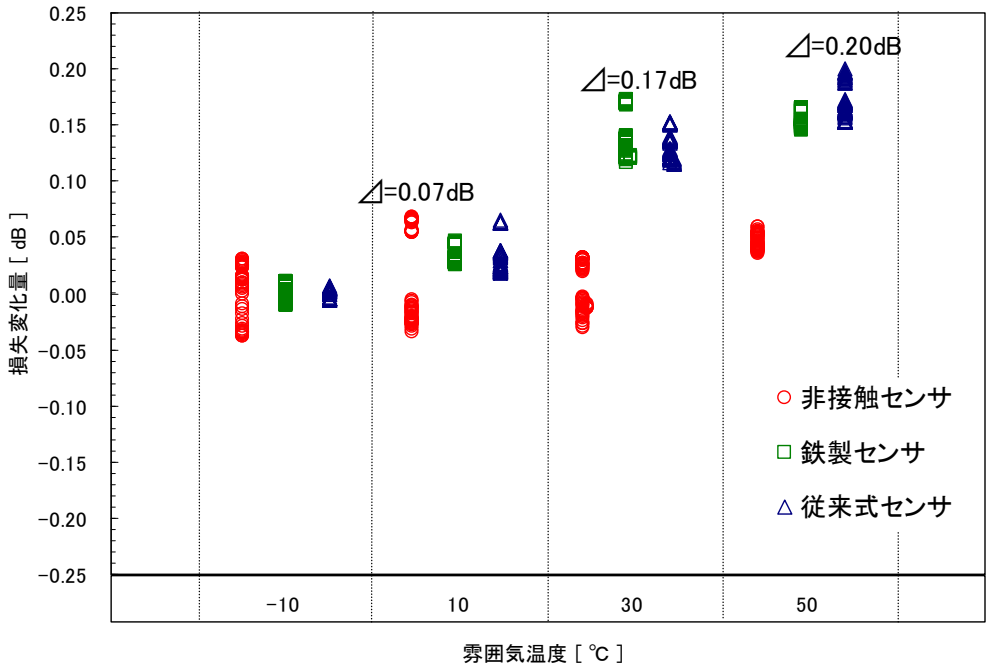


図 2-20　変換機構改良器の温度特性図

2.4.2　OTDR の温度依存性の改善

OTDR の温度依存性が大きいことが平成 17 年度の研究から明らかとなった。このため、OTDR 設置を設置する場所（測定器のみ）は、空調の整った観測室など温度変化の少ない環境下であることを原則とする。

ただし、現場によっては、大掛かりな温度コントロールが出来ない可能性がある。そこで、一定の損失を与えたリファレンスセンサを用いて、OTDR の温度依存性の影響を補正する方法を検討した。

(1)　温度補正方法の考え方

図 2-21 に OTDR の温度補正を考慮したシステムの模式図を示す。センサの測線とは別系統で、温度に依存しない一定損失を有するリファレンスセンサを観測室内に設ける。本来、リファレンスセンサの損失量は一定であるはずだが、OTDR の温度依存性によりリファレンスセンサの損失量が変化する。この変化分をセンサ側線の測定結果に加味して補正を行う。

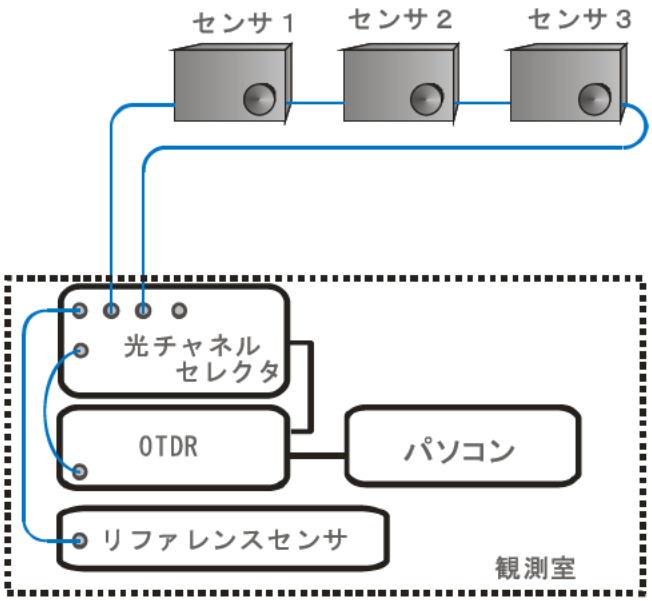
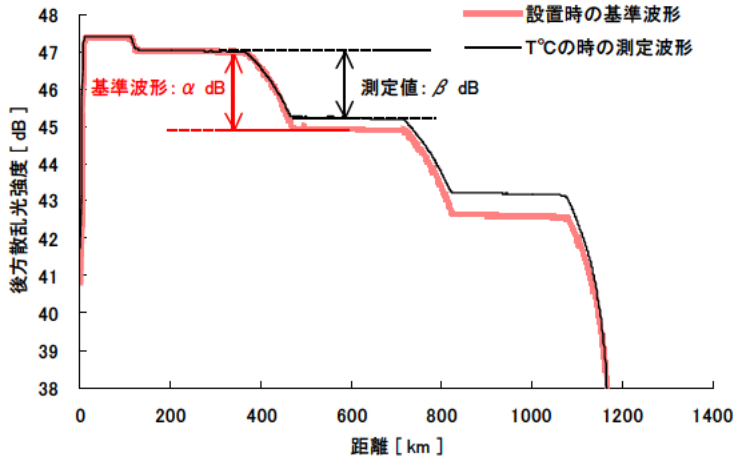


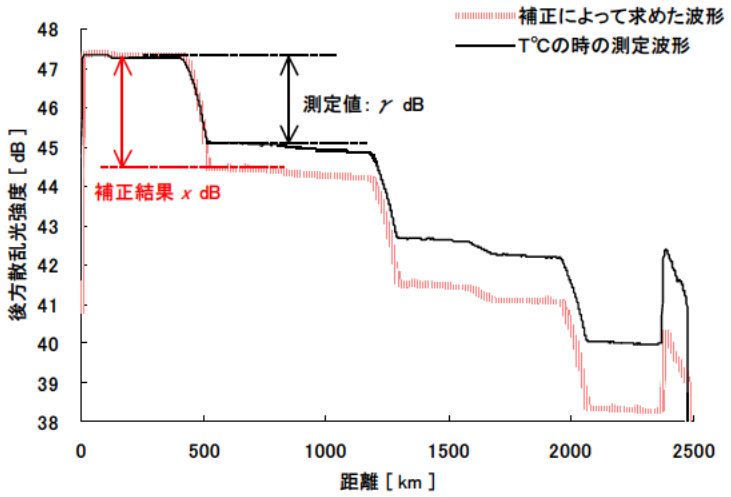
図 2-21　温度補正を考慮した計測システムの模式図

補正方法の考え方を図 2-22 に示す。図 2-22(a)の様に設置時および毎測定時に基準となるリファレンスセンサを測定する。（この時の損失量を αdB とする）定時測定時のリファレンスセンサの損失量を βdB、センサの損失量を γdB とすると補正結果 x は次式で求められる。（図 2-22(b)参照）

$$x = \gamma - \frac{\beta}{\gamma}(\beta - \alpha) \qquad \cdots \quad 式2-2$$



(a)　リファレンスセンサを外部キャリブレーションに使用した測定波形の模式図



(b)　センサ測線の測定波形の模式図

図 2-22　OTDR 温度補正方法の概念図

(2)　リファレンスセンサの作製と特性

【目的】

リファレンスセンサの損失は、温度依存性が小さいことが望ましい。そこで、作製したリファレンスセンサの温度特性の検証を行った。

【実験方法】

リファレンスセンサは、線膨張係数の不一致を考慮して軸等には巻き付けず、写真 2-8 に示す様に 4 芯テープ線にループ形状を設け、一部を接着剤で固定する方法を採用した。

リファレンスセンサを恒温槽内に設置し、0℃から 10℃ピッチで 40℃まで温度変化を与えた。(図 2-23 参照)

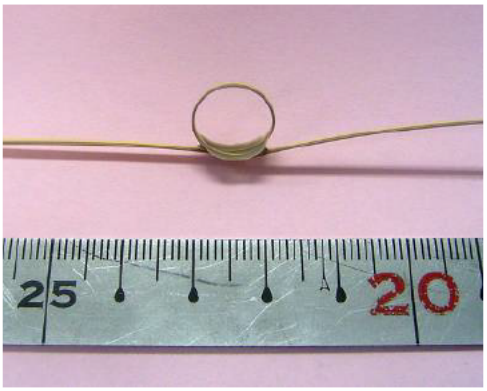


写真 2-8　作製したリファレンスセンサの外観写真

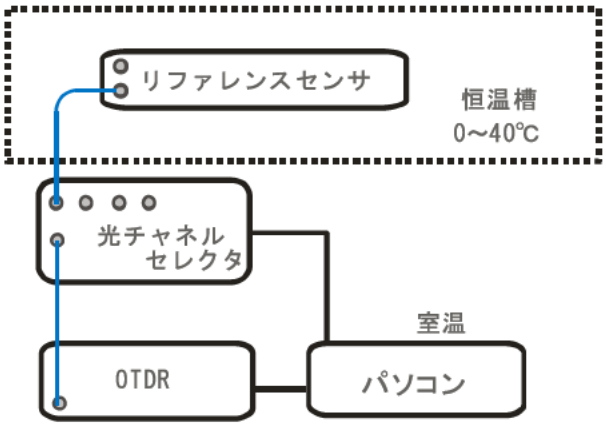


図 2-23　リファレンスセンサ評価実験模式図

【実験結果】

リファレンスセンサの損失量を OTDR の波形データから図 2-22 と同様の演算方法で求めた。リファレンスセンサの雰囲気温度を横軸、損失量を縦軸にプロットした結果を図 5-32 に示す。0～40℃の範囲において、大きな損失量の変化は見られず、変化幅は約 0.1dB であり、リファレンスセンサの温度依存性は十分小さいことが明らかとなった。

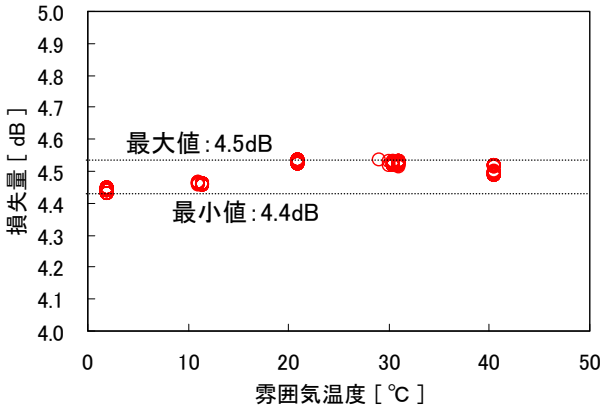


図 2-24　リファレンスセンサの温度特性図

(3)　リファレンスによる補正効果

【目的】

前述したリファレンスセンサを用いた温度補正の効果と適用可能な温度範囲を実験により確認した。

【実験方法】

図 2-25 に実験システムの構成を示す。恒温槽に OTDR、リファレンスセンサおよび光スイッチを設置し、0℃から 10℃ピッチで 40℃までの温度変化を与えた。温度変化が少ない室内に 100㎜ 相当の変位を与えたセンサを 3 台設置し、OTDR に温度変化を与えてリファレンスセンサにより補正を行った。

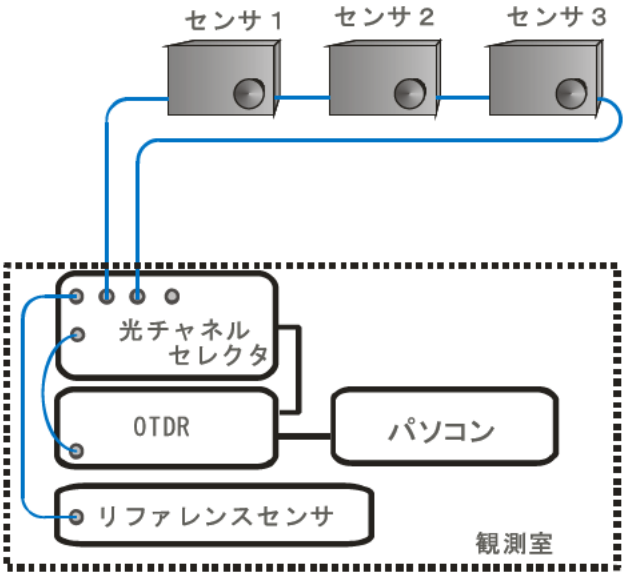
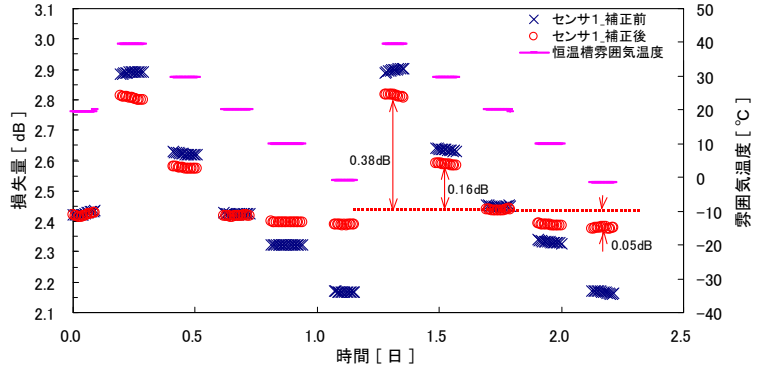


図 2-25　温度補正効果の検証実験構成図

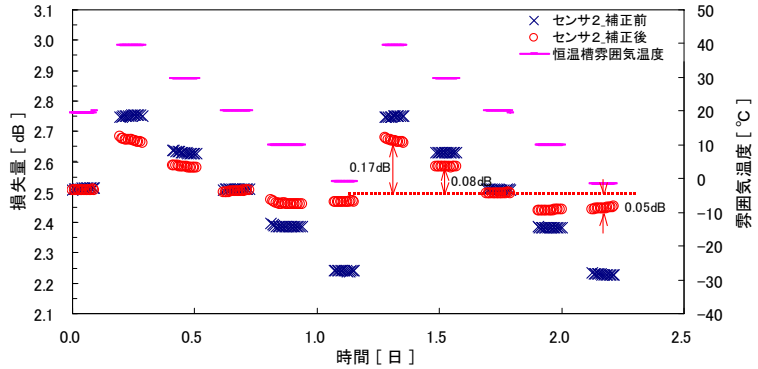
【実験結果】

式 2-2 の補正式を用いて補正を行いた結果を図 2-34(a)～(c)に示す。参考のために補正前の損失量も同図にプロットしている。

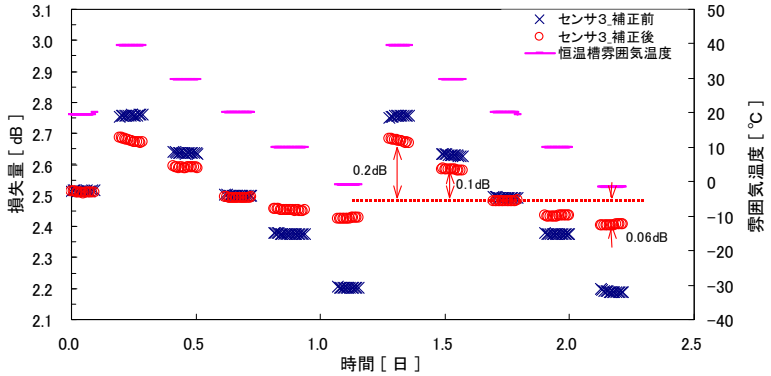
図 2-26(a) ～(c)の 3 台の測定結果は、2 サイクルの再現性があり、0～20℃の範囲では補正の効果が見られるが、30℃以上では十分な補正効果は得られなかった。



(a)　センサ１の補正結果



(b)　センサ２の補正結果



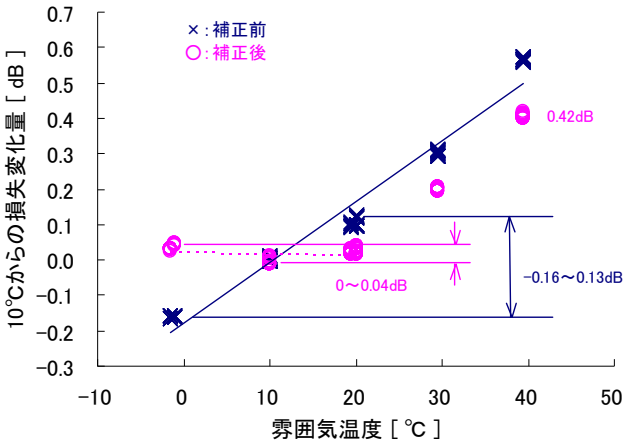
(c)　センサ３の補正結果

図 2-26　補正効果の検証実験結果

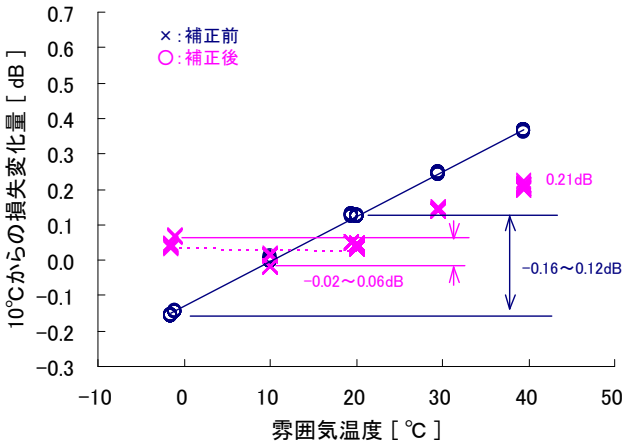
更に詳細を見るため、横軸に OTDR の雰囲気温度、縦軸に 10℃の損失量からの変化量をプロットした結果を図 2-27(a)～(c)に示す。0～20℃の雰囲気温度において、最大で-0.16～0.12dB(約±8.4mm 相当)の変化を-0.02～0.06dB（約 2.4mm 相当）に抑えることができた。(図 2-27(b)参照)

30～40℃の雰囲気温度下では補正の効果は見られるが、十分ではなく、最大で 0.42dB(約 12.6mm 相当)の誤差が発生する可能性がある。

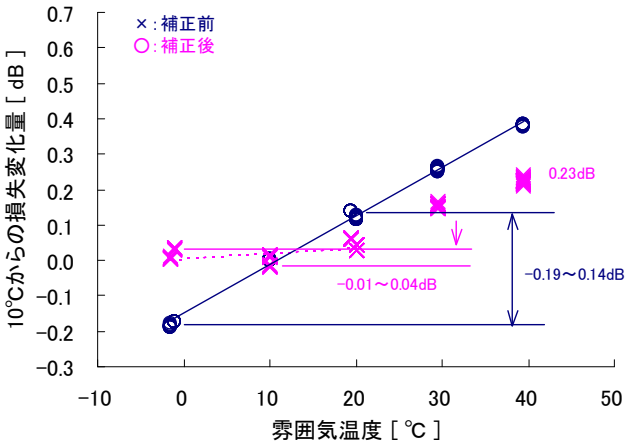
以上の結果よりリファレンスセンサを使用し、OTDR の温度補正効果が十分得られる温度範囲は、0～20℃であり、誤差範囲は変化量の幅で 0.04～0.08dB（約 1.2～2.4mm 相当）程度である。



(a)　センサ１の温度補正特性図



(b)　センサ２の温度補正特性図



(c)　センサ３の温度補正特性図

図 2-27 補正可能な OTDR 測定器 雰囲気温度範囲

2.4.3 平成 18 年度センサ改良のまとめ

・センサの温度依存性

センサの温度依存性の原因は、変換機構部分の材質の線膨張係数の不一致によるものと考えられる。光ファイバが金属に接する長さを減らすことで、-10～50℃の温度範囲において、温度依存性を±0.1dB 程度に抑えることが可能であることが判明した。

改良型(Ver.1)および、(Ver.2)の温度依存性	: 0.24 dB/60℃
改良型(Ver.3)予定の温度依存性	: 0.1 dB/60℃

・OTDR の温度依存性

リファレンスセンサの基準波形に対する変化量を測定毎に測定・補正することで、0～20℃の温度範囲において、温度依存性を±0.08dB 程度に補正することが可能であった。

温度補正前のセンサの変動幅	: 0.33 dB/20℃
温度補正後のセンサの変動幅	: 0.08 dB/20℃

次の課題として、センサの温度依存性低減および OTDR の温度依存性を補正するためのリファレンスセンサ性能に対する現場実証試験が挙げられた。

2.5　平成 19 年度に実施したセンサの改良

平成 18 年度の研究結果より、光ファイバが金属に接触する場所を減らすことで、センサの温度依存性が軽減できることが明らかとなった。平成 19 年度は上記の構造を採用した改良型(Ver.3)を作製し、現場での適合性を検討した。

改良型(Ver.3)の仕様を下記に示す。設置時に「急斜面に設置した場合、引き出し線が上に在った方が使い易い」との声があり改良型(Ver.2)に比べて、約 30mm 高い位置に引き出し口を設ける設計にした。

【　改良型(Ver.3)センサの仕様　】

型　　式	・・・・・・・・・	ELS-1100-4
検出方式	・・・・・・・・・	マクロベンド損失
計測範囲	・・・・・・・・・	100mm
損失変化量	・・・・・・・・・	約 3dB/100mm
非直線性	・・・・・・・・・	±2%　F.S
使用測定器	・・・・・・・・・	OTDR 測定器
質　　量	・・・・・・・・・	約 1.2 kg

形状寸法

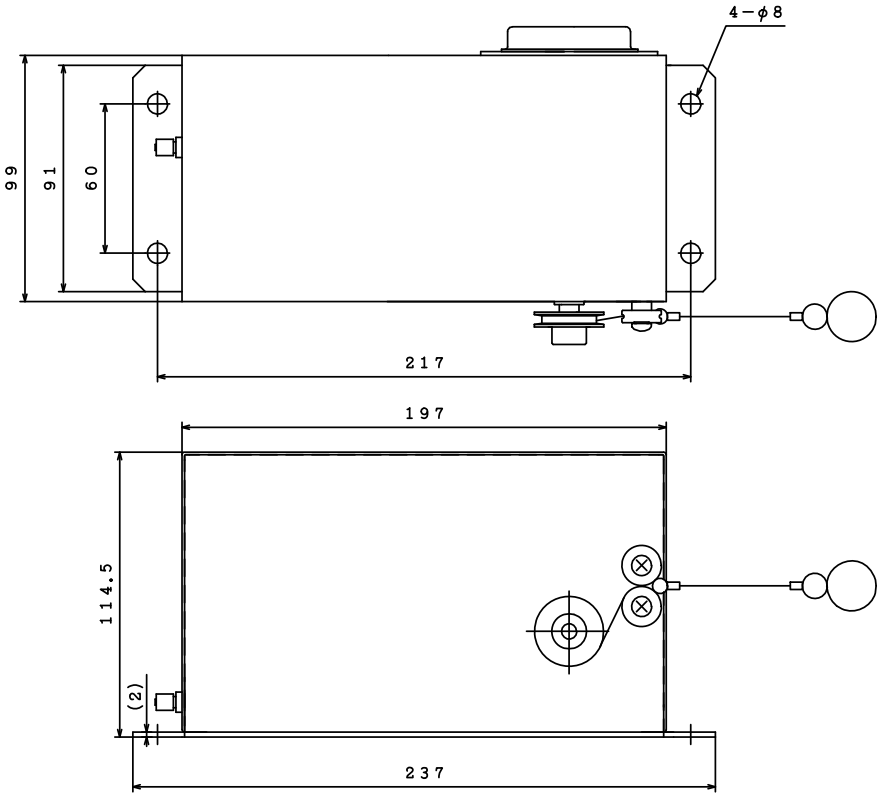
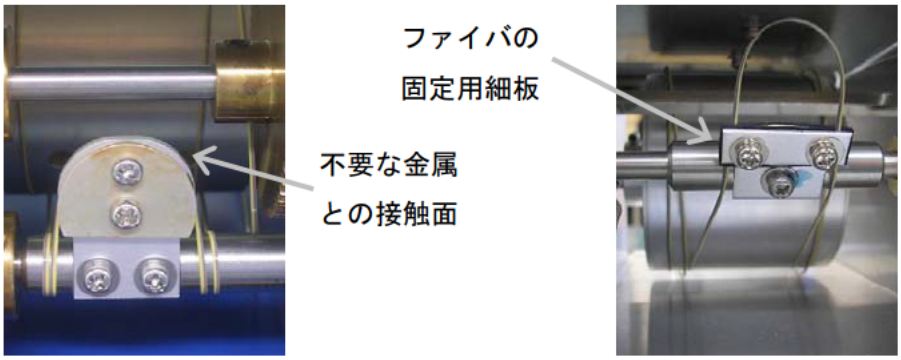


図 2-28　改良型(Ver.3)の外観

2.5.1　改良型(Ver.3)変位検出部の構造

平成 18 年度の実験結果により、センサの温度依存性の原因は、変換機構部分の材質の線膨張係数の不一致に起因することが明らかとなった。よって、改良型(Ver.3)は光ファイバが金属に接する長さを減らす改良を加えた。写真 2-9(a)に改良型(Ver.2)の検出部写真、(b)に改良型(Ver.3)の検出部写真を示す。改良型(Ver.2)はファイバの折り返しを半円状の金属で受けているが、改良型(Ver.3)は細板で挟んで固定することで、接触面積を改良型(Ver.2)の 1/2 程度に抑えている。



(a) 改良型(Ver.2)　　(b) 改良型(Ver.3)

写真 2-9　改良型(Ver.2)と改良型(Ver.3)の変位検出部の比較

センサについては、現場計測を重ねながら改良を行った。改良型（Ver.3）センサについては、平成 19 年度 11 月以降、宮前地区（11/9～）、口坂本地区（12/1～）、裏山地区（11/29～）に設置した（4.3 項参照)。

＜参考文献＞

1)石原廣司：光ファイバ技術 200 のポイント、オーム社、47pp、(1990)

2)たとえば、黒澤宏、横谷光広：ファイバー光学の基礎、オプトロニクス社、178pp、(2003)

3)Andreas Othonos：Fiber Bragg Gratings、ARTECH HOUSE、PP98-99、(1999)

4)寺町康昌 監修、光ファイバ施工技術、オプトロニクス社、p80、2001

5)高度情報通信推進協会　監修、「FTTH 施工技術」、オプトロニクス社、p139、2006

3.　光ファイバを用いた地すべり監視システム

3.1.　既往の計測管理システム

計測管理システムは、計測箇所ごとに、その構成が異なる。システム構成は、下図のように、主にセンサ部、制御・計測部、伝送部、表示部からなり、計測目的、計測形態や監視方法、現地状況に応じ構成を検討する。

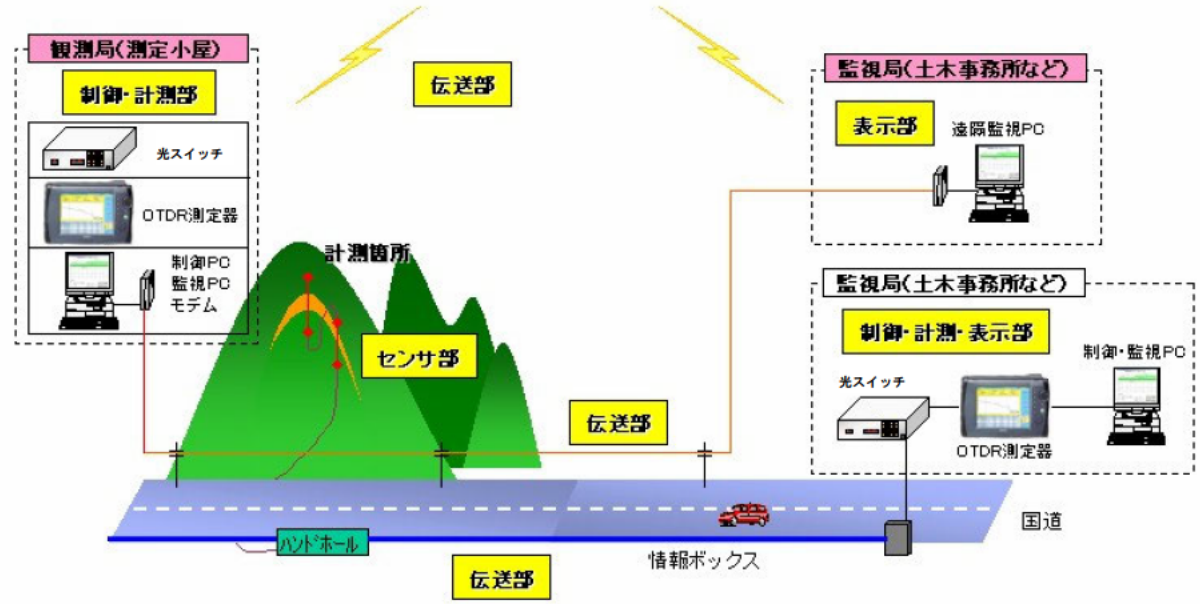


図 3-1　システム概念図

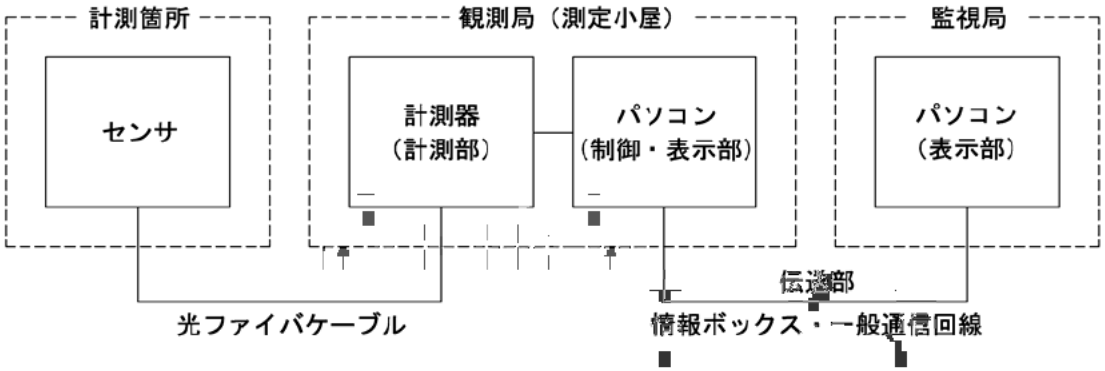


図 3-2　システム構成

システムの主な機能は、以下のとおりである。

❑センサ部

計測対象物の変状に追随して、計測目的を満足するデータを取得する。

❑制御機能・計測機能

計測箇所ごとの必要に応じて、計測頻度、計測間隔等を設定し光測定器等を制御して計測を行う機能。

❑伝送機能

観測局・監視局等と計測箇所の間で、データや制御信号を伝送する機能。

❑表示機能

計測データを経時的な変化図（グラフ）として表示する。また、センサ位置や警報等も必要に応じて表示させる。

システム構成における検討事項は、以下のとおりである。

❑光計測器や周辺機器（光スイッチ等）の設置場所・設置環境

各計測器を何処に設置して測定するか、測定小屋の設置を含めて、計測箇所ごとの環境に応じて検討する。測定小屋への設置については、空調設備等による温度管理や、湿度対策、防塵耐震を考慮しなければならない。

❑商用電源

計測現場に光計測器や周辺機器を置く場合には必要となる。

❑データ伝送方法

データの伝送方法は、情報ボックス、一般通信回線等の設備、電源の有無等、計測箇所の状況に応じて検討する必要がある。

3.1.1. センサ部

センサ部は、計測項目、計測対象とする現場・構造物の状況に応じて適切に選定・配置・設置をしなければならない。



写真 3-1　センサ部（光ファイバセンサ）

3.1.2.　制御・計測部

制御・計測部は、測定器、周辺機器（光スイッチ・通信装置等）、パソコン、制御・データ処理ソフトウェア等から構成される。

パソコンで測定頻度等を設定し、制御された測定器がデータを取得し、得られたデータをパソコンで処理を行う。

計測頻度等は、計測目的や計測箇所の状況、計測データの運用を考慮の上、設定する。

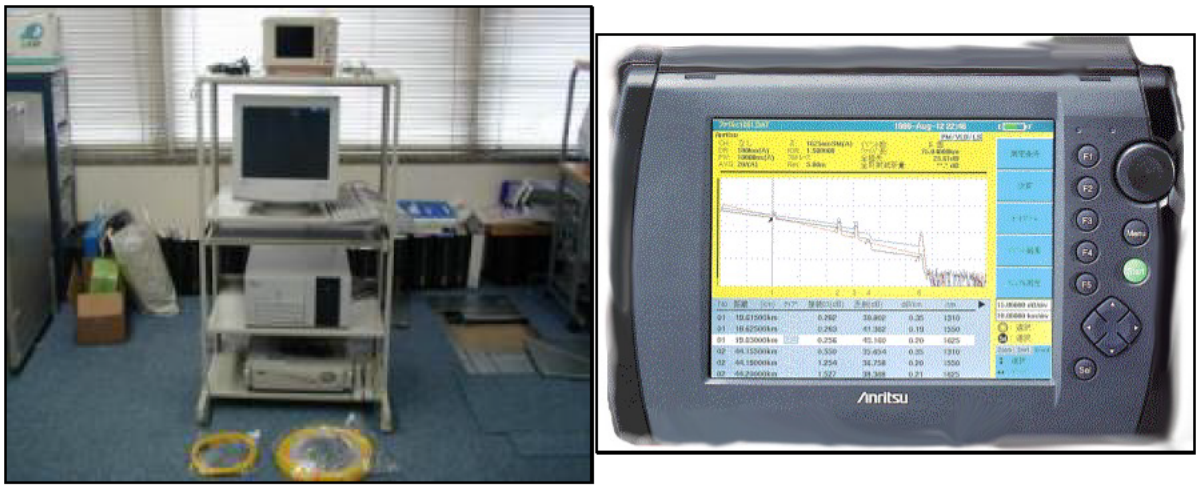


写真 3-2　制御・計測部（PC、周辺機器、OTDR 光測定器）

3.1.3.　表示部

表示部は図 3-3 のように、計測データを経時的な変化図（グラフ）として表示する。また、センサ位置の表示や、管理値等の設定により、異常値を測定した時に警報を発する機能も有している。なお、管理値の設定は、計測箇所の状況、計測データの運用を考慮の上、適切な値を設定しなければならない。

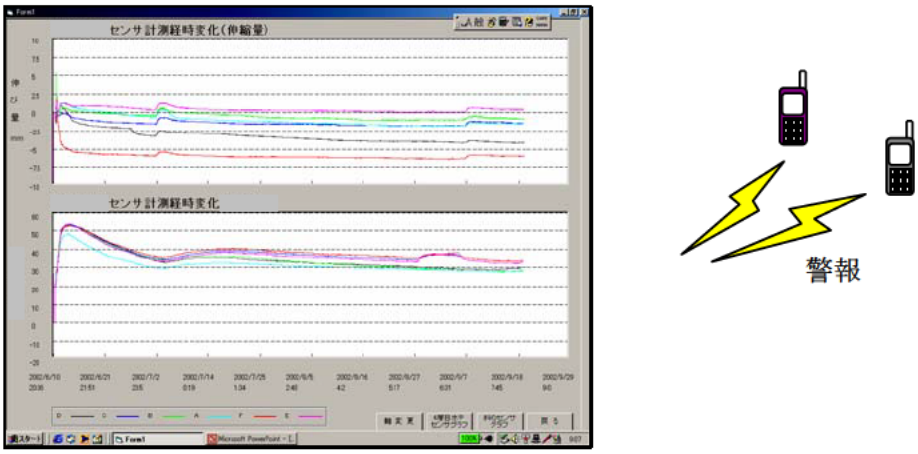


図 3-3　表示部（例）

3.1.4. 伝送部

伝送部は、計測箇所から観測局（測定小屋）、監視局（土木事務所等）との間で、計測データや制御信号等を伝送する機能を有している。伝送部の検討は、計測箇所の状況により、例えば情報ボックス（国土交通省で整備している国道沿いの光ファイバ通信網）の使用可否、一般通信回線の有無、データ量等を考慮し適切な方法を検討しなければならない。

光ファイバセンサで測定する場合は、測定器からセンサまでが 10km 程度離れていても測定可能である。したがって、情報ボックスを伝送部として利用し、監視局等で制御・計測する。

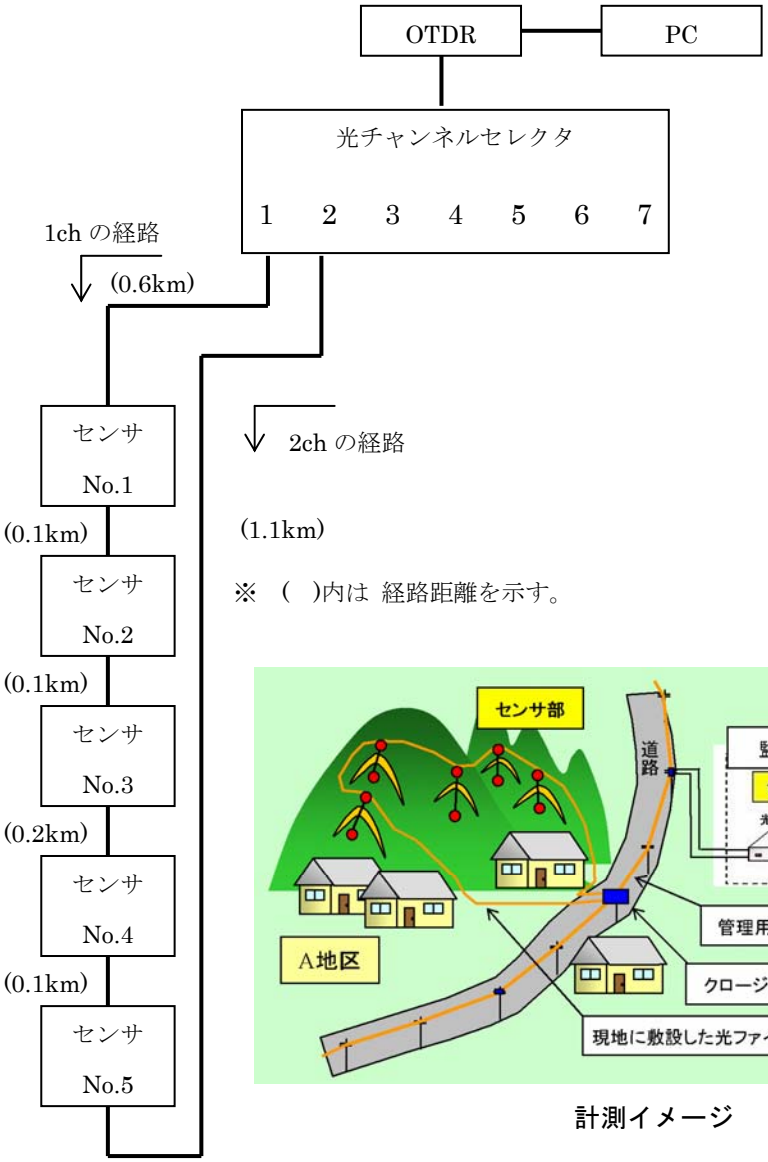
情報ボックスが整備されていない箇所は、測定用に光ファイバケーブルを計測箇所から監視局まで新設するか、一般通信回線により計測データを伝送する方法がある。後者の場合、計測箇所に測定器を設置することになり、測定小屋ならびに商用電源等を確保しなければならない。

【伝送距離と接続台数について】

本システムの光チャンネルセレクタ1側線におけるセンサの最大接続数は、5台である。ただし、最大接続数は、末端センサまでの伝送距離および、センサの変位検出量により異なる。変位検出量は、接続したセンサ全数が検出可能な変位量を示している。

具体的な構成例を図 3-4 に示す。光チャンネルセレクタの 1ch から測定した場合、末端のセンサはセンサ No.5 であり、伝送距離は 1.1km である。2ch から測定した場合は、センサ No.1 が末端のセンサであり、伝送距離は 1.6km である。

センサの変位検出量については、全センサ 50mm 以下（5 台の積算変位 250mm 以下）の場合、図 3-4 の構成が成立する。計算上、5 台中 4 台が 37.5mm 以下で、残り 1 台が 100mm であっても同様の条件（5 台の積算変位 250mm 以下）となる。



計測イメージ

図 3-4　システムの構成例（チャンネル 1、2 を使用したループ配線）

センサの変位検出量ごとに、センサの最大接続数および、伝送距離について表 3-1(a～d)に示す。表中に無いケースにおいては、3-1 式から、センサの最大接続数、伝送距離および、変位検出量を求め、システム構成を検討する。

表 3-1. センサの設置台数および変位量と伝送距離の関係

(a) 全センサの変位検出量が 100㎜ の場合の最大接続台数と伝送距離の関係

最大接続数	伝送距離	接続数の積算変位	融着数(仮定条件)
1	25.8 km	100 mm	2
2	14.0 km	200 mm	4
3	2.3 km	300 mm	6
4	―	―	―
5	―	―	―

(b) 全センサの変位検出量が 70㎜ の場合の最大接続台数と伝送距離の関係

最大接続数	伝送距離	接続数の積算変位	融着数(仮定条件)
1	28.4 km	70 mm	2
2	19.3 km	140 mm	4
3	10.1 km	210 mm	6
4	1.0 km	280 mm	8
5	―	―	―

(c) 全センサの変位検出量が 50㎜ の場合の最大接続台数と伝送距離の関係

最大接続数	伝送距離	接続数の積算変位	融着数(仮定条件)
1	30.1 km	50 mm	2
2	22.8 km	100 mm	4
3	15.4 km	150 mm	6
4	8.0 km	200 mm	8
5	0.6 km	250 mm	10

(d) 全センサの変位検出量が 30㎜ の場合の最大接続台数と伝送距離の関係

最大接続数	伝送距離	接続数の積算変位	融着数(仮定条件)
1	31.9 km	30 mm	2
2	26.3 km	60 mm	4
3	20.6 km	90 mm	6
4	15.0 km	120 mm	8
5	9.4 km	150 mm	10

$$伝送距離[km] = \frac{センサレンジ[dB] - 融着損失[dB] \times 融着数[箇所] - 変位検出による損失[dB] \times 接続台数}{伝送損失[dB/km]}$$

・・・3-1式

ただし、表3-1は以下の条件を適用

センサレンジ = 15 [dB]

融着損失 = 0.3 [dB]

融着数 = 表による

変位検出による損失 = 0.035[dB/mm] × 変位検出量[mm] + 0.6[dB]

3.2. 光ファイバ網の活用および維持管理

3.2.1. 整備されている光ファイバ網の活用

センシングシステムに光ファイバを適用する場合、

- 光ファイバケーブル自体は、長期的な信頼性を持っている
- 光ファイバケーブルは電気的な雑音の影響を受けない
- 個々のセンサに対して給電する必要がない

等の利点があり、遠隔監視のシステム構築を容易にする。ただし光ファイバケーブルの布設コストを考慮した場合、単独のセンシングシステムではなく、通信を含めた複数のシステムで活用することが望ましい。

国土交通省では道路、河川、下水道といった公共施設の管理を高度化するために自前の光ファイバ網の整備を進めている。地すべり監視システムの構築において、この整備されている光ファイバ網を有効に活用することができれば経済的なシステム構築が可能となる。

平成 19 年度に計画している柳瀬ダム宮前地すべりでの試験計測では、ダム管理に利用されている光ファイバケーブルの一部を借用し、柳瀬川ダム管理支所より遠隔監視を行う予定である。

また、地すべり地の状況によってはセンサの設置場所と管理拠点の間を光ファイバケーブルで結ぶことができない場合もあり、無線技術も併用したセンシングシステムの構築も必要と考えられる。

3.2.2. 維持管理

国土交通省で整備されている光ファイバ網を地すべり監視システムに適応する場合、対象となる光ファイバ心線の維持管理が必要である。

維持管理方法として、平成 14 年度より整備が進められている国電通仕 45 号：光ファイバ線路監視装置の活用は効果的な方法の一つである。光ファイバ線路監視装置の管理装置機能により光ファイバは心線単位で系統、接続状態、回線用途が管理されるので、効果的な維持管理が期待される。

3.3. 光ファイバを用いた地すべり監視システム

3.3.1. 計測システムの必要条件

地すべりや斜面崩壊等が一旦発生すれば、付近住民あるいは構造物、一般交通機関等に多大な被害を与えることになる。これらの地すべり災害をできる限り未然に防止することは、極めて重要である。したがって、すべり運動の状況を常時把握し、活発化をいち早く察知する必要がある。

以上のことから、計測による監視・管理が行なわれる。この監視・管理は、すべり運動が活性化していない地すべり地や斜面崩壊地においても、地すべりを予知・予測するために行われる。また、対策工や道路、ダム等の建設施工中の経時的な運動情報を自動収集して、リアルタイム処理や定められた管理値と比較照合し、危険の予知を行ない、避難の警報を発するために行なわれる。

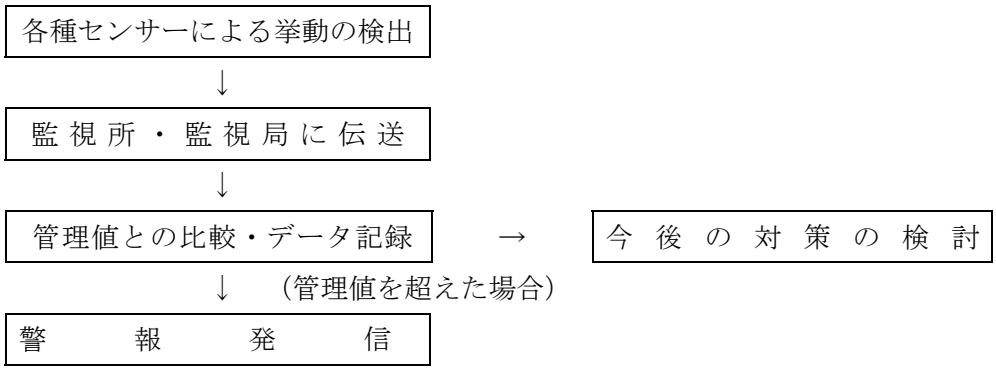


図 3-5 地すべり監視システムの流れ

したがって、計測監視・管理のシステムとしての必要な条件は、

①すべり運動の状況を把握するのに必要な、全ての監視用計器が測定できること。

②時々刻々のすべり運動の挙動を、自動的に計測でき、計測の時間間隔は運動の状況に合わせて、任意に設定できること。

③計測値をあらかじめ設定された処理形式で処理し、管理者に正確かつ迅速に伝送できること、また、有線あるいは無線の伝送手段が選択できること。

④管理値による警報表示、避難警報等を発すること。

⑤厳しい使用環境条件下でも、誤動作、機能低下を生ずることなく、長時間安定して動作すること。

⑥商用電源からの電力の供給が無くなった場合でも、相当日数は計測値の収録に欠測が生じないこと。(停電時のバックアップ等)

⑦点検、調整等の維持管理が容易で、操作が簡単であること。

⑧柔軟性があり、規模や重要度に合わせて経済的なシステムの構成が可能であること。
等である。

3.3.2. 計測システム

計測システムは、計測地点の状況や、計測の目的に合わせて選択する。すべり運動に、それ程活性化が見られない小規模な地すべり地等での計測では、必ずしもデータをリアルタイムに処理する必要はない。その場合は、時系列の計測値を定期的に収集し、その都度パソコン等の処理装置を用いて計測値の処理・解析を実施し、予測等を行えば良い。

また、すべり運動の兆候が見られたり、活性化が予想される監視区域、あるいは監視区域に近接して道路等の構造物が施工される場合には、リアルタイムの計測管理が必要とされる。監視計器による計測データをリアルタイムに処理し、活性化の兆候をいち早く検知して、警戒避難や対策の有無の判断を行うものである。このシステムに有線用または、無線用の機器を接続して、これより離れた場所の事務所内に設置されたデータ処理装置にデータ伝送を行い、データ処理装置により、データの格納、監視や管理のための計測データの処理・解析および警戒退避のための警報の出力等を行う計測管理システムである。

光ファイバセンサによる地すべり計測システム（案）を以下に示す。

(1) 手動計測

測定頻度がさほど高くなく、計測箇所に電源が取れない場合や、近辺まで光ファイバケーブルが敷設されていない場合に、計測器を計測箇所に持ち込んで実施。対策工後等の変状の危険性が少なく、対策実施後の事後計測的に用いることに適している。

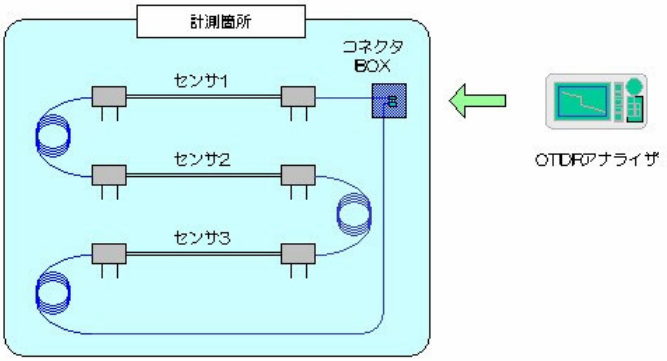


図 3-6　手動計測のイメージ

(2) 半自動計測

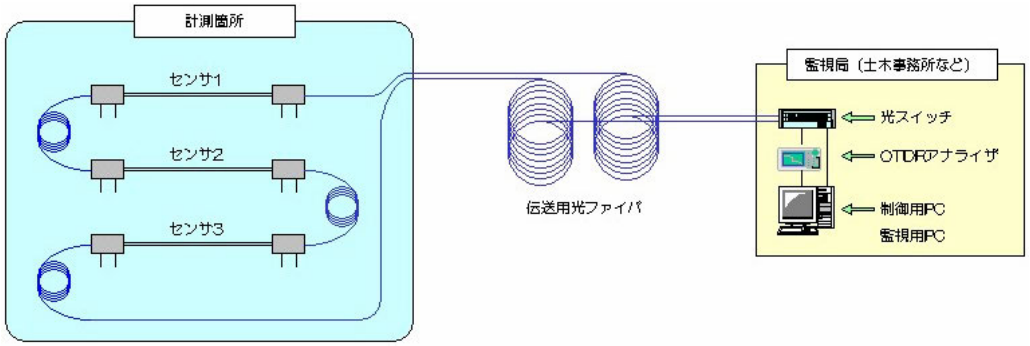
測定頻度がさほど高くない場合に、データの取得から転送、処理、表示のいずれかが自動化できない、あるいは自動化する必要がない場合に実施。

この場合、データをリアルタイムに処理する必要がないので、時系列の計測値を定期的に

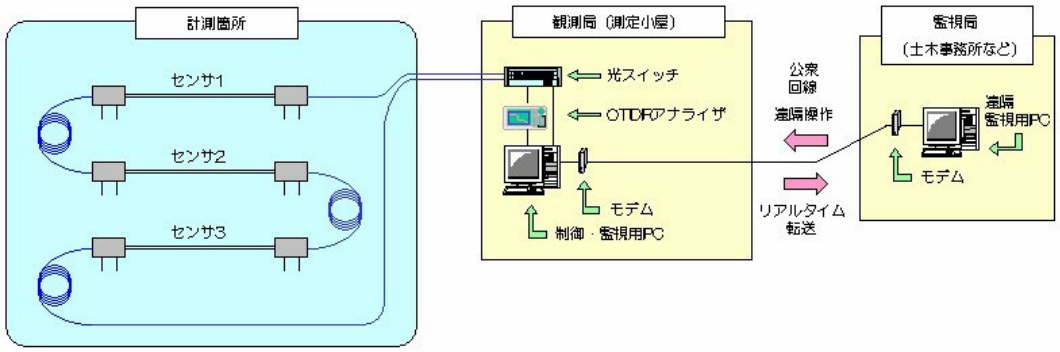
収集し、その都度、処理装置を用いて計測値を処理・解析する。

(3) 全自動計測

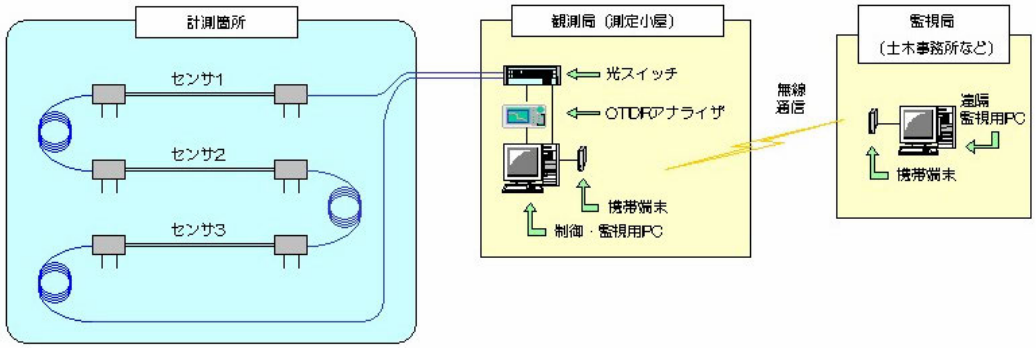
測定頻度が高く、電源が取れ、連続したデータを取得する場合。この状況では、図 3-7(a)～(c)に示すパターンが考えられる。



(a) 計測箇所近辺まで、光ファイバケーブルが敷設されている場合



(b) 計測箇所近辺まで、光ファイバケーブルが敷設されていないが、一般の通信回線が通っている場合



(c) 計測箇所近辺まで、光ファイバケーブルが敷設されてなく、一般の通信回線も通っていない場合。

図 3-7 全自動計測のイメージ

光ファイバケーブルが、敷設されているような地すべり地では、計測箇所の電源が不要で、耐雷性の特徴等から、監視局までの伝送は光ファイバケーブルを利用することが望ましい。しかし、光ファイバケーブルが敷設されていない場合、現場の状況や監視局からの距離にも依るが、測定用に光ファイバケーブルを新設することは、費用ならびに構築期間に多大な影響があり、現時点では好ましくない。したがって、そういうケースでは、従来どおり、一般通信回線を利用してデータを転送する。

3.3.3 計測ソフトウェア

光ファイバを用いた地すべり監視システムで使用するソフトウェアには、

1)計測機器制御機能　2）データロガー機能　3）データ表示／出力機能　4）警報判定表示／出力機能　5）システムログ機能　が必要である。

(1) 計測機器制御機能

・ＯＴＤＲなどの測定器で必要な各種設定を行うための機能。

・設定した間隔で測定器とＣＨセレクタの制御を行い、測定を行うための機能。

(2) データロガー機能

・測定したデータを収集し、データベースファイルへ保存する機能。

(3) データ表示／出力機能

・保存したデータを演算し、グラフおよび帳票にて、画面またはプリンタへ出力する機能。

・保存したデータを演算し、テキストファイル出力（ CSV 形式）する機能。

(4) 警報判定表示／出力機能

・計測保存したデータを演算し、予め設定した閾値との比較を自動で行い、閾値を越えた場合は、画面へ通知し、ログを保存する機能。

(5) システムログ機能

・ＯＴＤＲとの通信を行った履歴や、測定時の動作履歴（測定時の正常／異常）を保存する機能。

3.4. ソフトウェア開発

例として、地すべり監視システム共同研究で作成した計測ソフトの機能を以下に示す。

(1) 計測機器制御機能

①使用測定器：

・測定器：OTDR Anritsu MW9076 B/B1

・ﾁｬﾝﾈﾙｾﾚｸﾀ：Anritsu MN9668A

②測定間隔：

・測定間隔は最短５分間隔で行う。（全測定にかかる時間を考慮し、測定間隔を設定する。）

・ＰＣはここで設定した間隔に基づき、自動的にＯＴＤＲ測定器を制御して、測定・データ収集を行う。

③測定点数：

・測定するセンサ数は最大４チャネル（４測線）とし、伸縮計の能力から１チャネルあたりのセンサ数は最大５台までとした。

(2) データロガー機能

保存データ：

１．測定した結果は、各センサ毎に損失量としてデータベースファイルへ保存する。

２．波形データは以下のようにテキストファイルに保存する。

・即時（手動）測定時は、全て保存する。

・自動測定時は、回／時間（その時間の最初の測定データ）を最新の 12 日分保存する。それ以前のデータは代表として１回／日（その日の最初の測定データ）を１ヶ月分残す。他は自動的に削除する。

(3) データ表示／出力機能

①経時変化図

・測定データが時間の経過とともにどのように変化するかを表す図。

・縦軸に測定データ、横軸に時間を表示。

・出力する測定データ軸には、累積変位量・任意時間の変位量・変位速度を指定できる。

②経時作表

・縦方向に日時、横方向に測定データを数値で表示します。出力できる個数については、

・縦横方向ともに設定により可変。

・出力する測定データには、累積変位量・任意時間の変位量・変位速度を指定できる。

③テキストデータ出力

・指定期間のデータを、EXCEL CSV で閲覧可能な形式のテキストファイルで出力する。変換するデータには、累積変位量・任意時間の変位量・変位速度を指定できる。

(4) 警報出力機能

①警報判定データ

・警報を判定するデータは、累積変位量と設定された任意の時間変位量に対しての２種類とする。

②警報閾値の設定

・閾値の設定については、各センサ毎に１次～３次までの３段階設定できる。

③警報の出力

・閾値を越えた場合、警報の発生を画面（測定時間・センサ番号・データ・警報次数・閾値）に表示する。また、出力の履歴も閲覧可能。

(5) システムログ機能

①通信履歴

・PC と OTDR 測定器との通信の履歴をファイルへ保存する。

②測定動作履歴

・測定時の動作履歴（測定時の正常／異常）をファイルへ保存する。本履歴については、画面で確認することも可能。

(6) 演算機能

本システムでは、OTDR 測定器より収集したデータから、以下の演算を行いデータ保存、出力を行う。

①損失量(db)の演算：

・センサ部（前）の平均データ DF を算出

・センサ部（後）の平均データ DB を算出

・損失量= DF - DB

②累積変位量(mm)の演算：

・累積変位=（今回損失量- 設置時損失量）* 変換係数(mm/db)

③任意時間の変位量(mm)の演算：

・任意の時間を h とする

○任意の時間前のデータが存在する場合

・時間変位量=（今回変位- h 時間前の変位）

○任意の時間前のデータが存在しない場合

・h 時間前の１つ前の変位を D1 とする

・D1 の時間と今回の時間の差を h1（時間）とする

・時間変位量=（今回変位- D1）/（h1 / h）

④変位速度(mm/h)の演算：

・前回測定の変位を D2 とする

・今回測定時刻と前回測定時刻の差を h2（分）とする

・変位速度= （今回変位- D2）/（h2 / 60）

3.5. システムの動作確認試験

3.5.1. 概要

本試験は、ソフトの完成後、センサが設置されている実現場への投入の前に、土木研究所敷地内のフィールドでソフトの機能・動作確認を行い、実現場での不具合の発生を低減させるものである。

❑箇　　所　：　土木研究所構内（砂防流路施設）

❑期　　間　：　2006 年１月中旬～2007 年３月末）

❑目　　的　：　ソフトの機能確認ならびにシステム動作確認。

❑試験項目　：　・OTDR，CH セレクタの制御の確認

・保存，グラフ表示，ファイル出力，警報設定ならびに警報表示などの各機能の確認

・その他、擬似実現場環境（計測室）下での、システム動作確認（不具合の発生などを確認）

3.5.2. 試験箇所

本動作確認試験のシステム構成ならびに、実施箇所を以下に示す。

センサは、土木研究所内に設けられている実験用フィールドへ設置し、フィールドに接している砂防流路工実験施設を測定室として使用し、試験を実施した（図 3-8 参照）。

測定室には、OTDR アナライザ，CH セレクタ，制御・監視 PC を設置し、フィールド上のセンサまで光ファイバを敷設し接続した。

センサ部から測定室までの距離は、100m 程度であるが、伝送光ファイバケーブルに余長部を設けて、数キロ離れた現場と事務所間を再現した。

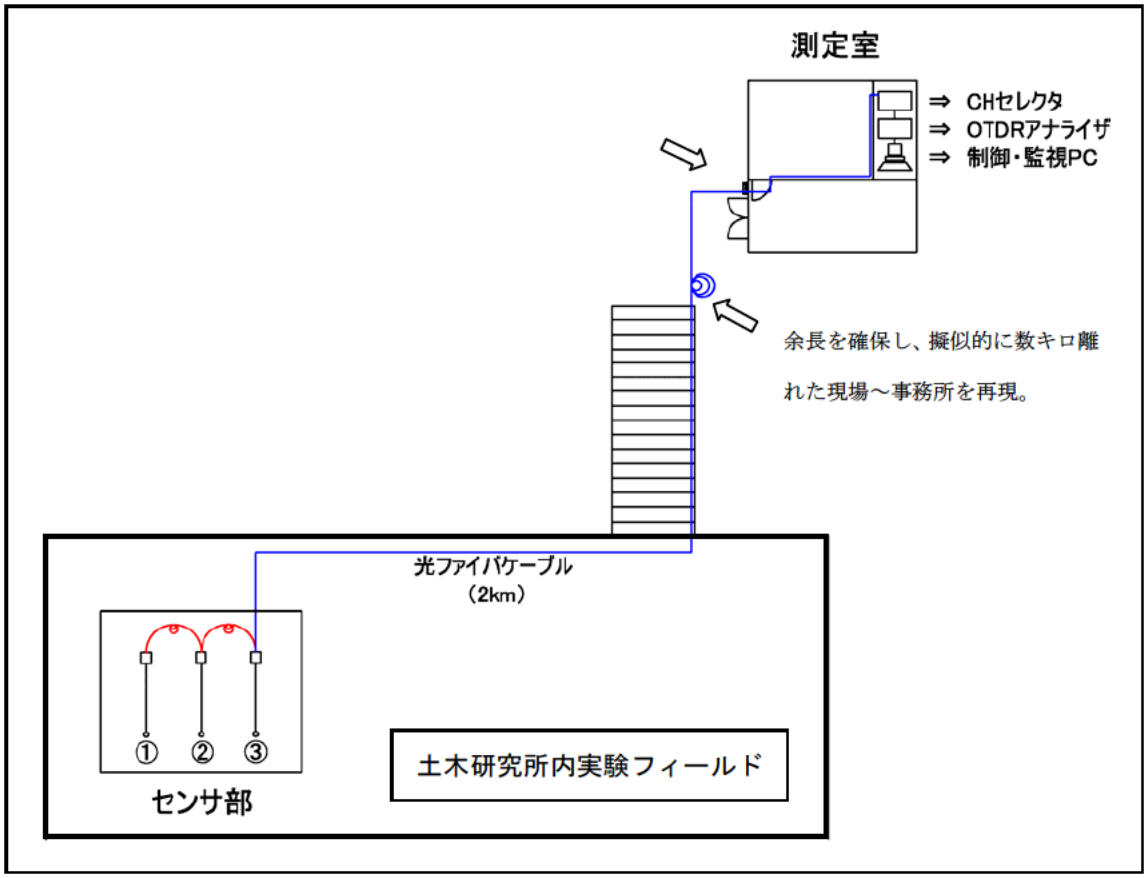


図 3-8　システム構成・配線図

(1) センサ部

3 つのセンサを、写真 3-3 のように直列 1 ライン上に設置する。それぞれのセンサには、任意の変位量設定・変更を実施した。

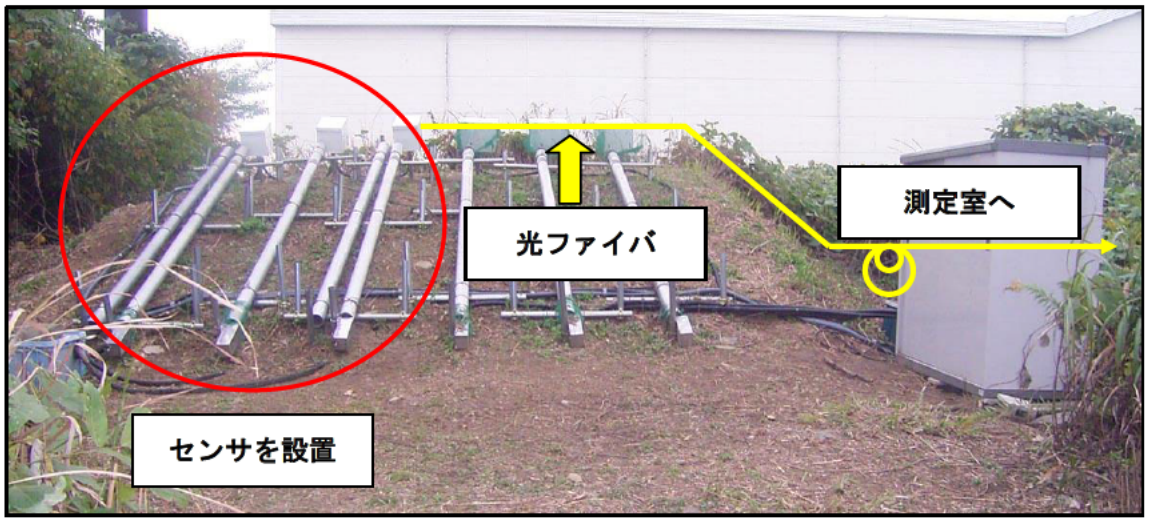


写真 3-3　動作確認試験実施箇所（センサ側）

(2) 測定室

測定室には、OTDR アナライザ，CH スイッチ，制御・監視 PC を設置する。各機器の電源は、測定室内より確保した。

動作確認試験実施中は、設置されているエアコンにより測定室内の温度を一定に保つこととした。



写真 3-4　動作確認試験実施箇所（システム側）

(3) 配線

測定室への光ファイバケーブルの配線は、ダクトロより入線した。

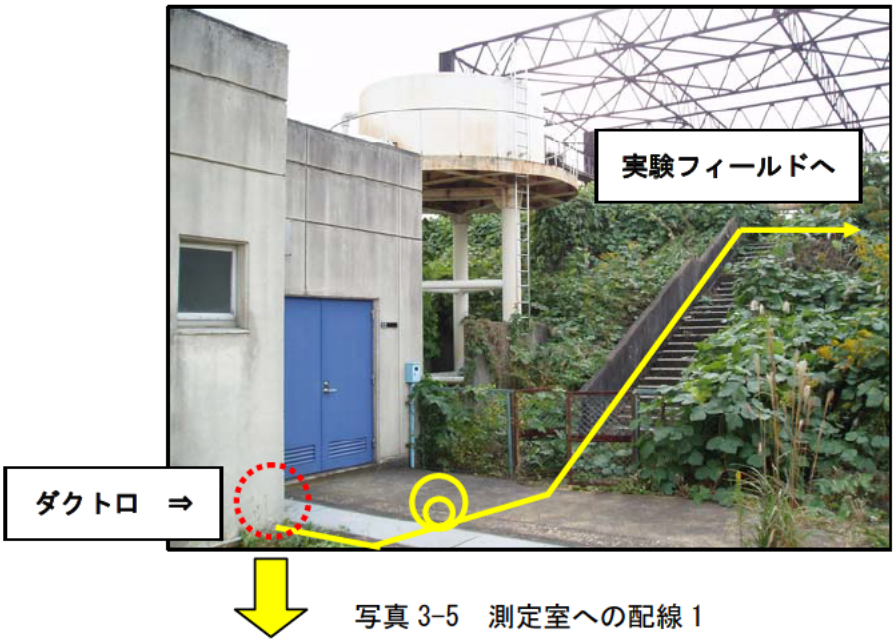


写真 3-5　測定室への配線 1



写真 3-6　ダクト



写真 3-7　ダクトロ

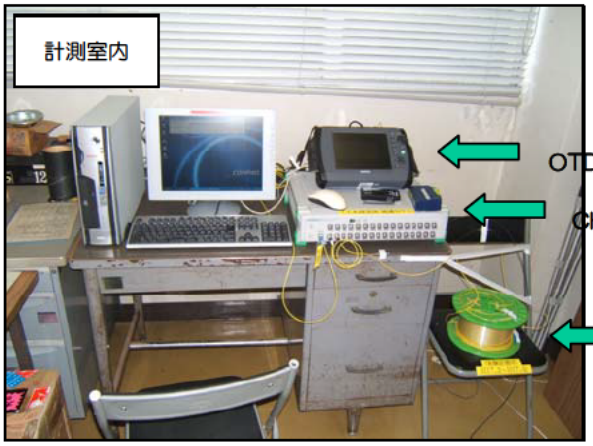


写真 3-8　機器設置

3.5.3. システム構成

本動作確認試験のシステム構成を図 3-9 に示す。

OTDR 式伸縮計は 3 台設置した。センサ③の先は終端処理を施す。伝送部の光ファイバケーブルは、余長部を約 2.0km 設ける。CH セレクタは、アンリツ社製の MN9662A を使用し、OTDR アナライザは、アンリツ社製の MW9076 を使用し、PC にセットアップしたソフトウェアにて制御・監視を実施した。

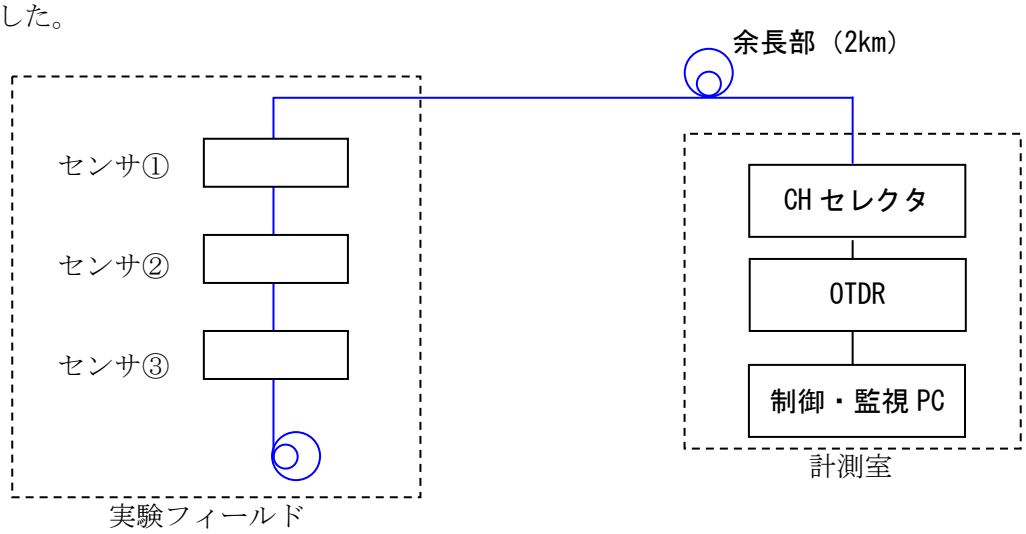


図 3-9　システム構成図

3.5.4. 試験結果

表 3-2　試験結果

大項目	中項目	試験項目	規格	判定	備考
メイン画面表示	-	ソフトインストール後にメイン画面が表示されること	PC の画面で「OTDR 自動計測システム」メイン画面が表示されていることを確認する	○	
測定条件設定	側線設定	側線毎に規定の項目に関して設定ができること	距離レンジ、アベレージリミット、ポイント数、測定有無の設定を行えることを確認する	○	文字数及び文字条件は取扱説明書に準拠
	チャンネル設定	チャンネル毎に規定項目に関して設定ができること	アッテネータ値の設定が行えることを確認すること	○	
自動測定時刻設定	-	自動測定の時間が設定できること	時間、分の設定が行えることを確認すること	○	
通信ポートの設定	-	通信ポートの設定ができること	ポート番号、ボーレート、データビット、ストップビット、パリティ、セレクタの設定ができることを確認すること	○	
基本情報設定	側線情報	側線情報の設定ができること	側線タイトル、チャンネル数、警報判定フラグ、時間変位の期間設定ができること	○	
	警報値設定	警報値の設定ができること	累積変位、時間変位の警報値を 3 段階で設定できること	○	
	初期設定	チャンネル単位毎に初期値が設定できること	チャンネル単位毎に初期値:初期損失値が設定できること	○	
	1 次係数設定	チャンネル単位毎に 1 次係数が設定できること	1 次係数が、変換係数 mm/dB で設定できることを確認する	○	
現場名設定	-	現場名が設定できること	現場名が設定できることを確認すること	○	
測定ログ表示	-	測定ログが表示されること	測位点、日付、イベント名、結果、備考、ステータスが表示できること	○	
経時作表設定	経時作表情報設定	経時作表情報が設定できること	経時作表情報が設定できること	○	
	作表ヘッダー設定	作表ヘッダーが設定できること	累積変位、時間変位、変位速度の項目が設定できることを確認すること	○	

大項目	中項目	試験項目	規格	判定	備考
経時変位図設定	経時変位図情報設定	経時変位図情報の設定ができること	グラフタイトル、グラフ枠、グラフサイズの設定ができること	○	
画像ファイル表示	-	画像ファイルが表示できること		○	工場試験で実施
経時作表出力	-	経時作表が出力できること	開始日時、終了日時、ピッチの設定条件で出力されることを確認すること	○	
経時図出力	過去データ出力	過去データより経時図が出力されること	開始日時、終了日時を設定して出力できることを確認すること	○	
	データ軸変更出力	データ軸が変更できること	データ軸の変更ができること	○	
ユーティリティ機能（出力）	-	過去データが、テキスト形式で出力できること	過去データが、エクセル形式で出力できることを確認すること	○	

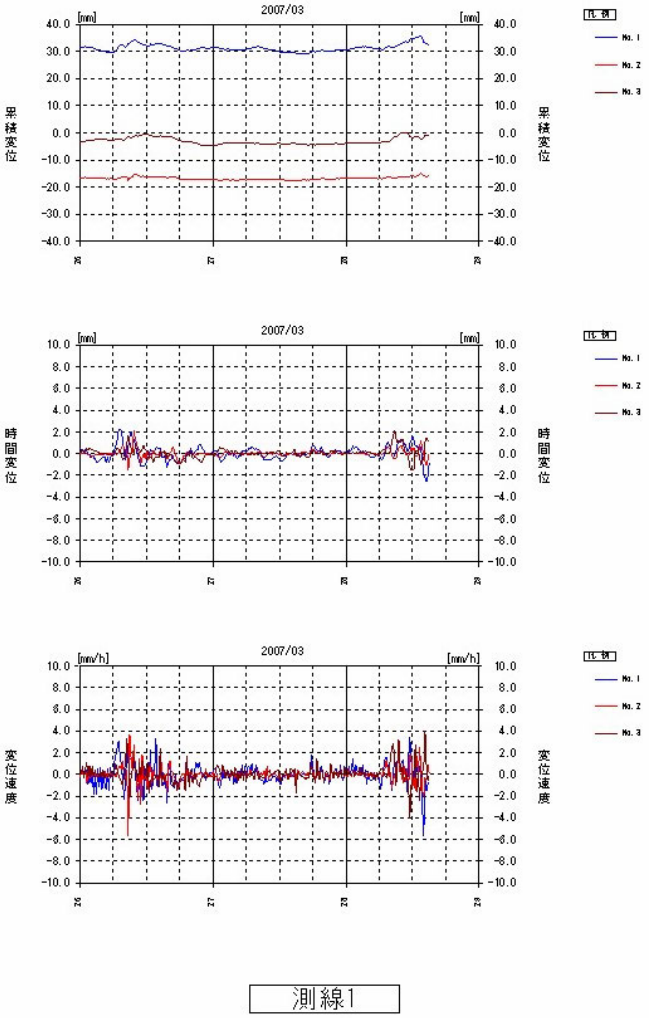


図 3-10　グラフ作図例

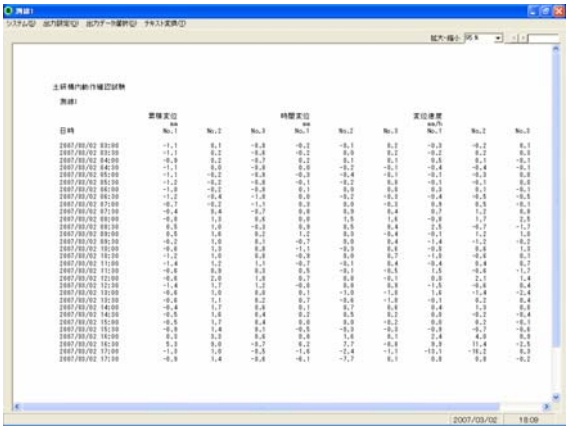


図 3-11　データ出力例

表 3-2、図 3-10、3-11 に試験結果を示した。土木研究所構内でおこなった動作試験の結果、開発したソフトウェアがモニタリングシステムとして必要な機能を満足していることを確認できた。

3.6. システムの現場への適用

3.6.1 概要

柳瀬ダム宮前地区（愛媛県四国中央市）および裏山地区（新潟県上越市）の 2 現場において、本監視システムの試験運用を実施した（錦ヶ浦地区および口坂本地区にはソフトウェアを導入していない）。

3.6.2 柳瀬ダム宮前地区での試験運用

平成 19 年 5 月に柳瀬ダム宮前地区で本監視システムの試験運用を開始した。しかし、運用開始直後の 5 月末と 7 月末の 2 度にわたり、制御用 PC 停止によるデータ欠測が発生した。

5 月末のデータ欠測の原因は PC のフリーズである。使用した PC の性能は表 3-3 のとおりである。問題の発生後、より性能の高い PC に替えてからは同現象の再発はなかった。これより、5 月末のデータ欠測は、PC の性能の低さから PC と OTDR 本体の間で円滑な通信ができなかったために発生したと考えられる。

7 月末のデータ欠測の原因は、PC 本体のパスワード有効期限切れに伴い、自動的に PC がシャットダウンしたことであった。この現象は、図 3-12 の「パスワードを無期限にする」にチェックを入れることで回避できる。

柳瀬ダムで発生したデータ欠測は、いずれもソフトウェア上の問題ではなく、PC の性能や設定が原因で発生したものであった。

表 3-3　導入 PC の性能とマニュアル推奨動作環境

	初期 PC	置換え後 PC	マニュアル推奨動作環境
CPU	Pentium2 （333MHz）	Pentium4 （1600MHz）	―
OS	Windows2000	Windows2000	Windows 2000 または Windows XP
メモリ	256MB	768MB	256MB 以上
ハードディスク	20GB	40GB	10GB 以上

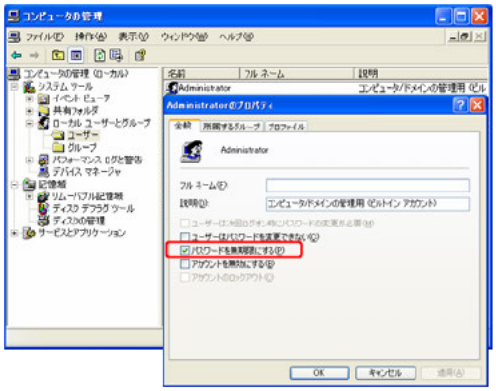


図 3-12　PC 本体のパスワード有効期限

3.6.3. 裏山地区での試験運用

裏山地区への本監視システムの適用に際しては、事前に表 3-4 の動作確認を行った上で現地へ機器を設置し、試験運用を開始した。その結果、試験運用開始時より本監視システムは正常に動作している。

表 3-4　動作環境および動作確認実施結果

		確認・実施結果	マニュアル推奨動作環境
パソコンの性能	CPU	Intel Core Solo プロセッサー U1300 1.06GHz	―
	OS	Windows XP	Windows 2000 または Windows XP
	メモリ	512MB	256MB 以上
	ハードディスク	60GB	10GB 以上
	CD-ドライブ	1 基（外付けで対応）	1 基以上
	シリアルポート	1 ポート（外付けで対応）	1 ポート以上
OTDR の規格		MW9076B	MW9076B または MW9076B1
光チャンネルセレクタ		MU960001A	MU960001A or MU9662A or MU9664A or MU9668A
PC パスワードの期限		無期限に指定	―
システム全体の動作確認		正常に動作することを確認	―

3.6.4 まとめ

実際の地すべりが想定される斜面への試験運用結果を通じて、本ソフトウェアがモニタリングシステムとして必要な機能を満足していることを再確認した。また、現場への本監視システムの設置に際しては、事前に動作確認を実施することが重要であることを再認識した。以下に事前に確認すべき項目を示す。

1）PC 性能の確認

・CPU の性能

・メインメモリの確認（256MB 以上）

・ハードディスクの確認（10GB 以上）

・CD-R ドライブの有無（1 基以上）

・シリアルポートの有無（1 ポート以上）

・OS の確認（Windows 2000 または Windows XP）

2）OTDR 測定器

・規格の確認（MW9076B または MW9076B1）

3）光チャンネルセレクタ

・規格の確認（アンリツ社製 MU960001A or MU9662A or MU9664A or MU9668A）

4）PC 上の設定

・パスワードの有効期限を無期限にする。

・電源オプションの①、②を「なし」に、③のチェックをはずす（図 3-13）。

5）無停電電源装置の動作確認

6）本監視システム全体としての動作確認

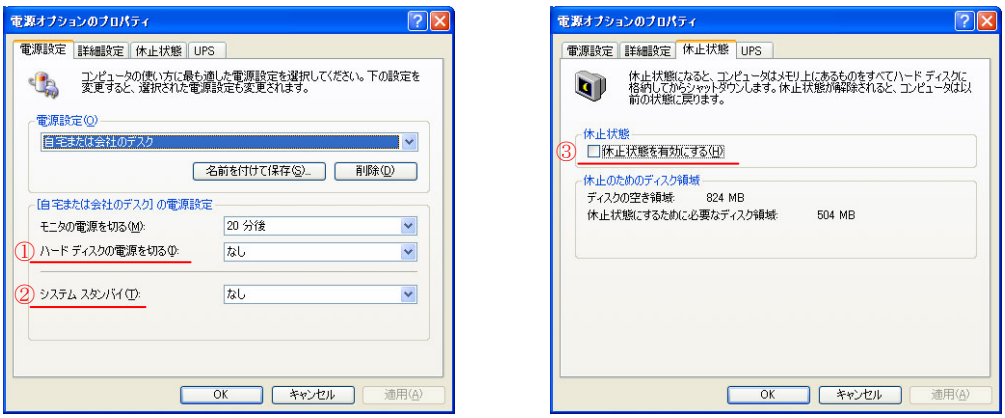


図 3-13 電源オプションの設定項目

4. 現場計測

4. 1. 設置計画

4.1.1. 事前調査項目

光ファイバを用いたセンサを設置するための事前調査項目を以下に示す。

(1)机上調査

① 対象箇所のインフラ整備状況（通信手段の検討等）

② センサ設置箇所の選定

③ 光通信ケーブル設置位置の選定

① 対象箇所の通信・電源インフラ整備状況

OTDR 式センサにより半自動および自動観測を行う場合には、観測データ取得および通信手段の事前検討が必要である。

＜電源関係＞

半自動、自動による観測データ取得に当っては、商用電源が必要であることから、近傍に低圧電源を確保する必要がる。

一般に各電力会社への使用申請から使用可能になるまでには 1 ヶ月程度を要することから、観測に必要な期間とあわせ事前検討が必要である。

＜通信関係＞

現地で取得したデータの回収手段としては、現地の記録器（PC）から、記憶媒体を通じて回収する場合、無線で回収する場合、既存の一般回線や光ファイバ網を利用して有線方式で回収する場合が考えられる。

現地のインフラ状況や観測頻度にあわせて最適な通信手段を選定する必要がある。

NTT の一般回線を利用する場合が多いと考えられることから、事前に提供されている通信速度などを調査しておく必要がある。

また既存の光ファイバ網を利用する場合には、配線系統図や使用部材リスト（メーカー名や仕様）を事前入手し現地設置に用意すべき機資材を検討しておく必要がある。

② センサ設置箇所の選定

センサ設置箇所については、従来型の地盤伸縮計の設置箇所選定と同一である。

ただし OTDR 式センサの特徴として、連続伸縮計としての観測が効果的であるため、現地調査とあわせ地すべりブロックの細分化の有無を検証するとともに、観測データが圧縮、引張変動いずれで発生しやすいかを予想しておくことが必要である。

③ 光通信ケーブル敷設位置の選定

調査平面図等に基づきケーブル敷設位置を決定する。なお、対象地点の地すべり状況や気象

状況を加味し、敷設方法を決定する（地表配線（転がし配線)、地中配線、架空配線)。

(2)現地調査

① 商用電源の確認

② 通信インフラの確認

③ 光ファイバ敷設ルート状況の確認

① 商用電源の確認

半自動、自動観測の際に必要となる商用電源の確保のために、現地において電力柱の名称や位置、電圧を確認する必要がある。

② 通信インフラの確認

一般回線を用いた自動観測を行う場合には、商用電源の確認と同様、NTT 柱の名称を確認する必要がある。

既設光ファイバ網を利用する場合には、光ファイバ網の現地状況やクロージャーなどのメーカーについても現地確認を行う。

③ 光ファイバ敷設ルート状況の確認

光ファイバ敷設については、地表配線（転がし配線)、地中配線、架空配線などの方法がある。

これらの設置方法については現地の気象条件や地権者、土地利用状況などにより検討する必要があるため、現地において配線ルート状況を確認する必要がある。

4.1.2. 設置に関する留意点

① センサ設置に関する留意点

今回使用した OTDR 式センサは 100㎜ 計である。このため、事前に地すべり変動量を予測しておくとともに、計測範囲を超える変位が発生した場合には設定をリセットする必要が生じる。

② 光ファイバ線の敷設に関する留意点

従来型の地盤伸縮計と異なり、全てのセンサが光ファイバ線を通してつながることから、地すべり活動による光ファイバ線の断線に留意する必要がある。

そのためには、できるだけ地すべり地外に光ファイバ線を敷設すること、キレツをまたぐ位置では、光ファイバ線に余裕を持たせておくことが必要である。また、万一の破断に備え、ファイバ線をループさせることにより、往路、復路での観測を可能としておくことが望ましい。

4.2.　設置・観測方法

4.2.1.　使用資材

設置に関する使用資材は、従来型の地盤伸縮計と同様の単管パイプや塩化ビニールパイプ（VU100）である。

ただし、センサと光ファイバ線の融着が必要であるため、成端箱（写真 4-1 参照）が必要となる。

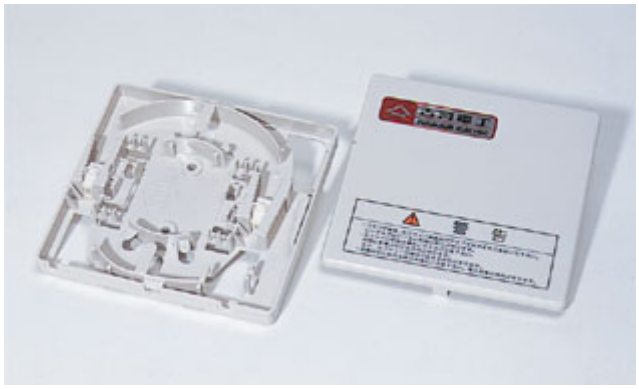


写真 4-1　成端箱の例（光接続箱）

4.2.2.　設置手順

設置手順は図 4-1 の通りである。

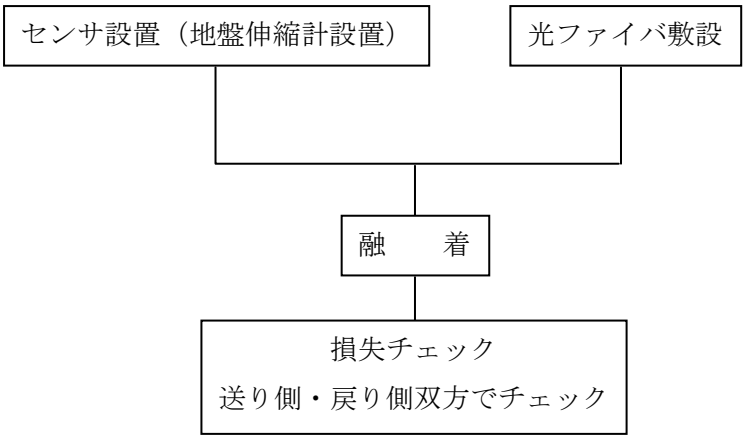


図 4-1　設置手順

4.2.3.　センサ接続

センサと光ファイバ線は融着により接続する。

接続箇所は、図 4-2 に示すように、1 センサあたり 2 箇所である。

この接続については現場での接続となることから、持ち運びに便利な小型の融着器（写真 4-2 参照）を用いて行う。

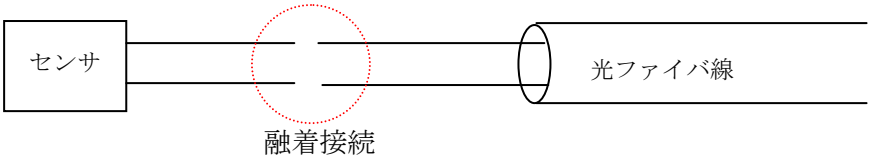


図 4-2　センサと光ファイバの接続



写真 4-2　小型融着接続器の例

4.2.4.　観測方法

観測方法については自動観測ソフトを使用する。

自動観測は以下の構成となる。

- OTDR 式地盤伸縮計（光ファイバ 1 ラインあたり最大 5 台）
- 観測 PC（OS は Windows　2000 または XP を推奨）
- OTDR アナライザー
- チャンネルセレクタ

4.3.　現場計測事例

4.3.1.　錦ヶ浦地区

4.3.1.1　フィールド概要

(1)　設置場所；静岡県熱海市　錦ヶ浦地すべり（静岡県土木部所管）

(2)　設 置 日；平成17年12月14日

(3)　観測期間；平成17年12月28日～平成18年4月10日

(4)　現場概要

地すべり対策工は全て施工済みであり、施工後の監視として、従来型地盤伸縮計3台による観測が実施された現場である。

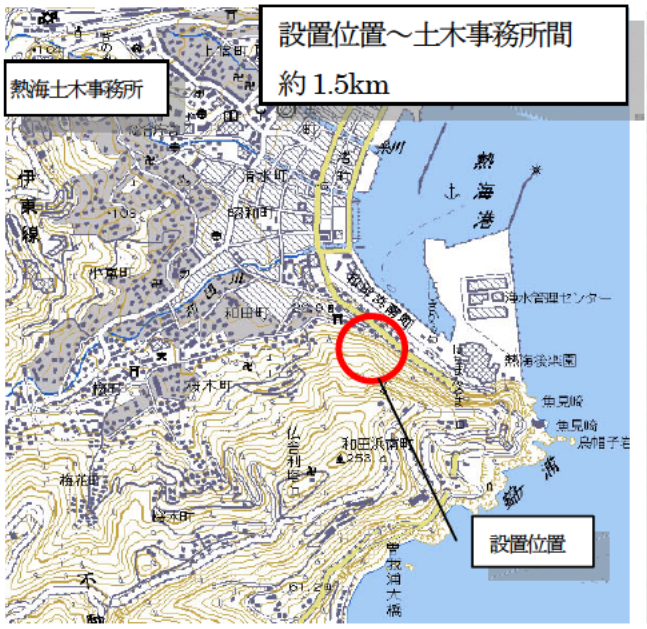


図4-3　位置図（縮尺なし）



写真4-3　対象地すべり地の空中写真
（昭和51年撮影）



写真4-4　地すべり対策状況

4.3.1.2.　機器構成および設置状況

(1)　機器構成

当フィールドでは、現地観測中の従来型地盤伸縮計と観測結果が対比できるように、従来型地盤伸縮計にそれぞれ併設した。

設置場所は地すべり頭部に2箇所（S-4およびS-11）、地すべり背後斜面に1箇所（S-10）の計3箇所である。なお、センサは改良型(ver1:100mmレンジ)を使用した。

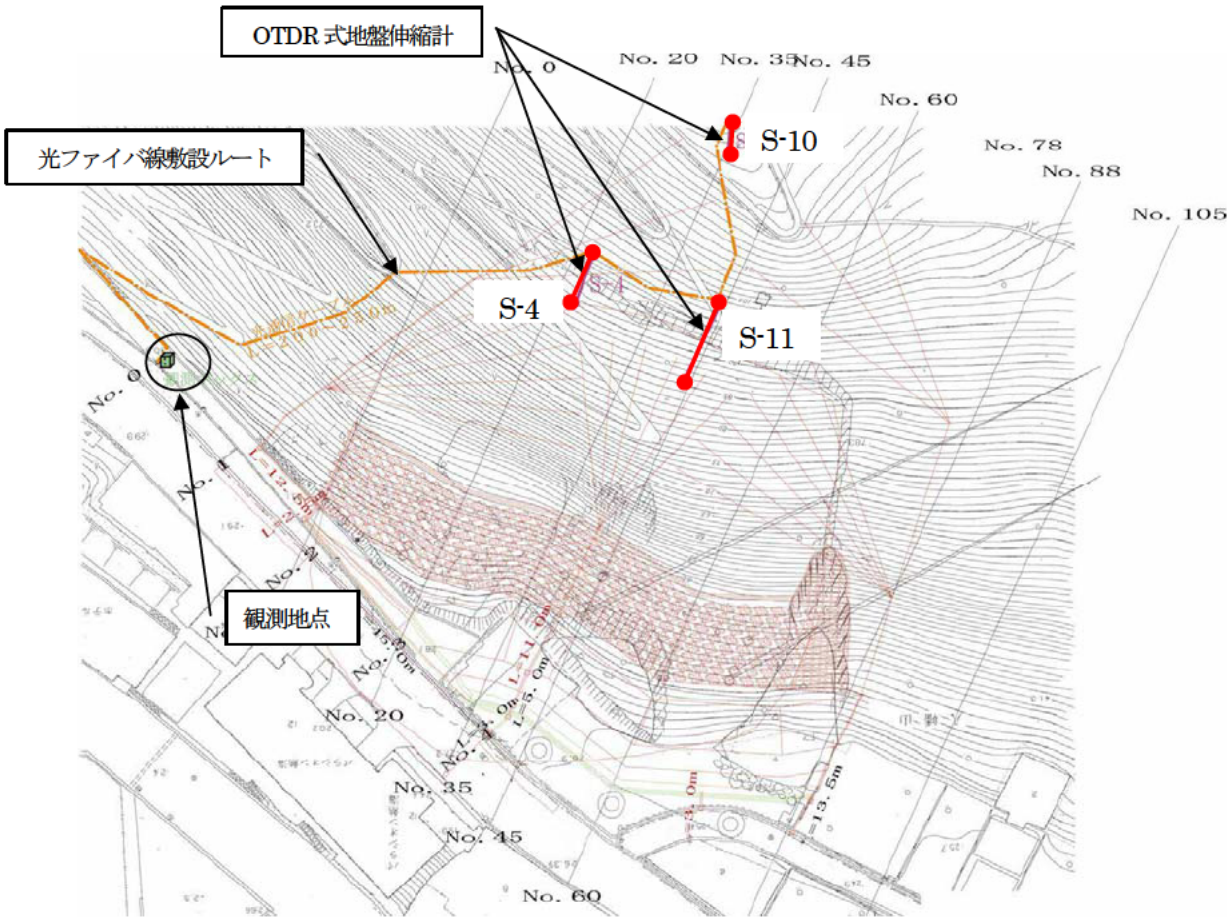


図4-4　OTDR式地盤伸縮計設置位置および光ファイバ線敷設ルート図

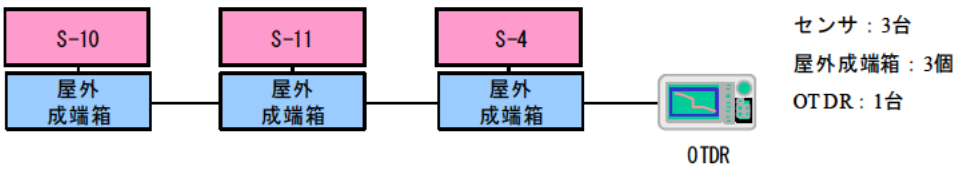


図4-5　錦ヶ浦地すべり地における配線系統

(2)　設置状況

センサ設置状況



写真 4-5　伸縮計 S-4　設置状況

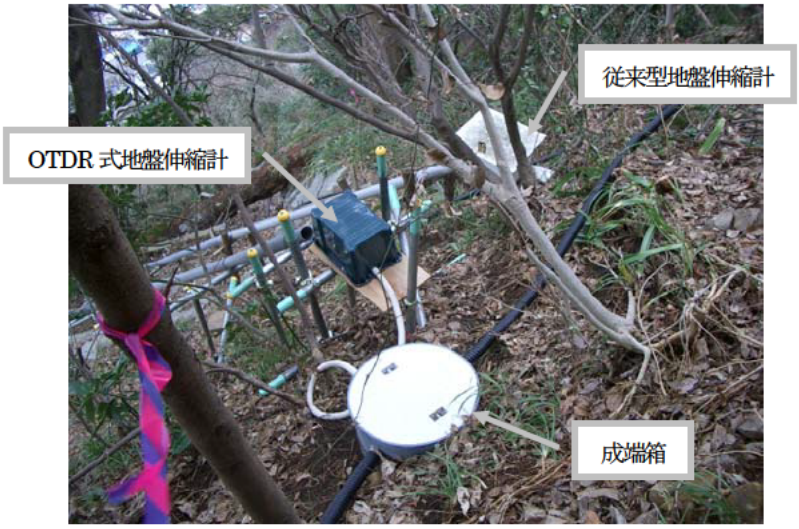


写真 4-6　伸縮計 S-4　設置状況

S-4 は従来型地盤伸縮計と同様の設置方法を用いた。センサ部および支柱については、単管パイプを用いた。インバー線保護管については VU75 を用いた。



写真 4-7　伸縮計 S-11　設置状況



写真 4-8　伸縮計 S-11　設置状況

S-11 は従来型地盤伸縮計と同様の設置方法を用いた。センサ部および支柱については、単管パイプを用いた。インバー線保護管については、VU75 を用いた。



写真 4-9　伸縮計 S-10　設置状況

S-10 はインバー線保護管として、軽量な半割れタイプの FEP 管を用いた。センサ部および支柱については、単管パイプを用いた。



写真 4-10　アナライザー接続端末箱

成端箱およびアナライザー接続部については下水用マンホールを用いた。

(3)　光通信ケーブル敷設

ファイバ線仕様

光通信ケーブル：光ファイバケーブルS･0.45･0.35×8/WB4TME

成端箱・端末観測箱：ジョイントアジャスタ　ポリプロピレン製　450×300H

電線管：波付ポリエチレン管　FEP-40

敷設方法

①地すべり状況は安定し、既存伸縮計で移動量は確認されていない。

②気象条件としては、冬期の積雪はほとんど記録されない。

③短期間の試験的な観測となる。

以上の条件から、地表配線（転がし配線）を**図 4-4** の通り実施した。各センサ部には成端箱として集水枡（ジョイントアジャスタ）を設け、光通信ケーブルと OTDR 式地盤伸縮計を融着する。また、観測地点には末端観測箱として同じく集水枡（ジョイントアジャスタ）を設けた。なお、地すべりに伴う光ファイバの伸長による切断に備えて、光ファイバの余長(約 1m)を設け、センサ部に配置した成端箱内に格納した。





写真 4-11（上）、写真 4-12（下）　光通信ケーブル敷設状況

4.3.1.3.　観測状況

当地区では、OTDR 測定器（アナライザ）を観測毎に現地に持ち込み測定を実施した。

観測頻度は月２回（２週間に１回程度）とした。

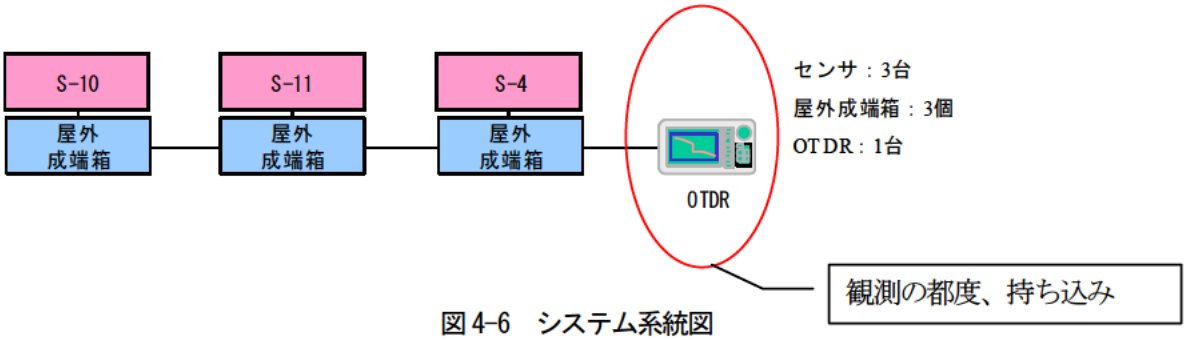


図 4-6　システム系統図



写真 4-13　使用アナライザ；アンリツ製 MW9076B(1310/1550nm)

4.3.4.　観測結果（従来型伸縮計観測結果との対比）

錦ヶ浦での観測はＯＴＤＲアナライザ現場持込のスポット観測である。対策工完了斜面となるため、ほとんど観測値に変動は認められない。従来型地盤伸縮計の変位に比べ、ややＯＴＤＲ式地盤伸縮計の変位に波が認められる。これは計測時の気温の影響によるものと考えられ、センサの温度依存性が指摘された。

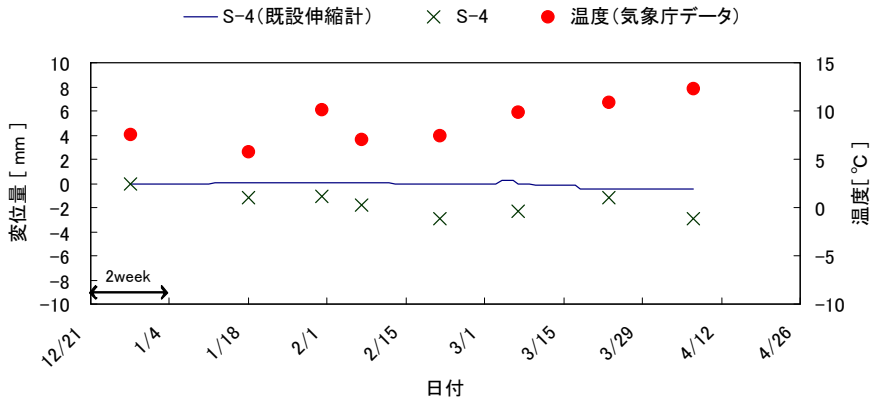


図 4-7　S-4 地点観測結果

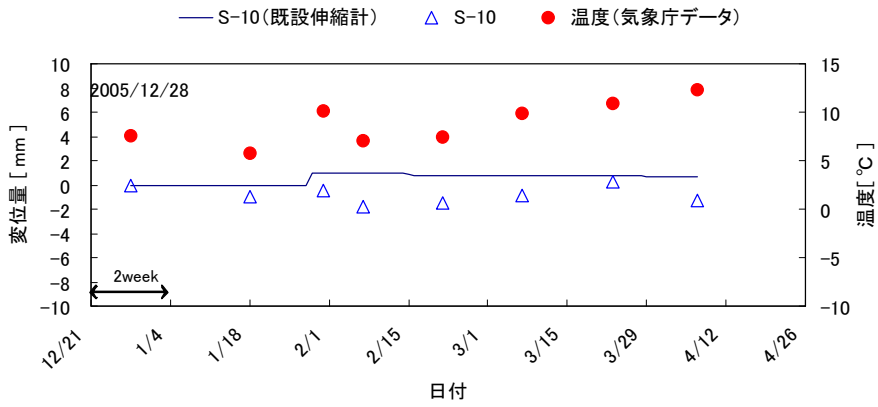


図 4-8　S-10 地点観測結果

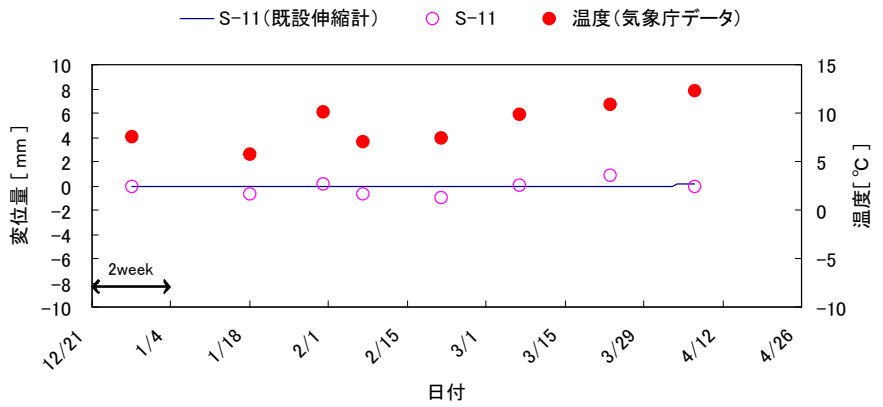


図 4-9　S-11 地点観測結果

4.3.2.　宮前地区

4.3.2.1.　フィールド概要

(1)　設置場所；愛媛県四国中央市　柳瀬ダム　宮前地すべり
（国土交通省四国地方整備局 吉野川ダム統合管理事務所　所管）

(2)　設 置 日；平成 18 年 5 月 10 日

(3)　観測期間；平成 19 年 5 月 24 日～平成 20 年 3 月 31 日

(4)　現場概要

宮前地区は、柳瀬ダム貯水池（金砂湖）右岸に形成され、幅 250m 奥行き 300m 程度の規模を有する地すべりである。

地すべり下流側には、小規模なブロックが階段状に複数形成されているため、圧縮変動と引張変動が繰り返す複雑な挙動を示している。

地すべり対策工としては、部分的にアンカー工が施工されているのみである。

(5)　設置対象と目的

今回のモニタリング対象は、地すべり下流側の複数の小規模ブロックとした。

この小規模ブロックは階段状に複数存在し、圧縮・引張が繰り返される複雑な挙動を示していることから、このような複雑な挙動に対するモニタリングシステムの有効性を検証すること、また光ファイバ網を活用し（図 4-11 参照）、柳瀬ダム管理支所までデータを伝送（伝送距離約 2.5km）し自動観測を行うことを目的とした。



図 4-10　位置図（縮尺なし）

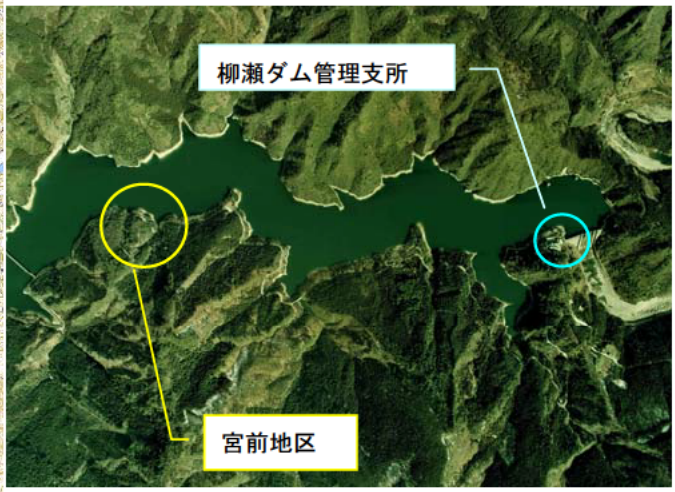


写真 4-14　対象地すべり地の空中写真
（昭和 49 年撮影）

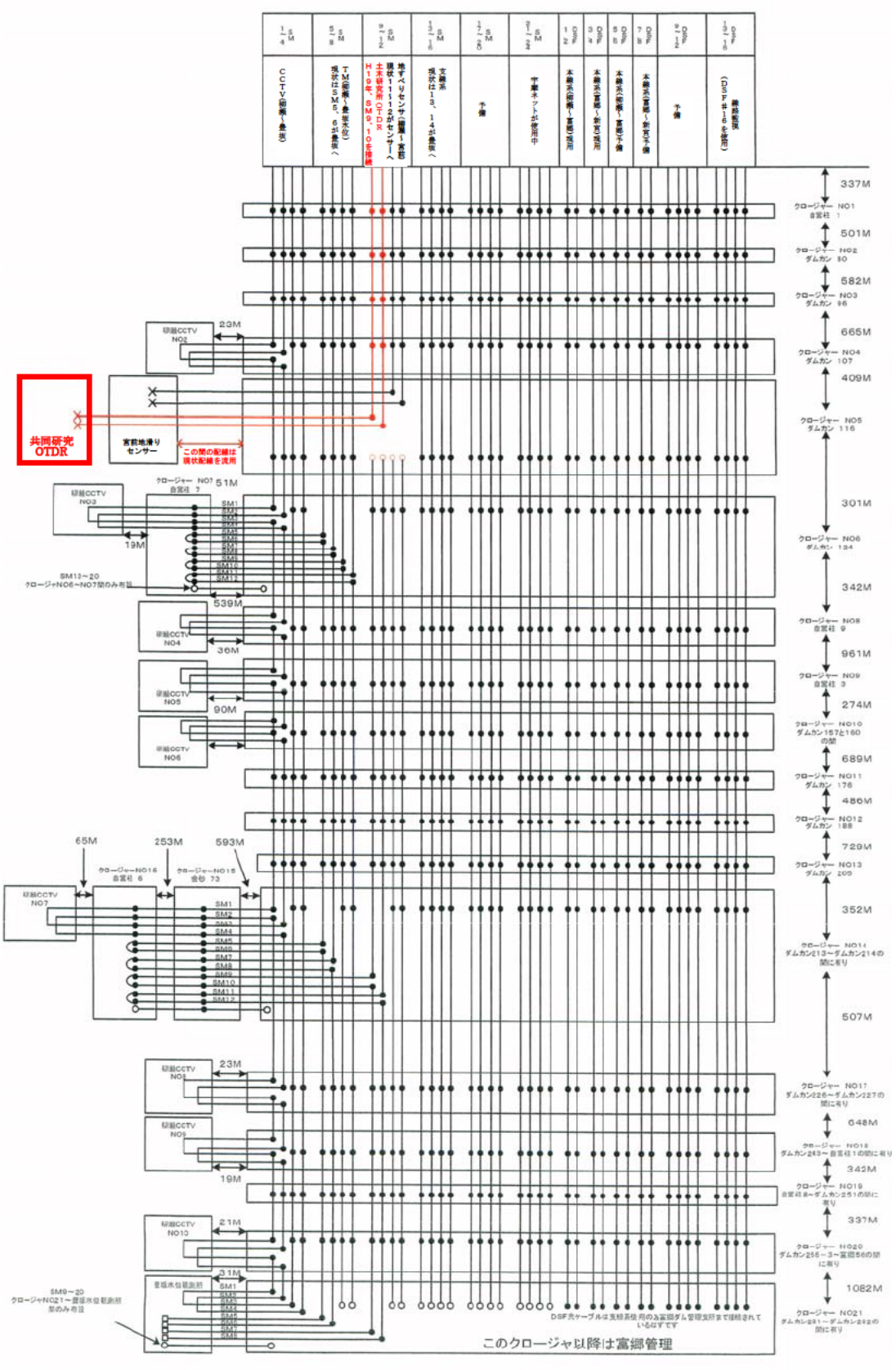


図 4-11　光ファイバ系統図

4.3.2.2.　設置構成および設置状況

当フィールドでは、現地観測中の従来型地盤伸縮計と観測結果が対比できるように、従来型地盤伸縮計に平行して設置した。

設置場所は、小規模ブロックの頭部から国道付近までとした。

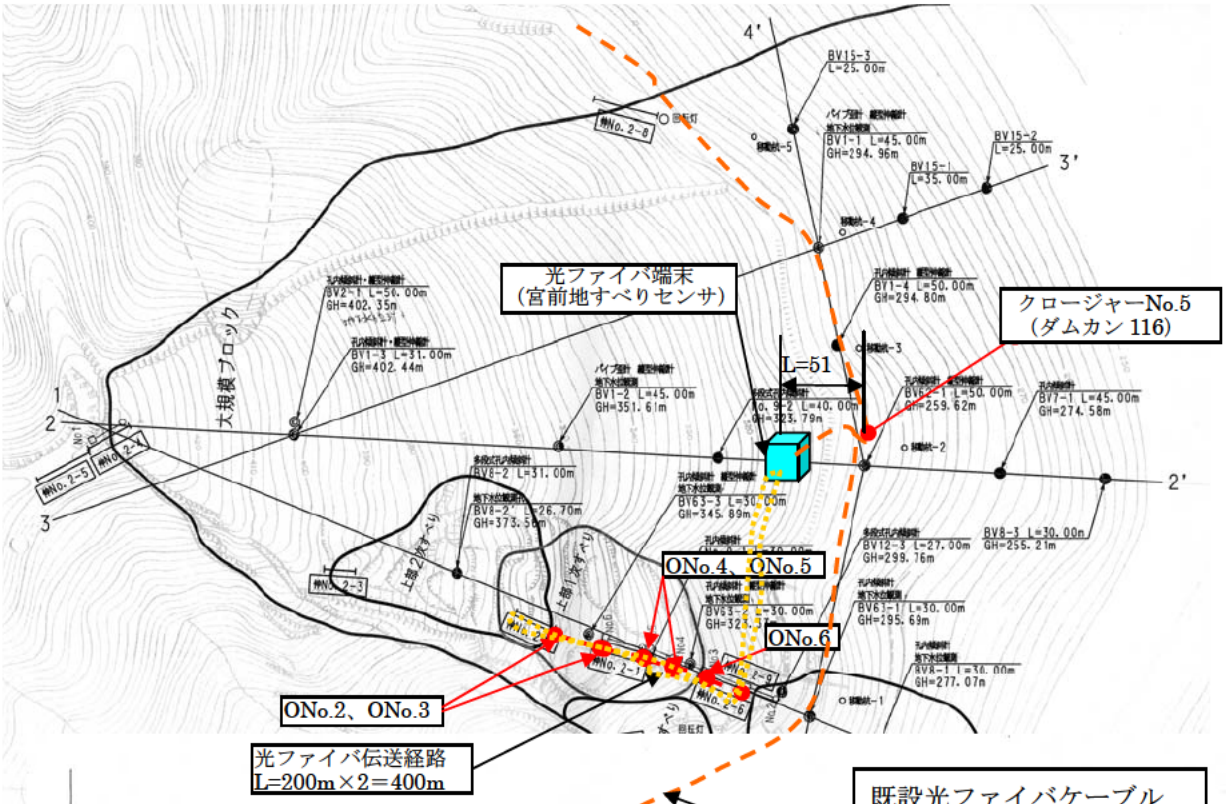


図 4-12　センサ配置平面図

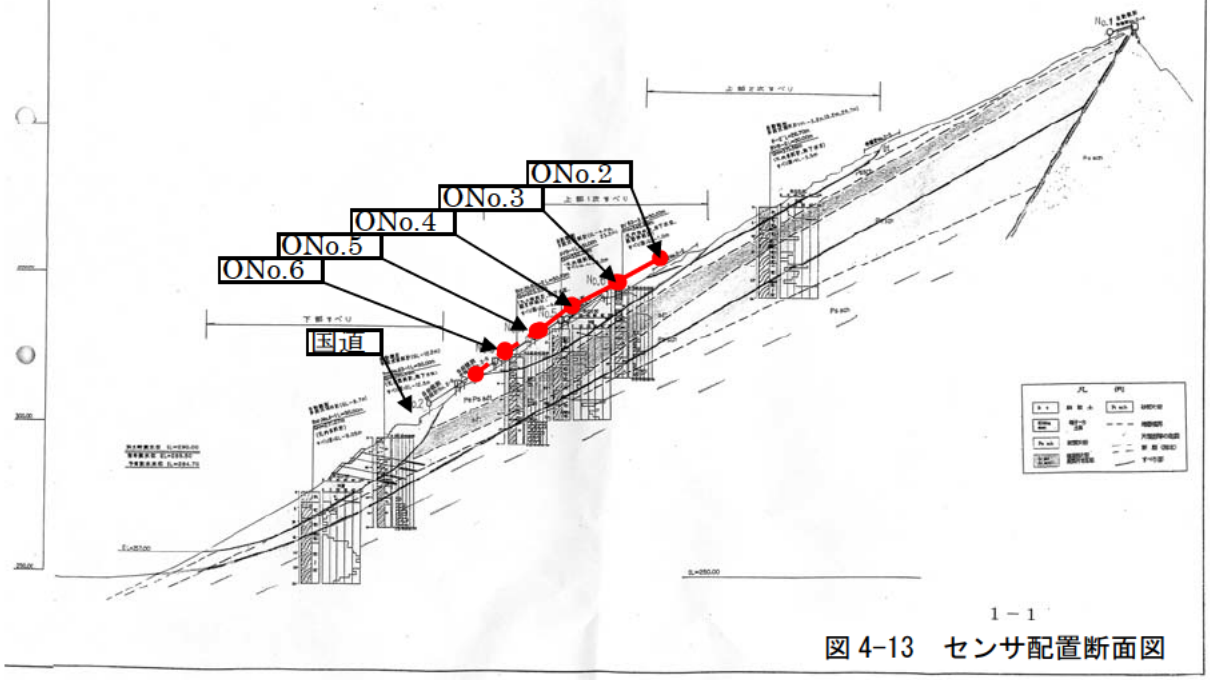


図 4-13　センサ配置断面図

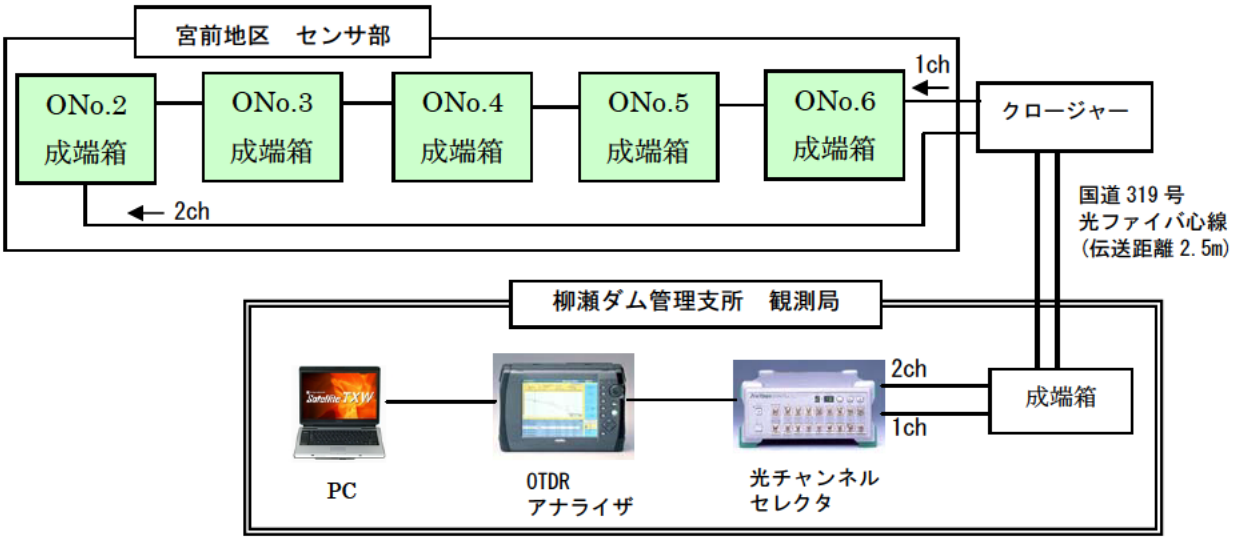


図 4-14　宮前地区における配線系統（2 ラインを使用してループ状に接続）



写真 4-15　ONo. 2　設置状況

写真右側は従来型地盤伸縮計。

写真左側が OTDR 式地盤伸縮計。

支柱については、単管パイプを用いた。

インバー線保護管は、VU75 を用いた。



写真 4-16　ONo. 3　設置状況

写真右側は OTDR 式地盤伸縮計。

写真左側が従来型式地盤伸縮計。

支柱については、単管パイプを用いた。

インバー線保護管は、VU75 を用いた。



写真 4-17　ONo.4　設置状況

写真右側は OTDR 式地盤伸縮計。
写真左側が従来型式地盤伸縮計。
支柱については、単管パイプを用いた。
インバー線保護管は、VU75 を用いた。



写真 4-18　ONo.5　設置状況

写真右側は OTDR 式地盤伸縮計。
写真左側が従来型式地盤伸縮計。
支柱については、単管パイプを用いた。
インバー線保護管は、VU75 を用いた。



写真 4-19　ONo.6　設置状況

写真右側は OTDR 式地盤伸縮計。
写真左側が従来型式地盤伸縮計。
支柱については、単管パイプを用いた。
インバー線保護管は、VU75 を用いた。

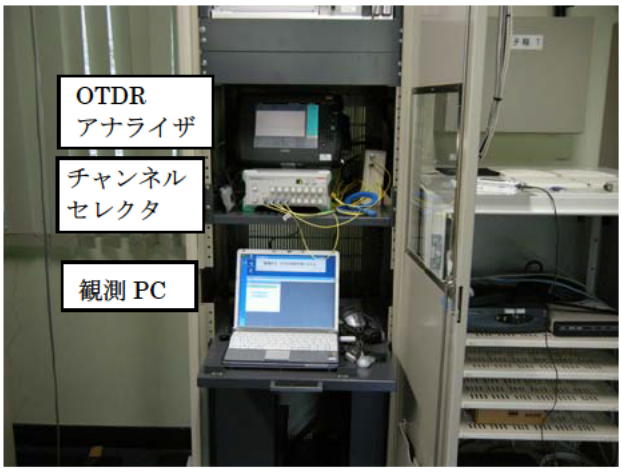


写真 4-20　柳瀬ダム管理支所内
に設置された観測局の状況

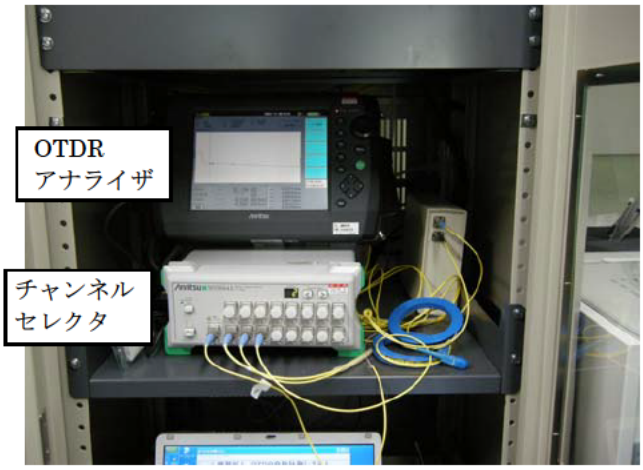


写真 4-21　使用機器



写真 4-22　使用アナライザ
アンリツ製 MW9076B(1310/1550nm)



写真 4-23　使用チャンネルセレクタ
アンリツ製 MN9664A

4.3.2.3.　観測結果

宮前地区における観測は、平成 19 年 5 月 24 日より自動観測を開始した。センサについては、改良型 Ver.2 から改良型 Ver.3 への移行を平成 19 年 11 月 9 日に行っている。

宮前地区では圧縮、引張変動が混在する観測結果が得られた。併設した従来型伸縮計との比較では、変位量に若干の相違はあるものの、変位の傾向や発生時期は概ね一致している。この結果から、本システムは複雑な挙動を示す地すべり地の観測に適用できることが確認された。

以下、観測結果を示す。

(1)　各センサにおける計測結果

1）ONo.2 観測結果（図 4-15）

ONo.2 は平成 19 年 7 月から 8 月にかけて緩やかな引張変動が観測された。平成 19 年 10 月から 11 月頃にかけては、比較的急激な圧縮変動と引張変動が記録されたが、それ以外の期間では概ね変位がなく、安定した観測値となっている。

併設した従来型伸縮計（CNo.2）との比較では、平成 19 年 7 月下旬の引張変位はほぼ同等の変位量となっているが、ONo.2 にみられる 10 月の圧縮～引張変位が CNo.2 では確認されないなど、変位が一致しない部分もみられる。

平成 19 年 11 月 9 日にセンサを改良型 Ver.3 に移行したが、その効果は不明瞭である。

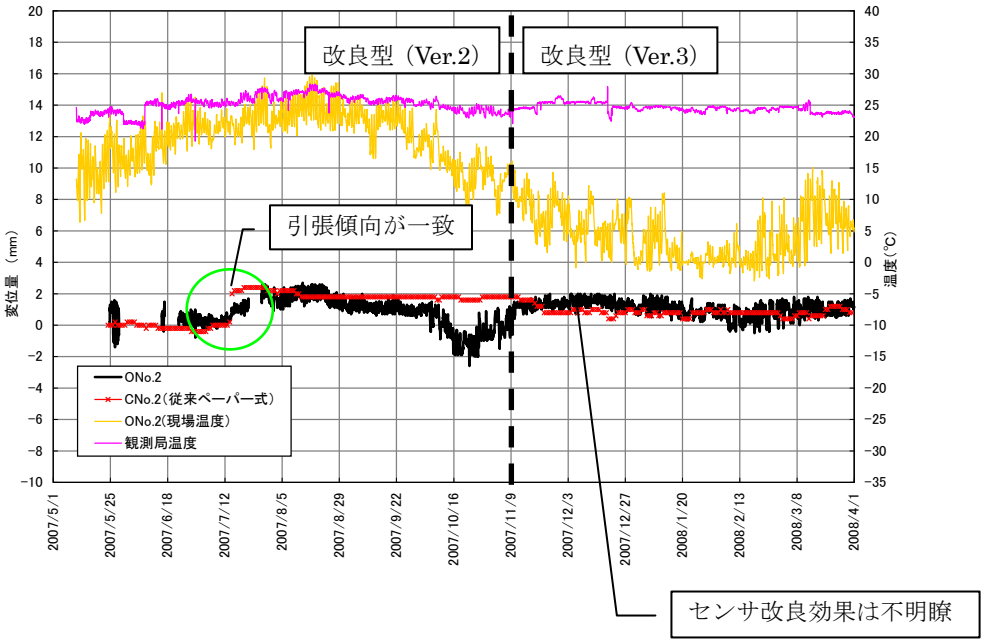


図 4-15　ONo.2 の観測結果

2）ONo.3 観測結果（図 4-16）

ONo.3 は平成 19 年 7 月頃に大きな圧縮変動を示したが、その後の変位量は小さい。

平成 19 年 11 月 9 日にセンサを改良型 Ver.3 に移行したところ、平成 20 年 2 月にかけて計測値のバラツキが小さくなっている。なお、この期間はインバー線の引き出し量が少ない状態で測定を行っている。その一方で、平成 20 年 2 月 7 日にインバー線の引き出し量を増加させたところ、計測値のバラツキが大きくなる結果となった。

従来型伸縮計（CNo.3）と比較すると、平成 19 年 7 月下旬の圧縮変位の傾向は一致しており、また、センサを改良型 Ver.3 に移行した後も、平成 20 年 3 月中旬以降の圧縮変位の傾向や、トータルの変位量は一致している。

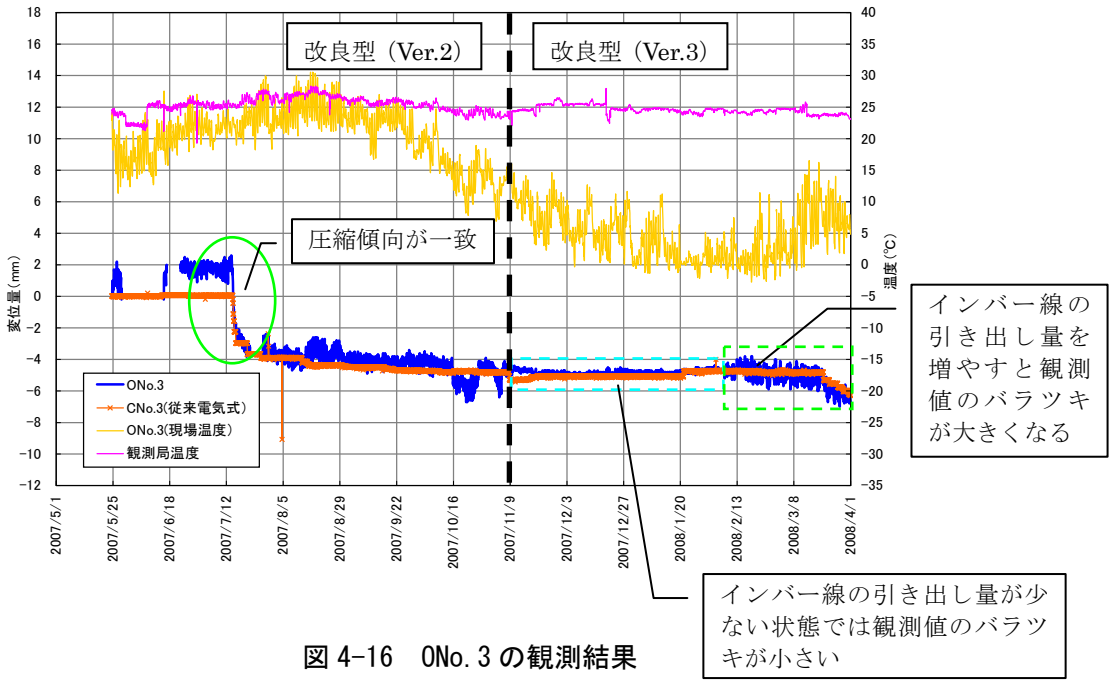


図 4-16　ONo.3 の観測結果

3）ONo.4 観測結果（図 4-17）

ONo.4 は平成 19 年 7 月から 8 月頃にかけて、顕著な圧縮変動が記録されたが、それ以外の期間では概ね安定した観測値となっている。

温度依存性の軽減を目的に、平成 19 年 11 月 9 日に改良型(Ver.3)にセンサを変更しているが、平成 19 年 11 月から平成 20 年 2 月にかけては、インバー線の引き出し量が少ない状態で測定を行った。この場合には、ONo.2 と同様に観測値のバラツキが小さくなっている。しかしながら、平成 20 年 2 月 7 日にインバー線の引出量を増加させると、ONo.2 と同様にバラツキが大きくなった。

従来型伸縮計（CNo.4）と比較すると、圧縮変位の傾向を示すことや変位の発生時期は一致しているといえる。但し、変位量には若干の違いが生じており、平成 19 年 8 月中旬の圧縮変位量を比較すると、Ono.4 の変位量が 1.5mm 程度多く圧縮している。

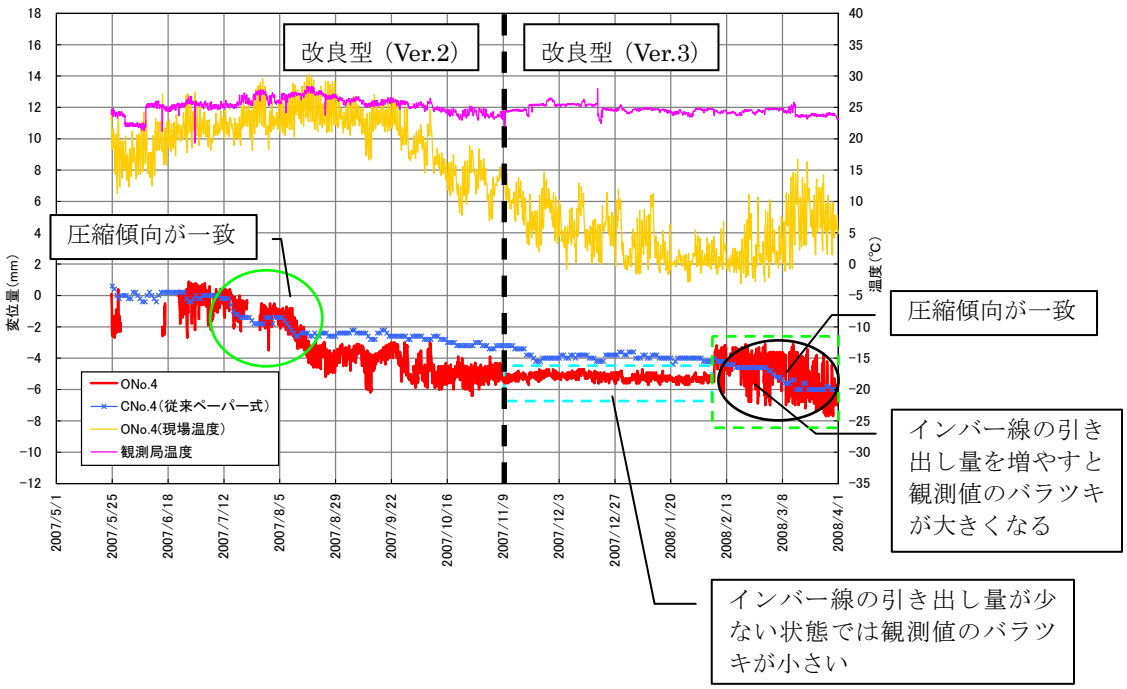


図 4-17　ONo.4 の観測結果

4）ONo.5 観測結果（図 4-18）

ONo.5 は観測開始以来、圧縮変動が継続していたが、平成 20 年 2 月中旬には、比較的急激な引張変動が確認された。温度依存性の軽減を目的に、平成 19 年 11 月 9 日にセンサを移行した改良型（Ver.3）の効果は不明瞭となっている。

従来型伸縮計（CNo.5）とは変位量に若干違いがあるものの、平成 19 年 7 月中旬以降の圧縮変位、平成 20 年 2 月中旬にみられる引張変位や 3 月中旬にみられる圧縮変位など、変位の発生時期や傾向は一致している。

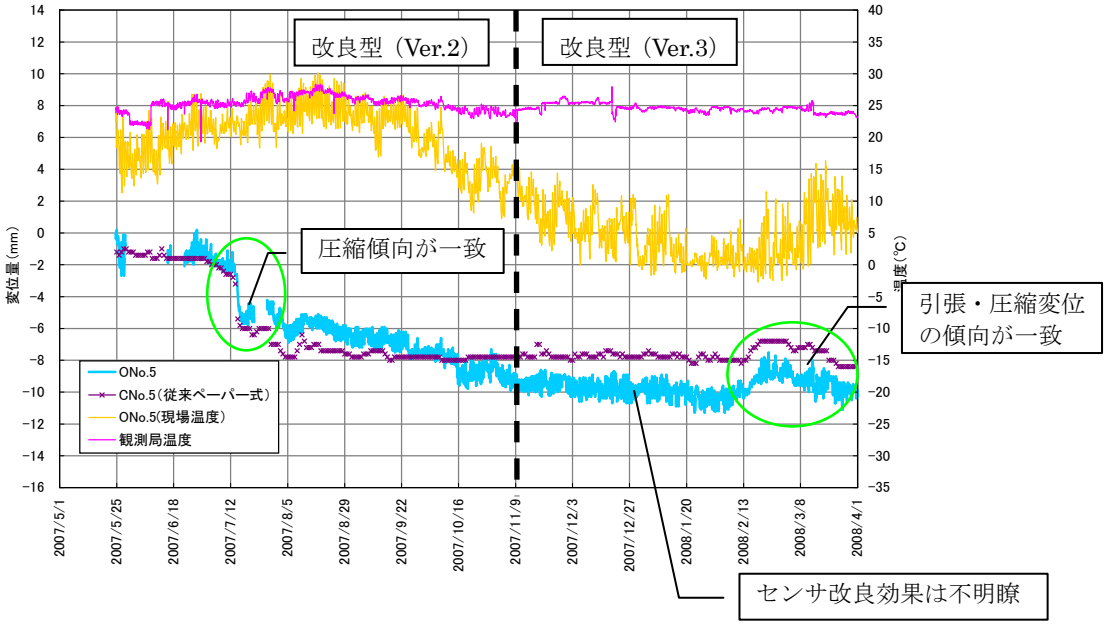


図 4-18　ONo.5 の観測結果

5）ONo.6 観測結果（図 4-19）

ONo.6 は観測開始以来、圧縮変動が継続している。温度依存性の軽減を目的に、平成 19 年 11 月 9 日に行った改良型（Ver.3）の効果は不明瞭となっている。

従来型伸縮計（CNo.6）と比較すると、全体的に圧縮変位の傾向がみられる点では一致しているが、変位量に差が生じている時期もみられる。

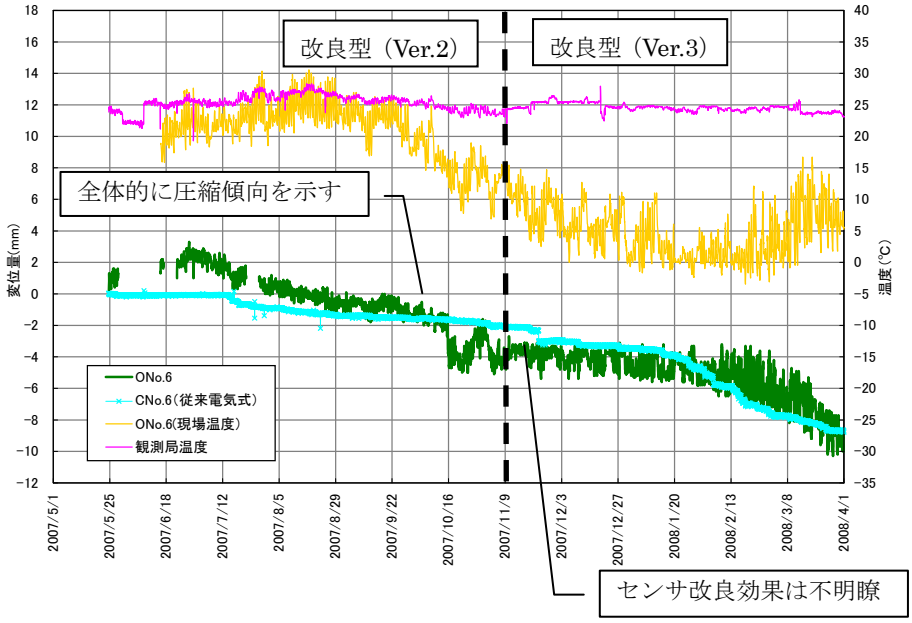


図 4-19　ONo.6 の観測結果

(2)　計測に関する課題と注意事項（宮前地区の観測結果を例に）

1)監視局

宮前地区の観測にあたっては、これまでに以下の問題が発生した。

①観測 PC および観測用 OS

当初使用した PC が旧型で OS が Windows98 であったことから、2～5 日程度の観測後、フリーズが発生した。

プログラム上では Windows2000 以上推奨となっているが、PC の安定性から、Windows2000 もしくは XP が必須である。（Vista については未確認である）

②アナライザおよびチャンネルセレクタ

今回のシステムでは、アナライザと PC 間にチャンネルセレクタを設置し、測線の切り替えを行い観測している。

当初設置時に、観測プログラムが要求するアナライザの設定とアナライザの初期設定が異なっていることがあるため、アナライザの設定確認および変更が必要である。

またチャンネルセレクタについては、デップスイッチが所定の位置にあるか確認する必要がある。デップスイッチの位置によっては、アナライザがチャンネルセレクタを認識しない。

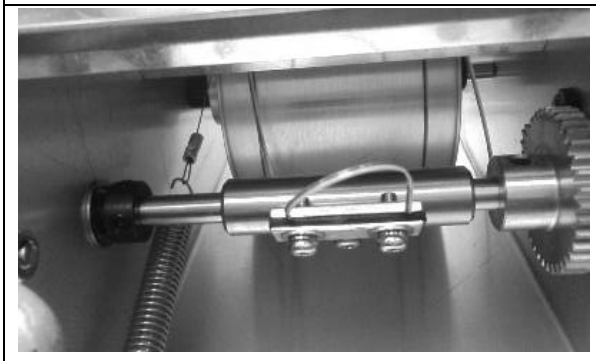
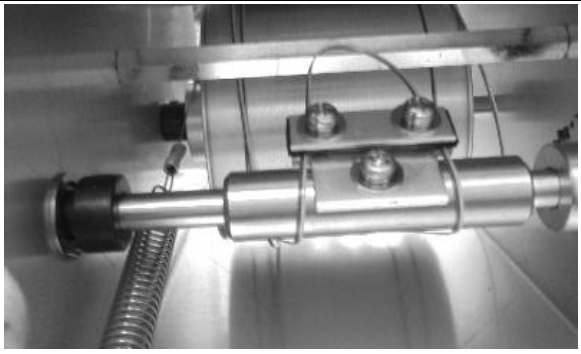
2)センサ関係

①OTDR 式伸縮計に与える初期損失

現地設置にあたっては、各 OTDR 式地盤伸縮計に与える初期損失をおおむね同等の値としておくことが望ましい。

特に従来型の地盤伸縮計と異なり、最初の設置時にはセンサ横についているダイヤルの読み値で 15～20 程度引き出して設置する必要がある。

表 4-1　センサの初期設置時（ワイヤー引き出し量）の留意点

	初期状態　センサ横のダイヤルはマイナス側にある。
	センサ横のダイヤル読み値「ゼロ」の時 ロットにほとんど光ファイバが巻きついていないため、圧縮側の変位は測定できない。 また初期に与える損失が小さいため、温度特性に違いが生じる場合がある。
	センサ横のダイヤル読み値 15 付近。 圧縮側、引張側とも測定可能。 この状態で測定することが望ましい。

4.3.3.　口坂本地区

4.3.3.1　フィールド概要

(1)　設置場所；静岡県静岡市口坂本地内 口坂本地すべり防止区域
（静岡県静岡土木事務所　所管）

(2)　設 置 日；平成 18 年 9 月 14 日

(3)　観測期間；平成 18 年 9 月 14 日～平成 20 年 2 月 29 日

(4)　現場概要

対象地すべりは、主要地方道南アルプス高原線から口坂本温泉に至る東向き斜面に位置する地すべりで、A,B の 2 地区に区分される。地すべりは、設置箇所の B 地区で幅 450m、長さ 800m 程度の規模を有する。地すべり頭部を主体に現在も断続的に変状が認められている。地すべり対策工としては、集水井を主体に設置されている。

(5)　設置対象と目的

今回のモニタリング対象は、B 地区の北側側方部、L 測線に沿った中腹部滑落崖に設置されている伸縮計 S-17 の側部である。S-17 伸縮計は従来型自記記録計方式により継続観測中で 0.07mm/日の変動量が記録されている。

当地区においては、地すべり変位量が大きく、落雷にともなう計測機器の破損が多い地区であることから、光ファイバセンサの耐雷性の確認と大変位でのセンサ性能の確認を主目的とする。また、光ファイバ網が利用できない場合の現地における自動観測システムを構築する事を目的とした。

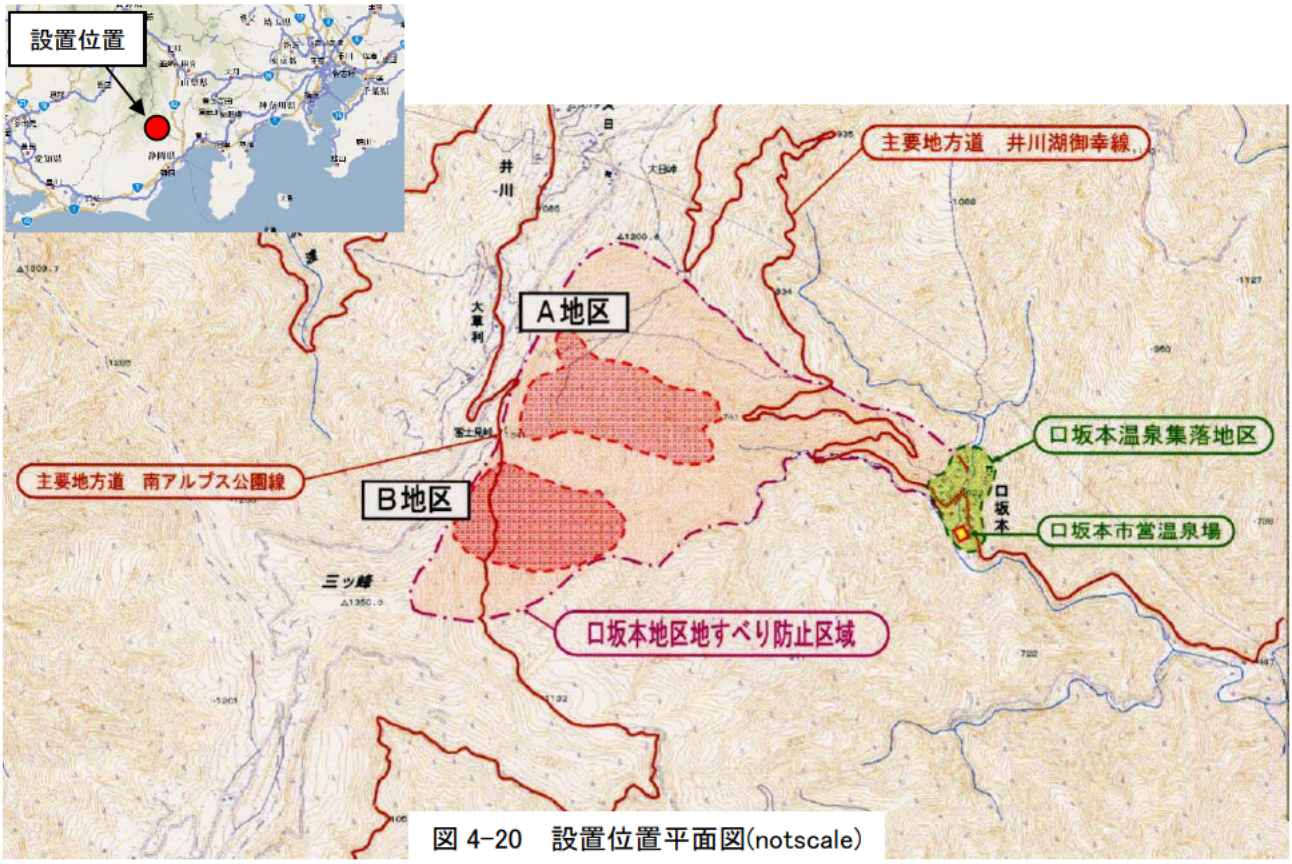


図 4-20　設置位置平面図(notscale)





写真 4-24（上）、写真 4-25（下）　既設伸縮計設置状況

既存地盤伸縮計 S-17 全景と近景。従来型連続伸縮計観測が実施されている。

4.3.3.2.　設置構成および設置状況

(1)　設置構成

当フィールドでは、従来型伸縮計の観測結果との比較検討を行うために、従来型伸縮計設置位置 S-17 の近傍 1 箇所として、従来型地盤伸縮計に平行して設置した。

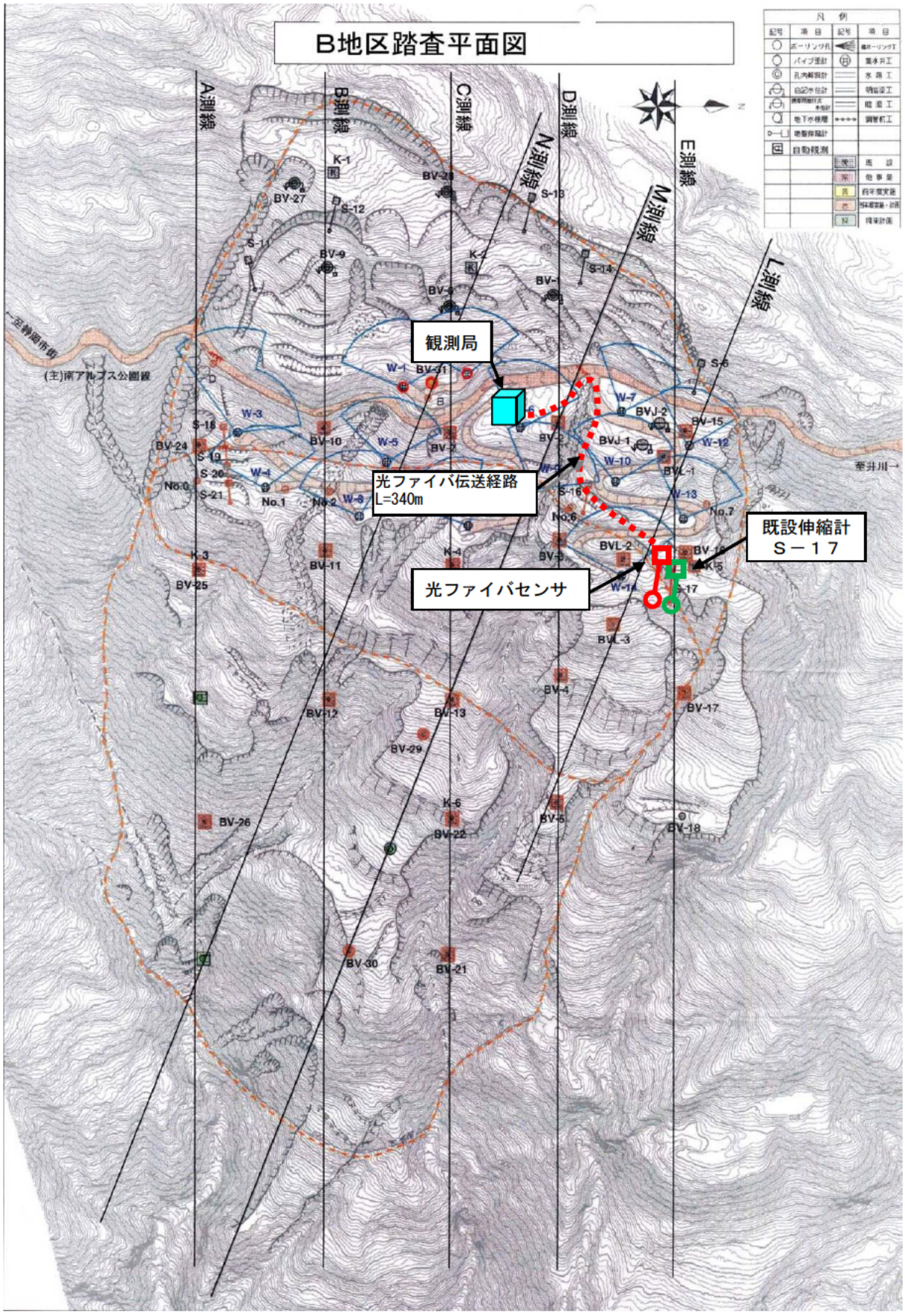


図 4-21　センサ配置平面図

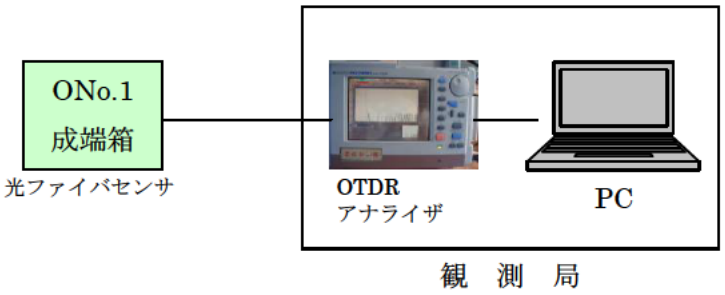


図 4-22　口坂本地すべり地における配線系統

(2)　設置状況

センサ設置状況



写真 4-26　計測部設置状況

写真右側は従来型地盤伸縮計。

写真左側が OTDR 式地盤伸縮計。

支柱については、単管パイプを用いた。

インバー線保護管は、VU75 を用いた。



写真 4-27

OTDR 式伸縮計設置状況

センサ部は単管パイプ、合板を用いた。また、ボックスは汎用性を考慮して市販の工具箱を流用した。



写真 4-28　センサ設置状況



写真 4-29　現地観測局設置状況



写真 4-30（左）、写真 4-31（右）　現地観測局内の状況

観測局内の温度を調節するために、室内にエアコンを設置した。また、室温を観測するために OTDR アナライザの背後に温度センサを設置し、変位量と併せて観測を行った。

4.3.3.3.　観測状況

○自動観測期間：平成 18 年 9 月 14 日～平成 20 年 2 月 29 日

現地にセンサ及び観測局を設置して自動観測を実施した。当地区では 1 時間毎の自動観測を実施した。

また、温度変動による計測誤差を低減するために、平成 18 年 11 月 10 日に室内にエアコンを設置した。なお、設定温度を 20℃とし室内温度に対しても温度センサを用いて 1 時間毎の計測を行った。

口坂本地区におけるシステム系統図を図 4-23 に、使用機器を表 4-2 にそれぞれ示す。

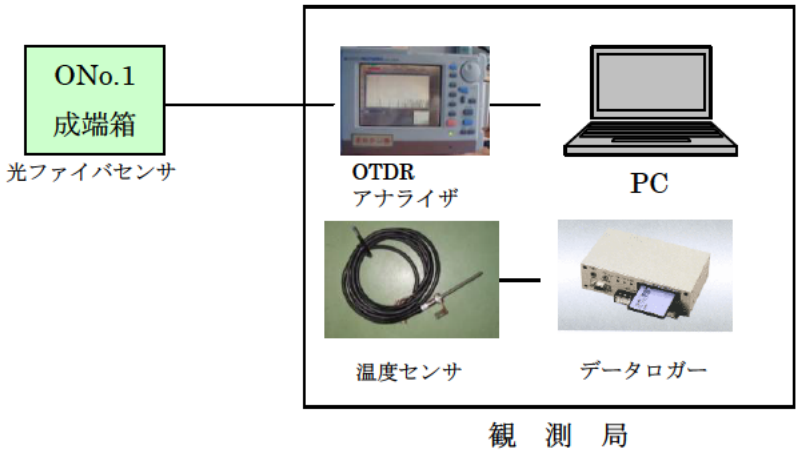


図 4-23　口坂本システム系統図

表 4-2　使用機器一覧

使用機器	型　式
0TDR アナライザ	横河電機株式会社製 **OTDR** AQ7250
温度センサ	株式会社チノー製　温度センサ R005

4.3.3.4. 観測結果

図 4-24 に口坂本地区で得られた OTDR 式地盤伸縮計と室内温度の観測結果を示す。室内温度調整用のエアコンは手動切り替えのため、夏期（7～8 月）は冷房、冬期は暖房（11～ 3 月）を作動させている。なお、平成 18 年 12 月 15 日～平成 19 年 2 月 6 日間はデータロガーの故障のため室温の記録が欠測している。また、平成 19 年 8 月 3 日～平成 19 年 9 月 12 日間は電源元の停電により欠測している。

OTDR 式伸縮計は、観測開始当初は改良型（Ver.2）を用い、平成 19 年 12 月 1 日より改良型（Ver.3）に移行した。

観測の結果、自動観測を開始した平成 18 年 9 月 14 日から平成 20 年 2 月 29 日までに 28.4mm の変位が観測された。併設する従来型地盤伸縮計 S-17 の変位量(35.7mm)を比較すると若干 OTDR 式伸縮計の変位量が少なくなっている。

OTDR 式伸縮計の変動量は、気温との相関性が高く認められ、特に空調作動前後では気温の変化による観測値の変動が大きく認められる。エアコン設置後(室温設定 20℃)では、観測値の変動は小さくなったものの、エアコンが手動切り替えのため室温が 20±5℃程度を超えると変位量が大きくなる傾向を示す。特出すべきは平成 19 年 9 月下旬～11 月下旬の期間を空調 OFF とした際、観測局室内温度の一日の変動幅が 10℃を超え、これに連動して OTDR 式地盤伸縮計の変位も 10mm を超える変動幅となった。温度が＋側では変位量は引張側へ、温度が－側では変位量は圧縮側への変動が大きくなる。

なお、センサを改良型(Ver.3)に変更した平成 19 年 12 月 1 日以降、観測値のバラツキは少なくなっている。

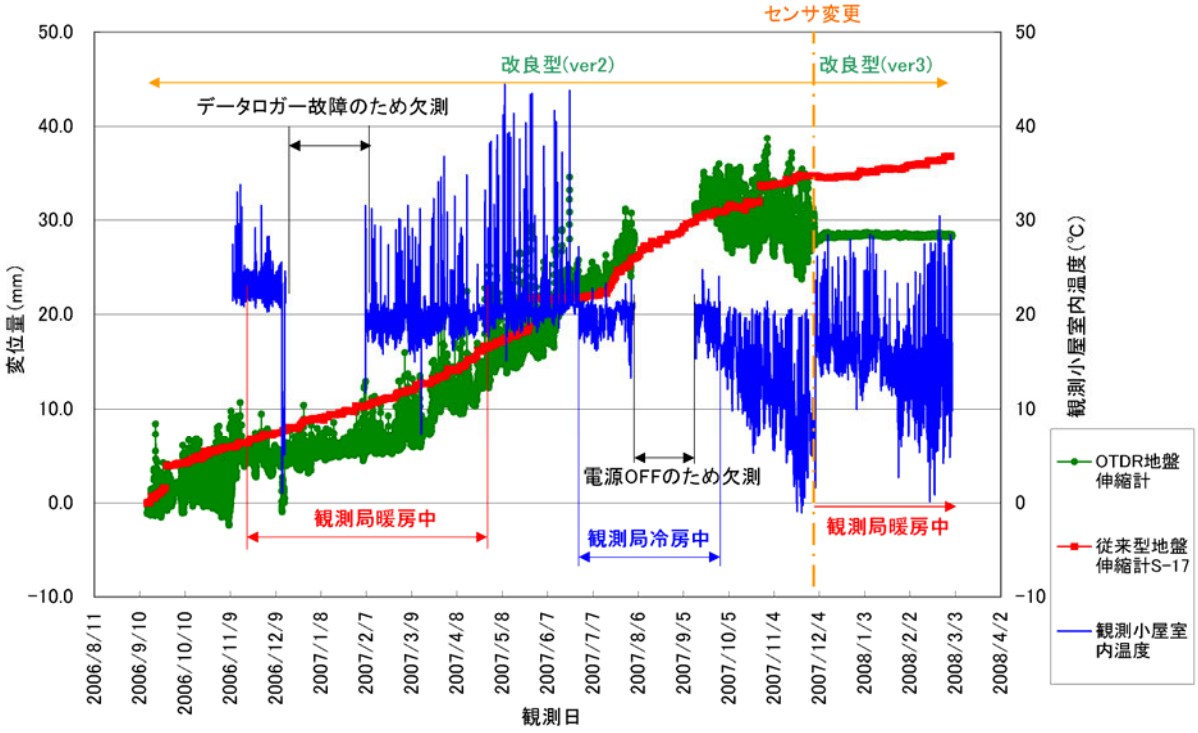


図 4-24　口坂本地区観測結果図(H18/9/14～H20/2/29)

4.3.4.　裏山地区

4.3.4.1.　フィールド概要

(1)　設置場所；新潟県上越市岩木地内　裏山地区



図 4-25　調査位置案内図

(2)　設 置 日；平成 19 年 11 月 15 日

(3)　観測期間；平成 19 年 11 月 29 日～平成 20 年 3 月 31 日

(4)　現場概要

裏山地区は、新第三紀中新世の堆積岩類（能生谷層）により基盤が構成され、その上位に第四紀更新世の未固結層（愛の風層、居多層）が分布している。当該区間では主要幹線道路の山間地堀割区間で、東西方向に延びる標高約 90m の尾根状地形を横断する形で、切土（最大切土高 50m）が行われている。当地では、開削に伴って地山深部からの変形が発生しており、地盤のリバウンド現象（切土による応力解放）が原因と考えられている [1)]。



写真 4-31 対象斜面全景

(5)　設置対象と目的

当地区においては、冬期間における OTDR 式地盤伸縮計の動作確認と積雪地での設置方法の確立を主目的とするとともに、道路のり面における適用性について確認を行った。また、現地に観測局を設置して、スポット観測（月 1 回の頻度で蓄積されたデータを現場で取得する）における OTDR 式地盤伸縮計の適応性を確認した。

4.3.4.2.　設置構成および設置状況

(1)　設置構成

光ファイバセンサの観測位置を図 4-26 に、配線系統を図 4-27 にそれぞれ示す。変位計測部は冬期間の計測を配慮し、ワイヤを地中に敷設した。なお、ワイヤには炭素繊維ケーブル（CFCC ケーブル）を用いるとともに、別途変位計（フレキシブル変位計）を接続した。

裏山地区ではさらに従来型伸縮計を併設し（ワイヤは地上設置とした）、観測結果の比較を行った。

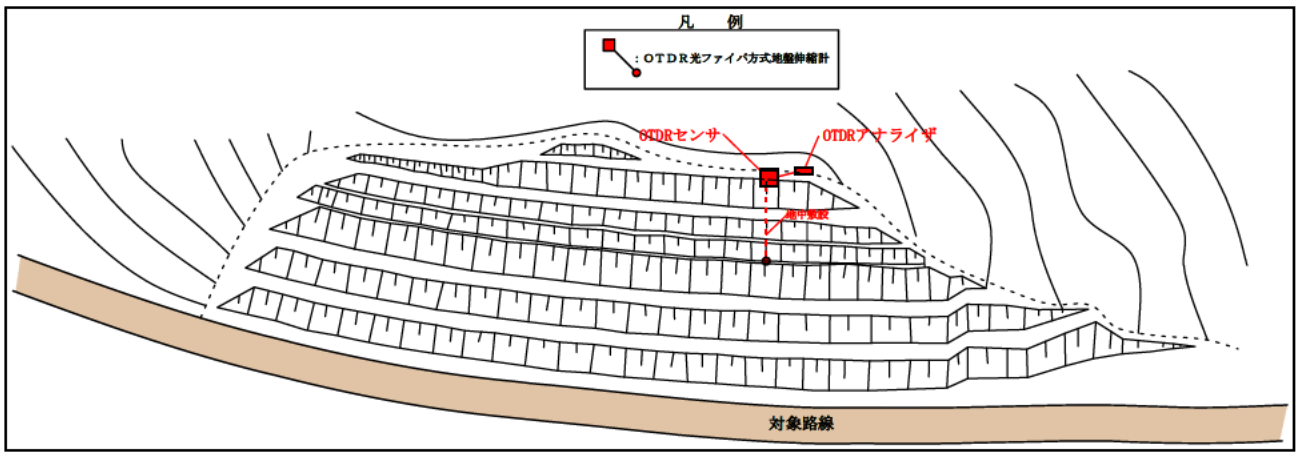


図 4-26　観測機器設置位置案内図

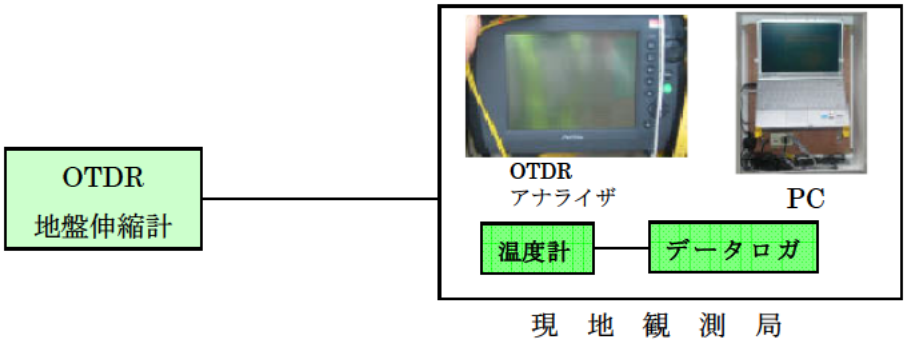


図 4-27　裏山地区における配線系統

(2)　設置状況

センサ設置状況



写真 4-32　設置状況

写真右側は OTDR 式地盤伸縮計収納箱。

ワイヤ部分は炭素繊維ケーブルを用いて保護管 VU15～20 に通し、地中敷設とした。

ワイヤは OTDR センサおよびフレキシブル変位計に接続した。



写真 4-33　ワイヤ設置状況

冬期間の積雪対策として変位計測部を地中埋設した。




写真 4-34（左）、写真 4-35（右）

併設された従来型地盤伸縮計（オサシ・テクノス製）

OTDR 式地盤伸縮計の変位量と比較のため従来型地盤伸縮計を併設した。




写真 4-36（左）、写真 4-37（右）　現地観測局の状況

制御盤内に OTDR アナライザおよび PC を設置し、変位量を集積した。

温度変化に対応するため、サーモスタット付ヒータを設置した。



写真 4-38　冬期間の裏山地区全景



写真 4-39　観測局の状況

従来型地盤伸縮計は積雪により変位に若干の影響を受けるが、OTDR 式地盤伸縮計は地中敷設となるため、積雪の影響はほとんど認められない。

4.3.4.3.　観測状況

○自動観測期間：平成 19 年 11 月 29 日～平成 20 年 3 月 31 日

使用機器を表 4-3 に示す。

現地に OTDR 式地盤伸縮計、従来型地盤伸縮計及び観測局を設置して自動観測を実施した。自動観測には開発した監視システムを用いて 1 時間毎にデータを集積した。温度変動による計測誤差を低減するために OTDR アナライザ用制御盤内にサーモスタット付ヒータ等を設置し、設定温度を 20℃とし、盤内温度に対して温度センサを用いて 1 時間毎の計測を行った。

なお、センサは改良型(Ver3)を設置した。

表 4-3　　使用機器一覧

使用機器	メーカおよび型式
センサ	土研製：OTDR 式地盤伸縮計（改良型 Ver.3）
OTDR アナライザ	アンリツ製：MW9076B
ch セレクタ	アンリツ製：MU960001A
伸縮計ワイヤ	興和製：CFCC
従来型センサ	オサシ・テクノス製：SLG-30

4.3.4.4. 観測結果

従来型地盤伸縮計による地上設置は積雪の影響により冬期間の観測が難しく、欠測が生じたり、大がかりな防雪施設が必要となる。OTDR 光ファイバ方式地盤伸縮計においては前述したようにインバー線部分を地中敷設とすることにより、冬期間においても支障なく連続観測を実施することが可能となる。裏山地区では冬期間の OTDR 光ファイバ方式地盤伸縮計による計測状況の検証を実施した。

裏山地区での自動観測は平成 19 年 11 月 29 日～平成 20 年 3 月 31 日の冬期間となる。この期間の裏山地区では 12～3 月間を通して積雪が認められる（写真-38,39 参照）。観測期間の積雪は概ね 0.3～1.0m 程度で例年に比べ少雪となっているが、斜面法尻（人工斜面）での積雪が多く部分的に 1.0m を超している。

期間における OTDR 光ファイバ方式地盤伸縮計は異常値や欠測は認められず、安定した観測が実施されている。積雪の多い地域では地上設置の地盤伸縮計の計測値に異常データが多く認められることから、OTDR 光ファイバ方式地盤伸縮計を用いた地中敷設は積雪に影響なく観測できることが実証されたものと判断される。

また、参考までに裏山地区で得られた OTDR 式地盤伸縮計、従来型地盤伸縮計と室内温度の観測結果を図 4-28 に示す。OTDR 式伸縮計観測の結果、変位量は-0.6～6.1mm の範囲を変動しており、相対的に引張側に 0.5mm 程度累積変位している（図示した直線近似線参照）。また、ODTR 式地盤伸縮計と同じワイヤに接続されたフレキシブル変位計においても同等の変位を記録している。これに対して地表部に併設した従来型地盤伸縮計には変位は認められない。

OTDR 式伸縮計の変位量は、気温との相関性が高く認められ、特に OTDR アナライザの温度依存性が高いことがこれまでの研究で指摘されている。裏山地区では、スポット観測におけるシステムの適応性を確認するため、センサ部脇に監視局を設置し、監視局制御盤内にサーモスタット付ヒータを設置した。結果としては、制御盤内の温度が変動幅 10℃以上と安定せず、前述したように OTDR 式伸縮計の変位量は 7mm 程度の変位幅を示し、現段階では計測値の温度による変動を抑えることはできなかった。これは制御盤が鋼製で狭く、外気の温度の影響を受けやすいためと判断される。このため、OTDR アナライザは空調の整備された（室内温度をできる限り一定にできる）室内に設置することが望ましい。

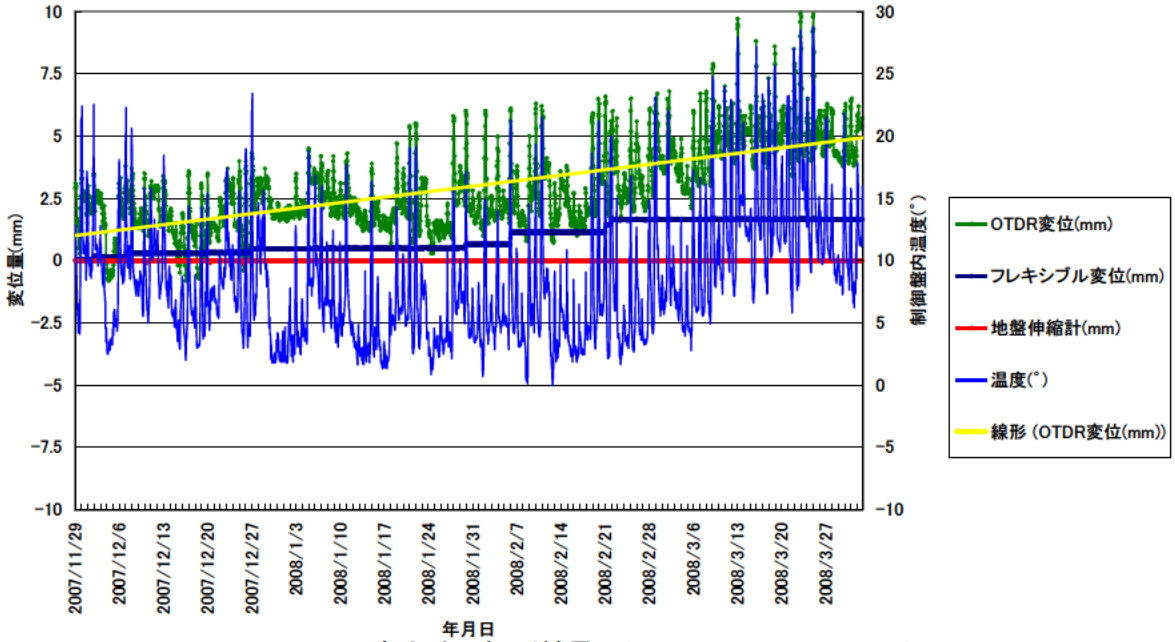


図 4-28　裏山地区観測結果図(H19/11/29～H20/3/31)

＜参考文献＞

1）野崎保、田川義弘：人為的バレーバルジング，日本地すべり学会誌，第 40 巻，第 6 号，pp1-9，2004.

4.4. 設置観測に関する概算費用

ここでは、従来式の地盤伸縮計による自動モニタリングと OTDR 式地盤伸縮計のモニタリングの設置観測費について整理する。

概算費用算定のベースとなるモニタリングシステムの内容および観測条件は以下の通りである。

価格算定の基となる単価表については、巻末に添付した（巻末資料 1)。また、電通業務および観測業務を想定した特記仕様書案についても、それぞれ巻末に添付した（巻末資料 2)。

概算費用算定条件

＜共通事項＞

- 監視局において、観測値のグラフ表示（累積変位量、時間変位量など）および観測値の数値表示が可能である。
- 地すべり地内の配線については転がし配線とする。
- 概算費用は、直接費（材料費および人件費）での算定を行う。

＜OTDR 式地盤伸縮計に関する事項＞

- 地すべり地と監視局間については、既設光ファイバ網を利用する。
- 使用する地盤伸縮計は 1 台当たりのフルスケールが 100mm である。

＜従来型地盤伸縮計＞

- ネットワーク対応型センサとする。
- 通信は NTT 回線による ADSL とする。
- 電源については、自営柱 1 本で配線可能とする。

(1)　複数地区の地すべり地のモニタリングを行う場合

ダム貯水池の地すべりや、道路近傍に連続する複数地区の地すべりを観測する場合の費用比較を行った。比較を行ったモニタリングシステムのイメージを図 4-29 および図 4-30 に示す。

OTDR 式モニタリングシステムと従来式モニタリングシステムの大きな違いは、電源および通信方法にある（表 4-4 参照）。

表 4-4　電源・通信に関するシステムの違い

	OTDR 式モニタリングシステム	従来式モニタリングシステム
電源	観測局 1 箇所で対応 観測局内のコンセントから供給	各観測点（地すべり地）に必要 各地区に自営柱を設置し電力柱より供給
通信	既設光ファイバ網を利用	NTT など既往通信インフラを利用

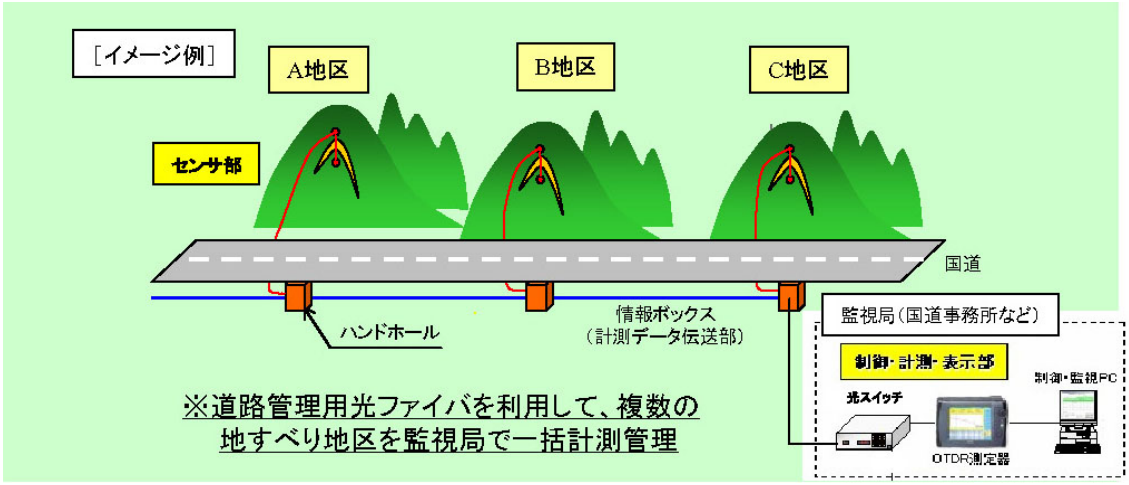


図 4-29　複数地区観測のイメージ図（OTDR 式モニタリング）

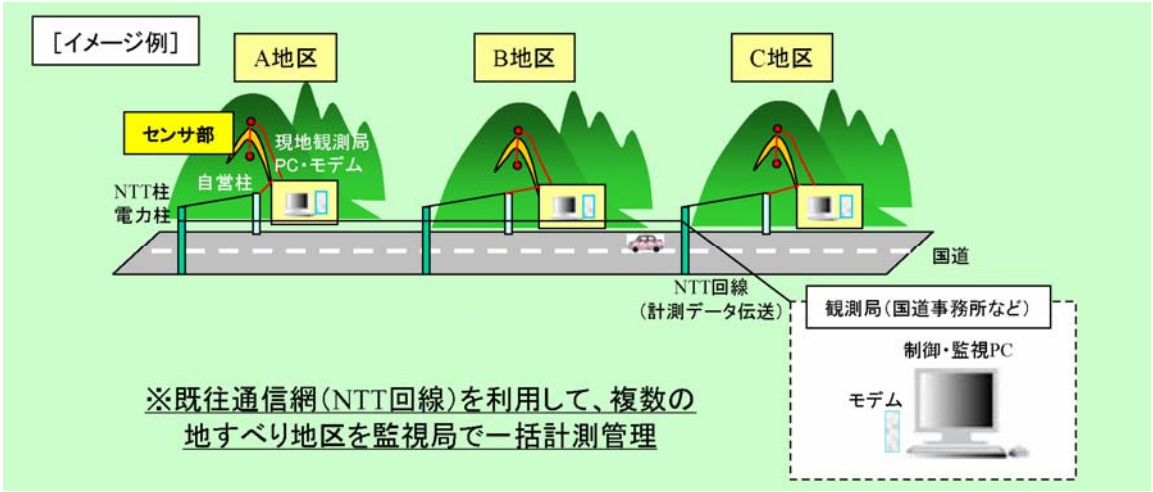


図 4-30　複数地区観測のイメージ図（従来式モニタリング）

なお各地区の地盤伸縮計は 1 台と仮定した。

費用を算出し、比較を行った結果、表 4-5、図 4-31 に示すように、3 地区以上の観測では、OTDR 式が安価となる。

表 4-5　複数地区観測の場合の比較

単位（千円）

	従来電気式	OTDR光ファイバ方式	差額（OTDR-従来）
1地区	1,795	3,100	1,305
2地区	3,240	3,796	556
3地区	**4,685**	**4,493**	**-192**
4地区	**6,130**	**5,189**	**-941**
5地区	**7,575**	**5,885**	**-1,690**

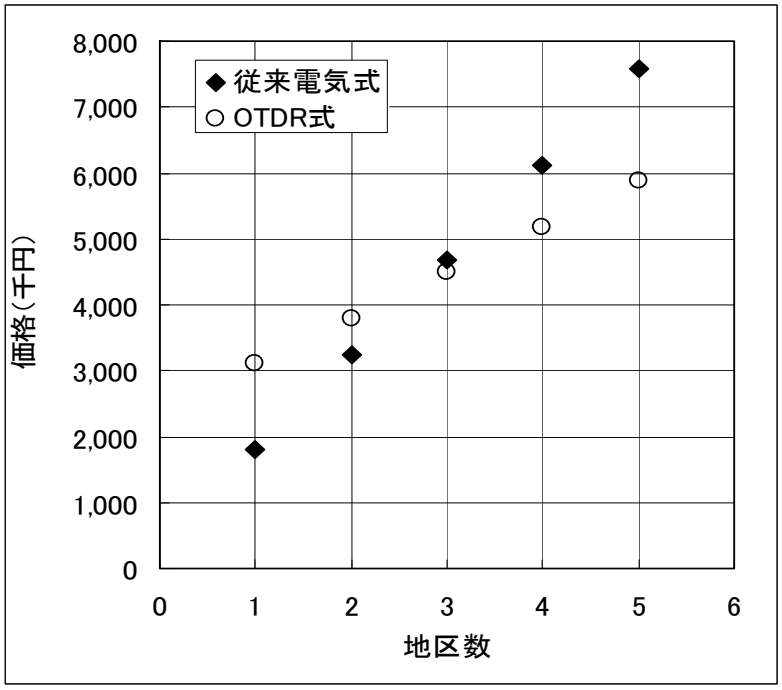


図 4-31　複数地区観測の場合の費用比較

(2)　1 地すべり地区におけるセンサ台数と観測期間による費用の整理

図 4-32 に示すような、1 箇所の地すべり地に複数の地盤伸縮計を設置観測する場合の費用比較結果を示す。

なお、この比較には従来式で懸念される雷サージによる欠測リスクや部品の交換費用については見込んでいない。

この場合には、表 4-6 に示すように 10 台設置し 9 年以上測定した場合に、OTDR 式が割安となる。

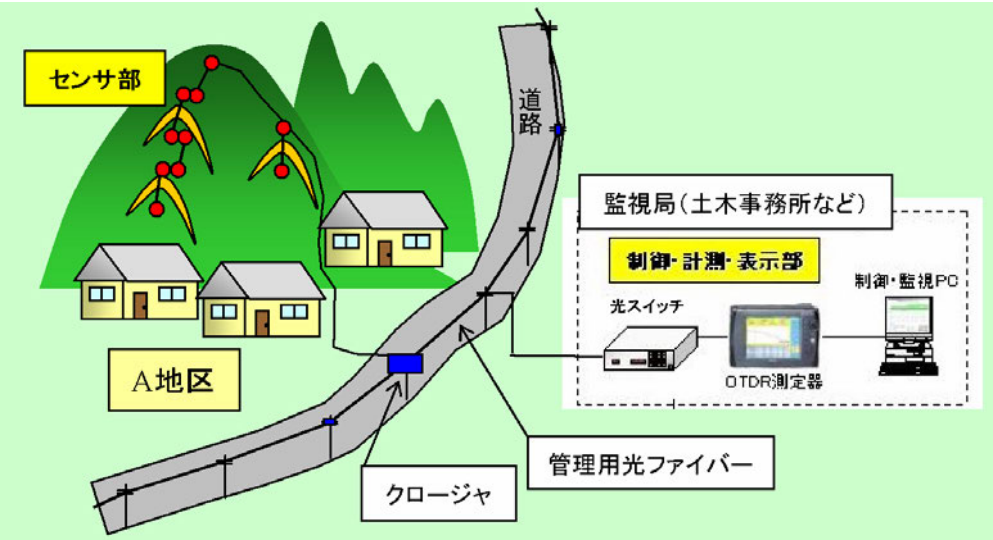


図 4-32　1 地区における複数センサの観測イメージ図

表 4-6　1 地区の地すべり地に複数台の地盤伸縮計を設置観測した場合

従来電気方式　　単位　千円

年数	1年あたり	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
観測+資料整理（1台あたり）	181	181	362	543	724	904	1,085	1,266	1,447	1,628	1,809
通信費	58	58	116	175	233	291	349	407	466	524	582
設置台数											
1	1,775	2,014	2,254	2,493	2,732	2,971	3,210	3,449	3,688	3,927	4,166
2	2,139	2,559	2,978	3,398	3,818	4,238	4,658	5,078	5,498	5,918	6,338
3	2,502	3,103	3,703	4,304	4,905	5,506	6,107	6,708	7,309	7,909	8,510
4	2,865	3,647	4,428	5,210	5,992	6,774	7,555	8,337	9,119	9,901	10,682
5	3,228	4,191	5,153	6,116	7,079	8,041	9,004	9,966	10,929	11,892	12,854
6	3,591	4,735	5,878	7,022	8,165	9,309	10,452	11,596	12,739	13,883	15,026
7	3,954	5,279	6,603	7,928	9,252	10,576	11,901	13,225	14,550	15,874	17,198
8	4,317	5,823	7,328	8,833	10,339	11,844	13,349	14,855	16,360	17,865	19,371
9	4,681	6,367	8,053	9,739	11,425	13,112	14,798	16,484	18,170	19,856	21,543
10	5,044	6,911	8,778	10,645	12,512	14,379	16,246	18,113	19,980	21,847	23,715

OTDR方式

年数	1年あたり	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
観測+資料整理（1台あたり）	181	181	362	543	724	904	1,085	1,266	1,447	1,628	1,809
通信費											
設置台数											
1	3,085	3,266	3,447	3,628	3,809	3,989	4,170	4,351	4,532	4,713	4,894
2	3,361	3,722	4,084	4,446	4,808	5,169	5,531	5,893	6,255	6,617	6,978
3	3,636	4,179	4,722	5,264	5,807	6,350	6,892	7,435	7,978	8,520	9,063
4	3,912	4,635	5,359	6,082	6,806	7,530	8,253	8,977	9,700	10,424	11,147
5	4,187	5,092	5,996	6,901	7,805	8,710	9,614	10,519	11,423	12,327	13,232
6	4,463	5,548	6,634	7,719	8,804	9,890	10,975	12,060	13,146	14,231	15,316
7	4,739	6,005	7,271	8,537	9,804	11,070	12,336	13,602	14,868	16,135	17,401
8	5,014	6,461	7,909	9,356	10,803	12,250	13,697	15,144	16,591	18,038	19,485
9	5,290	6,918	8,546	10,174	11,802	13,430	15,058	16,686	18,314	19,942	21,570
10	5,566	7,374	9,183	10,992	12,801	14,610	16,419	18,228	20,037	21,845	23,654

10 台設置、9 年以上の観測で従来式より安くなる

5. まとめ

本研究は、光ファイバ回線の敷設・保守、光ファイバの製造・検査などで一般的に使用されている OTDR（Optical Time Domain Reflectometer）という低価格な測定器に着目し、光ファイバを利用した地すべりモニタリングシステムの開発を行ったものである。

(1) 光ファイバシステムの特徴

当システムにおいて、光ファイバは変位検出センサおよび伝送ケーブルに用いられる。光ファイバは、誘電雷や電磁波ノイズの影響を受けない特長があり、また、1 本の光ケーブルで複数のセンサを計測することが可能である。本システムでは、光ケーブルをループ状に展開し、変位検出センサに接続することも可能であり、その場合、ケーブルが 1 箇所で破損した場合にも継続してデータを取得することができる。仮に 2 箇所でケーブルの破損が生じたとしても、損傷箇所が特定できるため、電気式の地盤伸縮計を使用した場合に比べ、計測ケーブル損傷のリスクやケーブルの敷設および補修に対する労力が低減できる。

なお、光ファイバ 1 ラインあたりの最大センサ台数は 5 台である。

(2) 変位センサおよび OTDR の温度依存性への対応

5mm フルスケールの初期型センサに対し、本研究では、まず、100mm フルスケールへの改良を行い（改良型 Ver.1）、その後、センサの小型化を行った（改良型 Ver.2）。

本共同研究では、計測精度±2mm を目標としたが、室内実験や現場計測により、センサおよび OTDR 測定器には温度依存性があることが判明した。センサ部については、実験により、インバー線の引張り量を光ファイバの曲げ損失に変換する機構部分について温度の影響（材質の線膨張係数の不一致）が大きいことが判明したため、改良型（Ver.3）によって、光ファイバを金属に接触させない方法によりセンサの温度依存性を低減したが、観測結果では明瞭な効果は確認できなかった。

OTDR については、センサ以上に温度依存性の影響が大きいことが判明した。ここで、空調等により計測室の気温を一定に保つことで温度変化の影響を低減する方法を検討したが、現場計測により、空調による温度コントロールだけでは温度変化が残ることが判明した。このため、補正用に、センサとは別系統のリファレンスセンサを観測室に設け、キャリブレーションを行う方法を採用した。実験では、0～20℃の範囲では温度依存性を±0.05db 程度に抑制できたが、20～40℃の範囲では±0.2db 程度の温度依存性が生じた。このように、OTDR の温度依存性については課題が残った。

(3)計測実験

計測器の設置およびシステム稼動における課題を抽出するため、以下に示す現場において計測実験を行った。

① 静岡県錦ヶ浦地すべり

・計測器の設置・観測に関する課題の抽出

② 愛媛県柳瀬ダム宮前地区地すべり

・引張・圧縮が混在する、複数の地すべりブロックにおける観測

③ 静岡県口坂本地すべり

・耐雷性の確認

・波形データを連続取得

④ 新潟県裏山地区

・積雪地域における計測・維持管理

⑤ 土木研究所構内実験

・ハード、ソフトの動作確認

錦ヶ浦地すべりでは、気温変化に伴う観測値の変化が認められ、本システムを現場に導入する際に、センサの温度依存性を軽減することが課題として明らかになった。

口坂本地すべりにおいては、エアコンを稼動させた現地観測小屋において波形データを連続取得したものの、観測室内の温度変化が大きく、取得データが温度変化に連動する結果が得られた。耐雷性については、停電に伴う空調停止の影響（温度変化による観測値の変化）が一時生じたものの、システムの損傷やデータ異常は生じていない。

システムに関しては、土木研究所構内における自動計測システム動作確認実験の結果、ハード・ソフトともに問題は生じなかった。このため、平成 19 年 5 月より、柳瀬ダム宮前地区への自動監視システム導入を行った。

宮前地区では、柳瀬ダム管理事務所に OTDR を設置しており、現地との伝送距離は約 2.5km である。宮前地区では OTDR を空調設備の整った計測室内に設置できたこともあり、計測結果は、温度依存性による計測値のブレが概ね 2mm 以内に収まる結果が得られた。

裏山地区では積雪地域における計測を行った。裏山地区ではインバー線部分を予め地中に埋設することで、積雪荷重の影響を避けることができた。その一方で、OTDR を現地に設置した制御盤内に収納し計測を行ったことから、温度変化に伴う計測値のブレが発生した。

これら宮前地区、裏山地区の結果から、±2mm 程度の計測精度を確保するためには、宮前地区のように、OTDR を温度変化の少ない室内に設置することが望ましいといえる。

(4)今後の課題

本システムでは、センサをはじめ、システムの改良を継続的に行っており、センサ改良型 Ver.3 を現場に設置したのは、平成 19 年 11 月以降である。

このように、気温の高い時期のデータが十分得られていないことから、平成 20 年度も引き続きデータを取得する必要があり、共同研究期間終了後も共同研究者によるフォローアップ活動を継続する予定である。

謝辞

本共同研究を実施するにあたり、現場計測実験では、それぞれ管理者や現場計測を実施しているコンサルタントの方々に大変お世話になった。

柳瀬ダム宮前地区では、国土交通省吉野川ダム統合管理事務所の関係各位に便宜を図っていただいた。また、新潟県裏山地区においては東日本高速道路株式会社（NEXCO 東日本）新潟支社の関係各位に便宜を図っていただいた。静岡県錦ヶ浦地区では静岡県熱海土木事務所、口坂本地区は静岡県静岡土木事務所の関係各位にそれぞれ便宜を図っていただいた。

また、従来型地盤伸縮計の計測データの入手に際して、宮前地区ではニタコンサルタント株式会社、口坂本地区では日本工営株式会社静岡営業所の関係各位にご協力いただいた。

ここに、深く御礼申し上げます。

研究成果の公表

本共同研究により開発した技術については、学会発表や展示等による研究成果の公表を行うことで、技術の普及促進を図る。

①*北陸技術交流テクノフェア 2007*

（平成 19 年 10 月 18 日～19 日：福井県福井市）

「光ファイバセンサを用いた斜面監視システム」を展示

②*Korea-Japan Joint Workshop for Eco-friendly construction of geo-structure*

（平成 20 年 1 月 22 日：韓国、高陽市）

「Development of new type sensor using optical fiber」を発表

③*European Geosciences Union General Assembly 2008*

（平成 20 年 4 月 14 日～17 日：オーストリア、ウィーン）

「Development of landslide monitoring system by use of optical fiber extensometer and its field applications」（発表予定）

④*第 47 回（平成 20 年度）（社）日本地すべり学会研究発表会*

（平成 20 年 8 月 26 日～29 日、神奈川県箱根町）

「光ファイバセンサを活用した地すべりモニタリングシステム」（発表予定）

巻　末　資　料 1

（概算費用算出資料）

① 観測条件

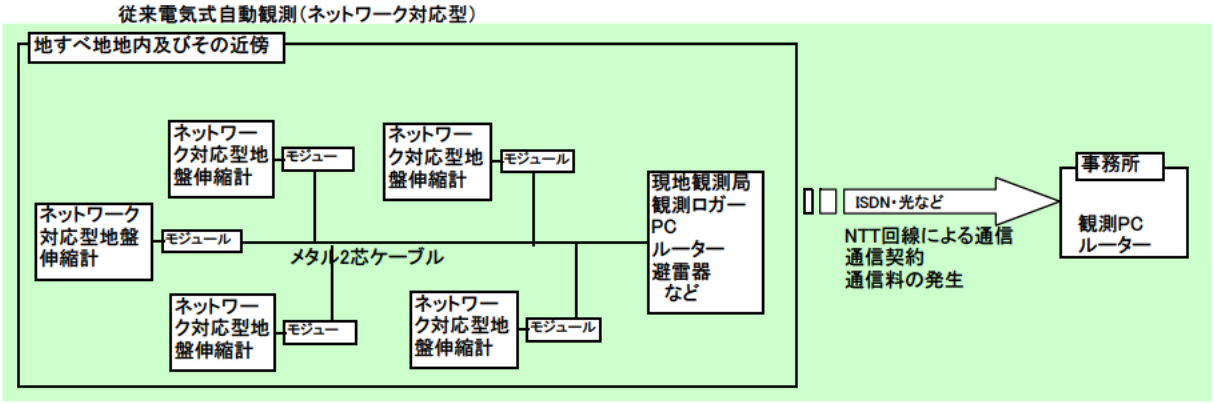
観測条件

自動観測。
事務所内でデータ確認可能。
伸縮計台数は1台～10台。1台の延長は積算基準の15m程度とする。
伸縮計の比較は従来の電気方式（ネットワーク対応型）とOTDR方式。
積算は設計業務等標準積算基準書（平成19年版　経済調査会）、電気設備工事積算実務マニュアル（2006年版　全日出版社）による。
市場単価が反映されているものについては、関東を用いる。

センサ ―― 現地観測局

最末端までのケーブル延長を200mと仮定する。
この200m間にセンサが増設されると仮定する。

従来電気式自動観測（ネットワーク対応型）



② OTDR 式システムの単価

OTDR方式　　機材を除く直接費計　561,272　機材込み合計　3,100,072

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	0.4	13,160	0.4	11,320	0.4	8,320	0.8	10,800	43,600	1基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.04	1,132	0.04	832		0	1,964	1基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.1	3,290	0.2	5,660	0.2	4,160		0	13,110	1基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				27,032		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4%	1回当り	79	円	79	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				131		設計業務等標準積算基準書
合計									85,916		

配線・融着関係　　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	940 円/m	188,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計1基　2箇所　観線箇所2箇所	複合単価	15,100 円/箇所	60,400		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　1箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	67,400	保安関係・高所作業単別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計2箇所	複合単価	6,120 円/箇所	12,240		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				328,040		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	0.5	16,450	1.0	28,300	1.0	20,800		0	65,550	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	1.0	28,300	1.0	20,800	2.0	27,000	76,100	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4%	1回当り	2,622	円	2,622		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4%	1回当り	3,044	円	3,044		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									147,316		

使用機材例

品　名	数量	単位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	1	台	135,000	135,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MD3XX（Win関係含む）	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費				2,538,800	1式当り

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

③　従来型システムの単価

従来電気方式

機材を除く直接費計　　**415,562** 機材込み合計　　1,795,310

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	0.4	13,160	0.4	11,320	0.4	8,320	0.8	10,800	43,600	1基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.04	1,132	0.04	832		0	1,964	1基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.1	3,290	0.2	5,660	0.2	4,160		0	13,110	1基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の　62%								27,032		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の　4% 1回当り　79 円								79	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の　1%								131		設計業務等標準積算基準書
合計									85,916		

配線・融着関係　　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	390 円/m	78,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計1基　2箇所　現地観測局　2箇所	複合単価	1,370 円/箇所	5,480	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		35,200	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	11,700	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局1箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	12,420	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39,530 円/箇所	39,530		
合計				182,330		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	0.5	16,450	1.0	28,300	1.0	20,800		0	65,550	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	1.0	28,300	1.0	20,800	2.0	27,000	76,100	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の　4% 1回当り　2,622 円								2,622		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の　4% 1回当り　3,044 円								3,044		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									147,316		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	1	台	197,000	197,000	
モジュール	1	台	42,000	42,000	
ネットワーク対応型データロガー　TC-35N　(ACアダプタ含む)	1	台	302,200	302,200	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ　PC-MM26X　RAM増設含む)	2	台	108,369	216,738	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	2	台	24,800	49,600	
RS-232C増設ボード　RSA-PCI2	2	台	14,800	29,600	
RS-232Cケーブル　CR5531	2	組	8,600	17,200	
ISDNルータ　RT57i	2	台	33,880	67,760	
アレスタ　CN226-24	1	台	11,000	11,000	
無停電電源ユニット　BN50XS	1	台	41,800	41,800	
2芯ケーブル	200	m	200	40,000	
現地観測局	1	台	200,000	200,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモア12Mタイプ	1	回線	4,850	4,850	1年58,200円
現場機材費				1,379,748	1式当り

④1 地区での観測費用（1 地区×1 台）

OTDR方式

機材を除く直接費計　**561,272** 機材込み合計　3,100,072

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500		（円）		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	0.4	13,160	0.4	11,320	0.4	8,320	0.8	10,800	43,600	1基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.04	1,132	0.04	832		0	1,964	1基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.1	3,290	0.2	5,660	0.2	4,160		0	13,110	1基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				27,032		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		79 円		79	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				131		設計業務等標準積算基準書
合計									85 916		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	940 円/m	188,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計1基　2箇所　親線箇所2箇所	複合単価	15,100 円/箇所	60 400		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　1箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	67 400	保安関係・高所作業車別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計2箇所	複合単価	6,120 円/箇所	12 240		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				328,040		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
調整	0.5	16,450	1.0	28,300	1.0	20,800		0	65,550	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	1.0	28,300	1.0	20,800	2.0	27,000	76,100	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		2 622 円		2 622		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		3 044 円		3 044		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									147,316		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	1	台	135,000	135,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X（RAM増設含む）	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費			2,538,800	1 式当り	

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

従来電気方式

機材を除く直接費計　**415,562** 機材込み合計　1,795,310

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
設置	0.4	13,160	0.4	11,320	0.4	8,320	0.8	10,800	43,600	1基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.04	1,132	0.04	832		0	1,964	1基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.1	3,290	0.2	5,660	0.2	4,160		0	13,110	1基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				27,032		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		79 円		79	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				131		設計業務等標準積算基準書
合計									85,916		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	390 円/m	78,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計1基　2箇所　現地観測局　2箇所	複合単価	1,370 円/箇所	5,480	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		35,200	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	11,700	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局1箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	12,420	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39,530 円/箇所	39,530		
合計				182,330		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
調整	0.5	16,450	1.0	28,300	1.0	20,800		0	65,550	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	1.0	28,300	1.0	20,800	2.0	27,000	76,100	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		2,622 円		2,622		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		3,044 円		3,044		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									147,316		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	1	台	197,000	197,000	
モジュール	1	台	42,000	42,000	
ネットワーク対応型データロガー TC-32N　　ACアダプタ含む）	1	台	302,200	302,200	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X　RAM増設含む）	2	台	108,369	216,738	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	2	台	24,800	49,600	
RS-232C増設ボード　RSA-PCI2	2	台	14,800	29,600	
RS-232Cケーブル　CR5531	2	組	8,600	17,200	
ISDNルータ　RT57i	2	台	33,880	67,760	
アレスタ　CN226-24	1	台	11,000	11,000	
無停電電源ユニット　BN50XS	1	台	41,800	41,800	
2芯ケーブル	200	m	200	40,000	
現地観測局	1	台	200,000	200,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモア12Mタイプ	1	回線	4,850	4,850	1年58,200円
現場機材費			1,379,748	1 式当り	

⑤　2 地区での観測費用（2 地区×1 台）

OTDR方式

機材を除く直接費計　**1,122,543** 機材込み合計　3,796,343

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	0.8	26,320	0.8	22,640	0.8	16,640	1.6	21,600	87,200	2基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.08	2,264	0.08	1,664		0	3,928	2基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.2	6,580	0.4	11,320	0.4	8,320		0	26,220	2基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				54,064		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		157 円		157	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				262		設計業務等標準積算基準書
合計									171 831		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用 補正係数1.0	複合単価	940 円/m	376,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計2基　4箇所　親線箇所4箇所	複合単価	15,100 円/箇所	120,800		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　2箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	134,800	保安関係・高所作業車別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計4箇所	複合単価	6,120 円/箇所	24 480		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				656 080		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	10	32 900	20	56 600	20	41 600		0	131 100	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	20	56 600	20	41 600	40	54 000	152 200	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		5,244 円		5,244		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		6 088 円		6 088		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									294 632		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	2	台	135,000	270,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC-MK26K（8 M間設含む）	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費				2,673,800	1 式当り

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

従来電気方式

機材を除く直接費計　**831,123** 機材込み合計　3,240,170

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	0.8	26,320	0.8	22,640	0.8	16,640	1.6	21,600	87,200	2基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.08	2,264	0.08	1,664		0	3,928	2基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.2	6,580	0.4	11,320	0.4	8,320		0	26,220	2基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				54,064		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		157 円		157	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				262		設計業務等標準積算基準書
合計									171,831		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用 補正係数1.0	複合単価	390 円/m	156,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計2基　4箇所　現地観測局　4箇所	複合単価	1,370 円/箇所	10,960	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		70,400	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	23,400	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局2箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	24,840	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39 530 円/箇所	79,060		
合計				364,660		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	1.0	32,900	2.0	56,600	2.0	41,600		0	131,100	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	2.0	56,600	2.0	41,600	4.0	54,000	152,200	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		5,244 円		5,244		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		6,088 円		6,088		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									294,632		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	2	台	197,000	394,000	
モジュール	2	台	42,000	84,000	
ネットワーク対応型データロガー TC-35N　ACアダプタ含む）	2	台	302,200	604,400	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC-MK26K　8 M間設含む）	3	台	108,369	325,107	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	3	台	24,800	74,400	
RS-232C増設ボード RSA-PCI2	3	台	14,800	44,400	
RS-232Cケーブル CR5531	3	組	8,600	25,800	
ISDNルータ RT57i	3	台	33,880	101,640	
アレスタ　CN226-24	2	台	11,000	22,000	
無停電電源ユニット BN50XS	2	台	41,800	83,600	
2芯ケーブル	400	m	200	80,000	
現地観測局	2	台	200,000	400,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモア12Mタイプ	2	回線	4,850	9,700	1年58,200円
現場機材費				2,409,047	1 式当り

⑥　3地区での観測費用（3地区×1台）

OTDR方式

機材を除く直接費計　**1,683,815** 機材込み合計　4,492,615

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500		（円）		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	1.2	39,480	1.2	33,960	1.2	24,960	2.4	32,400	130,800	3基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0 12	3 396	0 12	2 496		0	5 892	3基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0 3	9 870	0 6	16 980	0 6	12 480		0	39 330	3基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				81 096		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		236 円		236	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				393		設計業務等標準積算基準書
合計									257 747		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	940 円/m	564,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計3基　6箇所　親線箇所6箇所	複合単価	15,100 円/箇所	181 200		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　3箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	202 200	保安関係・高所作業車別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計6箇所	複合単価	6,120 円/箇所	36 720		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				984,120		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
調整	1.5	49,350	3.0	84,900	3.0	62,400		0	196,650	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	3.0	84,900	3.0	62,400	6.0	81,000	228,300	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		7 866 円		7 866		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		9 132 円		9 132		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									441,948		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	3	台	135,000	405,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X (RAM増設含む)	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費			2,808,800	1 式当り	

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

従来電気方式

機材を除く直接費計　**1,246,685** 機材込み合計　4,685,031

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
設置	1.2	39,480	1.2	33,960	1.2	24,960	2.4	32,400	130,800	3基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.12	3,396	0.12	2,496		0	5,892	3基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.3	9,870	0.6	16,980	0.6	12,480		0	39,330	3基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				81,096		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		236 円		236	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				393		設計業務等標準積算基準書
合計									257,747		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	390 円/m	234,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計3基　6箇所　現地観測局　6箇所	複合単価	1,370 円/箇所	16,440	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		105,600	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	35,100	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局3箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	37,260	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39,530 円/箇所	118,590		
合計				546,990		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500		金額		
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	（円）		
調整	1.5	49,350	3.0	84,900	3.0	62,400		0	196,650	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	3.0	84,900	3.0	62,400	6.0	81,000	228,300	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		7,866 円		7,866		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		9,132 円		9,132		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									441,948		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	3	台	197,000	591,000	
モジュール	3	台	42,000	126,000	
ネットワーク対応型データロガー TC-35N　(ACアダプタ含む)	3	台	302,200	906,600	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X　RAM増設含む)	4	台	108,369	433,476	
15インチTFTモニタ ALL1511wm	4	台	24,800	99,200	
RS-232C増設ボード RSA-PCI2	4	台	14,800	59,200	
RS-232Cケーブル CR5531	4	組	8,600	34,400	
ISDNルータ RT57i	4	台	33,880	135,520	
アレスタ　CN226-24	3	台	11,000	33,000	
無停電電源ユニット BN50XS	3	台	41,800	125,400	
2芯ケーブル	600	m	200	120,000	
現地観測局	3	台	200,000	600,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモア12Mタイプ	3	回線	4,850	14,550	1年58,200円
現場機材費			3,438,346	1 式当り	

⑦　4 地区での観測費用（4 地区×1 台）

OTDR方式

機材を除く直接費計　**2,245,087** 機材込み合計　5,188,887

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	1.6	52,640	1.6	45,280	1.6	33,280	3.2	43,200	174,400	2基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.16	4,528	0.16	3,328		0	7,856	2基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.4	13,160	0.8	22,640	0.8	16,640		0	52,440	2基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				108,128		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		314 円		314	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				524		設計業務等標準積算基準書
合計									343,663		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	940 円/m	752,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計4基　8箇所　親線箇所8箇所	複合単価	15,100 円/箇所	241,600		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　4箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	269,600	保安関係・高所作業車別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計8箇所	複合単価	6,120 円/箇所	48,960		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				1,312,160		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	2.0	65,800	4.0	113,200	4.0	83,200		0	262,200	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	4.0	113,200	4.0	83,200	8.0	108,000	304,400	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		10,488 円		10,488		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		12,176 円		12,176		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									589,264		

使用機材例

品　名	数　量	単　位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	4	台	135,000	540,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X (OS 初期設定含む)	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費				2,943,800	1 式当り

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

従来電気方式

機材を除く直接費計　**1,662,247** 機材込み合計　6,129,892

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	1.6	52,640	1.6	45,280	1.6	33,280	3.2	43,200	174,400	4基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.16	4,528	0.16	3,328		0	7,856	4基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.4	13,160	0.8	22,640	0.8	16,640		0	52,440	4基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の				62%				108,128		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の				4% 1回当り		314 円		314	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の				1%				524		設計業務等標準積算基準書
合計									343,663		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用　補正係数1.0	複合単価	390 円/m	312,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計4基　84箇所　現地観測局　8箇所	複合単価	1,370 円/箇所	21,920	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		140,800	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	46,800	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局4箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	49,680	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39,530 円/箇所	158,120		
合計				729,320		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	2.0	65,800	4.0	113,200	4.0	83,200		0	262,200	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	4.0	113,200	4.0	83,200	8.0	108,000	304,400	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の				4% 1回当り		10,488 円		10,488		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の				4% 1回当り		12,176 円		12,176		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									589,264		

使用機材例

品　名	数　量	単　位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	4	台	197,000	788,000	
モジュール	4	台	42,000	168,000	
ネットワーク対応型データロガー TC-3 N　(ACアダプタ含む)	4	台	302,200	1,208,800	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC MV26X　(OS 初期設定含む)	5	台	108,369	541,845	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	5	台	24,800	124,000	
RS-232C増設ボード RSA-PCI2	5	台	14,800	74,000	
RS-232Cケーブル CR5531	5	組	8,600	43,000	
ISDNルータ　RT57i	5	台	33,880	169,400	
アレスタ　CN226-24	4	台	11,000	44,000	
無停電電源ユニット BN50XS	4	台	41,800	167,200	
2芯ケーブル	800	m	200	160,000	
現地観測局	4	台	200,000	800,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモデ12Mタイプ	4	回線	4,850	19,400	1年58,200円
現場機材費				4,467,645	1 式当り

⑧　5 地区での観測費用（5 地区×1 台）

OTDR方式

機材を除く直接費計　**2,806,358** 機材込み合計　5,885,158

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	2 0	65 800	2 0	56 600	2 0	41 600	4 0	54 000	218 000	5基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0 2	5 660	0 2	4 160		0	9 820	5基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0 5	16 450	1 0	28 300	1 0	20 800		0	65 550	5基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の			62%					135,160		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の			4% 1回当り		393 円			393	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の			1%					656		設計業務等標準積算基準書
合計									429 578		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用 補正係数1.0	複合単価	940 円/m	940,000	SM　2芯	電気設備工事積算実務マニュアル
成端接続	地すべり地　伸縮計5基　10箇所　親線箇所10箇所	複合単価	15,100 円/箇所	302,000		電気設備工事積算実務マニュアル
直線接続	クロージャ部　同時施工分岐なし　5箇所　20テープ以下	複合単価	67,400 円/箇所	337,000	保安関係・高所作業車別途計上	電気設備工事積算実務マニュアル
伝送損失測定	地すべり地　事務所　計10箇所	複合単価	6,120 円/箇所	61 200		電気設備工事積算実務マニュアル
合計				1 640 200		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32 900		28 300		20 800		13 500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	2 5	82 250	5 0	141 500	5 0	104 000		0	327 750	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	5 0	141 500	5 0	104 000	10 0	135 000	380 500	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の			4% 1回当り		13 110 円			13 110		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の			4% 1回当り		15 220 円			15 220		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									736,580		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
OTDR式地盤伸縮計	5	台	135,000	675,000	
OTDRアナライザー	1	台	1,200,000	1,200,000	
光チャンネルセレクタ	1	台	720,000	720,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC-MT20X　(RAM増設含む)	1	台	109,000	109,000	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	1	台	24,800	24,800	
制御・観測プログラム	1	台	350,000	350,000	
現場機材費				3,078,800	1 式当り

事務所内の観測スペース（机、ラック）が必要な場合には別途計上

従来電気方式

機材を除く直接費計　**2,077,808** 機材込み合計　7,574,752

現地設置観測関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
設置	2.0	65,800	2.0	56,600	2.0	41,600	4.0	54,000	218,000	5基当り	設計業務等標準積算基準書
観測		0	0.2	5,660	0.2	4,160		0	9,820	5基1回あたり	設計業務等標準積算基準書
資料整理	0.5	16,450	1.0	28,300	1.0	20,800		0	65,550	5基1ヶ月当り	設計業務等標準積算基準書
設置材料費	設置・撤去人件費の			62%					135,160		設計業務等標準積算基準書
観測材料費	観測人件費の			4% 1回当り		393 円			393	月1回観測	設計業務等標準積算基準書
資料整理材料費	資料整理人件費の			1%					656		設計業務等標準積算基準書
合計									429,578		

配線・融着関係　＊複合単価＝材工合計単価

項目	適用			金額(円)	備考	適用歩掛
配線	屋外、サドル止めのため、コンクリート部分サドル止めを適用 補正係数1.0	複合単価	390 円/m	390,000	0.5mm^2 2P	電気設備工事積算実務マニュアル
ケーブル端子接続	地すべり地　伸縮計5基　10箇所　現地観測局　10箇所	複合単価	1,370 円/箇所	27,400	ネジ止め型	電気設備工事積算実務マニュアル
自営柱設置		複合単価		176,000	8m	
分電　開閉器類	メータ付き	複合単価	11,700 円/箇所	58,500	30A	電気設備工事積算実務マニュアル
接地棒	地すべり地　観測局5箇所　接地測定費含む	複合単価	12,420 円/箇所	62,100	単独　φ10mm×1500mm	電気設備工事積算実務マニュアル
接地用端子箱		複合単価	39 530 円/箇所	197,650		
合計				911,650		

観測プログラム調整・システム点検関係

種別	地質調査技師		主任地質調査員		地質調査員		普通作業員		合計金額（円）	摘　要	適用歩掛
単　価	32,900		28,300		20,800		13,500				
項　目	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)	人役	金額(円)			
調整	2.5	82,250	5.0	141,500	5.0	104,000		0	327,750	プログラム調整	歩掛なし　見積もり
点検		0	5.0	141,500	5.0	104,000	10.0	135,000	380,500	年1回点検　現地および事務所内	歩掛なし　見積もり
調整雑費	調整人件費の			4% 1回当り		13,110 円			13,110		設計業務等標準積算基準書を準用
点検雑費	点検人件費の			4% 1回当り		15,220 円			15,220		設計業務等標準積算基準書を準用
合計									736,580		

使用機材例

品　名	数 量	単 位	単　価	金　額	備　考
ネットワーク対応型伸縮計　NKLG-200A	5	台	197,000	985,000	
モジュール	5	台	42,000	210,000	
ネットワーク対応型データロガー TC-35N　(ACアダプタ含む)	5	台	302,200	1,511,000	
デスクトップ型パーソナルコンピュータ PC-MT20X　(RAM増設含む)	6	台	108,369	650,214	
15インチTFTモニタ　ALL1511wm	6	台	24,800	148,800	
RS-232C増設ボード RSA-PCI2	6	台	14,800	88,800	
RS-232Cケーブル CR5531	6	組	8,600	51,600	
ISDNルータ RT57i	6	台	33,880	203,280	
アレスタ　CN226-24	5	台	11,000	55,000	
無停電電源ユニット BN50XS	5	台	41,800	209,000	
2芯ケーブル	1000	m	200	200,000	
現地観測局	5	台	200,000	1,000,000	
観測制御プログラム	1	式	160,000	160,000	
通信費ADSLモア12Mタイプ	5	回線	4,850	24,250	1年58,200円
現場機材費				5,496,944	1 式当り

巻　末　資　料 2
（特記仕様書案）

光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング装置設置
特記仕様書（案）

（電通業務版）

平成〇〇年〇〇月

国土交通省〇〇地方整備局

〇〇事務所

第一章　総　則

第１条　適　用

本特記仕様書は、国土交通省〇〇地方整備局〇〇事務所において発注する「〇〇事務所管内　光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング装置工事」（以下「本工事」という。）に適用する。

第２条　概　要

本工事は、〇〇事務所管内に設置する「光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング装置」設置、調整を行うこととする。

第３条　遵守事項

本工事は、本特記仕様書によるほか、次の各号に掲げる法令規則等に準拠するものとし、本特記仕様書に明示されていない事項又は疑義が生じたときは、発注者と請負者が協議のうえ決定するものとし、請負者の一方的解釈によってはならない。

（１）電気通信設備工事共通仕様書　（以下「共通仕様書」という）　平成　--年--月
（２）電気通信設備施工管理の手引き　平成　--年--月
（３）その他関係法令規則等

第４条　工事の範囲

本工事の範囲は、契約書、本特記仕様書、添付図面並びに現場説明事項に基づき、次の各号に掲げる工事を行うものとする。

第５条　履行期間

本工事の履行期間は、「契約締結日の翌日から平成--年--月--日まで」とする。

第６条　施工場所

本工事の施工場所は、次のとおりとする

（１）----------　〇〇事務所管内

第７条　一般的義務

（１）請負者は、本工事の内容を十分理解し、本工事を遂行するに十分な経験を有する現場代理人を本工事に充てなければならない。
（２）現場代理人は、本工事施工中における連絡方法、連絡場所等を明らかにして、監督職員との連絡を密にしなければならない。

第８条　契約数量

本工事の数量は、別途工事数量総括表のとおりとし、これに変更が生じた場合は、契約変更の対象とする。

第二章　共　通

第９条　施工計画書

施工計画書の作成にあたっては、粉塵、濁水、騒音、振動、交通障害等により地域住民との摩擦、トラブルを極力防止するよう綿密に検討を行うものとする。

第１０条　監督職員

本工事は、下記により監督委託業務を実施する。

（１）　本工事は共通仕様書１－１－９（現場技術員）（以下「監督補助員」という。）によるものとする。

（２）本工事を担当する監督補助員の氏名は後日通知する。

第１１条　安全・訓練等実施

安全訓練等の実施については共通仕様書１－１－３２（工事中の安全確保）の規定によるものとする。

第１２条　施工体制台帳

（１）　請負者は、施工体制台帳を作成し工事現場に備えるとともに、監督職員に提出するものとする。なお、様式には監理技術者、主任技術者（下請負を含む）及び元請負の専門技術者（専任している場合のみ）の顔写真、氏名、生年月日、所属会社名を記載するものとする。

（２）　請負者は、監理技術者、主任技術者（下請負を含む）及び元請負の専門技術者（専任している場合のみ）に、工事現場内において、工事名、工期、顔写真、所属会社名及び社印の入った名札を着用させるものとする。

第１３条　提出図書

請負者は、次の各号に掲げる図書を同号に掲げる期日までに監督職員に提出するものとする。

（１）承諾を必要とする図書

ア．装置仕様に関する図書　　１部　契約締結後３０日以内

（２）承諾を必要としない図書

ア．完成図書（取扱説明書含む）　　１部　完成時

イ．試験成績書（工場、現地）　　１部　完成時

ウ．工事写真（完成写真含む）　　１部　完納時

エ．総合動作試験結果　　１部　完成時

第三章　装置構成及び仕様

第１４条　装置構成と仕様

（１）　装置構成は以下のとおりとする。

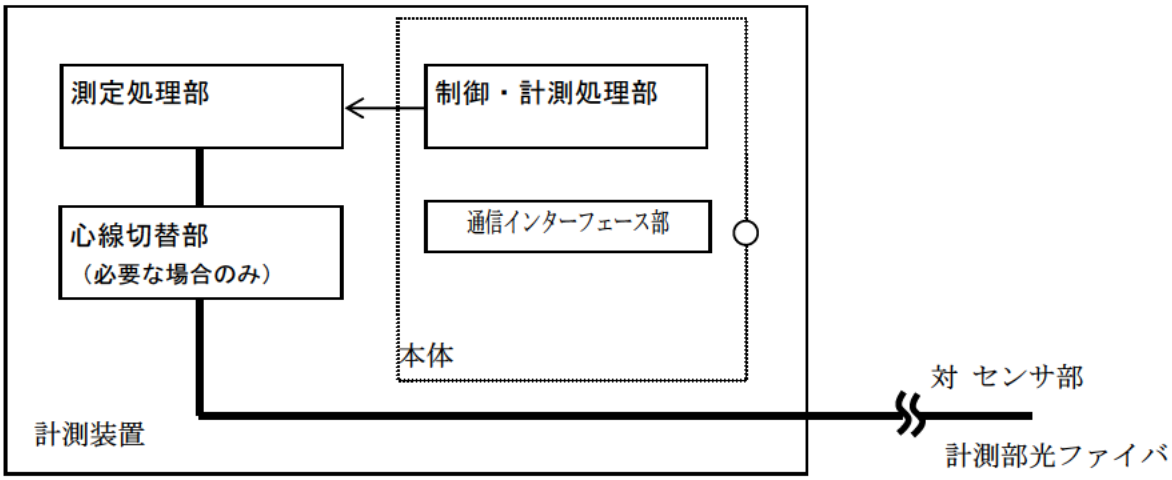


図 1.　計測装置構成

（２）　装置一式当たりの構成品目は次の通りとする。

	品　名	員数	備　考
1.	計測装置	１式	
-1	本体（制御・計測処理部、操作部、表示部、通信インタフェース部）	1	卓上据え置き構造を標準とし、自立架実装の場合は特記仕様書で指示する
-2	測定処理部	1	
-3	心線切替部	1	必要に応じて設置する 切替ポート数は特記仕様書で指示する
2.	センサ部	1 式	
-1	本体		特記仕様書で指示する
-2	設置用部材（電線管、固定ピン、接続ボックス、支柱、光ファイバ）		特記仕様書で指示する
3.	添付品	1 式	
-1	取扱説明書	1 部	
-2	試験成績書	1 部	

表 1.　装置構成品目

（３） 機能及び規格

1） 制御・計測処理部

制御・計測処理部は測定処理部及び心線切替部の初期設定及び測定処理部及び心線切替部の制御できる機能を有すること。また、センサ部から収集した情報の保存、経時変化図及び経時作表形式として表示ができる機能を有すること。

2） 通信インターフェイス部

通信インターフェイス部は外部機器（プリンタ、ルータ等）との信号送受信ができる機能を有する。

3） 測定処理部

測定処理部は光パルスを計測用光ファイバに入射し、光パルスの一部がレイリー散乱あるいはフレネル反射して戻ってきた光の強度を抽出する機能を有する。

4） 心線切替部

心線切替部は測定処理部と計測用光ファイバとの接続を切替える機能を有する。

5） センサ部

地盤の変位量を光強度に変換する機能を有すること。

（４） 各部の仕様

1）制御・計測処理部

① ＣＰＵ：32bit 以上
② クロック：1ＧＨｚ相当以上
③ メモリ：256ＭＢ以上
④ ハードディスク：18ＧＢ以上
⑤ 電源：ＡＣ100Ｖ

2）通信インターフェイス部

① 適応規格：ＩＥＥＥ802.3 準拠
② 伝送速度：10Mbps 又は 100Mbps

3）測定処理部

① 適合ファイバ：シングルモード 1.31μｍ零分散ファイバ
② 測定中心波長：1.55μｍ±0.03μｍ

4）心線切替部

① コネクタタイプ：ＳＣコネクタ又はＦＣコネクタ
② 切替ポート数　：　4 ポート（標準）
③ 挿入損失：2ｄＢ以下
④ 反射減衰量：40ｄＢ以上
⑤ ポート切替時間：最大 30 秒、標準 3 秒以下

5）センサ部

① 寸法：120×240×130（㎜）　以下
② 質量：2kg 以下

第四章　施　工

第１５条　一般事項

（１）本施工については、作業前に各装置の調整における施工詳細について、監督職員を含めて十分打合せを行うものとする。

（２）作業において、既設装置またはその他の施設に損傷を与えた場合は、全て請負者の負担おいて修理及び原形復旧するものとする。

第１６条　装置配置

装置等を構成する各装置の配置の詳細については施工図等の提出により監督職員の承諾を得るものとする。

第１７条　調整

本工事の調整にあたっては、主任技術者又は監理技術者を常駐させ対外折衝、技術及び工程の管理にあて、工事の円滑な遂行を図るとともにその方法、工程については予め計画書を作成し、十分な打合せを行い監督職員の承諾を得るほか、次の各号に留意して施工するものとする。

（１）請負者は、別途発注の関連業者と工事の連携をなし万全の処置を講ずるものとする。

（２）各装置の操作及び保守作業上、特に注意を要する箇所には取扱者が容易に理解できる方法で表示するものとする。

（３）単体試験及び総合試験を入念に行い、総合動作確認を監督職員の立ち会いのもとに行うものとする。

第１８条　作業内容の追加等

作業内容の追加がある場合は調査職員と協議するものとする。

光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング業務委託
特記仕様書（案）

（観測業務版）

平成〇〇年〇〇月

国土交通省〇〇地方整備局

〇〇事務所

光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング業務委託
特記仕様書（案）

第１条　適用範囲

本特記仕様書は、○○事務所の実施する「光測定式地盤伸縮計による地すべり地モニタリング業務委託」に適用する。

本業務に適用する共通仕様書は、「土木設計業務等共通仕様書　平成○○年○○月　○○地方整備局」（以下「共仕」という）とする。なお、今回の業務において必要なき部分については適用を除外する。

第２条　目的

地すべりに対しては、長期的に安定した観測が重要である。

そこで、本業務では、光を用いた地盤伸縮計を設置し、耐雷性の高い地すべり観測システムを構築するとともに、取得されるデータを整理解析し、地すべり地のモニタリングを行うことを目的とする。

第３条　管理技術者（or主任技術者）

管理技術者は、設計業務等の履行にあたり、技術士（総合技術監理部門（業務に該当する選択科目）又は業務に該当する部門）又はこれと同等の能力と経験を有する技術者、あるいはシビルコンサルティングマネージャー（以下「ＲＣＣM」という。）の資格保有者であり、日本語に堪能（日本語通訳が確保できれば可）でなければならない。なお、技術士、ＲＣＣM等については下記も満たすものとする。また、同種・類似業務の実績については、発注者としての総括調査業務又は主任調査業務（地方建設局委託業務等調査検査事務処理要領第４第一項）における実務経験も認める。

（１）平成１３年度以降の技術士試験合格者の場合には、７年以上の実務経験を有した上で業務に該当する部門に４年以上従事し、かつ同種・類似業務の実績を有する者。

（２）ＲＣＣMの場合には、同種・類似業務の実績を有する者。

（３）ＡＰＥＣエンジニア（日本国政府との間に相互承認取り決めを締結済みの相手国・地域における、業務に該当する部門での登録者）の場合には、業務に該当する部門に４年以上従事し、かつ同種・類似業務の実績を有する者。

第４条　担当技術者

１．「担当技術者」とは、主任技術者のもとで業務を担当するもので、請負者が定めたものをいう。

２．請負者は、業務の実施に当たって担当技術者を定める場合は、その氏名その他必要な事項を調査職員に提出するものとする。なお、担当技術者が複数にわたる場合は３名までとする。

３．担当技術者は設計図書に基づき、適正に業務を実施しなければならない。

第５条　照査技術者

照査技術者は、技術士（総合技術監理部門（建設、応用理学）又は建設部門、応用理学部門）又はこれと同等の能力と経験を有する技術者、あるいはＲＣＣM（建設もしくは応用理学）の資格保有者であり、下記に定める業務経験を有しなければならない。

（１）技術士（総合技術監理部門：建設、応用理学）

（２）技術士（建設部門、応用理学部門）で平成１３年度以前の合格者。

（３）技術士（建設部門、応用理学部門）で平成１４年度以降の合格者の場合には、７

年以上の実務経験を有した上で業務に該当する部門に４年以上従事し、かつ同種　　・類似業務の実績を有する者。

（４）APECエンジニア（Civil）の場合には、Civil部門に４年以上従事し、かつ同種・類似業務の実績を有する者。

（５）RCCM（シビルコンサルティングマネージャー）の場合には、同種・類似業務における管理技術者の実績を有する者。

第６条　業務内容

１．計画準備

本業務の目的・主旨を把握した上で、設計図書に示す業務内容を確認し、共通仕様書第〇〇条第〇〇項に示す事項について業務計画書を作成し調査職員に提出するものとする。

２．既存資料の収集整理

地すべり地のモニタリングシステムを構築するにあたり、光ファイバ網の整備状況や利用状況を整理し、使用可能な心線を抽出する。

またこれまでの地すべり変動を整理し、設置すべき地盤伸縮計の箇所数および設置場所について検討する。

３．地すべりモニタリングシステムの構築

以下の項目について実施する。

- 光測定式の地盤伸縮計の現地設置
- 既設光ファイバ線との接続
- 観測結果表示プログラムをインストールしたパーソナルコンピューターの事務所内設置
- 構築したシステムの現地、事務所間の通信状況について確認する。
- 操作マニュアルの作成

なお光測定式の地盤伸縮計についてはOTDR式とする。1基あたりの測定レンジは100㎜とし〇基設置し、2芯以上の光ファイバ線により、ループ結線により観測する。

これらの使用する機資材については監督職員の承諾を得る。

また構築するシステムについては新品全損とする。

４．観測結果の整理解析

観測により得られたデータは、温度変化とともに整理し、地すべり変動の有無について1ヶ月に1回整理解析する。

５．照査

構築したモニタリングシステムの通信状況、データ精度について照査する。

６．打合せ協議

本業務の打合せ協議については下記の時期に行い、打合せは〇〇事務所とする。

また、調査職員が必要と認めたときは追加実施する。

・業務開始時
・業務中間時
・成果納品時

７．報告書作成

本業務は電子納品対象業務とする。

電子納品とは、調査、設計、工事等の各業務段階の最終成果を「土木設計業務等の電子納品要領（案）［平成１６年８月］」〔以下「要領」という〕に示されたファイルフォーマットに基づいて作成された電子データで納品することを言う。

なお、書面において署名または押印が必要な場合や電子データ化が著しく困難と判断される一部の検査証明書の取り扱いについては、調査職員に確認するものとする。

また、下記項目について、業務開始時に調査職員と打合せを行い決定すること。

・電子納品の対象とする書類とファイル形式
・業務中の書類の取り扱い
・検査時の対応

第７条　成果品の提出

・電子データ　２部　（CD-R）
・検討システム１式　２部　（CD-R）
・その他調査職員の指示によるもの

成果の提出先は、○○事務所○○課とする。

第８条　再委託

契約書第○○条第○○項に規定する「主たる部分」とは「共仕」第○○条第○○項に示すほか、下記にあげるものとする。

①地すべりモニタリングシステムの構築
②観測結果表示プログラムのインストール
③取得データの整理解析

第９条　開発したシステムの使用権・著作権

本業務で設置したモニタリングシステムの権利は、請負者に帰属するものとし、使用権は○○事務所に帰属する。本条の内容については業務完了後も同様とする。

第１０条　疑義

管理技術者は、本特記仕様書に定めのない事項について疑義が生じた場合は、速やかに調査職員と協議して定めるものとする。