

土木研究所資料

地すべり地における長尺の挿入式孔内
傾斜計設置及び計測等に関するノウハウ

平成24年1月

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

Copyright © (2012) by P.W.R.I.

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

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

地すべり地における長尺の挿入式孔内 傾斜計設置及び計測等に関するノウハウ

地すべりチーム	上席研究員	武士 俊也
	研究員	阿部 大志
	交流研究員	本間 宏樹

要 旨：

地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアルが発刊され、約 1 年が経過した。このマニュアルに準拠して、数多くの現場で孔内傾斜計の計測が行われ始めているが、使用者から特に長尺の設置・計測について課題となるような意見が寄せられていた。こうした挿入式孔内傾斜計の実態を明らかにするために、技術実績を数多く有するコンサルタントおよび地質調査会社を対象に座談会を開き意見を聴取した。本資料は座談会で得られた長尺の挿入式孔内傾斜計の設置および計測等の現場事例に基づき、留意事項やノウハウをまとめたものである。

本資料は、必ずしもすべての現場に適用できるものではないが、現場の技術者の経験に基づいた貴重なアイデアを多く含んでおり、現場で活用されることを期待したい。

キーワード：地すべり、挿入式孔内傾斜計、長尺、充填材、パッカー、ガイド管、計測

目 次

1. まえがき	1
1-1 背 景	1
1-2 目 的	2
1-3 用 語	2
1-4 座談会の経緯と参加者	2
2. 全体工程と安全に関する事項	5
2-1 設置に関する全体工程の管理	5
2-2 作業の安全とトラブルに関する留意事項	8
3. 設置に関する留意事項と現場事例	10
3-1 設置前段階の準備	10
3-1-1 全体工程と作業分担の確認	10
3-1-2 孔内状況の共有化による最適な手法選定とトラブル対処	11
3-1-3 削孔径に応じたグラウトホースの使用計画	11
3-1-4 現場の事前確認	12
3-2 ガイド管の設置作業	14
3-2-1 丸形のグラウトホース使用上の留意点と平形のグラウトホースの適用事例	14
3-2-2 パッカーの接続とガイド管への被せ方	21
3-2-3 充填材の注入方法と配合	29
3-2-4 パッカーの引き込まれ	36
3-2-5 充填後の養生方法	38
3-2-6 長尺の孔内傾斜計設置のトラブルとその対応事例の紹介	39
4. 観測に関する留意事項	46
4-1 観測業者の変更に伴うデータの受け継ぎ	46
4-2 プローブの束縛と回収の事例	49
4-3 長尺の挿入式孔内傾斜計の計測	51
4-4 ケーブルの点検方法	56
4-5 ガイド管のねじれの実態と補正事例	59
4-6 ガイド管の段差事例	63
5. 今後の課題	64

謝辞	6 5
----	-----

参考文献	6 6
------	-----

巻末資料

1. 挿入式孔内傾斜計計測マニュアルに関する座談会出席メンバー
2. 50m を越える挿入式孔内傾斜計設置観測等の歩掛り・費用に関するアンケート調査及び結果

1. まえがき

1-1 背景

地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル¹⁾（以降、マニュアルと略称す）は、平成 19 年から 21 年の土木研究所と民間企業との共同研究を経て、平成 22 年 7 月に発刊されている。現在、マニュアル発刊から 1 年が経過し、様々な現場で活用され始めている。そこで、技術指導およびマニュアル発刊後に挿入式孔内傾斜計を設置した地すべり現場等を対象に課題を検討したところ、特に長尺のボーリング孔において、ガイド管を上手く設置できなかった事例があること、および予想以上に作業足場の仮設や複数の作業員が必要となる等の意見が寄せられた。

こうしたことを受けて、長尺の挿入式孔内傾斜計の設置や計測の実態を明らかにするために、マニュアル執筆者である土木研究所と民間企業 3 社、それに加えマニュアルに準拠した挿入式孔内傾斜計の設置観測実績を有する民間企業 8 社の技術者を対象に座談会を開き、課題や解決方法などについて意見交換を行った。当初座談会では、マニュアルをより良く使ってもらうために設置計測の現場事例や留意事項を集めることを想定していたが、参加者から寄せられた資料や情報の充実度から、これらをノウハウ集として公表することとした。

本資料は、マニュアルには記載されていない先駆的な内容も含まれており、必ずしも全ての現場に適用できるものではないと考えられるが、日頃現場に従事している技術者の創意工夫が盛り込まれており、設置や計測が難しい場合で活用されることを期待したい。

1-2 目 的

本資料は、長尺の観測孔が必要となる規模の大きな地すべり地において、安全かつスムーズに挿入式孔内傾斜計の設置・計測をするための留意事項を示し、確実な現場作業や計測データを取得するための様々なリスクを低減させることを目的としている。

1-3 用 語

孔内傾斜計（挿入式孔内傾斜計、設置式孔内傾斜計）、プローブ、ガイド管、継ぎ手および接続部材、ホルダ、充填材、グラウトホース、パッカー、A軸・B軸、固有誤差、0(ゼロ)点ずれ、0点ドリフト、0点補正等の用語については、既出のマニュアル¹⁾と「孔内傾斜計データ不良の遠因に関する実態調査と計測技術の標準化」の共同研究報告書²⁾（以降、共同研究報告書）に示されている。

本資料では、50m以上の挿入式孔内傾斜計のガイド管を設置した観測孔を長尺と称する。

1-4 座談会の経緯と参加者

平成23年7月23日、同年10月7日に「挿入式孔内傾斜計計測マニュアルに関する座談会」を開催した。参加者は、マニュアルを執筆した土木研究所および民間企業3社と、日頃からマニュアルに準拠し挿入式孔内傾斜計を設置・計測している民間企業8社とした。これらの参加者については、表1-1、表1-2に示す。

第1回の座談会ではマニュアル発刊後の各現場における事例や課題等を持ち寄り意見交換した。その結果、長尺の挿入式孔内傾斜計の設置と計測に関する様々なリスクやそれらを回避する数多くのアイデアが寄せられたため、各参加者が原稿の執筆を分担しノウハウ集としてまとめる方針となった。第2回目の座談会では、各参加者が持ち寄った原稿をもとに意見交換や論議を重ねた。以降、これら議論した内容を精査し、本資料を作成するに至った。

表 1-1 平成 23 年 7 月 27 日開催の座談会（第 1 回）の参加者

独立行政法人	土木研究所	つくば中央研究所	地すべりチーム	上席研究員	武士俊也
〃	〃	〃		研究員	阿部大志
〃	〃	〃		交流研究員	宇都忠和
日本工営株式会社	流域・防災事業部			副技師長	菅沼 健
〃	〃	防災部		課長	田中靖政
坂田電機株式会社	計測工事部	計測技術課		課長	樋口佳意
株式会社キタック	技術第一部	地質システムグループ		技師	和田幸永
株式会社エイト日本技術開発	ジオエンジニアリング事業部	中国支社	PM	池田 学	
国土防災技術株式会社	技術本部	技術部		部長	榎田充哉
〃	山形支店			総括課長	西尾克人
株式会社ダイヤコンサルタント	東北支社	調査設計部	調査課	調査課長	新山雅憲
〃	〃	〃	〃	課長代理	伊藤靖雄
川崎地質株式会社	技術本部	技術企画部		課長	高梨俊行
〃	事業本部	環境部	防災設計グループ	課長代理	橋本直樹
応用地質株式会社	エンジニアリング本部	コンサルティング二部		主任	千葉伸一
〃	関西支社	ジオテクニカルセンター		専門職	杉田 理
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	保全・防災センター			センター長	福井謙三
〃	宮崎事務所			所長	松本一春
中央開発株式会社	技術センター	地質部		課長	細矢卓志
株式会社地圏総合コンサルタント	札幌支店	技術部	地質課	課長	銭谷竜一

（順序不同、敬称略）

表 1－2 平成 23 年 10 月 7 日開催の座談会（第 2 回）の参加者

独立行政法人	土木研究所	つくば中央研究所	地すべりチーム	上席研究員	武士俊也
〃	〃	〃		研究員	阿部大志
〃	〃	〃		交流研究員	本間宏樹
日本工営株式会社	流域・防災事業部			副技師長	菅沼 健
坂田電機株式会社	計測工事部	計測技術課		係長	才田 誠
株式会社キタック	技術第一部	地質システムグループ		技師	和田幸永
株式会社エイト日本技術開発	ジオエンジニアリング事業部	中国支社	PM		池田 学
国土防災技術株式会社	技術本部	技術部	自動観測グループ	課長	土佐真一
〃	山形支店			総括課長	西尾克人
川崎地質株式会社	技術本部	技術企画部		課長	高梨俊行
〃	事業本部	環境部	防災設計グループ	課長代理	橋本直樹
応用地質株式会社	エンジニアリング本部	コンサルティング二部		主任	千葉伸一
〃	関西支社	ジオテクニカルセンター		専門職	杉田 理
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	保全・防災センター			センター長	福井謙三
〃	宮崎事務所			所長	松本一春
中央開発株式会社	技術センター	地質部		課長	細矢卓志
株式会社地圏総合コンサルタント	札幌支店	技術部	地質課	課長	銭谷竜一

（順序不同、敬称略）

2 全体工程と安全に関する事項

信頼性と品質を向上させた観測データを得るためにマニュアルに則ってガイド管の設置を行うと、作業段取りが従来よりも煩雑となり、作業時の留意点が増えた印象を受けることがある。しかし、十分に工程を練り、事故をなくすことが結果的には最も良い観測孔の設置につながる。このためには、下記の3点が肝要である。

- ① 作業の手戻りによる時間のロスを防止する段取りを組み立てる。
- ② 作業時の事故を予想して防止措置を図る。
- ③ 異常を見逃さずに、異常に即座に対処する。

そこで本章では、マニュアルに沿って初めて現場を担当する技術者および機長の方たちはもとより、作業に手なれた方たちに対しても、作業段取りの再確認のために作業項目とチェック事項の例をまとめるとともに、作業時の安全確認と確保における留意点を挙げる。

2-1 設置に関する全体工程の管理

次ページ以降の表2-1および表2-2に、ガイド管設置の作業項目、内容、チェック事項の例を示す。マニュアルに則った観測孔設置の最大の特徴は、ガイド管と孔壁の間の充填材の注入にパッカーを使用することにある。さらに、ガイド管の変形や損傷を極力防止することを念頭においた作業段取りを組み立てることが必要である。

(1) 広さと高さを考慮した足場の設置

ガイド管の設置の第一歩は、作業足場に必要かつ十分な広さと高さを持たせることから始まる。

設置作業を行う前の段階では、保管場所に困ったガイド管やグラウトホース等の資材を斜面に放置して損傷や変形させないようなスペースで足場を作ることが重要である。また、塩ビ管を使ってパッカーを挿入する方法をとる場合(3-2-2 パッカーの接続とガイド管への被せ方参照)には、足場の高さを設置延長から算定した塩ビ管の長さに乗せする必要がある。さらに、設置作業中にガイド管を足場に仮置きすることによるガイド管の損傷可能性を最小限に抑えることも、計測データの品質の確保、および作業性と安全性の向上につながる。

このように、ガイド管設置手順を理解し、作業段階に応じた現場状況を正確にイメージした足場仮設こそが、段取りの要となる。

(2) 作業項目と資材や部材の調達予定を工程に盛り込んだ工程管理

15~20m程度の深度であれば、ガイド管の設置工程の予定と実績は2日も3日も狂うことはそうそう起き得ないと思われる。ところが、深度が大きくなって充填作業を多段で行う場合には、資材や部材の調達、パッカーの連結やセメントの追加注文など、予想外の出来事で作業中断や手戻りの可能性が高くなる。これ

表 2-1 足場の仮設からガイド管設置準備までのチェックリストの例

足場仮設	材料置き場の確保	留意事項	
	足場高さの余裕	ガイド管やセメント置き場の余裕を持たせて作業足場を広めに設置	<input type="checkbox"/>
		塩ビ管を使ってパッカー挿入する場合にはケーシング立上がり+2mが必要	<input type="checkbox"/>
材料発注	ガイド管	チェック事項	
	パッカー	予定掘進長、余掘り長さの検討	<input type="checkbox"/>
	接続用雑材料	削孔径、ケーシング径、パッカー仕様	<input type="checkbox"/>
	セメント	テープ類やリベット等を2回挿入可能な数量で注文	<input type="checkbox"/>
	グラウトホース	事前に必要量算出 ※2～3倍の量が追加注文と納品できる体制を作る	<input type="checkbox"/>
	塩ビ管 (VP)	長さ、形状 (平、丸) ※多段グラウトは事前に計画を作成する	<input type="checkbox"/>
	塩ビ管ホルダ	パッカー挿入用 ※2mでパッカー60～80m程度が巻き付け可能	<input type="checkbox"/>
		足場高さ、ケーシング高さ、ケーシング径を考えて調達	<input type="checkbox"/>
		ケーシングと塩ビ管の接続用 (手製が基本)	<input type="checkbox"/>
材料検収	ガイド管	チェック事項及び記録写真	
	パッカー	長さ、数量、レール部とパイプ部の外径	<input type="checkbox"/>
	接続用雑材料	適用径、長さ	<input type="checkbox"/>
	セメント	リベット、シール材、シールテープ2種	<input type="checkbox"/>
	グラウトホース	搬入袋数、使用袋 (空袋) 数	<input type="checkbox"/>
		長さ、数量 ※多段や深い深度の場合にはジョイントの方法と部材を準備	<input type="checkbox"/>
保管	ガイド管	留意事項	
	セメント	平置き。積みすぎない。	<input type="checkbox"/>
		室内保管。多湿な環境を避ける。	<input type="checkbox"/>
小運搬	ガイド管	留意事項	
		運搬用車両等の荷台に寝かせる。	<input type="checkbox"/>
設置準備	ガイド管	作業内容	
	グラウトホース	2本接続 (6mものを先に作成)	<input type="checkbox"/>
		丸形ホースは伸ばして撚りを戻しておく。	<input type="checkbox"/>
		平形ホースは中心にパイプを通して足場に設置 (リール様とする)。	<input type="checkbox"/>
	パッカー	※設置深度115m以上では、丸形ホースと平形ホースをつなぐ。(P.18参照)	<input type="checkbox"/>
		あるいは平形ホース、丸形ホース同士のジョイントを準備する。	<input type="checkbox"/>
	※ワイヤ張り替え	塩ビ管に蛇腹状に被せる (P.10参照)。 (長尺の高足場でははじめから2本を縫いつける場合もあり)	<input type="checkbox"/>
		地下水位が低い、設置深度が深い場合に、ガイド管先端に支持用ワイヤを取り付けるため。(ガイド管重量約2kg/本)	<input type="checkbox"/>

を少しでも防ぐには、現場乗り込みに先だって日ごとの作業項目と資材や部材の調達予定などを工程に盛り込んでおき、作業の進捗に応じてきめ細かく修正して管理することが望まれる。

表2-2 ガイド管設置と充填作業のチェックリストの例

		作業内容	
ガイド管 設置	1本目	グラウトホース先端固定（ビニールテープ）	<input type="checkbox"/>
		ワイヤー取り付け ※状況によって要否を決定	<input type="checkbox"/>
		パッカーを被せる	<input type="checkbox"/>
	事故防止【ワイヤで手を切る、巻き込む】ワイヤは素手で触らない。人間と物への巻き付きに注意！		<input type="checkbox"/>
	接続（繰り返し）	継ぎ目部にリベット固定→シール材塗布	<input type="checkbox"/>
		→自己融着テープ（黒）→保護テープ（灰）	<input type="checkbox"/>
グラウトホースを2～3m間隔で固定（ビニールテープ）		<input type="checkbox"/>	
事故防止【中途半端な締めでリベットが切れる】リベットを締める人間は途中で交代させるか休憩を！		<input type="checkbox"/>	

		作業内容	
長尺	パッカー接続	必要な長さを先に作成するか、挿入時に縫い合わせる。	<input type="checkbox"/>
		針（たたみ用、あるいはたこ糸用）とたこ糸。	<input type="checkbox"/>
		※落下防止のために、2段以上縫うこと。	<input type="checkbox"/>
		※径の違うパッカーの接続は丁寧に。	<input type="checkbox"/>
	充填作業	一回の注入は20～30mを目安（最大60mまで）。それ以上は多段とする。	<input type="checkbox"/>
		平ホース同士や丸ホース同士の接続は事前に作成したジョイントを使用する。	<input type="checkbox"/>
		115mを超える観測孔では、丸ホースに平ホースを被せて、平形ホースを孔底側に使うのが良い。（この場合は30cm程度被せて、接続部を3箇所針金で固定する。）	<input type="checkbox"/>
		地下水位以下ではホースへの浮力を考えてガイド管へ固定する。	<input type="checkbox"/>

		チェック事項	
多段の充填		予定量までの注入後に次のグラウトホースから送水する。	<input type="checkbox"/>
		圧力が上がらなければ、さらに充填材を追加する。	<input type="checkbox"/>
		圧力が上がればグラウトが次のホースまで到達している。	<input type="checkbox"/>
		しばらく送水して目詰まりを防ぐ。	<input type="checkbox"/>

2-2 作業の安全とトラブルに関する留意事項

現場での作業はいつも事故や危険と隣り合わせである。品質・段取り・工程に気を取られすぎることなく、周囲への注意を忘れないように十分留意すべきである。本節では、安全に作業を進めるために、ガイド管設置作業中に発生が予想される事故およびトラブルとその防止策の例を述べる。

(1) 作業の安全

1) 3mガイド管の連結(6mものの作成)

【予想される事故】

- ・周辺の作業員との接触によるガイド管の変形や作業員のケガ

【防止策】

- ・ボーリングマシン、やぐら、周辺作業員達から十分に距離を置く。作業スペースを十分にとる。

2) ワイヤによるガイド管の吊り下げ挿入時

【予想される事故】

- ・ガイド管先端に取り付けたワイヤによる作業員の巻き込み、あるいはワイヤ擦過による負傷。

【防止策】

- ・ガイド管を挿入する作業員相互(現場代理人も含む)でワイヤ状況の確認と声かけを行う。

(2) 作業のトラブル

1) 挿入時のリベット締め

【予想されるトラブル】

- ・不十分なリベット留めにより、管内にリベットが突き出して、ガイド管のねじれ角度計測用のカメラが挿入不能となる。

【防止策】

- ・作業を急がせない、あわてない。※現場代理人等が作業状況をチェックして適切に指示すること。
- ・作業員は交代でリベットを締める、あるいは適度に休憩をとらせる。

2) パッカーを縫い合わせながらのガイド管挿入時

【予想されるトラブル】

- ・パッカーの落下

【防止策】

- ・パッカーの返し縫いや2列以上での縫いを確実に行う。
- ・パッカーの結合部前後を軽く引っ張って、ほつれやはずれないことを確認する。

3) グラウト作業時

【予想されるトラブル】

- ・ポンプ圧の急増によるグラウトホースの破損、ガイド管の変形や破壊。

【防止策】

- ・ 充填材は自然流下により開始する。または、手押しポンプにより静かに流し込む。
- ・ グラウトポンプに切り替える際には最小の圧力から注入を開始し、自然流下しはじめたら極力ポンプを止める。

4) ガイド管の連結

【予想されるトラブル】

- ・ ボーリング等機材との接触によるガイド管の変形
- ・ ガイド管の自重によるたわみや変形

【防止策】

- ・ ボーリングマシン、やぐら、周辺作業員たちから十分に距離を置く。
- ・ 作業スペースを十分にとる。
- ・ 複数の補助員や器具によってガイド管を保持し、水平を保ちながら連結する。

なお、作業の安全に関する事項は、ここに示されたものに限らない。本資料を参考に作業内容のミーティングに加えて安全ミーティングを実施することが重要である。

3-1-2 孔内状況の共有化による最適な手法選定とトラブル対処

前項でも触れたが、ガイド管設置前に孔内状況を機長や作業員同士で共有しておくことは重要である。例えば、設置時にパッカーが破れて充填材が上がらないなどのトラブルが発生した際に、推定すべり面深度との位置関係を考慮した上で充填材の漏水区間を砂で充填するなどの対処方針がチーム内ですぐに合意できるなどのメリットがある。

また、孔壁崩壊や漏水など、設置時に問題となる可能性のある孔内状況を機長から聞いて、対策を一緒に考えることも可能である。例えば、孔壁が崩壊する可能性のある深度へのバイパスホースの取り付け（図3-2）、漏水区間を考慮したグラウトホースの最適な配置計画などが挙げられる（図3-3）。

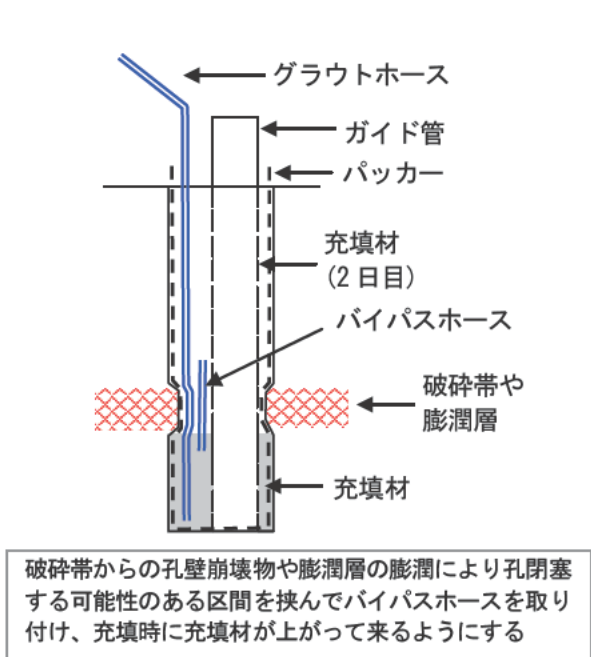


図3-2 バイパスホースの取り付け例

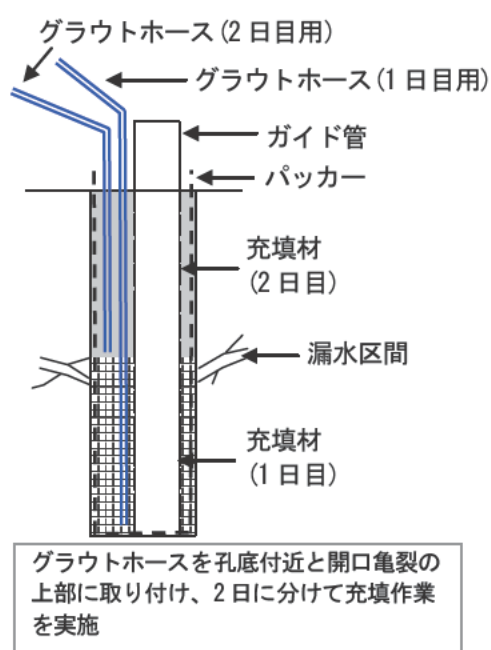


図3-3 漏水区間を考慮したグラウトホースの配置例

3-1-3 削孔径に応じたグラウトホースの使用計画

ケーシング計画や最終削孔径を機長に確認し、孔壁とガイド管やグラウトホースなどの埋設物とのクリアランスを検討する。クリアランスが充分でない場合、径の細いグラウトホース（写真3-1）を使用する、あるいはグラウトホースの本数を減らすなどの対処を検討する。



写真3-1 細いグラウトホースの例(内径10mm 外径13mm)

3-1-4 現場の事前確認

現場条件により、十分な足場の広さや高さが確保できない場合があるので、事前に現地を確認し、設置方法を決定しておく（写真3-2）。確認項目は、足場高、ガイド管の仮置き箇所、人員の配置、周囲の状況（例；グラウトホースを伸ばせるか）、ガイド管の組立箇所などである。

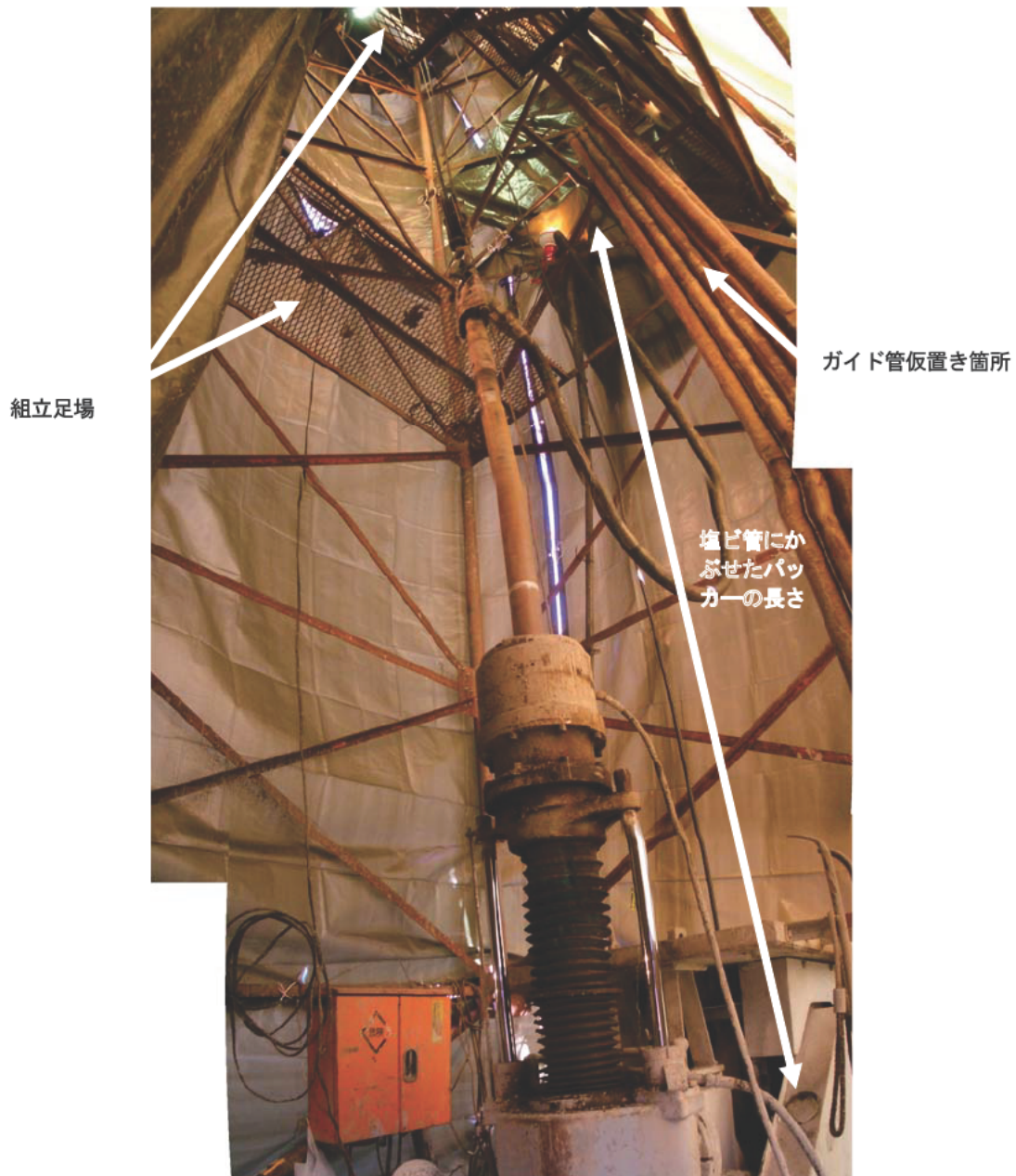


写真3-2 ポーリングやぐらの確認状況

パッカー100m分を事前に塩ビに被せると約2.5mの高さになる（パッカーにグラウトジャケットを使用した場合）。したがって、足場高と塩ビ管を被せたパッカーの長さを考慮してガイド管を組み立てる位置を決め、後述のパッカーの被せ方に応じて組み立て用のステージを仮設する。

やぐらを組まない工法（エアハンマーやロータリーパーカッション等）で削孔した場合、別途ガイド管の組立足場の仮設が必要になる（写真3-3）。



写真3-3 ガイド管の組立足場の仮設例

3-2 ガイド管の設置作業

3-2-1 丸形のグラウトホース使用上の留意点と平形のグラウトホースの適用事例

(1) グラウトホースの調達

ガイド管設置時に使用するグラウトホースは、ポリエチレン製の内径 1/2 インチ (1.27cm) や 3/8 インチ (0.95cm) が使用されている。

これらグラウトホースはメーカーからの取り寄せのほかに、現場近くの管材品の取扱店からの購入が現実的ある。よく使用される 2 層ポリエチレンホース(写真3-4)の定尺は 120m であり、これを超える深度での充填作業時には、ホースを金具やテーパ加工した塩ビ管等のジョイントによって接続することになる。



写真3-4 一般的な丸形グラウトホースの例

(水道管ポリエチレン2管 呼び径 13、内径 1/2 インチ、外径約 22mm)

(2) 丸形のグラウトホースの接続

接続は、1 か所でもはずれると充填不良につながる恐れがあるので、重要な作業である。

丸形のポリエチレンホース(以降、丸形ホースと称する)の接続にあたっては、ボーリング孔径とガイド管のクリアランスを考慮したジョイント金具やホースを選択あるいは作成し、接着剤やテープ類で抜けないようにしっかりと固定する(写真3-5、写真3-6)。



写真3-5 テープによる接続の事例



写真3-6 ホースのみで接続した例
(メッシュ構造により引っ張ると径が縮まり抜けない)

ジョイント金具を使う場合や接続用のホースがグラウトホースより太い場合はクリアランスが小さくなり、細い場合は充填作業効率の低下や閉塞の可能性が高まるので、接続方法は使用する材料やクリアランスなどを総合的に検討して決定する。

なお、市販の水道管用ジョイント金具は外径が 33mm に及ぶことがあり、これを用いると、丸形ホースとガイド管を合わせた外径約 69mm よりも 10mm～20mm 以上大きくなり(写真3-7)、孔壁とのクリアランスがほとんどなくなってしまう。

丸形ホースを接続して充填作業を計画する場合には、このことを念頭に置いてジョイントを特注する等の検討が必要である。

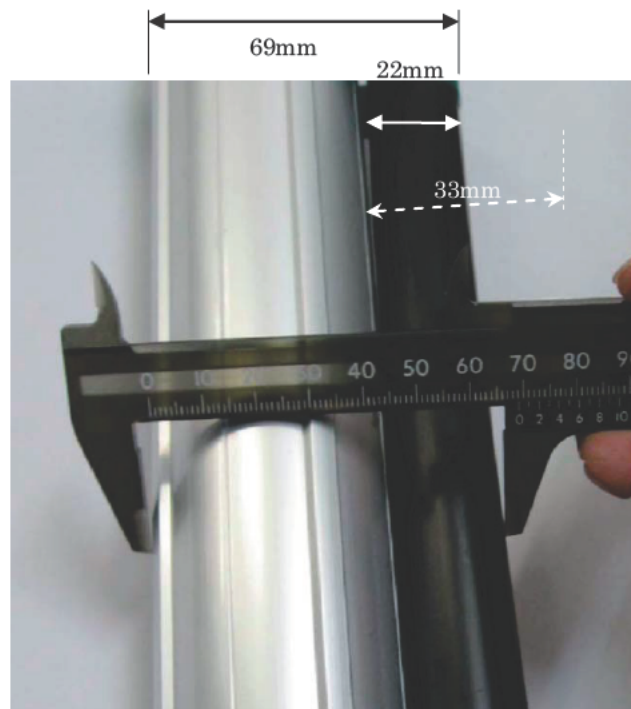


写真3-7 グラウトホースとガイド管を合わせた外径 (約 69mm)

グラウトホースがねじれた場合は、作業効率の低下やグラウトホースの重なりによるクリアランスの低下に繋がる。長尺の場合は特にその傾向が顕著であるので、グラウトホースを事前に伸ばしてねじれを取り除くか、あるいはドラムの状態でねじれないようにするなどの対応が必要である(写真3-8～写真3-10)。



写真3-8 グラウトホースを伸ばした事例

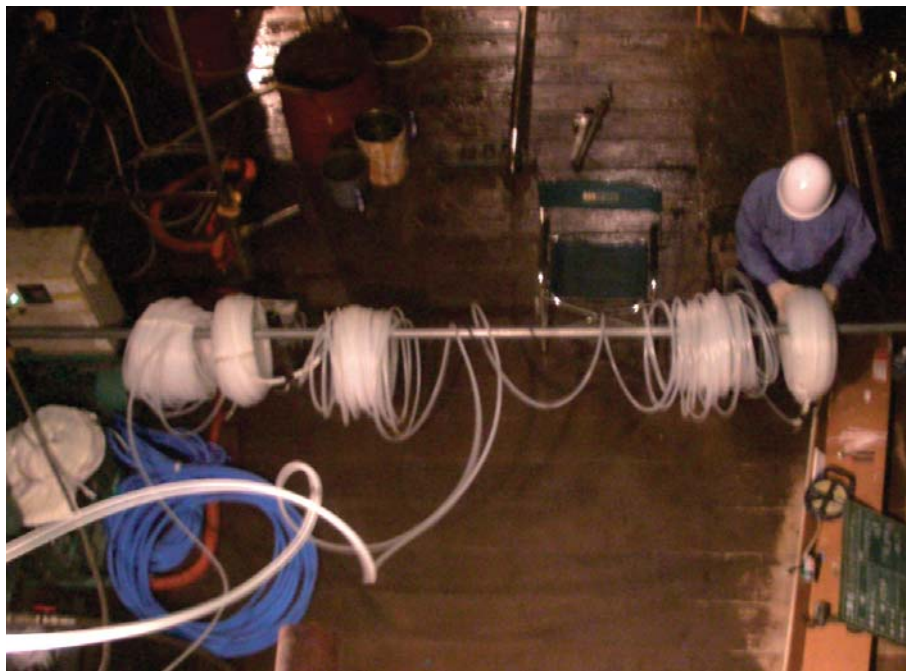


写真3-9 グラウトホースをドラムの状態で使用した事例



写真3-10 グラウトホースが重ならないようにクランプで工夫した事例

(3) 多段の充填での留意点

ガイド管の充填作業を多段数で行う際には、丸形ホースの外径約 22mm (写真3-11) を考慮して、挿入可能な本数を事前にチェックする必要がある。机上の計算だけではなく、実際にガイド管と丸形ホースをいくつか組み合わせた寸法を確認しておけば、直前で作業中止の憂き目に遭わない。最大外径はジョイント部にテープの厚みを加えて計測すべきである。



写真3-11 丸形ホースの外径 (約 22mm)

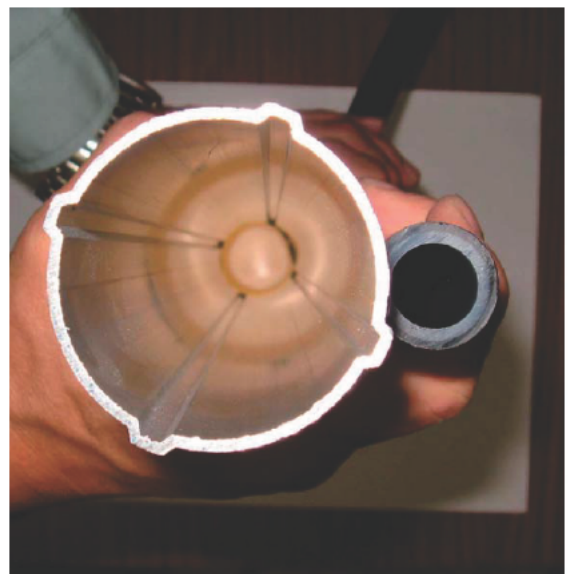


写真3-12 グラウトホースとガイド管大きさのイメージ

(4) 平形のグラウトホースの現場適用事例

最近、従来の丸形ホース以外に、農業用に用いられる平形の灌水ホースに孔を開けない状態でグラウトホースに使用した現場もある。この平形のグラウトホース(以降、平形ホース)の特徴と留意点を述べる。

1) 平形ホースの特徴

平形ホースは、写真3-13および3-14に示すように、厚さ約1mmと薄く、軟らかく、膨らませた際の外径が丸形ホースの外径よりもわずかに大きいという特徴がある。そこで、丸形ホースでの多段の充填作業に限らず、浅い深度でも孔壁とのクリアランスが不足する場合に丸形ホースに代替えることが可能である。

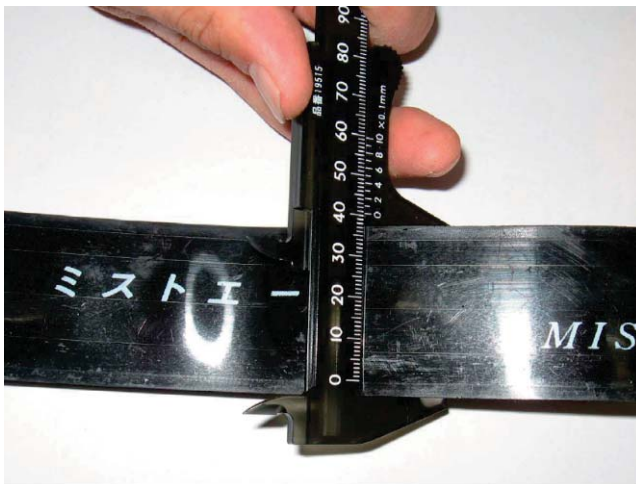


写真3-13 平形ホースの例
(幅 38mm、厚さ 2mm弱)

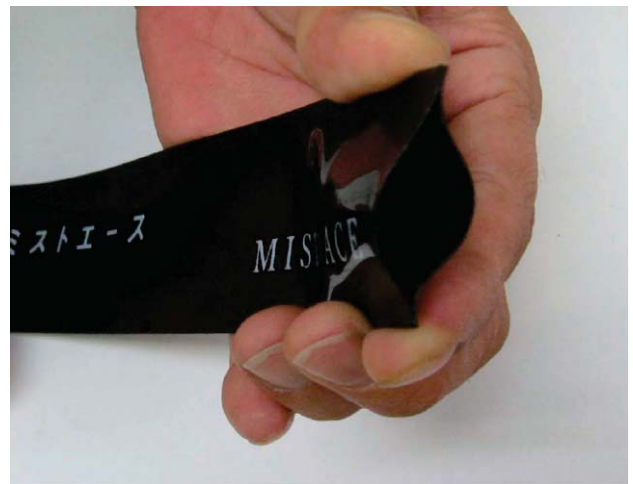


写真3-14 ふくらませた形状
(内径 約 22mmの円形状となる)

また、写真3-15～3-17に示すように、簡単に丸形ホースに被せて接続できるので、長尺での多段充填作業に用いることもできる。



写真3-15 丸形ホースを平形ホースに入れるところ



写真3-16 平形ホースを丸形ホースに被せたところ



写真3-17 丸形ホースと平形ホースをテープでしばったところ

2) 平形ホースの現場適用の留意点

このホースは、ハサミやカッターで簡単に切れる軟らかい薄肉構造であり操作性に富む。一方で、充填作業時の圧力により壊れやすい欠点も持ち合わせている。注入時には平形ホースを地上部で折り曲げずに、縦に延ばして充填材を注入するときにはできるだけ圧力をかけないようにすることが重要である。

写真3-18～3-19は、丸形ホースと平形ホースを併用して多段の充填作業を行う場合でのガイド管とグラウトホースの挿入状況である。



写真3-18 平形ホースと丸形ホースの挿入
深度50mより以深は丸形ホースを配置。50mより上位は平形ホースを配置

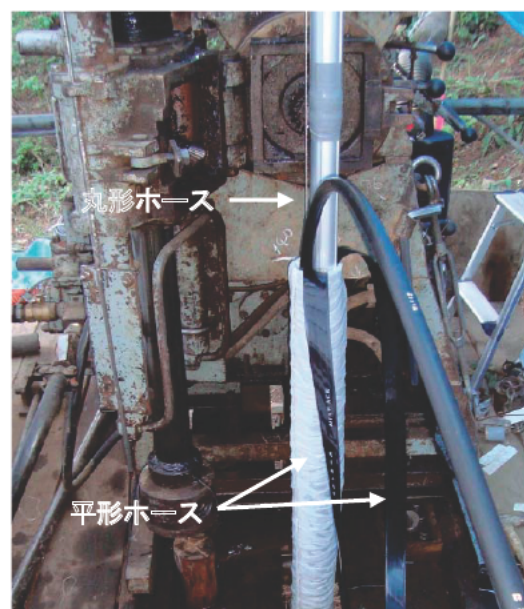


写真3-19 平形ホースと丸形ホースの挿入
平形ホースを2段配置した例

丸形ホースの先端に平形ホースを接続する場合のボーリング孔では、写真3-20に示すように、丸形ホースに平形ホースを30cm以上被せて針金で3箇所固定して、接続部の破壊や接続部からの落下を防ぐためにガイド管と接続部をテープで固定した。

深度120mを超えて丸形ホースと平形ホースを接続する場合には、ホースの落下を防ぐため、平形ホースを先端（孔底側）とするのが安全である。

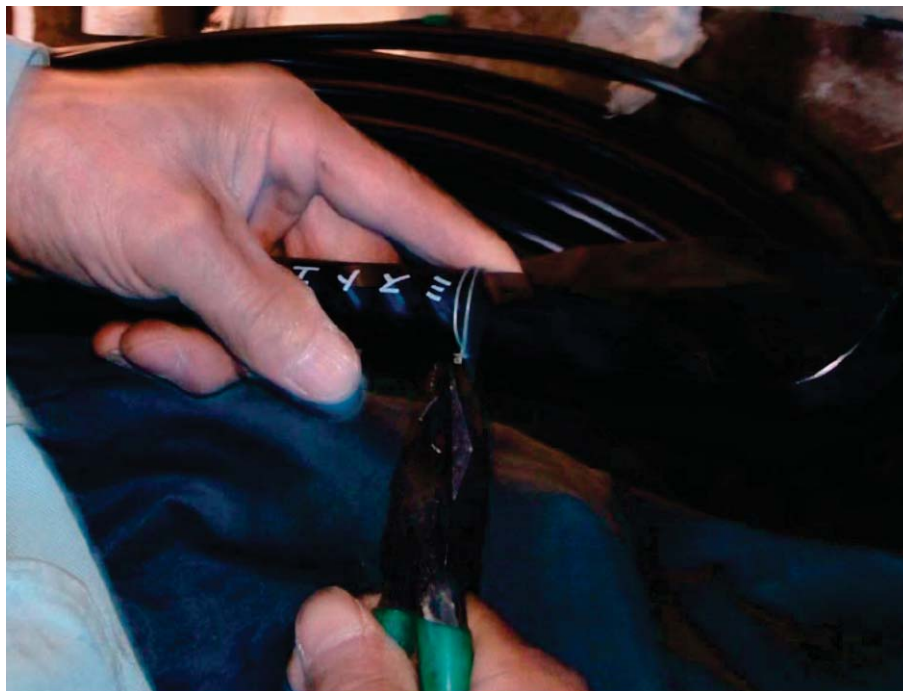


写真3-20 丸形ホースとの接続

※接続部は針金で固定してガイド管にテープ止め

なお、この方法で充填する際にはグラウトホースのエア抜きができずにグラウトホースの固定箇所が少なく、ホースが浮き上がったことがある。そこで丸形ホースよりも上位は、2～3mおきにビニールテープで確実に固定することが望まれる。平形ホースの先端はビニールテープで固定する。固定した箇所のやや上部をカッターなどで切込して充填材の出口とする。

3-2-2 パッカーの接続とガイド管への被せ方

(1) パッカーの接続方法

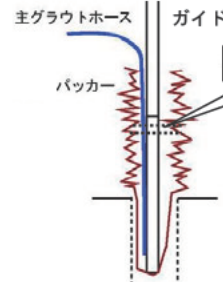
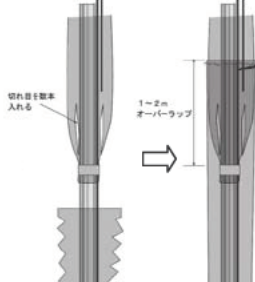
市販のパッカーの長さは通常 50m か 100m 単位であるため、設置孔の深度がそれより長い場合には、複数のパッカーを接続して延長しなければならない（なお、メーカーによっては 100m 以上の製品を特注にして製作可能である）。パッカーの接続部は、外れた場合に充填不良やジャミング等の孔内事故に繋がる恐れがある。使用するパッカーの径はケーシング計画等を考慮して、設置する深さの孔径に合わせたものを複数選択して接続する必要がある。

パッカーの接続方法については次の 2 つの方法が挙げられる（詳細は表 3-2）。接続方法の選定は、設置作業の確実性、作業足場の大小、確保できる人員数および熟練者の有無などを考慮して選定する必要がある。

①事前接続法：ボーリング孔に挿入する前に接続する方法

②設置時接続法：挿入しながら接続する方式

表 3-2 長尺のガイド管設置におけるパッカー接続方法の種類³⁾

方法	① 事前接続法	② 設置時接続法
概要	 <p>事前に縫い合わせ</p> <p>ボーリングの延長やケーシングプログラムに応じて選定したパッカーをあらかじめ袋状に縫い合わせる</p>	 <p>設置時に縫い合わせ</p> <p>ガイド管設置時に足場上で接続する</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・設置時の作業工程が少なくなり、時間も節約できる。 ・作業環境が良い室内等で確実に接続できる。 ・グラウトホースの配置計画に影響しない(自由度有) 	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺でもその都度パッカーを接続するので、①のような足場や作業人員は不要である。
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・長尺になるとパッカーが長くなるので、設置時に必要な足場や作業人員を確保する必要がある。 ・長尺の場合、パッカーを被せる方法を工夫する必要がある(後述)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置時に作業工程が増え複雑になる。 ・ボーリング足場上での作業になるため、接続には経験を要する。 ・グラウトホースの配置計画と合わせる必要がある

また、充填作業時には、広がった孔壁の形状に合わせてパッカーが膨らんで密着することにより、孔底へ向かって強く引き込まれるので、切れないように丈夫に縫い合わせる。

具体的なパッカーの縫い方は、パッカーをオーバーラップさせて伸ばした状態で、風糸などの高強度の糸を畳針などで複数段を図 3-4 のような「返し縫い(手縫いの縫い目を丈夫にするため針を返ししながら縫う)」で縫い合わせると良い(写真 3-21 および写真 3-22)。

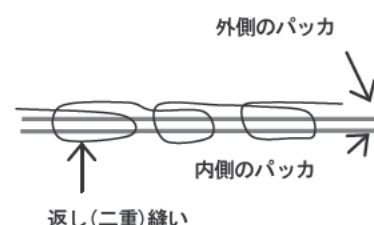


図 3-4 返し縫いの模式図

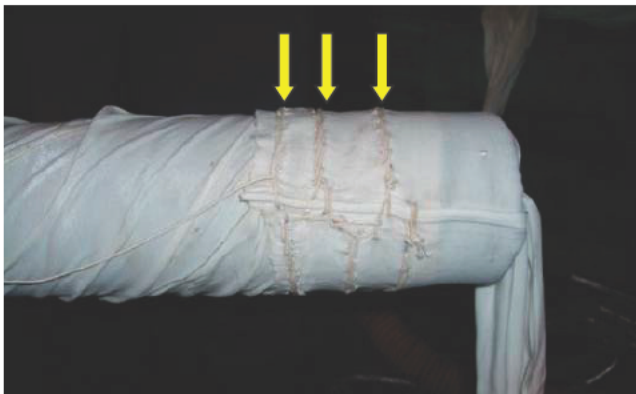


写真3-21 3箇所縫い合わせた事例
(通常は問題ないが、長尺では充分でないことがある)

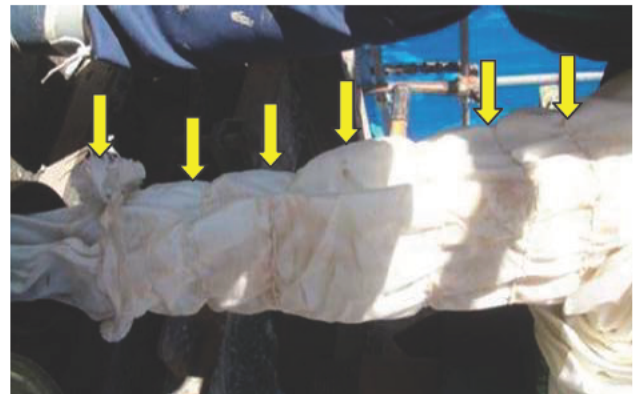


写真3-22 6箇所縫い合わせた事例
(作業が大変であるが確実に接続できる)

(2) 事前接続法におけるパッカーの被せ方

前述の事前接続法により接続したパッカーを使用してガイド管を設置する場合、ガイド管にパッカーを被せる方法には次の3つがある(詳細は表3-3)。

- ① 従来法：パッカーを人力で引き上げながらガイド管に被せてゆく。
- ② 塩ビ管法：塩ビ管等にパッカーを蛇腹状にして被せ、足場に吊り下げた状態でガイド管に被せてゆく。
- ③ 塩ビ管反転法：孔口に固定した塩ビ管等に被せておいた蛇腹状のパッカーを裏がえしながらガイド管に被せてゆく。

表3-3 ガイド管にパッカーを被せる方法の概要や特徴³⁾

方法	①従来法	②塩ビ管法	③塩ビ管反転法
概要	<p>ガイド管 パッカー 自重で下がる 人力でパッカーを引き上</p>	<p>吊り下げ ガイド管 塩ビ管等 パッカー パッカーはそのまま孔内に入って</p>	<p>ガイド管 塩ビ管等 パッカー 保孔用ケーシング パッカーが裏返りながら孔内に入ってゆく</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・従来から用いられているシンプルな方法で、パッカー以外に資材は不要。 ・パッカーがたるまないようにテープ等で固定できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッカーを引き上げる必要がない。 ・塩ビ管の下方で、パッカーがたるまないようにテープ等で固定できる。クリアランスが少ない場合に向いている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッカーを引き上げる必要がない。 ・塩ビ管等の吊り下げやパッカーを押さえる必要がないので、②と比較して作業人員が少なくて済む。
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・ガイド管を接続するごとにパッカーを引き上げるので作業足場が必要となり、深尺では重労働である。 ・自重で下がってくるパッカーを押さえる人員が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッカーが下がらないように押さえる人員も必要。 ・塩ビ管等を吊り下げる作業が必要(パッカーが長いと大変である)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・パッカーが孔内でたるまないように、テープなどで止められない。クリアランスが大きい場合に向いている。 ・塩ビ管が孔内に落ちないように径や設置方法を工夫する。

従来法は、必要資材が少なく作業がシンプルである反面、パッカーを人力で保持しなければならないため、孔が深くなるほどパッカーが重くなり作業に労力を要する。経験的には、深度50m位までは作業効率が良く、深度80mまでは適用可能であるが、深度80m以上では塩ビ管法や塩ビ管反転法の方が効率的であると考えられる。

塩ビ管法か塩ビ管反転法の選択については、ボーリング孔とガイド管のクリアランスがグラウトホースやパッカーにより十分確保できない場合には塩ビ管法を用いる方が安全側であり、クリアランスが確保できる場合は塩ビ管反転法の方がより作業効率が良い（図3-5）。

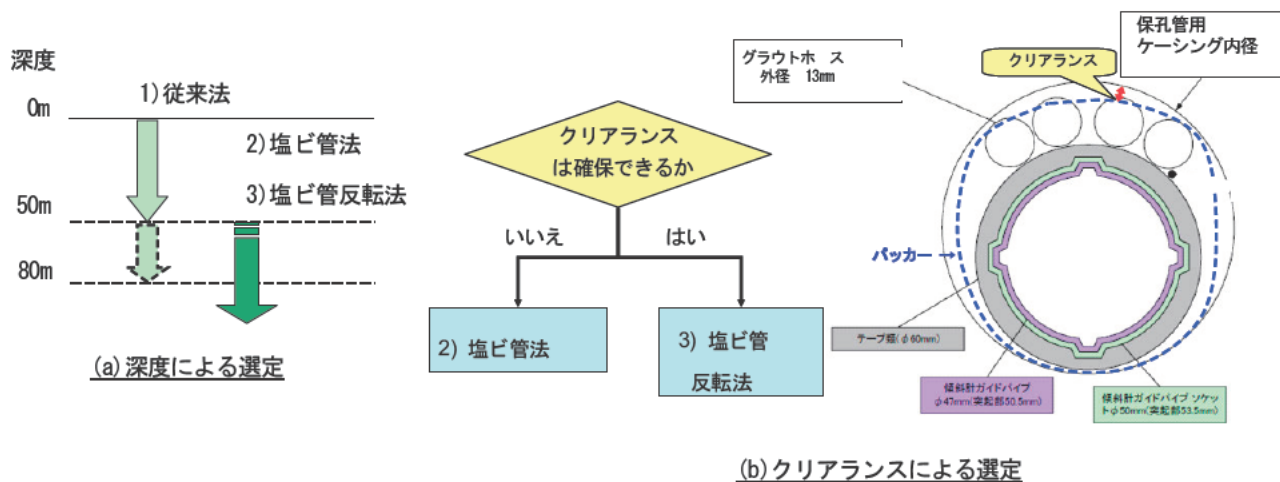


図3-5 ガイド管にパッカーを被せる方法の選定例

(3) 設置時接続法におけるパッカーの被せ方

次（2本目）以降のパッカーは、塩ビ管に被せてホースを通しておく扱いやすくホースもさばきやすい（図3-6）。従来法で設置する場合も、同様である。

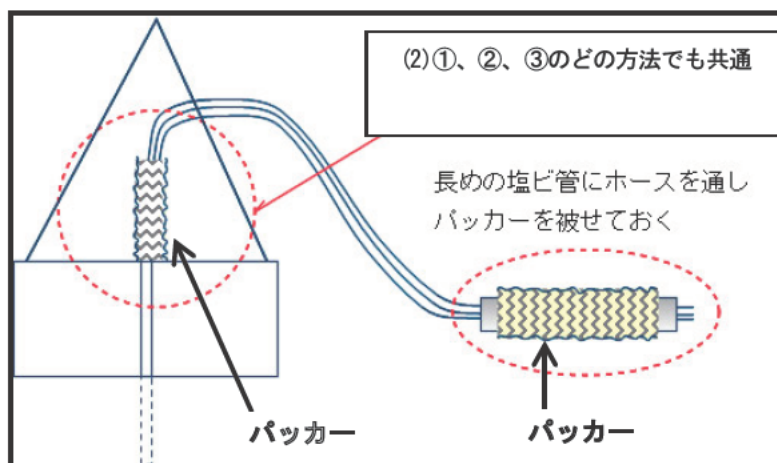


図3-6 接続前のパッカーの処理

塩ビ管法および塩ビ管反転法の場合は、塩ビ管同士を近づけて上の塩ビ管から下の塩ビ管へパッカーを移すか、パッカーをガイド管に被せ終えた塩ビ管を外して次のパッカーを被せた塩ビ管を設置する（図3-7）。

パッカーを移し終えた塩ビ管は作業の支障となるが、塩ビ管にあらかじめ縦の切れ目を入れておくか、半割の塩ビ管を合わせてテープで固定したものを使用すればホースから外すことができる。

塩ビ管は縦に切ると縮まって径が小さくなる性質があるので、半割にする場合は一回り大きな塩ビ管を使用する方法もある。

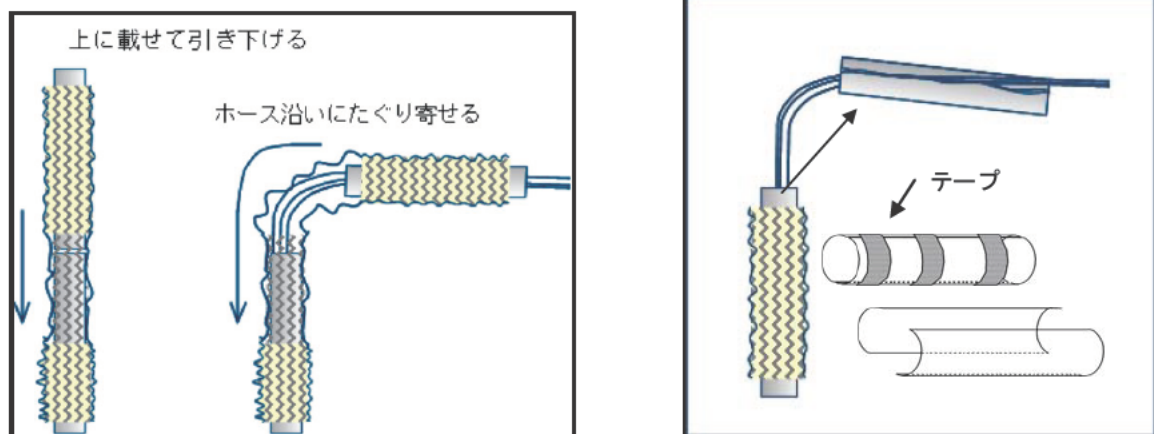


図3-7 パッカーの移し方（左）と塩ビ管の外し方（右）

パッカーの被せ方は、上パッカーに下パッカーを被せる方が安全（表3 2右図）である。上パッカーを下パッカーに被せると、挿入時に接続した上パッカーの下端が引っかかりジャミングの原因となる。上パッカーの接続手順は、次のとおりとなる（図3 8）。

① 下パッカーを引き上げて、上パッカーの重なりが2m程度となる位置を確認する。

② 上パッカー用のホース下端を重複区間の上部に合わせテープで固定する。

（ホース下端が④で細工する切れ目より上であること）

上パッカー下端付近にブチルゴムテープを一巻きしておくとしり止めとなる。

③ 上パッカー下端を絞りビニールテープで固定し、強力に引っ張ってもずれないことを確認する。

④ 上パッカー下端に縦に切れ目を数条入れる。

切れ目は、パッカー布地の縦糸を切ると引っ張り強度が大きく低下するので、縦糸はあまり切らないようにする。切れ目の長さは30cm～50cmでよい（上パッカー用ホース下端より下に切れ目を入れること）。

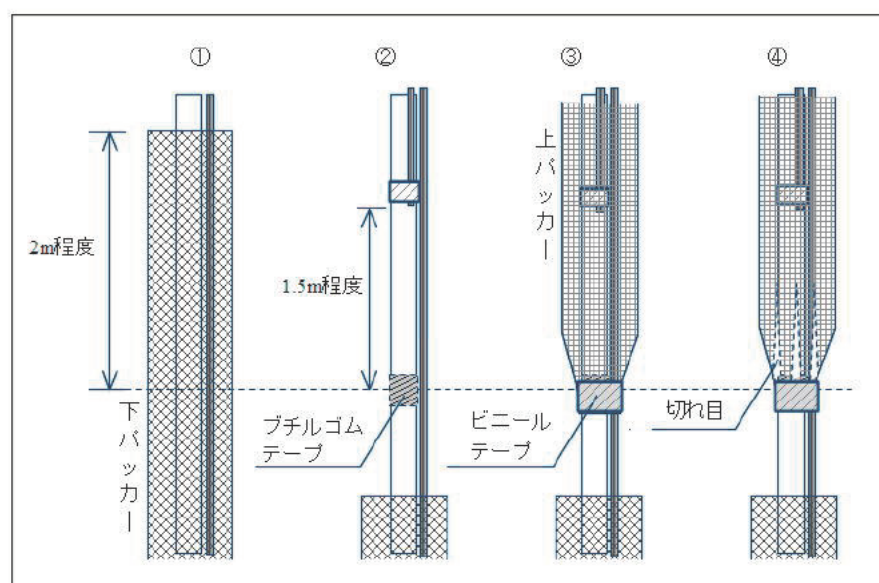


図3-8 上パッカーの接続手順

設置時接続法の場合は、パッカー同士を縫い合わせるだけの方法が最も簡単であるが、接続強度を上げるために接着剤を併用する方法もある。

当然、パッカーの素材に合う接着剤を使用する必要があるが、経験的には速乾性の樹脂用接着剤をパッカーに染みこむくらいに塗り込むと、接着剤だけの強度でも外れないくらい強力に接着できる。乾燥するまで時間がかかるが、設置途中で引き上げる場合に接続部が外れ、下パッカーがジャミングする危険性は格段に小さくなる。下パッカーの接続手順は以下のとおりとなる（図3-9）。

① 下パッカーを引き上げる。

※接着剤を併用する場合は、あらかじめ上パッカー表面に塗布しておく。

② 孔内にあるパッカーにたるみができないように一旦は強く引き上げる。

③ 張力のかかったパッカーが自然に落ち着く付近まで緩める。

④ 下パッカー上端から 50cm くらいの範囲で、深度に応じて3列～6列縫い合わせる。

下方向に挿入する場合は、この縫い目に張力はほとんどかからないのでずり落ち防止に1列でもよいが、引き上げる必要が生じた場合のため複数列で縫い合わせた方が安全である。

針は、テント布用の太く長いものが作業しやすく、糸は、たこ糸など太くて丈夫なものを使用する。また、縫い方は横糸を数条巻き込むように波状に縫う方が横糸沿いに直線縫いするよりも丈夫になる。縫うピッチは細かい方が良いが、1～2cm のピッチで十分である。

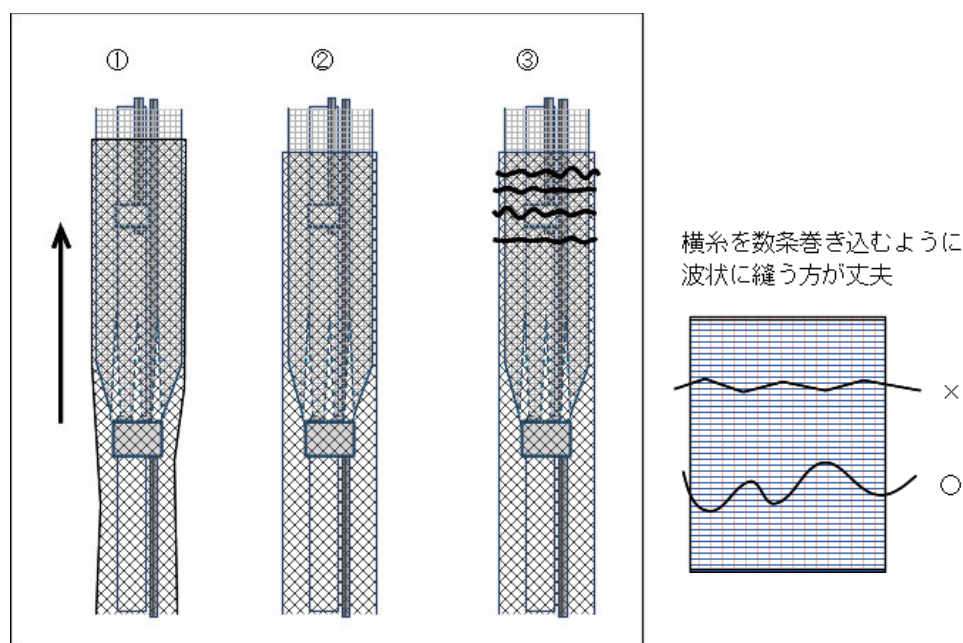


図3-9 下パッカーの接続手順と縫い方

注意すべき事項として、ボーリング孔に孔径拡大などが発生した場合は、充填作業時にパッカーが引き込まれる現象の発生が想定される。

このため、3段目以降のパッカーについては3m～4mの重なり区間をとるようにするほか(図3 10左)、グラウトホースの予備注入孔を多めにしておくといよい(図3 10右)。また、縫い合わせ也多め(6列程度)にしておく方が安全である。

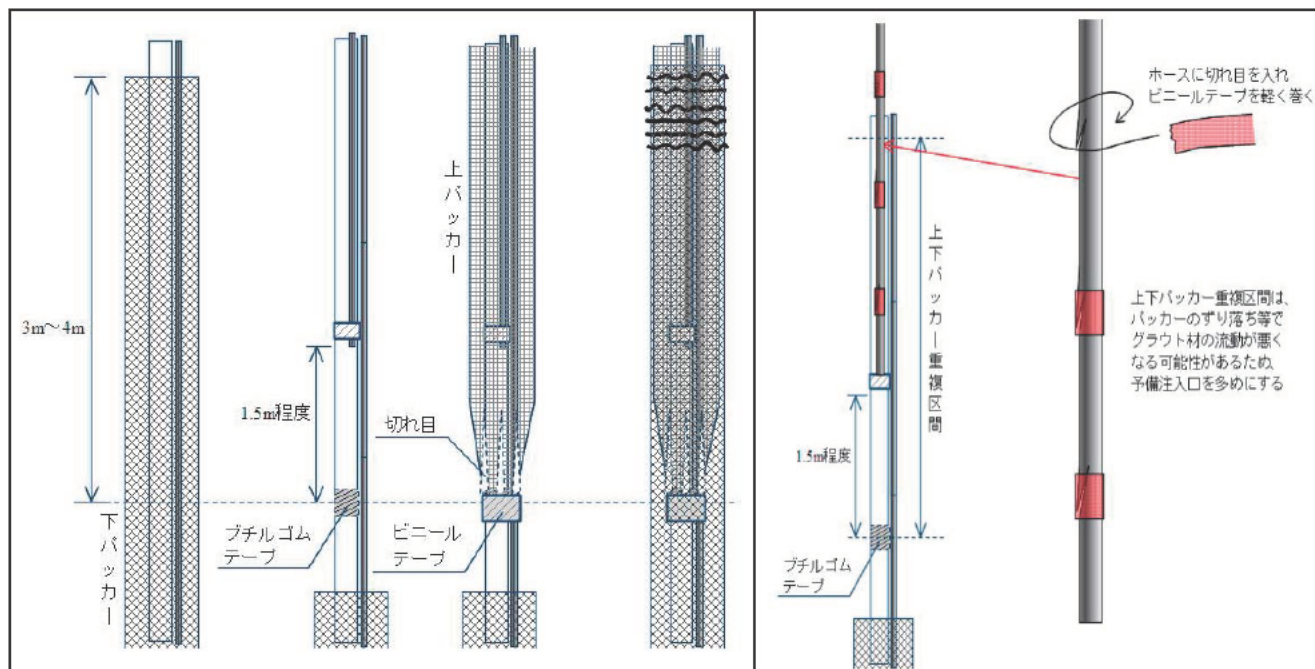


図3-10 上パッカーの接続手順(3段目以降)とグラウトホースの予備注入孔

(4) パッカーを被せた塩ビ管を立てる方法

塩ビ管法や塩ビ管反転法では、パッカーをかぶせた塩ビ管はかなりの重量になる(写真3 23)。パッカーを被せた塩ビ管をボーリングやぐらに吊るす方法、あるいは立てる方法は、足場およびやぐらの状況に合わせ機長と担当者で事前に相談して決める(写真3 24)。



写真3-23 長尺のパッカーを被せた塩ビ管の例



写真3-24 塩ビ管の吊るし部の例

(塩ビ管に穴を開けてシャックルを3箇所に取り付け、足場に番線で吊るした。各シャックルに均等に荷重がかかるように吊らないと、塩ビが歪んでガイド管が通りにくくなることもある)

(5) 吊り下げ用ワイヤの取り付け

長尺の場合、ガイド管やグラウトホースなどが重くなり手で支えられなくなるため、吊り下げ用のワイヤを使用することがある。ガイド管が孔内水位に達すると浮力により軽くなるが、シールの隙間から水がガイド管内に流入して浮力が急に働かなくなることもあるので、経験的には深度 80m 以上の場合はワイヤを使用した方が安全であり孔内事故の防止にも繋がる。

ワイヤを使用する場合はボトムにワイヤを固定する必要がある。固定は塩ビ管のキャップや吊り下げ用の治具にて取り付ける方法とする(写真3-25および図3-11)。充填材の流入を防止するため、ボトム部に穴を開けてワイヤを通す方法は推奨しない。



写真3-25 ワイヤ取り付けの事例

(VU50 キャップに穴をあけて 3mm ワイヤを通した)

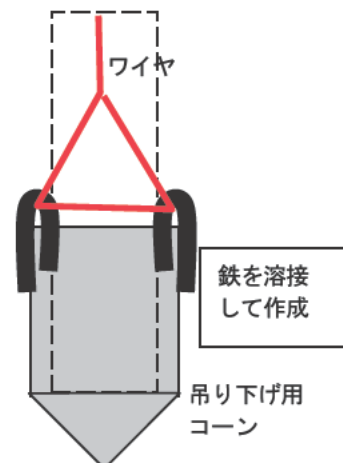


図3-11 吊り下げ用治具の模式図

(6) パッカーの固定

パッカーは3mに1箇所テープで軽く固定する(写真3-26)。孔口付近10~20m位は充填材の流し込みのため、固定しない方が良い(口元まで固定していると充填材の流し込みを行っても入っていかない)。



写真3-26 パッカーが膨らまないように軽く固定した事例

3-2-3 充填材の注入方法と配合

(1) ポンプとホースの弁加工について

長尺の場合においても、地下水位が低く清水掘削を行った孔は手押しポンプで充填作業は可能である。グラウトホースの弁加工は、充填高の半分程度の区間を行うと充填作業が速やかでよい。

地下水位が高く、泥水掘削を行った孔ではグラウトポンプを使用した方がよい。グラウトホースに弁加工をすると比重により上の方が先に開く可能性があるため、弁加工はしないで下からの吹き上げのみとする。なお、手押しポンプでは、かなりの労力を要する。

(2) 充填量の管理計画

充填材のボリューム管理は、削孔径・ケーシング径・ガイド管径等から、あらかじめ注入容量を算出し、その容量にて孔壁間が満遍なく注入されることが理想的である。充填時の留意点としては、充填後にはパッカーから水分が抜けて、充填高が下がることを考慮しなければならないことである。マニュアルに示された充填材の配合ではおよそ2~3割の水分が抜けるとともに、孔壁が崩れて孔径が広がっている区間があるため、充填材の量は孔径などから算出した量の最低1.5倍程度を準備しておく必要がある。

しかし、実際には、あらかじめ算出した注入容量を超過することがしばしばある。その原因として、以下の2点が挙げられる。

① ボーリング孔壁が崩壊し、想定よりもさらに孔径が大きくなった区間が多いこと

② パッカー破損による充填材の漏れ

②の場合は、容易に確認することが困難であることから、ここでは①の場合についての管理方法を記す。

実注入容量は、所定の注入容量つまりガイド管とボーリング孔壁との間の容積分ではなく、予め孔壁崩壊による孔径拡大を見込んだパッカー最大径時の容量も算出し、「所定注入容量 \leq 実注入容量 \leq パッカー最大径時注入容量」となることを想定する必要がある。さらに、ボーリング掘進時に孔内水の逸水が認められた場合は、その深度で孔壁が崩壊する可能性が高いことから、まずその深度まで充填材を注入し、翌日に再度その深度から充填材を注入するといった多段式注入を計画することが望ましいと考える。

充填材は、写真3-27のように孔口まで上昇してきたことを必ず目視確認し、孔壁間に満遍なく充填されたことを確認する。



写真3-27 充填材が上昇している孔口の確認状況

また、孔口まで上昇する前は、セメントや粉末粘土にて充填剤をドラム缶で1回分作った場合、どの程度の充填高になるかあらかじめ計算しておくことと注入量を管理しやすい（写真3 28）。



写真3-28 充填作業の状況の例 手押しポンプを使用
水100L, セメント2袋(50kg), 粘土2袋(50kg)
出来上がり量120L程度

(3) 銅線(電線)による充填作業時の充填高の管理方法の例

充填材によるガイド管と孔壁の間を充填する場合には、注入量を事前に算出してから施工することになっている。しかしながら掘削作業による孔壁の拡大や開口亀裂の存在または、ガイド管挿入時のパッカーの破損から、充填材の計画量のみで孔壁とガイド管の間を完全に充填するには難しいケースがある。

従って、充填材がグラウトホースを通じて、確実にボーリング孔底から充填されているかどうかを確認しながら作業しなくてはならない。

マニュアル(P.81)では、充填不良に対する注意事項の注入量の算出の項に、グラウトホースを多段式とした場合は、次のグラウトホースの先端まで注入する（次のグラウトホースの注入口先端をバケツの水に入れておくと、気泡が出てくるので確認可能）とあるが、軽微な気泡の発生を見逃した際には、充填が確認できない、また場合によっては気泡自体が出てこないケースも経験することがある。ここでは充填材が充填されたかどうかを確認する具体的な手段として、2芯の電線を使った方法があるので紹介する。なお、ここで言う銅線とは、ビニル等によりリード線に絶縁・保護のための被覆を施したものである。

但し、この方法の適用条件として、以下の点が挙げられる。

- 1.地下水位が低い場合にのみ可能である。
- 2.多段式のグラウトホースを計画した場合に適用可能である。

施工手順は次のとおりである。

- ① 多段式グラウトホースの計画と合わせて、銅線を用意する(写真3 29)
- ② 銅線の固定位置は、グラウトホースの先端と同じ位置にする(写真3 30)

- ③ 銅線をガイド管に張り付けながら設置する(写真3-31)
- ④ ボーリング孔口部の電線の末端に通電を確認する為のテスターをつなぐ
- ⑤ 孔底に近いグラウトホースから充填を行ない、テスターによる通電 (写真3-32)を確認する
→充填材が所定深度まで達したと判断できる



写真3-29 2芯電線



写真3-30 2芯電線設置状況



写真3-31 電線貼付け状況



写真3-32 通電確認状況

(4) 破砕帯充填の最適な配合

充填材は、削孔前の地盤の強度と同程度の強度になるように配合を調整し、地盤とガイド管を一体化させることが重要であると考える。図3-12の「A. ボーリング削孔長に対する破砕帯層厚の分布比率が大きい場合」における充填材の配合は、孔底から、”健全部① “→” 破砕帯① “→” 健全部② “→” 破砕帯② “→” 健全部③の順番で、硬さに応じて調整することが理想的である。

しかし、現実として幾条もの破砕帯が分布する場合、このように地盤の硬さに応じて配合比を変えることは困難である。したがって、「A」の破砕帯が粘土の場合には、ガイド管と孔壁の間を一律“硬い洪積粘土～洪積粘土”の配合比（水：セメント 5：1）に準拠することとし、破砕帯の破砕程度が小さく細礫状を呈する場合は、岩片（礫）部の硬さに該当する配合比に準拠する。

一方、図3-12の「B. ボーリング削孔長に対する破砕帯層厚の分布比率が小さい場合」も「A」と同様な考え方で、“軟岩～中硬岩”の配合比（水：セメント 3～1：1）に準拠することが現実的であると考えられる。

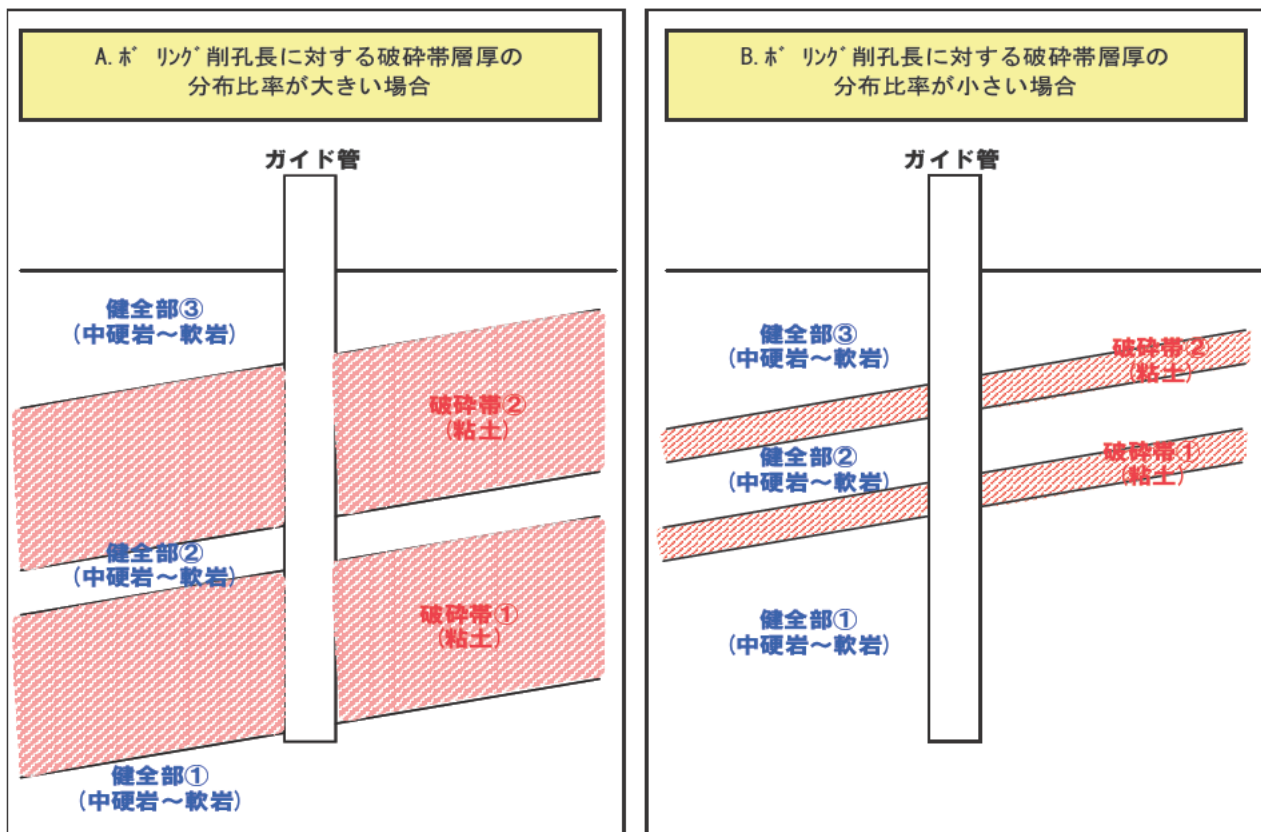


図3-12 削孔長に対して破砕帯比率が異なる2つの例

(5) 水ガラス等を用いた充填作業の紹介

長尺の挿入式傾斜計設置において、充填作業は地盤の変位を適切にガイド管に伝えるための重要な作業である。現在、地すべり地においてはガイド管設置時にパッカーを使用することが標準であり、高透水性を示す割れ目の多い岩盤においてもパッカーを用いることによって確実な充填作業が可能とされている。

しかし、実際に作業を行うと「どこから漏れているのだろうか？」と首をかしげたくなるほど充填材が溜まらない場合がある。

考えられる要因としては、

- ① 地下水位が低く、割れ目が多い高透水性岩盤（緩み帯、空洞、開口亀裂、漏水箇所）（図3-13）
- ② パッカーのつなぎ目からの漏出（現場での縫合が不十分）
- ③ 充填材の配合（粘性高い場合）

等々あるが、やはり①の地盤状況に起因することが多いと思われる。

どのようなしたら地下水位以浅の高透水性岩盤を効率良く充填できるのか。ヒントにしたのが、地盤改良の分野で広く知られ、水ガラス（珪酸ソーダ）とセメントを主材とした LW（Labiles Wasserglass）工法である。LW工法は、A液（水ガラス＋水）とB液（セメント＋水）を別々に調合してポンプで圧送し、注入時に両者を合流させて混合することによりゲル化するまでの時間（ゲルタイム）を利用して、充填材を土粒子の隙間に浸透させたり、あるいは地盤に圧入させて地盤の強化や止水を行うものである。

この工法にヒントを得て、深度 100m のガイド管設置を行った事例を紹介する。

1) 水ガラス等を用いた充填作業の手順

- ① グラウトホースを3段にセットして、ガイド管、パッカーとともに挿入する。このうち上段、中段には2本ずつホースをセットする（図3-14）
- ② 地下水位付近までは、下段のグラウトホースを使用して通常の充填材（セメントベントナイト）をグラウトポンプ（手押し式ないしは動力）で注入する
- ③ 翌日、充填材の固化状況、深度を確認し、水ガラスを用いた充填材を準備する
- ④ A液（水ガラス＋水）とB液（セメント＋水）を別々の半切りドラム缶で調合する（この時の配合比（重量比）は、水ガラス：水 1：1.5、水：セメント 1：1）
- ⑤ 孔内に注入する前に、ボーリング足場上でバケツ等を利用してA液とB液を混ぜ合わせ、ゲル化するまでの時間を確認する

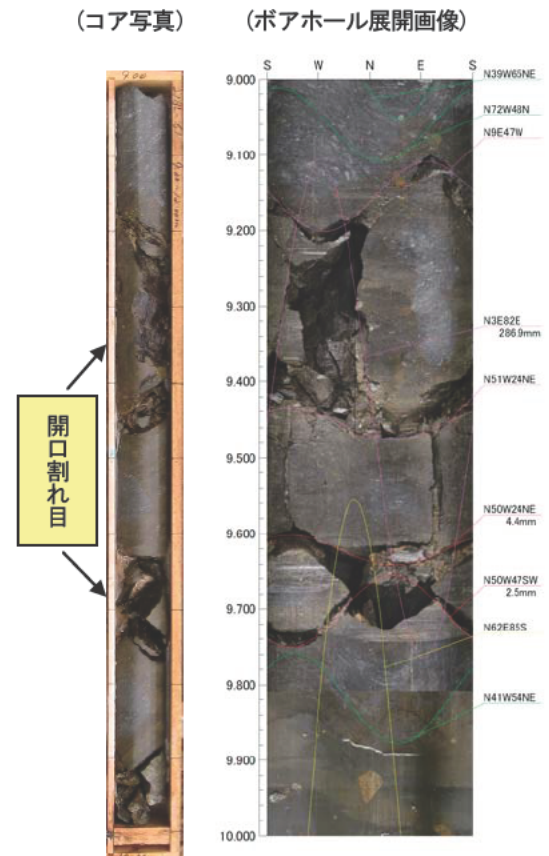


図3-13 割れ目が開口した緩み岩盤の例

- ⑥ 2本セットした中段ホースの口元に、充填材を注入し易いように漏斗（ペットボトルの底部を切り取るだけで手軽に作成できる）を取り付けて、A 液と B 液を別々のグラウトホースに同時に注入する（写真3 33）

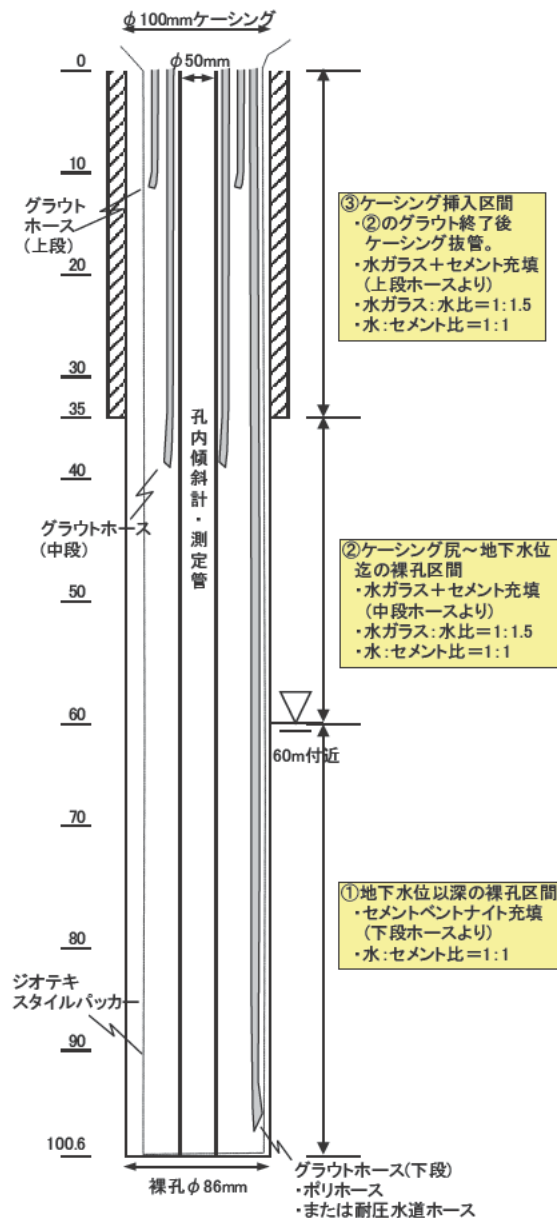


図3-14 水ガラスを併用した充填例



写真3-33 水ガラス・セメント注入状況

- ⑦ A 液と B 液が孔内で混合して徐々に固まり始めるため、ホースから注入できなくなるまで注入を続ける（ホースから注入できなくなるということは、充填材がホースの下端まで溜まったことを表す）
- ⑧ 固化状況を確認後、ケーシングを抜管する。

- ⑨ ケーシング抜管後、上段ホースから⑥、⑦と同様に充填作業を行う。ホースの本数が多いと、ガイド管の挿入がスムーズに行かない場合があるので、上部ホースについてはケーシング抜管後にパッカー内に差し込む方法もある
- ⑩ 上段ホースから注入できなくなったら孔口から直接流し込み、口元まで確実に充填する（図3 15）

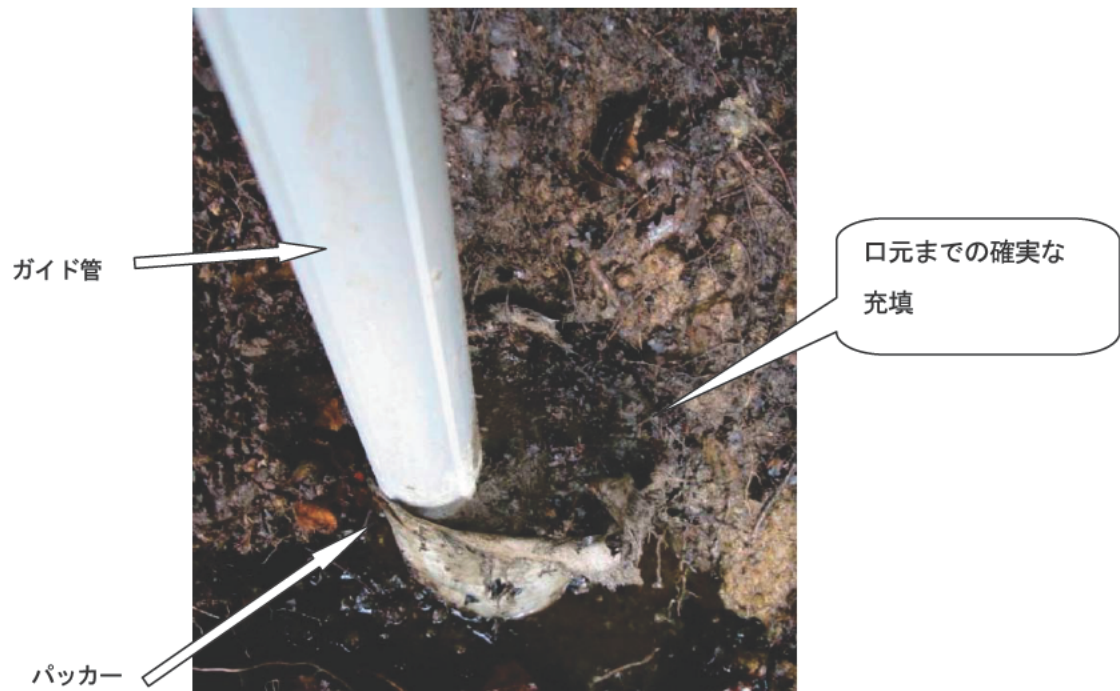


図3－15 充填完了後の孔口の状況

なお、固化状況の確認には、 $\phi 6\sim 7\text{mm}$ のグラスファイバー製の検尺用のロッドをガイド管とグラウトホースの隙間に入れるか、グラウトホース内に直接挿入することで行われる。

2) 水ガラス等を用いた充填における留意点・課題

この充填方法においては留意点と課題を以下に挙げる。

- ① 水ガラスを使用する際は、適度な固化時間（早すぎず、遅すぎず）となる配合比を確認するために、実施前に必ずテストする
- ② グラウトホースの本数が多くなるため、これらが重なり合わないよう事前に伸ばして「ねじれ」、「より」を取り除いておく
- ③ A液とB液の注入作業は必ず2名で行い、注入量、タイミングに大きな差がでないように十分注意する
- ④ ガイド管に変形が生じないように、ガイド管内への注水はその都度行う

3-2-4 パッカーの引き込まれ

充填作業時に、次の理由によりパッカーが孔内に引き込まれることがあり、特にパッカーの余長（残尺）が充分でない場合は、パッカーが全て孔内に入ってしまう（図3-16）。

- ① 孔壁崩壊により孔径の拡大箇所が多い場合は、孔壁の延長が孔の深さよりも長くなるため、充填材が上がってくるにつれてパッカーが孔壁に押しつけられて密着することで孔内に引き込まれる
- ② パッカーにねじれがあると引き込まれる量は多くなる
- ③ 孔口付近の孔内水位よりも上の区間は、浮力が働かないことに加え、パッカー表面に充填材の粒末が付着して重くなり、孔内にパッカーが引き込まれる

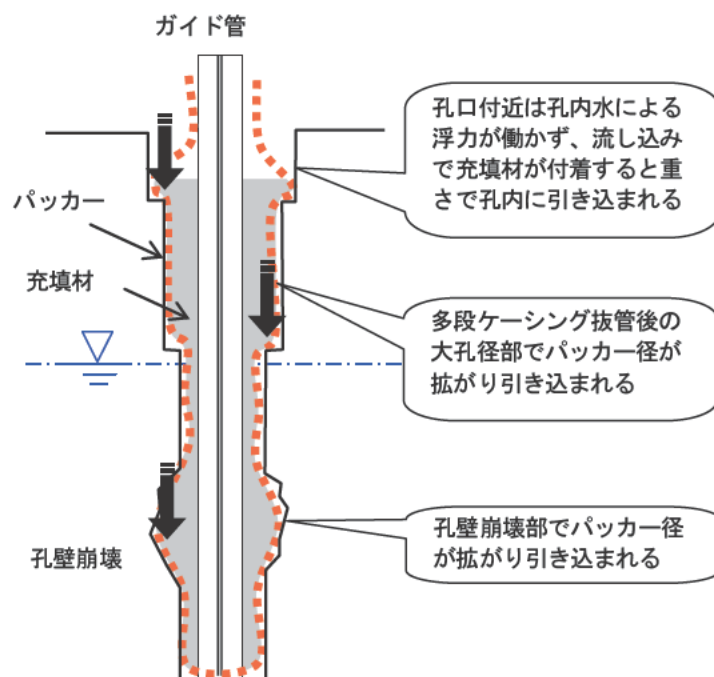


図3-16 充填時にパッカーが引き込まれるイメージ

パッカーの引き込まれる現象で生じる下方への引っ張り力は、手では支えていられないような強いものである。パッカーが完全に孔内に引き込まれてしまった場合は、ガイド管と孔壁の間にパッカーが無い区間ができてしまうため充填材の流し込み作業に時間を要するだけでなく、孔口付近が充填不良になる可能性も高まる。削孔径が大きいかつ、大深度ほど引き込まれ量が多い傾向がある。

経験からは、80m以上の長尺では1m以上引き込まれることがあり、最大では3mくらい引き込まれる。無理に孔口で引っ張り上げているとパッカーと地盤の隙間ができるおそれがあるので、ケーシング抜管作業に支障がない程度のパッカーの余長を確保する。また、パッカーの落下防止のため、充填材が口元付近まで上がってくる前に、パッカーの上端を2つに裂いて作業足場などにY字状に固定しておく（図3-17）。

充填材が孔口付近まで上がった場合、パッカーの余長が引き込まれても落下しない程度に十分にある場合は、自然に落ち着くまでパッカーの固定を緩める。

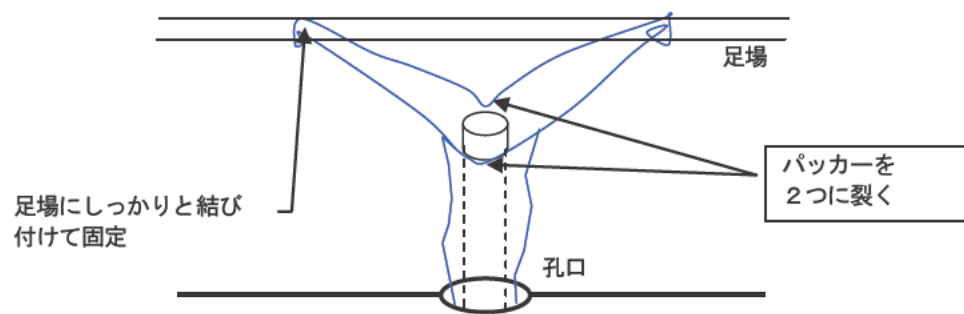


図3-17 孔口部のパッカー固定方法

3-2-5 充填後の養生方法

長尺の場合、ガイド管が自重により座屈して、さらに螺旋状に変形する可能性がある。したがって、充填作業後にガイド管の孔口をロープで持ち上げるようにして吊るした方が良い（写真3-34）。



写真3-34 油圧ジャッキとロープでガイド管の孔口部を吊るした事例

ガイド管の重なり部分は1箇所15cmなので、充填1日目の吊り上げ作業量は万が一リベットが切れた時に備えて10cm以内に抑えた方が良いと考えられる。

充填2日目以降の吊り上げ作業は、孔底はすでに充填材で固定されているため、前日に吊り上げた状態を開放して下がった高さで十分と考えられる（無理に引っ張るとリベットが切れる）。孔口で吊り上げられるガイド管の延長は、リベットのせん断強度に対するガイド管等の重量で決まる。例えば、あるガイド管でのリベット孔では、孔内水位が無い場合、安全率2とすると150m、安全率1.5とすると200m程度まで吊るすことが可能であり、急な上げ下げをしなければ問題なく吊るすことができる。

なお、孔壁崩壊などでガイド管が拘束されている場合は、ガイド管が切断する事故につながるので無理に引っ張ってはならない。

3-2-6 長尺の孔内傾斜計設置のトラブルとその対応事例の紹介

ここでは、実際に長尺のボーリング孔に孔内傾斜計を設置した際に発生したトラブルと、その発生過程、そしてこれらを考察し、トラブル対策を検討した事例を紹介する。本事例では、長尺のガイド管設置時に以下のトラブルが発生した。

- ① 設置時接続法によるパッカー縫合作業の手間どり
- ② ケーシング抜管時におけるガイド管の共上がりによるガイド管の破損

(1) ガイド管設置孔の概要

以下に、ガイド管を設置するボーリング孔と作業環境・条件の概要について示す。

- ・設置ボーリング孔

対象孔深度：141m(孔底深度 141.65m)

- ・設置環境と条件(写真3-35および図3-18参照)

作業日：冬季(12月中～下旬；1回目(12月中旬)→失敗、2回目(12月下旬)→成功)

作業スペース：櫓高さ7m、足場広さ4×5m、足場高さ0.8m。

作業人員：5名(作業員4名+監督員1名；1および2回目とも)

作業日数：4日(1および2回目とも)



写真3-35 作業スペースの状況

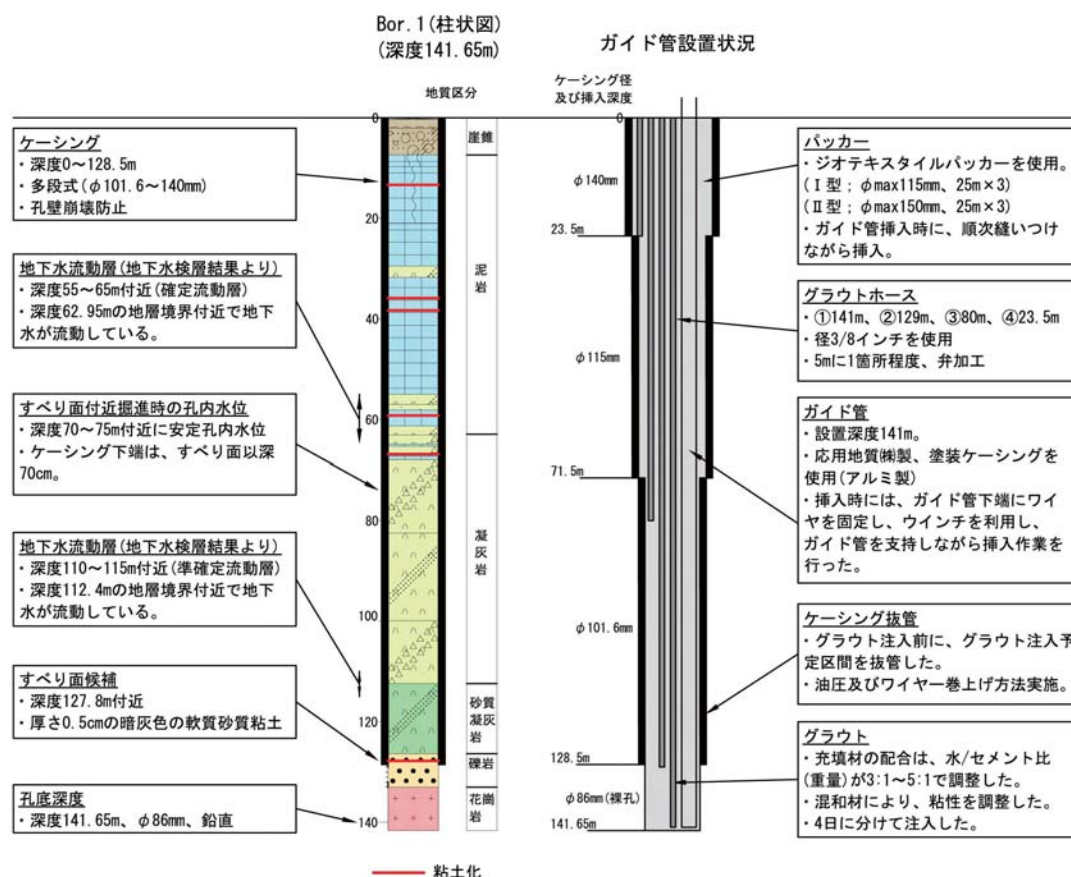


図3-18 ガイド管設置孔と設置状況の概要

(2) パッカー縫合作業時のトラブルとその状況

ここでは、パッカー縫合作業時において発生したトラブルと、その状況について事例を紹介する。

1) パッカーの設置状況とトラブル

パッカーは、ジオテキスタイルパッカーを使用した。

本調査では、地権者等の関係から十分な作業スペースを確保することが出来なかったため、複数枚のパッカーを使用し、設置時接続法によりパッカーをつなぐ必要があった。また、多段ケーシングにより深度ごとに孔径が異なったため、径の異なる複数枚のパッカーを用いた。

マニュアル(P.90)によれば、孔径が異なる場合あるいは長尺のため複数のパッカーが必要な場合には、下側のパッカーを上側のパッカーに1～2m オーバーラップさせて被せ、オーバーラップした部分を縫付けると記載されている。そのため、本調査では、ジオテキスタイルパッカー I 型(φmax115mm、25m)、II 型(φmax150mm、25m)をそれぞれ3巻使用し、マニュアル(P.90)に準拠してガイド管挿入時に順次縫付けた。

写真3-36にパッカー縫合状況写真を示す。マニュアルには、パッカー接続方法の模式図は示されていたが、具体的な縫合方法については記載されていない。このため、パッカー縫合作業に思わぬ手間と時間がかかった。



写真3-36 パッカー縫合状況
(現場の寒さに加え、細かい作業となる)

2) パッカー接続の状況

パッカー接続部は強度が低くなる。挿入時や充填作業時に縫合部が破れて充填材が漏出する恐れがあるため、念入りの縫合作業を行う必要がある。そこで、マニュアルを参考に縫合作業を行ったが、図3-19のようにマニュアル(P.90)とはパッカーの被せ方が上下逆となった。写真3-37は縫合部を示したものである。

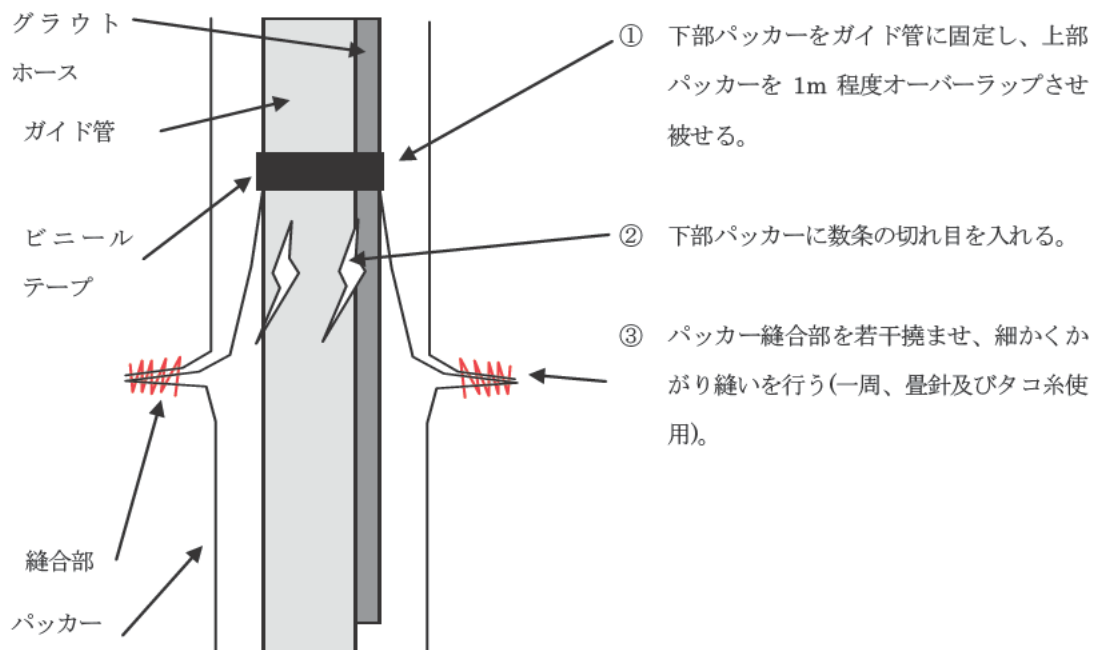


図3-19 実施したパッカー縫合方法



写真 3-37 パッカー縫合部の状況
(共上がりして苦勞した)

しかし、パッカー接合部が折り重なりクリアランスを狭めた原因となることもあったためか、後述の(3)に示すように、設置に苦勞をすることとなった。

3) 今後の対応と心がけ

十分な作業スペースを確保できない場合、パッカーの縫合作業が数多く発生する。パッカー縫合作業はガイド管挿入作業と並行して行うこととなるため、パッカー縫合作業には思わぬ手間がかかる。このため、事前に入念な打合せを行い、効率的なパッカー縫合作業の計画を準備することが重要である。

(3) ケーシング抜管時におけるガイド管の共上がりによるガイド管の破損について

ここでは、ガイド管挿入後のケーシング抜管時において発生したガイド管の共上がりによって、ガイド管が破損した事例を紹介する。

1) ガイド管の設置状況

以下に、本調査におけるトラブルの生じたガイド管の設置方針と、トラブル発生までの流れをまとめる。なお、ガイド管設置計画の詳細については、図 3-18 を参照されたい。

【ガイド管の設置方針】

- ・ 充填材の充填は、グラウトホース(外径 18mm)を 4 本使用し、4 回に分けて注入する。
- ・ パッカーは、ジオテキスタイルパッカー I 型(ϕ max115mm)および II 型(ϕ max150mm)を使用。
- ・ ケーシングは、充填材注入前に抜管(油圧およびワイヤー巻上げ法による)。

① ガイド管挿入時

- ・ガイド管の挿入深度は 141m。
- ・ガイド管挿入時、深度 100m 付近より挿入抵抗が増加した。そのため、以深の挿入は力を込めて押し込んだ。

②充填作業 1 回目(12 月 15 日)

- ・裸孔区間である深度 129～141.65m 間に充填材を注入。

③充填作業 2 回目(12 月 16 日)

- ・ケーシング抜管時、ガイド管の共上がりの徴候が認められた。そのため、ガイド管の孔口部を単管パイプで押えつつ、ケーシング抜管を行った。
- ・深度 55m までケーシングを抜管し、深度 80～129m 間に充填材を注入。

④充填作業 3 回目(12 月 17 日)

- ・前日に注入した充填材が固結し、ガイド管の共上がりが発生しないと考えられたため、ガイド管の孔口部を単管パイプで押えずにケーシング抜管作業を行った。
- ・その際に、再度ガイド管の共上がりが発生し、ガイド管が数 cm 上昇し破損した。

2) なぜ共上がりしてガイド管が破損したのか

ガイド管類(ガイド管、パッカーおよびグラウトホース等)と孔壁との間には、計算上約 25mm のクリアランスが存在すると思っていた(図3-20)。

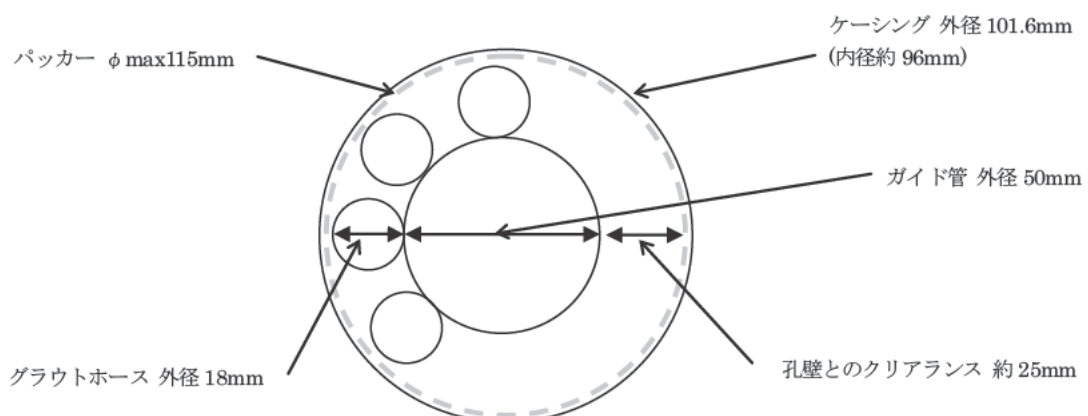


図3-20 当初考えていたガイド管類と孔壁のクリアランス(模式断面)

しかし、実際にはクリアランスに影響する以下の①から④に示す状況を見落としており、当初見込んだクリアランスは確保できていなかったものと考えられる。

- ①継手部での外径を見込むこと
- ②パッカーのだぶつき
- ③ガイド管に外径 18mm のグラウトホースを 4 本抱かせた
- ④グラウトホースをビニールテープにより 1m ピッチでガイド管に固定した

最も外径が大きくなると思われる区間は継手部である。継手部では、外径約 54mm のガイド管の継手に、止水テープ、自己融着テープ、保護テープを巻きつけたため、外径は最低でも 60mm 程度にはなっていたと見込まれる。さらにそこへ外径 18mm のグラウトホースを抱かせてパッカーを巻いたため、最も太いところでは約 80mm 程度の外径になっていたと思われる。ケーシングの内径は 96mm であるから、計算上のクリアランスは 16mm であった。また、充填材の異常注入圧によるガイド管の変形を防ぐために、外径 18mm のグラウトホースを 4 本抱かせることになったことに加え、孔径に対してパッカーの径が大きかったため、だぶついたパッカーがさらにガイド管類の径を大きくしてしまったものと思われる。こうした理由により、計算上は約 16mm 存在するクリアランスは、実際にはほとんど存在していなかったものと考えられる（図 3 2 1）。

継手部以外も、グラウトホースのたわみを防ぐために、グラウトホースとガイド管をビニールテープにより 1m ピッチで固定したため、外径は 75mm 程度と想定よりもやや大きく、加えてパッカーのだぶつきの影響もあったと考えられる。

以上より、トラブルは、主に孔壁とガイド管類とのクリアランス不足によって生じたものと考えられる。

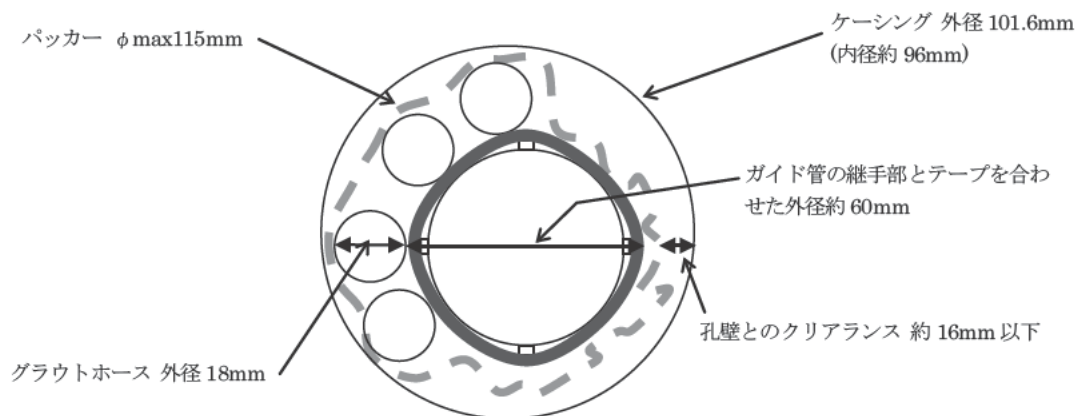


図 3-2 1 実際のガイド管類と孔壁のクリアランス (模式断面)

3) トラブル後のクリアランス不足を軽減させる対応

本事例では、再設置時に外径 18mm のグラウトホースの代わりに外径 13mm の耐圧ホースを使用した。その結果、ガイド管の共上がりや挿入時の抵抗を生じずにガイド管を設置することができた。使用した耐圧ホースを写真 3-38 に示す。



写真 3-38 2回目の設置時に使用した耐圧ホース（外径 13mm）

4) トラブル防止策の提案

長尺の挿入式傾斜計設置において発生する孔壁とガイド管類のクリアランス不足を軽減させる対策として、以下のような方法が考えられる。

- ① この現場のような深度 100m 以上の際には、掘削径をもっと大きくする
- ② 外径の小さいグラウトホースを使用する
→今回再設置時に採用した方法（外径 13mm のグラウトホースを使用）
- ③ グラウトホースのたわみをできるだけ防止する
→この現場のように 1m 毎にテープを巻きつけて固定する等

設置では孔壁とガイド管類とのクリアランスは重要である。長尺でクリアランスが不足した場合には、非常に大きな摩擦抵抗となり、ガイド管類の挿入不能および共上がりによるガイド管の破損が発生しやすくなる。そのため、パッカー径やグラウトホースの径および本数を減らすことや平形ホースの使用により、摩擦抵抗を極力発生させないような配慮が求められる。

4. 観測に関する留意事項

4-1 観測業者の変更に伴うデータの受け継ぎ

地すべり調査では、単年度で完了するケースが少なく、その一方で、観測業務は単年度で発注されることが多い。特に、長尺の挿入式傾斜計計測を行うような比較的に規模の大きい地すべりは、対策の効果が発揮されるまでに長期間を要すると想像できる。また、近年の価格競争の激化や入札方式の変化により、測定を請け負う業者が毎年交代するケースが増えている。

ここで問題となるのは、受託会社が変わると計測を行う作業員が変わることである。計測器については、発注者が計測器を所有しており同じものを継続して使用できる場合は良いが、計測器も変わることが多い。それらによって、図4-1のように経年データが繋がらないといった不具合が生じることがある。

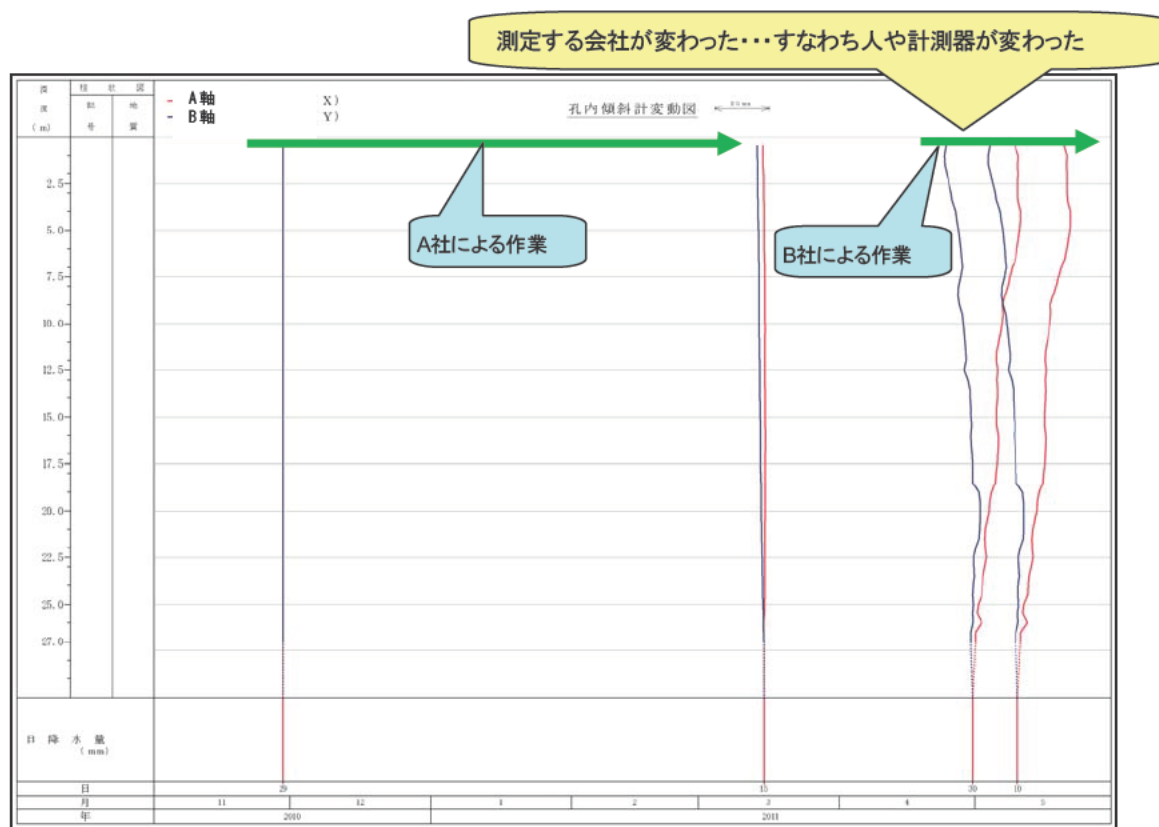


図4-1 異なる業者による計測データを繋げた事例

この原因については、以下が考えられる。

- ①作業員の違い → 観測作業の速度の違いにより、孔内の温度変化によるセンサへの影響が異なる。
- ②深度合わせの基準点がA社とB社で違っている → 観測孔内のデータ取得位置が両社で微妙に異なる。
- ③計測器が変更された → ケーブルの変更は、ケーブルの伸縮の差によりデータの取得位置が異なる（影響大）、プローブの変更はプローブの機械的な個体差により測定軸が変化する。

このトラブルは、特に業務委託の年度末に差し掛かる融雪期に地すべりが活動するとされる地域や、挿入式孔内傾斜計の設置初期からの累積傾向を検討する場合に問題となることが多い。

孔内傾斜計は、計測位置が数 cm ずれると取得したデータに影響を及ぼすことが考えられる。

受託業者が変わると、各観測孔における観測基準点などを作業員同士で引継ぎされることが少ないという問題がある。

また、計測器が変わることの問題については、繰返し使用によってケーブルが伸びたり、プローブの車輪の摩耗やばねの劣化などが発生するためと考えられる。このため、同一人物が作業を行っても、計測器が変わるとデータが一致しないケースが発生する。さて、これらの対処はどうすれば良いか。

まず、計測深度を合わせるためには、計測位置を詳しくヒアリングする必要がある。観測孔毎に微妙に異なっている場合もあるので、確実に情報を引き継ぐようにする。

勘所としては、例えば、図4-2のように、ホルダのケーブルストッパーの頂部などにケーブルの目盛りを合わせるなど、目印になりやすい箇所を基準として選定し、計測者が交代しても同じ位置で計測できるようにするのが分かりやすい。そのため、ガイド管設置時には、計測基準点を考慮してガイド管の立ち上げ高さを決定する必要がある。

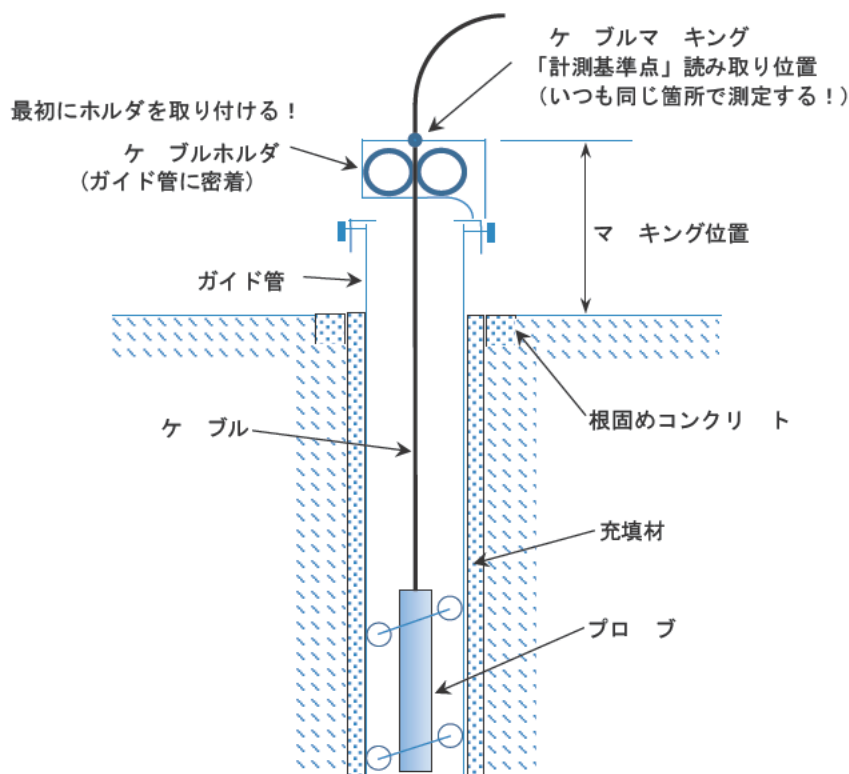


図4-2 ホルダを基準点とした例

一方で、計測器が変更されることによる不具合については、対処が難しいのが実情である。前年度に観測を実施した業者から計測器を借りることが可能であれば、自社の計測器と合わせて同一日に2度の計測を行い、計測器ごとの誤差をリセットすることで、経年データが問題なく繋がることもある。

しかし、それでも図4-3のように、データが繋がらないことのほうが多い場合もある。例えば、ケーブルの伸びやプローブの個体差に起因するものである（図4-3の傾倒はプローブ変更の影響）。

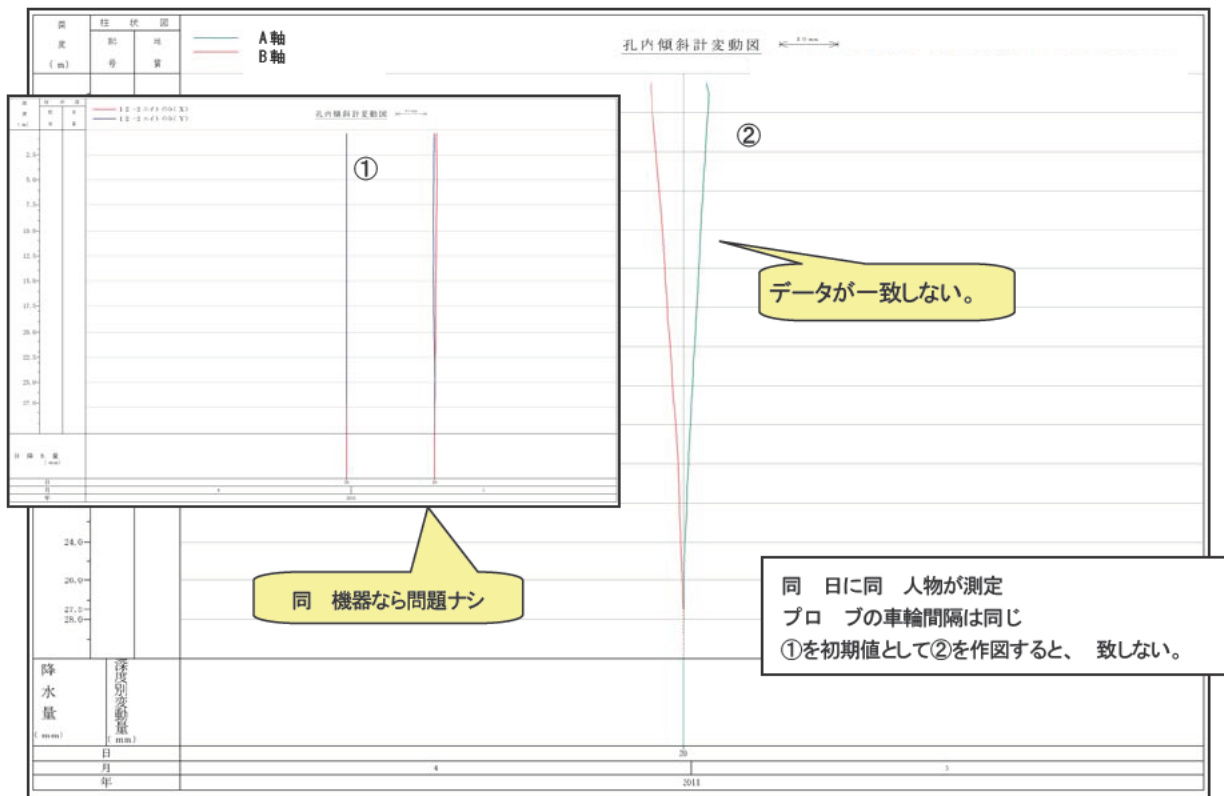


図4-3 異なる機器を用いて同一日に同一人物が計測した事例

では、「ケーブルだけ同じものを使えばいいのではないか？」という発想が生まれるかもしれない。しかし、使用機器は、プローブ、ケーブル、ロガーのセットで調整、検定を受けているので、組み合わせを変えることは避けるべきである。

発注者側の対処方法としては、長期間の地すべり対策および調達を必要とする現場で挿入式孔内傾斜計を用いた計測を行う場合には、プローブ、ケーブル、ロガーの使用機器一式を購入し検定、貸与することで、これらのトラブルを解決することが可能である。

4-2 プローブの束縛と回収の事例

計測時に、図4-4に示すようにプローブが孔内に束縛されることが（稀に）ある。原因としては、次の事項が発生していると予想される。

- ① ガイド管の変形（地すべりによる変形）。
- ② フロレッセンス（白華）など異物の付着（間詰め充填材の溶出）。
- ③ リベットの打ち忘れによるガイド管の脱落。
- ④ ボトム設置忘れによるプローブの脱輪。

ガイド管が①、②により破損していることもある。一方で③、④のように作業時のケアレスミスによるものもある。

ただし、③および④はマニュアルに従ってガイド管の組み立て作業を行えば、充填作業時にトラブルが発覚するので、近年は発生していないと考えられる。

いずれにしても、無理にプローブを引き抜こうとすると、ケーブルに延び・断線が発生するリスクが高い。プローブも高価なので、作業員の一存で無理に引き抜くことはできない。写真4-1はプローブの回収器を製作した例であり、数現場で実際にプローブを救いだした方法を紹介する。

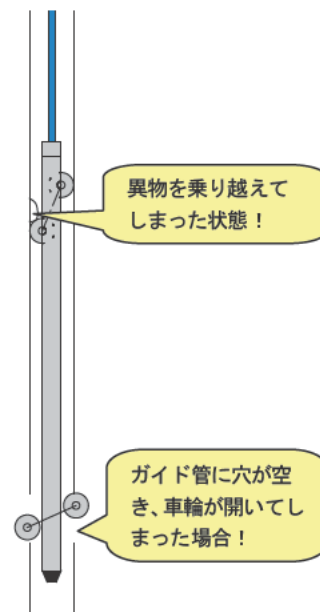


図4-4 束縛ケース



写真4-1 孔内傾斜計プローブ回収器

回収方法は単純で、竹やり状の回収器を塩ビ管で繋げて孔内に挿入する（図4 5）。

束縛箇所において、プローブ下向き側の車輪を竹やり先端で押し込み、回収器の中に取り込んでしまえばよい。

欠点は、ケーブルを通していかないといけないので、回収器の接続が面倒であることである。回収作業は2人以上で行う必要がある。

なお、回収したプローブとケーブル一式は検査を必要とする。

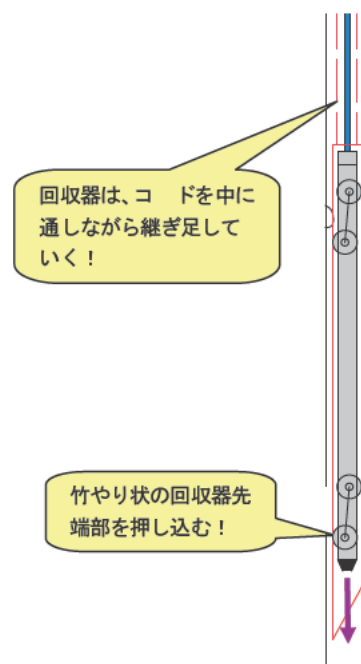


図4-5 プローブ回収イメージ



写真4-2 ガイド管破損例（カメラ観察による）

写真4 2では、ガイド管内をカメラで観察⁴⁾するとアルミが溶けて穴が開いているような画像が撮影された。しかし、この原因までは究明できなかった。

なお、マニュアル（P. 212～213）のトラブルシューティングも参照されたい。

4-3 長尺の挿入式孔内傾斜計の計測

長尺の挿入式傾斜計計測において、留意すべき主なポイントは、マニュアル（P. 29～34, P. 108～138）に示される通常の計測と変わらない。しかし、長尺の場合には機材の重さや長さ、計測時間の長さに原因するトラブルが発生することがある。また、計測ミスが生じた場合には経費的、時間的な損失が大きくなる。

（１）長尺で発生が予想されるトラブル

長尺の挿入式孔内傾斜計における計測で予想されるトラブルは、次のとおりである。

- ① ケーブルが長く重いため、観測地点までの運搬時の転倒や転落および機材落下の危険が高まる。
- ② ケーブルが長いと、降ろす際の感触が分かりづらくなる。このため孔曲り部の存在に気付かず、プローブを挟みこみ、プローブが引き抜けなくなる可能性がある。
- ③ ケーブルが重いため、降ろす際にガイド管の端部でケーブル被覆を傷める可能性がある。
- ④ ケーブルが重いため、計測時の深度合わせがしづらい。
- ⑤ 計測は単調な繰り返し作業になりがちなので、測定時間が長くなると深度設定ミスが発生しやすい。
- ⑥ クセの付いたケーブルは長くなると絡まりやすく、ねじれによって測定深度にズレが生じ、ミスデータが発生する可能性やケーブル内部配線を傷める可能性がある。
- ⑦ 計測時間が長くなるため、計測途中の天候の変化により計測器が濡れて故障する可能性がある。
- ⑧ 計測時間が長いと、計測中にバッテリーの電圧が低下し、液晶画面が見づらくなる。
- ⑨ 計測時間が長いと、測定者の疲れから人為的な測定ミスが発生する可能性がある。
- ⑩ 測定ミスがあった場合のロスが大きい。

（２）現地計測における留意点

現地計測における作業の留意すべき事項は、次のとおりである。

- ① 運搬は2名以上とする。
- ② 長尺の場合は、50m 以深でさらにゆっくり降ろす。すべり面検出の可能性のある深度や孔底付近は事前に把握しておき、該当深度付近でのプローブの上げ下げは慎重に行う。
- ③ ホルダはガイド管の端部でケーブルを傷めないために設置するものであるが、部分的にガイド管に触れる箇所があるため、ホルダの穴の中央か、丸味を帯びた箇所で下ろす。（写真4-3）
- ④ ケーブルの深度合わせは、“水糸”をホルダに設置し、作業中の視点移動がないように注意する。（写真4-4）

なお、マニュアル（P. 137～138）も参照すると良い。

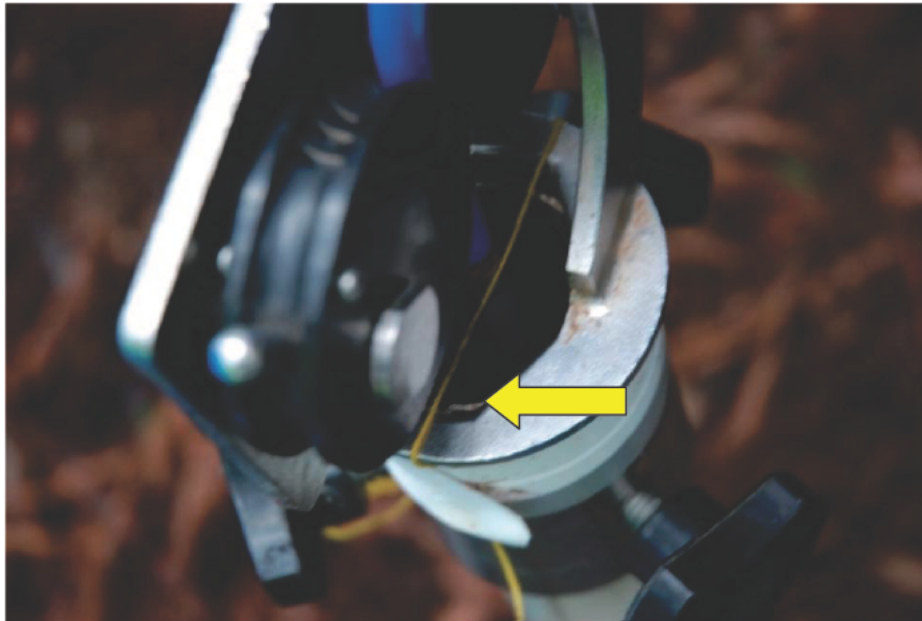


写真4-3 ケーブルを傷付けやすい箇所
(ガイド管に触れる部分)



写真4-4 計測時の水系の設置

- ⑤ 計測作業では、声の掛け合いや作業途中の深度チェック（5m毎に）を行う。
- ⑥ 計測で引き上げる際のケーブルは、地表で丁寧に巻きとる。（写真4-5）
- ⑦ 計測時には、計測器を覆う大きめの透明ビニール袋を用意しておく、不意の降雨でも計測器を濡らすことがない（写真4-6）。さらに計測器付近をパラソルやタープで覆っておけば安心である。（写真4-5）



写真4-5 計測時のケーブル巻きとり



写真4-6 測定器にビニール袋をかぶせて不意の降雨に備える

- ⑧ 計測器のバッテリーの充電状態には注意する。測定日当日に充電を済ませ、電圧をチェックする。液晶画面が見づらくなる場合を想定して懐中電灯やヘッドランプを用意する。
- ⑨ 測定者が無理なく計測できるように、孔口の高さに合わせた踏み台や計測器用の台を設置する。計測器の台は降水時の対策としても役立つ。

- ⑩ 測定ミスは、様々な要因で発生するが、人為的なミスがほとんどである。長尺計測の場合は特に事前の準備と作業手順を確認し、計測はリズム良く行う。また、後述するように現場でミスを発見することが重要である。

以上の長尺の計測で予想されるトラブルと計測時の留意事項およびトラブル予防のために準備するものを示す。

表 4－1 長尺の挿入式孔内傾斜の計測で予想されるトラブルと計測時の留意事項等

	作業内容	予想トラブル	計測時の留意事項	準備するもの
1	運搬	転倒、転落、落下などの事故	複数人員で運ぶ	ショイコ（背負子）
2	プローブを降ろす	孔底部や孔曲り部での故障や事故	さらにゆっくり降ろす、深度把握	孔底深度、孔曲り深度の事前把握
3	〃	ガイド管端部でのケーブル破損	ガイド管端部の角にケーブルを接触させない	
4	計測	孔口部での測定深度のズレ、ミスデータ発生	深度マークと水系位置を合わせる	水系、ビニールテープ
5	〃	人為的な測定深度のズレ、ミスデータ発生	声の掛け合い、5 m毎の深度チェック	
6	〃	ねじれ発生（深度ズレ）、ケーブル損傷事故	丁寧に巻く（逆相巻あるいは8の字巻）	ロープ
7	〃	突然の降雨で計測が濡れ、故障事故	事前にビニール袋用意、パラソル等の用意	ビニール袋、パラソル、タープ等
8	〃	バッテリー電圧低下、バッテリー切れによる計測中断	事前の充電と電圧チェック、電圧低下時の表示確認用ランプの用意	懐中電灯、ヘッドランプ等
9	〃	測定者の疲れ（計測ミス）	事前の測定台・踏み台設置	固定台、踏み台、折りたたみ椅子
10	〃	測定ミスによる再測定、欠測の発生	事前準備と作業手順確認	

（3）データの簡易チェック

長尺の計測では、測定ミスは出来るだけ早く発見することが大きな手戻りを防ぐことにつながる。ここでは、現地でできるデータチェックと測定後に宿泊先などに持ち帰って行う簡易なチェック方法についての例を示す。

1) 現地でできるチェック

- ・最近観測した測定データを出力して持参する。
- ・孔底でプローブを30分以上保持し、測定開始前、2～3 m程度上部のところで前回データと比較する。
- ・測定器の異常や測定時のA0とA180の方向入れ間違えなどは、この時に発見することが可能である。

2) 持ち帰ってからできる簡易チェック（受け入れ時の検査）

- ・測定データを読み込み、A0+A180データとB0+B180データの折れ線グラフを作成し、前回データと重ねる。（図4 6）
- ・プラスやマイナスに突出する箇所（特性値）や波形から、前回データと比較して測定時の深度ズレが発生していないかチェックする。
- ・サンプリングのミスデータを発見することも目的である。

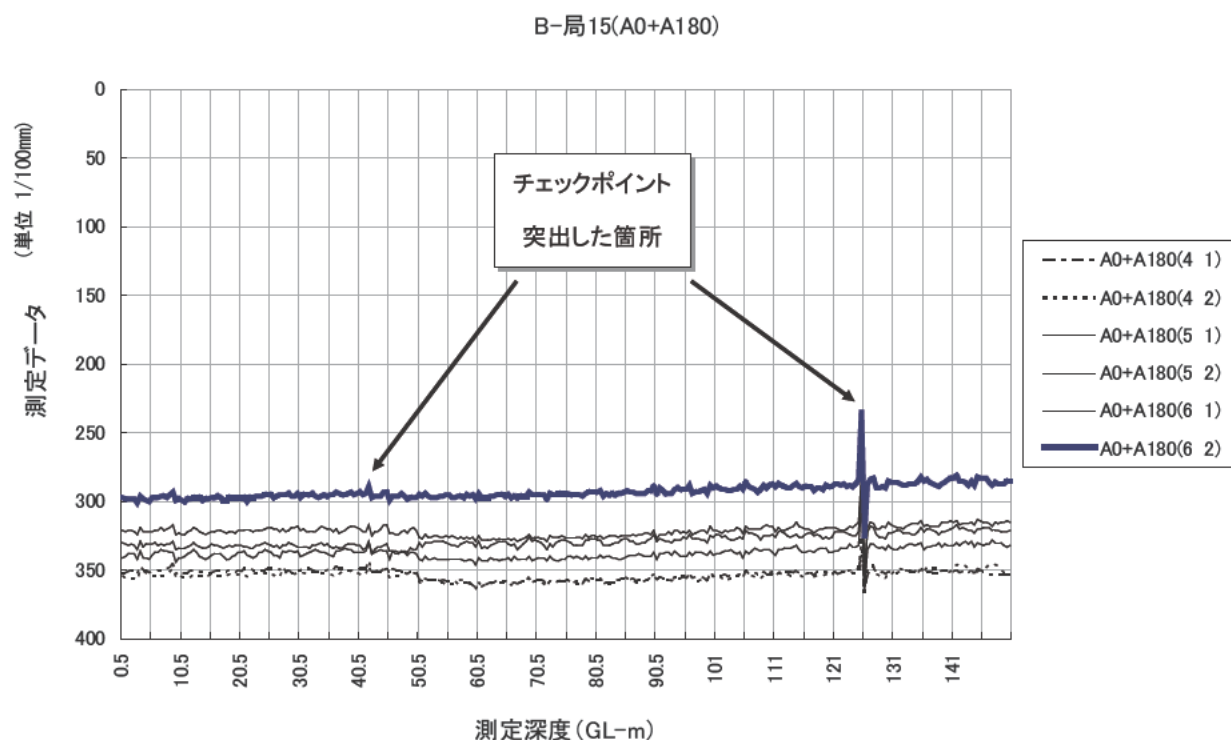


図4-6 簡易データチェックの例（横軸が深度、縦軸が測定データ）

（４）データ整理

データ整理の方法は、基本的にマニュアル（P. 35～52、P. 139～168）と同様である。

ただし大規模な地すべりで適用されるような長尺の計測では、複数のブロックの変動をとらえて、すべり面が複数存在する可能性があるため、細心の注意が必要である。また、変動や変動可能性のある変位が認められた場合には、計測実施者に「注意すべき深度」として伝えることが孔内トラブル発生の防止につながる。

4-4 ケーブルの点検方法

(1) 挿入式孔内傾斜計用ケーブルの役割と点検の目的

挿入式孔内傾斜計はプローブ、ケーブルおよびデータロガーが接続された測定システムであり、ケーブルの役割は①プローブのセンサが検出したデータをロガーまで伝えること、②プローブの深度を初期値測定時の測定位置に合わせる（0.5m もしくは 1.0m 間隔）の2つである。ケーブルは長期間使用すると、ケーブル本体やコネクタ部の損傷による断線や絶縁不良、ケーブルの全長やマーカ間の距離の伸縮により測定位置が変化して異常値や不良データの発生の原因となることがある。

したがって、①についてはケーブルの絶縁や導通が確実であること、②はケーブルの伸縮が規定値内にあることを点検の目的とする。以下に、メーカーごとに点検方法を述べる。

(2) 坂田電機（株）製の点検

測定前に行う簡易的な点検と定期的にメーカーの工場で行う点検がある。以下に、測定前点検の項目と対処方法を示す。

①ユーザーが実施できる測定前点検

・ケーブルの損傷や凹凸

目視によるケーブルの被覆が傷ついていないか、ケーブルを触ってデコボコしていないことを確認する。目視により写真4-7や写真4-8で示すような不具合が想定される場合は、ケーブル全体の交換が必要な場合がある。

・測定データの安定性

プローブを壁に立て掛けて動かない状態にして測定値がバラつかないこと、プローブを傾けてスムーズに測定値が変化することを確認する。不具合があった場合、メーカーに点検・修理を依頼する。

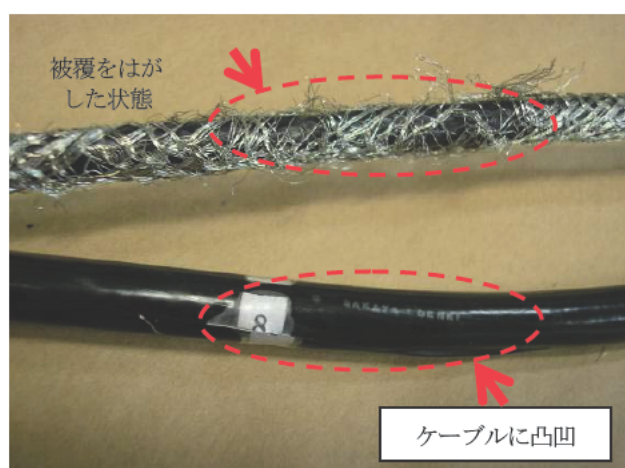


写真4-7 ケーブル被覆とシールド

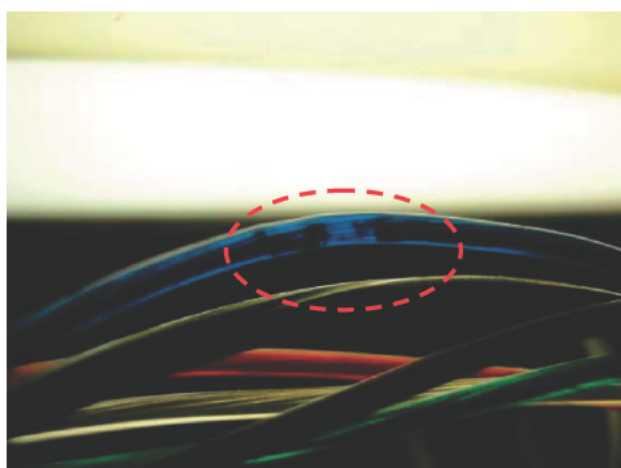


写真4-8 ケーブル芯線の断線が予想される被覆状況

定期点検は年1回程度の頻度で行い、メーカーに依頼することが望ましい。メーカーが実施している定期点検項目を以下に示す。

②メーカーの実施している定期点検項目

- ・ ケーブルの損傷
- ・ ケーブルの凹凸
- ・ 測定データの安定性
- ・ コイル間導通抵抗差 (8MΩ 以下)
- ・ 絶縁抵抗 (50MΩ 以上)
- ・ 水没試験

(3) 応用地質(株)製の点検

ケーブルの点検は、次のように使用前点検と定期点検に分けられる。前者は、ユーザーが目視にて行うものであり、後者はメーカーが電氣的な測定試験やケーブル長の確認を合わせて実施するものである。

①使用前点検[ユーザーが実施]

- ・ ケーブルの外側の被覆に傷はないか (写真4-9)
- ・ ケーブルの外側の被覆に凹凸はないか
- ・ ケーブルヘッド部に変形はないか 等



写真4-9 ケーブルの破損状況の例

使用前点検により不具合があった場合には、より詳細な②の定期点検を行い、点検結果に応じて修理や交換などの対応を検討する。

②定期点検〔一年毎が目安で使用前点検により不具合が発見された場合も含む。メーカーが実施〕

メーカーの実施しているケーブルの定期点検の項目を示す。

- ・ 使用前点検と同様の項目
- ・ マーキング位置の点検は 10m あたりの伸縮量が $\pm 20\text{mm}$ 以下であることを、10m 区間ごと（白のマーキングごと）に確認（図 4-7）
- ・ 絶縁抵抗計による絶縁抵抗の確認（ $600\text{M}\Omega$ 以上/100m）、およびテスターによる導通抵抗の確認（ 12Ω 以下/100m）（図 4-8）

※定期点検に加えて、納品時・修理時にも同様の点検を実施。

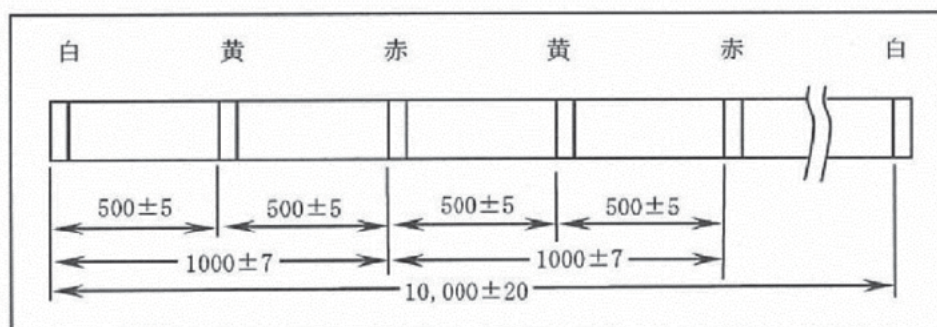


図 4-7 マーキング位置の仕様 (応用地質(株)製)、単位はミリ

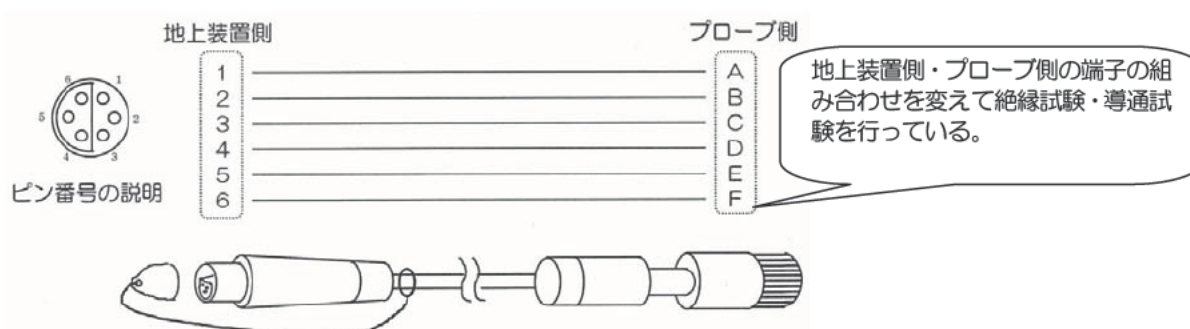


図 4-8 ケーブルの配線 (応用地質(株)製)

このケーブルは一般的な計測器用のケーブルに比べて伸縮しにくい構造になっているが、使用状況や環境によっては伸縮する場合があるので、定期点検を推奨している。ケーブルの伸縮量は全体に一律ではなく、使用頻度の高い区間は伸びるのに対し、頻度が低い区間は縮む傾向があることから、マーキング位置の点検は、10m ごとに区切って行われている。なお、ケーブルの伸縮量や絶縁抵抗等が基準を満たさない場合には、ケーブルの修理や交換をなどの対応を推奨している。

4-5 ねじれ測定によるデータ事例

(1) ガイド管のねじれの実態

マニュアル (P. 100) のとおり、ガイド管は次に示した原因によりねじれが生じていることがある。

- ① ボーリング掘削時の孔曲がりに伴い発生するもの（孔曲がりは長尺になると必ず発生）。
- ② ガイド管設置時の方向合わせ時のねじりによる力（トルク）によるもの。
- ③ ガイド管設置途中にワイヤやグラウトホースの位置関係がずれることで生じる、ガイド管への回転力によるもの。
- ④ ガイド管製造時に生じる許容誤差内の微小なねじれが累積するものなど。

マニュアル (P. 103) および共同研究報告書 (P. 169~170) では既設 33 孔の現地測定により、深度 30m を超えるねじれ角度が 10° を超えるねじれ角度の事例が 1/3 程度発生していることから、深度 30m 以上の孔はねじれを測定するとされている。特に②については、ガイド管の A 軸を主測線の方に合わせる際に手に抵抗を感じる場合は無理に調整を行わないことが重要である。ねじれの実態については、マニュアルや共同研究報告書のほかに報告事例⁶⁾がなされ始めている。今後このようなガイド管のねじれ等のデータが蓄積されることにより、さらなる計測値の解釈の手助けとなることが期待される。

なお、共同研究報告書やマニュアルに示されているデータはガイド管の方位測定専用の孔内カメラが開発される以前に取得したものであり、計測誤差が現行の製品より大きいことに留意されたい。

(2) 機器の選定

現在、ガイド管のねじれ（方位）測定が可能な計測器は、応用計測サービス(株)製の Q スコープと孔曲がり測定器、および(株)村田製作所のデジタルオンラインであり、それぞれ使い分けが可能である（マニュアル P. 100 102）。

適用深度に着目すると、Q スコープはケーブル長 200m まで対応できるが、それ以上の深度ではケーブルの電気的な抵抗により電圧低下して画像が映らないため測定は不可である。同じく孔曲がり測定器もケーブルの長さにより 200m までである。200m を超える現場では、(株)村田製作所のデジタルオンラインのみが適用できる。

(3) 測定について

測定間隔は、初期値観測時に全深度計測する際は原則 1m 間隔とし、すべり面深度がすでに把握されている場合はその深度だけでも良い。測定位置は、継手部を避けた方がよい。

磁石による測定器（例えば、Q スコープ）は、急に磁針が振られることがあるためプローブをゆっくり上昇（または下降）させ磁針が安定するのを待つ。また、製品によっては磁針に引っかかりがあることがあるので、磁針の動きが鈍い場合は、画像撮影前にケーブルに軽く震動を与えて磁針の動きを観察する。

(4) 異常なデータの対処

測定値の分布をグラフ化し、極端な異常値は再測定することが望ましい。

Q スコープでは画像が記録されているので、異常値が出ている箇所について再確認する。ねじれは、概ね同じ回転方向に発生することが多く、ばらついた値（右回転と左回転が頻繁に入れ替わる）になることは少ない。ばらついた値が得られた場合は、マニュアルに示されているように、移動平均での補正や異常値の削除にて対処する（図4-9）。

磁石を利用した測定器でそのような現象が生じる場合は、磁気に関連する原因が考えられる（ケーシング残置、吊り下げワイヤ、近接した構造物、磁性体、鉱物など）。ガイド管外での磁針の方向を確認し、ガイド管内に入れるとすぐに磁針が異なる方位を示す場合は、吊り下げワイヤに磁針が反応している可能性がある。保孔用ケーシングを残置した区間では磁針が正しい方位を示さないで、図4-10のようにケーシング残置区間の上下の値で補間するなどの対応を検討する。

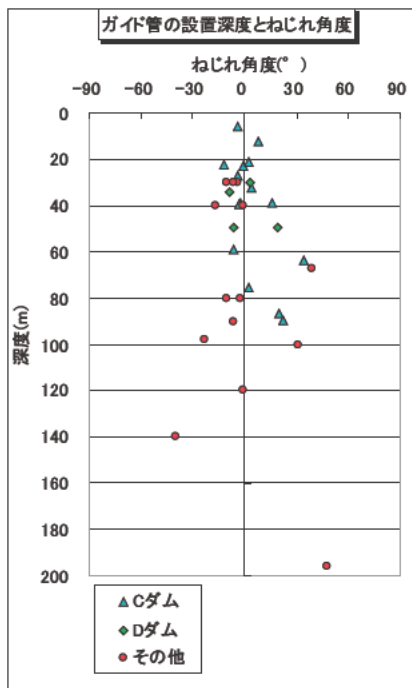


図4-9 ガイド管の深度とねじれ(N=33)⁵⁾

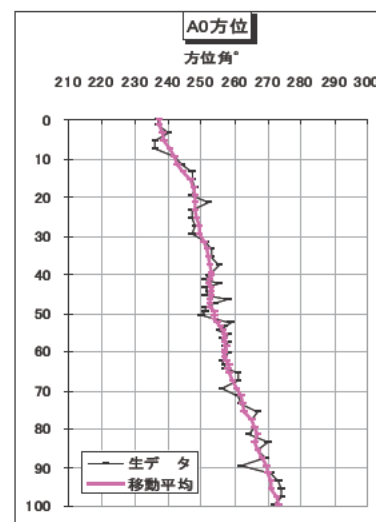


図4-10 方位測定結果とばらつきの補正

(5) 補正事例

方位の測定事例を図4-11に示す。補正前後では累積変位図では各軸で10~20mmの差異となり、変位ベクトル図では孔口に対して25°程度の時計回り方向の差異となる。

補正を行った正しい変位量・方向にて、変位速度の評価や地すべり機構解析などを行う。地すべりの主測線の設定は、移動抗やGPS計測などと合わせて検討する。

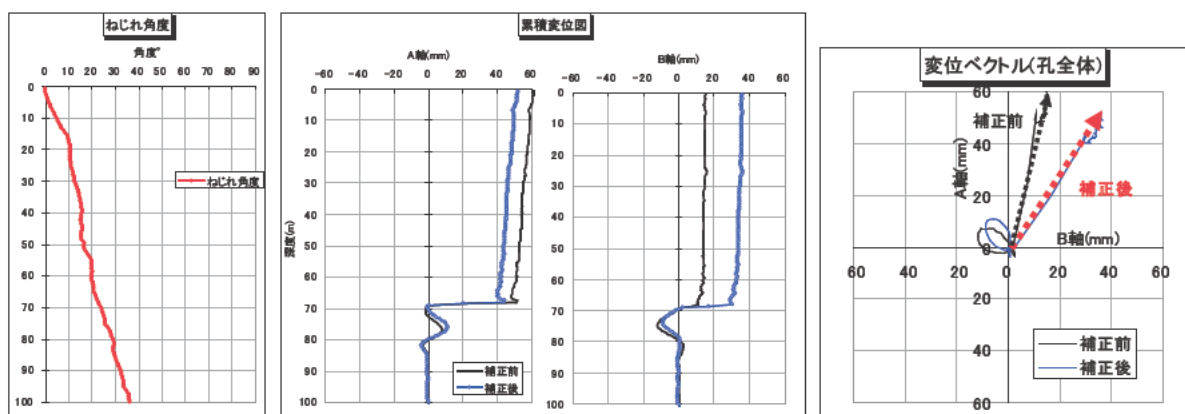
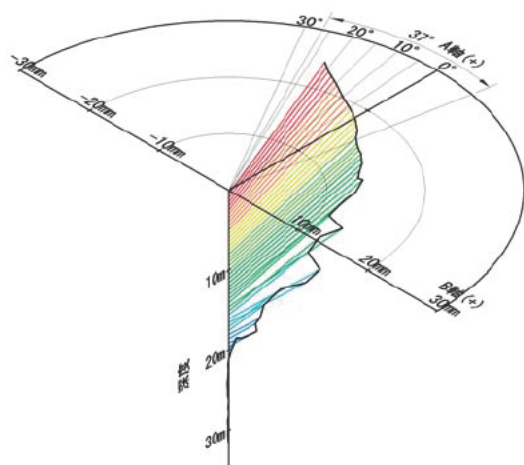


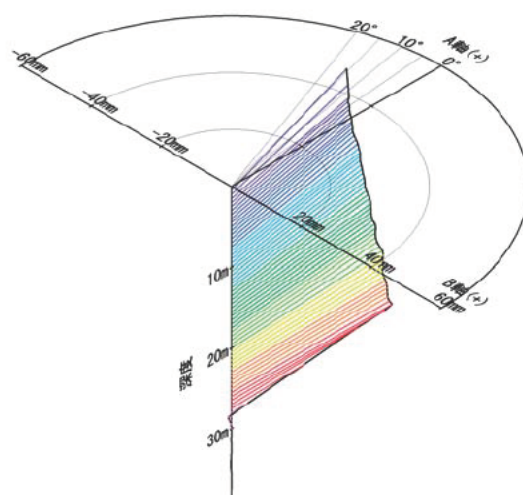
図 4-11 ねじれの補正例

(6) 変位の表現方法

図 4-12 は、孔底からの累積変位を立体に示しており、深度別に色分けされている線は平面変位ベクトルである。双方ともに充填に問題はない観測孔であり、左は鉛直変位主体のクリープによる変形が生じていると考えられる。他方、右はすべりによるせん断変形を生じた典型であると考えられる。また、図 4-13 のクリープによる観測孔のデータは不規則な方向に変位し、全体としてデータは螺旋状を呈している。一方、すべりによるせん断変形によるデータは、各深度ともに概ね同一方向に変位している。

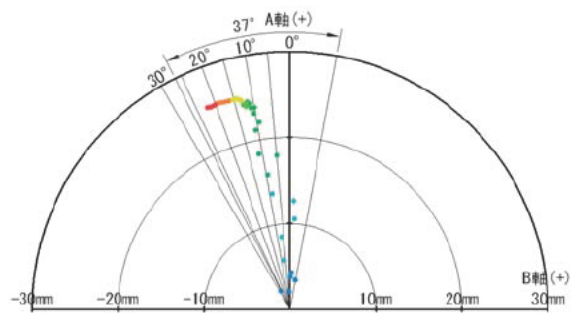


(クリープによる変形)

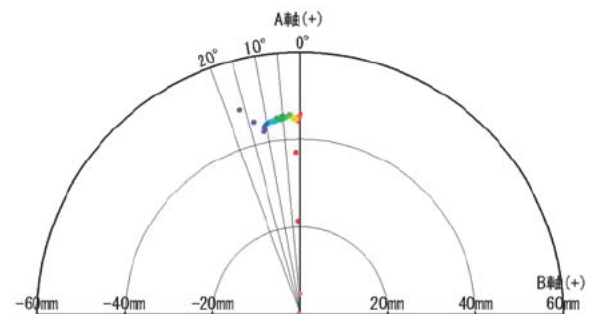


(すべりによるせん断変形)

図 4-12 累積変位を立体的に表示した例
(カラーは平面変位ベクトル)



(クリープによる変形)



(すべりによるせん断変形)

図4-13 平面変位ベクトル座標の深度別のプロット例

なお、図4-12左図のようにS字状データが不規則に生じるような場合には、地すべりの調査位置も考慮して砂による充填⁷⁾を試みることも考える。

4-6 ガイド管の段差事例

初期値測定後1カ月後の計測時に、ガイド管継ぎ目位置で段差（車輪通過時に引っかかりが感じられる程度）が確認されたため、管内カメラ（Gライン）でガイド管内部を確認した事例を紹介する（写真4-10、写真4-11）。

初期値測定時には異常が確認されなかったことやプローブを挿入した際に孔底まで観測できたことから、観測を継続する方針であるが、作業員からの聞き取りでも、ガイド管が変形するような取り扱い・挿入はなされていないため段差の発生原因は不明である。しかし、挿入時のガイド管接続作業の問題による可能性は否定できない。

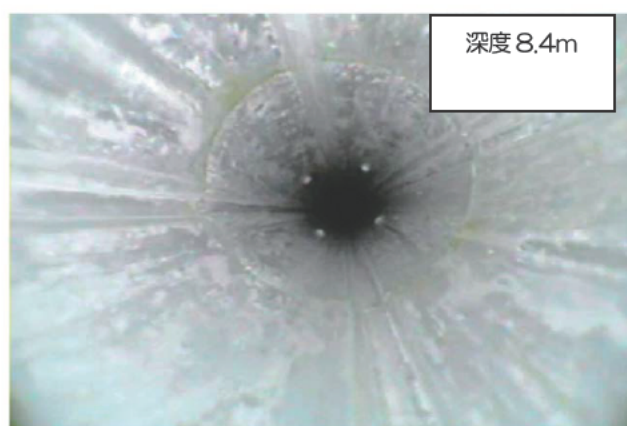


写真4-10 正常な継ぎ目

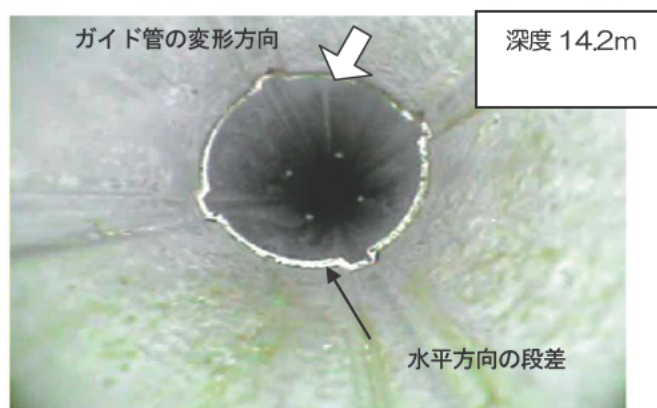


写真4-11 段差のように見える画像

このような段差が生じている場合には、プローブの車輪がガイドから外れてしまう可能性も考えられる。極端な場合にはA軸の計測をしていたのに、車輪がガイドから外れて車輪がB軸のガイドに90°回転してしまうことも考えられる。計測時には、段差の感じられる深度に対しては「注意すべき深度」として周知しておく必要がある。

なお、マニュアル（P.72）にも類似した画像がある。このようなガイド管内のカメラによる画像と地すべりの動きの関連を検討することによりエラーなのか、地すべりの動きによるものか整理されたいと考える。

5. 今後の課題

挿入式孔内傾斜計は、地中の水平変位を直接計測するための唯一の計測機器として昭和 50 年に日本に紹介されて以来、地すべり地を始めとする多くの分野の現場に適用されている^{8),9)}。その一方、観測事例が増えるに従って、挿入式孔内傾斜計の観測データに疑問を持つ研究者や担当者も増えてきた。例えば、突然データが変動したり、地中の変位とは考えづらいS字状にたわんだグラフとなったり、グラフ表示すると大きく傾いたりした経験は、多くの担当者が経験したことに違いない。これらの計測結果の解釈を間違えると、地すべり対策事業においては機構解析に影響するとともに、最終的には対策工法の抑止力の算出にも大きく響くこととなり、対策工法の設計にも影響することとなる。したがって、多くの担当者はその計測結果の説明に多くの時間を要してきた。当初、これらの主たる原因として、ガイド管の設置方法や設置後のガイド管周辺地山の変化などを考えていたが、研究が進むにつれて設置環境とともに挿入式傾斜計本体の持つ固有の機械的誤差という問題が抽出された。これらの問題点を明らかにし、かつ、的確な設置方法を周知するためにマニュアルが発刊されている。

座談会での議論から、長尺の場合の今後の課題としては、データ蓄積を行い以下の項目に対する追加検討などを実施し、マニュアルに記載された項目のうち、定性的な情報を可能な限り定量化することが考えられる。

- ① 挿入式孔内傾斜計観測における、「人為的誤差+機械的誤差+その他の誤差」を評価して、挿入式孔内傾斜計の適用範囲(適用限界深度)に関する検討を行い、「挿入式孔内傾斜計が正確に傾斜角を測定して地中の状態を正しく表現することが可能な深度とはどこまでか」ということに関する検討。
- ② ガイド管の力学的強度試験の実施による、ねじれ方向の抵抗などの定量評価に関する検討。
- ③ パッカーとグラウトホースに関する新たな知見に基づく検討を行い、より安全で確実なガイド管の挿入方法と充填方法に関する検討。

現在、すべり面調査を含めて地中深部の水平方向の変位量を直接測定し、その動きを可視化する計測機器は「挿入式孔内傾斜計」のみと言っても過言ではなく今後も多くの現場で用いられると考えられるが、適用深度が深くなった場合の計測は、挿入式孔内傾斜計の適用範囲の限界を超えた領域になる可能性が高い。

正しい計測値を得るためにも、挿入式孔内傾斜計が最適なのか、設置型孔内傾斜計が最適なのかの議論も含めた、挿入式孔内傾斜計(広義の孔内傾斜計を含む)の適用限界に対する正確な情報を提供することが必要であると考えられる。

最後に、本資料のノウハウの内容が、挿入式孔内傾斜計の今後の発展に寄与できれば幸いである。

謝 辞

ノウハウの資料作成にあたり座談会に集まって頂いた方々はもとより、技術・事例の紹介や提供等の執筆内容に協力頂いた方につきまして一覧をここに示すとともに感謝を表します。

マニュアルの執筆者で元土木研究所地すべりチーム所属であった株式会社 高速道路総合技術研究所道路研究部 土工研究室 藤澤和範 砂防研究担当部長(元上席研究員)、北海道大学大学院環境資源学部門 森林管理保全学分野 流域砂防学研究室 笠井美青 准教授(元研究員)、国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部砂防計画課 土砂災害警戒避難対策係 神山嬢子 係長(元研究員)におかれましては、ノウハウのとりまとめにあたりご助言頂きました。ここに記して感謝いたします。

一 覧

会 社 名	住 所	氏 名
基礎地盤コンサル タツ株式会社	〒136 8577 東京都江東区亀戸 1 5 7 日鐵NDタワー	福井 謙三
	〒136 8576 宮城県宮崎市日ノ出町 142 3	松本 一春
応用地質株式会社	〒331 8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2 61 5	千葉 伸一
	〒532 0021 大阪府大阪市淀川区田川北 2 4 66	杉田 理
株式会社キタック	〒950 0965 新潟県新潟市中央区新光町 10 2	和田 幸永
株式会社地圏総合 コンサルタント	〒060 0006 北海道札幌市中央区北 6 条西 22 丁目 2 3	銭谷 竜一
中央開発株式会社	〒169 8612 東京都新宿区西稻田 3 13 5	細矢 卓志
株式会社ダイヤコ ンサルタント	〒980 0811 宮城県仙台市青葉区一番町 2 4 1	新山 雅憲
株式会社エイト日 本技術開発	〒460 0008 愛知県名古屋市中区栄 3 10 22	池田 学
国土防災技術株式 会社	〒990 2473 山形県山形市松栄 1 丁目 5 番 41 号	西尾 克人
	〒330 0074 埼玉県さいたま市浦和区北浦和 2 12 11	土佐 信一
坂田電機株式会社	〒202 0022 東京都西東京市柳沢 2 17 20	才田 誠
		樋口 佳意
川崎地質株式会社	〒108 8337 東京都港区三田 2 11 15 三田川崎ビル	橋本 直樹
日本工営株式会社	〒102 0083 東京都千代田区麹町 4 2	菅沼 健

(順位不同、敬称略)

〈参考文献〉

- 1) 独立行政法人土木研究所，応用地質株式会社，坂田電機株式会社，日本工営株式会社（2010）：地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル，理工図書，pp. 7 16.
- 2) 独立行政法人土木研究所，応用地質株式会社，坂田電機株式会社，日本工営株式会社（2010）：孔内傾斜計データ不良の原因に関する実態調査と計測技術の標準化，共同研究報告書 整理番号第 397 号，pp. 5 6.
- 3) 千葉伸一，阿部大志，武士俊也，杉田理，伊藤義行（2011）：挿入式孔内傾斜計の長尺孔設置におけるパッカー使用方法に関する一考察，社団法人日本地すべり学会，第 50 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 232 233.
- 4) 武士俊也，阿部大志，宇都忠和（2011）：地すべり鋼管杭の変位計測と孔内カメラ観察による実態把握，財団法人土木研究センター，土木技術資料，Vol. 53，No. 2，pp. 47 49.
- 5) 独立行政法人土木研究所，応用地質株式会社，坂田電機株式会社，日本工営株式会社（2010）：孔内傾斜計データ不良の原因に関する実態調査と計測技術の標準化，共同研究報告書 整理番号第 397 号，pp. 169 170.
- 6) 落合文登，福永拓也（2010）：孔内傾斜計観測孔で確認した孔曲りの特徴，日本地すべり学会，第 49 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 165 166.
- 7) 本間宏樹，神山嬢子，千葉伸一，藤澤和範（2011）：すべり面の急傾斜部における孔内傾斜計観測孔の挙動とその解釈，財団法人土木研究センター，土木技術資料，Vol. 53，No. 3，pp. 6 12.
- 8) 地すべり観測便覧編集委員会（1996）：地すべり観測便覧，社団法人地すべり対策技術協会，pp. 152 164.
- 9) 上野将司（2009）：シリーズ地すべり観測機器の歴史と現状 5 孔内傾斜計の歴史，日本地すべり学会，Vol. 46，No. 3，pp. 79 83.

巻末資料

1. 挿入式孔内傾斜計計測マニュアルに関する座談会出席メンバー
2. 50m を越える挿入式孔内傾斜計設置観測等の歩掛り・費用に関するアンケート調査及び結果

1. 挿入式孔内傾斜計計測マニュアルに関する座談会出席メンバー

(1) 座談会（第1回） 平成23年7月27日

独立行政法人 土木研究所	つくば中央研究所	地すべりチーム	上席研究員	武士俊也
〃	〃	〃	研究員	阿部大志
〃	〃	〃	交流研究員	宇都忠和
日本工営株式会社	流域・防災事業部		副技師長	菅沼 健
〃	〃 防災部		課長	田中靖政
坂田電機株式会社	計測工事事務部	計測技術課	課長	樋口佳意
株式会社キタック	技術第一部	地質システムグループ	技師	和田幸永
株式会社エイト日本技術開発	ジオエンジニアリング事業部	中国支社	PM	池田 学
国土防災技術株式会社	技術本部	技術部	部長	榎田充哉
〃	山形支店		総括課長	西尾克人
株式会社ダイヤコンサルタント	東北支社	調査設計部	調査課	調査課長 新山雅憲
〃	〃	〃	〃	課長代理 伊藤靖雄
川崎地質株式会社	技術本部	技術企画部	課長	高梨俊行
〃	事業本部	環境部 防災設計グループ	課長代理	橋本直樹
応用地質株式会社	エンジニアリング本部	ジオデザインセンター	主任	千葉伸一
〃	関西支社	ジオテクニカルセンター	専門職	杉田 理
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	保全・防災センター		センター長	福井謙三
〃	宮崎事務所		所長	松本一春
中央開発株式会社	技術センター	地質部	課長	細矢卓志
株式会社地圏総合コンサルタント	札幌支店	技術部 地質課	課長	銭谷竜一

(順序不同、敬称略)

(2) 座談会 (第2回) 平成23年10月7日

独立行政法人 土木研究所	つくば中央研究所	地すべりチーム	上席研究員	武士俊也
〃	〃	〃	研究員	阿部大志
〃	〃	〃	交流研究員	本間宏樹
日本工営株式会社	流域・防災事業部		副技師長	菅沼 健
坂田電機株式会社	計測工事事務部	計測技術課	係長	才田 誠
株式会社キタック	技術第一部	地質システムグループ	技師	和田幸永
株式会社エイト日本技術開発	ジオエンジニアリング事業部	中国支社	PM	池田 学
国土防災技術株式会社	技術本部	技術部	自動観測グループ	課長
〃	山形支店		総括課長	西尾克人
川崎地質株式会社	技術本部	技術企画部	課長	高梨俊行
〃	事業本部	環境部	防災設計グループ	課長代理
応用地質株式会社	エンジニアリング本部	ジオデザインセンター	主任	千葉伸一
〃	関西支社	ジオテクニカルセンター	専門職	杉田 理
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	保全・防災センター		センター長	福井謙三
〃	宮崎事務所		所長	松本一春
中央開発株式会社	技術センター	地質部	課長	細矢卓志
株式会社地圏総合コンサルタント	札幌支店	技術部	地質課	課長
				錢谷竜一

(順序不同、敬称略)

2. 50m を越える挿入式孔内傾斜計設置観測等の歩掛り・費用に関するアンケート調査及び結果

(1) 50m を越える挿入式孔内傾斜計設置観測等の歩掛り・費用に関するアンケート調査

挿入式孔内傾斜計設置観測等に関する諸費用に関する歩掛りを調査した。対象とする項目は次の1)～5)である。回答方法は①次ページの代価の項目や数量を入力する。②単純に必要な人員数を作業項目ごとに回答することでも良いとした。また、③これまでの実績があれば、その見積書の内訳ないし代価を回答いただくことでもかまわないこととした。ただし、アンケート回答には諸費用に関する深度と人件費名称（地質調査員等）を明確にして回答を得ることとした。アンケートのデータは平成23年3月までの内容であり、アンケートの回収は平成23年8月末になされた。

- 1) 挿入式孔内傾斜計の設置
- 2) 挿入式孔内傾斜計の観測
- 3) 挿入式孔内傾斜計のガイド管方位測定
- 4) 挿入式孔内傾斜計の資料整理
- 5) 上記以外の歩掛、代価等

なお、アンケート対象者は、座談会のメンバーとした。

別紙1-1

代 1号 挿入式孔内傾斜計設置(50m超～100m以下)				1 孔 当り		単価表	m
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
人件費			式				
	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
	普通作業員		人				
材料費			式				
	ガイド管		本				
	継ぎ手		ケ				
	キャップ類		組				
	パッカー	ジオテキスタイル	m				
	雑品		式				材料費の %
機械等損	ボーリングマシン	油圧式	式				
仮設費	ガイド管組立足場		式				ボーリング足場とは別途
計							
※ガイド管数量 M(本数) D(深度m)÷3+1(端数切捨て)							
※継ぎ手数量 N(個数) M(ガイド管本数) 1							
※パッカー数量 L(延長) D(深度m)+2m							

代 2号 挿入式孔内傾斜計設置(100m超～150m以下)				1 孔 当り		単価表	m
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
人件費			式				
	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
	普通作業員		人				
材料費			式				
	ガイド管		本				
	継ぎ手		ケ				
	キャップ類		組				
	パッカー	ジオテキスタイル	m				
	雑品		式				材料費の %
機械等損	ボーリングマシン	油圧式	式				
仮設費	ガイド管組立足場		式				ボーリング足場とは別途
計							
※ガイド管数量 M(本数) D(深度m)÷3+1(端数切捨て)							
※継ぎ手数量 N(個数) M(ガイド管本数) 1							
※パッカー数量 L(延長) D(深度m)+2m							

代 3号 挿入式孔内傾斜計設置(150m超～200m以下)				1孔 当り	単価表		m
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
人件費			式				
	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
	普通作業員		人				
材料費			式				
	ガイド管		本				
	継ぎ手		ヶ				
	キャップ類		組				
	パッカ	ジオテキスタイル	m				
	雑品		式				材料費の %
機械等損	ボ リングマシン	油圧式	式				
仮設費	ガイド管組立足場		式				ボーリング足場とは別途
計							
※ガイド管数量 M(本数) D(深度m)÷3+1(端数切捨て)							
※継ぎ手数量 N(個数) M(ガイド管本数) 1							
※パッカ 数量 L(延長) D(深度m)+2m							

別紙1-2

単 1号 観測（50m超～100m以下）			1孔・回 当り		単価表		
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】							
人件費	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の*％
機械損料	孔内傾斜計損料	100m用	台 日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	地質調査員		人				
計							
合 計							

単 2号 観測（100m超～150m以下）			1孔・回 当り		単価表		
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】							
人件費	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の*％
機械損料	孔内傾斜計損料	150m用	台 日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	地質調査員		人				
計							
合 計							

単 3号 観測（150m超）			1孔・回 当り		単価表		
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】							
人件費	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の*％
機械損料	孔内傾斜計損料	200m用	台 日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	地質調査員		人				
計							
合 計							

別紙1-3

単 8号 ガイド管方位測定（50m超～100m以下）				1孔 当り		単価表	
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の*％
機械等損料	孔内カメラ装置賃料	100m用 レンタル	台・日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	消耗品類		式				人件費の*％
計							
合 計							

単 9号 ガイド管方位測定（100m超～150m以下）				1孔 当り		単価表	
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の*％
機械等損料	孔内カメラ装置賃料	150m用 レンタル	台・日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	消耗品類		式				人件費の*％
計							
合 計							

単10号 ガイド管方位測定（150m超）				1孔 当り		単価表	
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
【現地測定】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	雑品		式				人件費の＊％
機械等損料	孔内カメラ装置賃料	200m用 レンタル	台・日				
計							
【資料作成】			式				
人件費	地質調査技師		人				
	主任地質調査員		人				
	地質調査員		人				
材料費	消耗品類		式				人件費の＊％
計							
合 計							

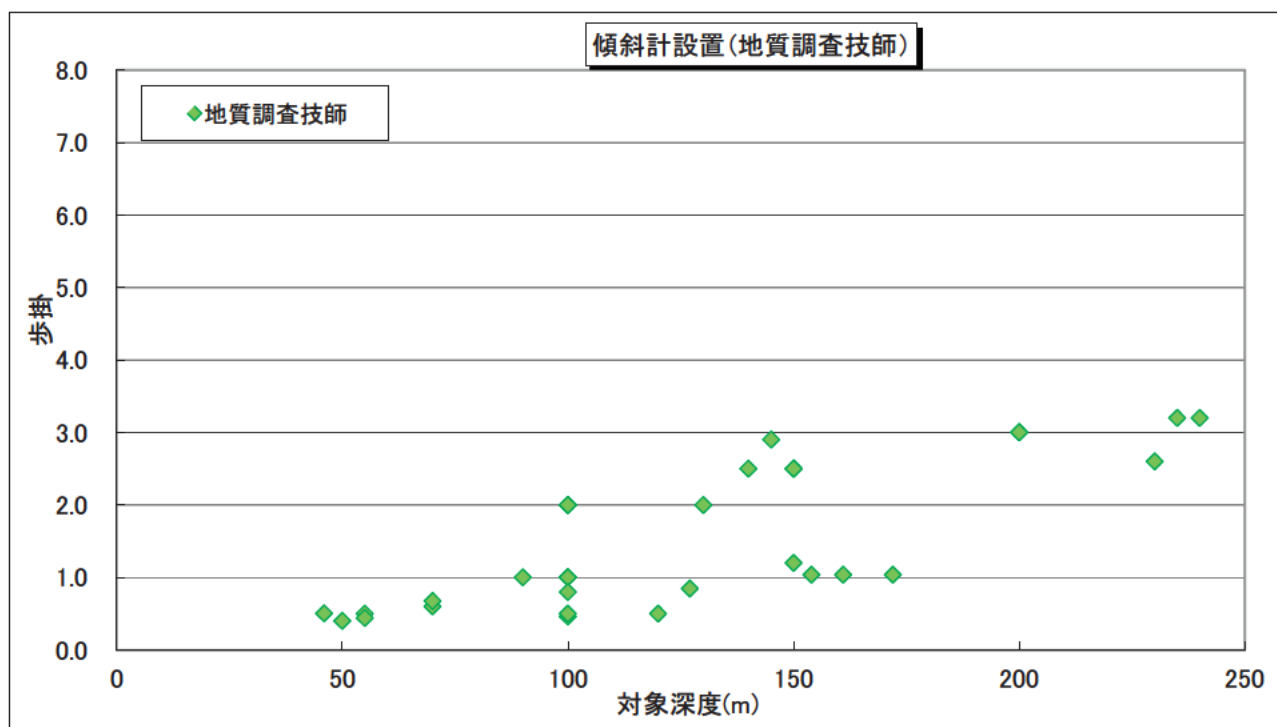
別紙1－4

別紙1

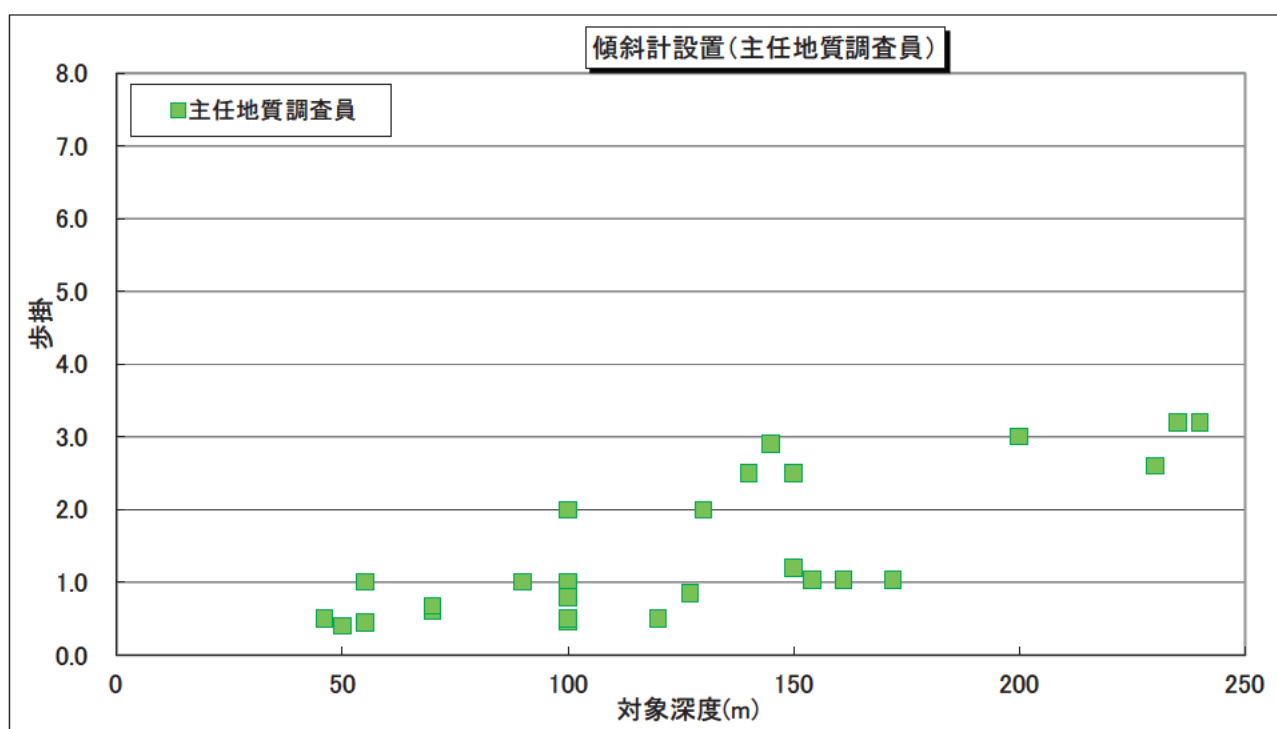
代 1号				1孔 当り		単価表		m	
項目	名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要		
人件費			式						
	地質調査技師		人						
	主任地質調査員		人						
	地質調査員		人						
	普通作業員		人						
材料費			式						
計									

（２）50m を越える挿入式孔内傾斜計設置観測等の歩掛り・費用に関するアンケート結果

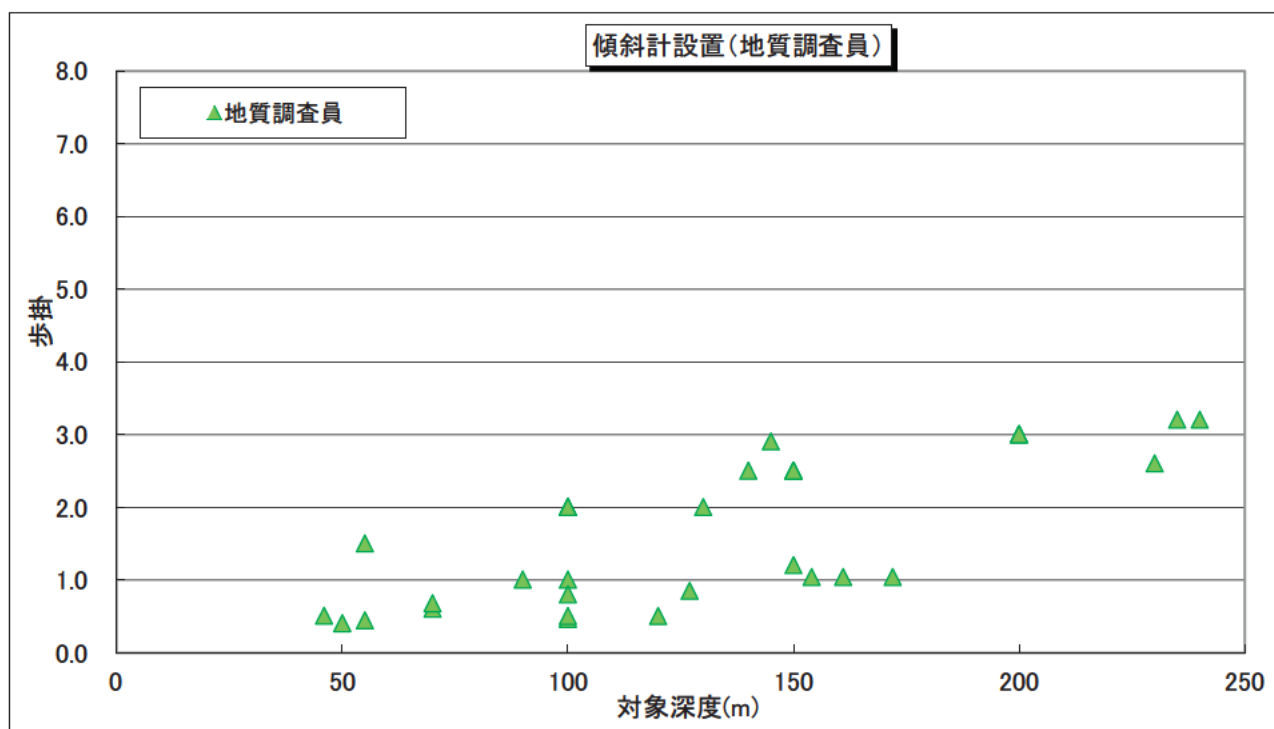
アンケート結果は、設置、観測・現地測定、資料作成、方位・現地測定、方位資料作成に区分して図表をまとめた。図は、その工種における人工と対象とした深度の関係を示している。



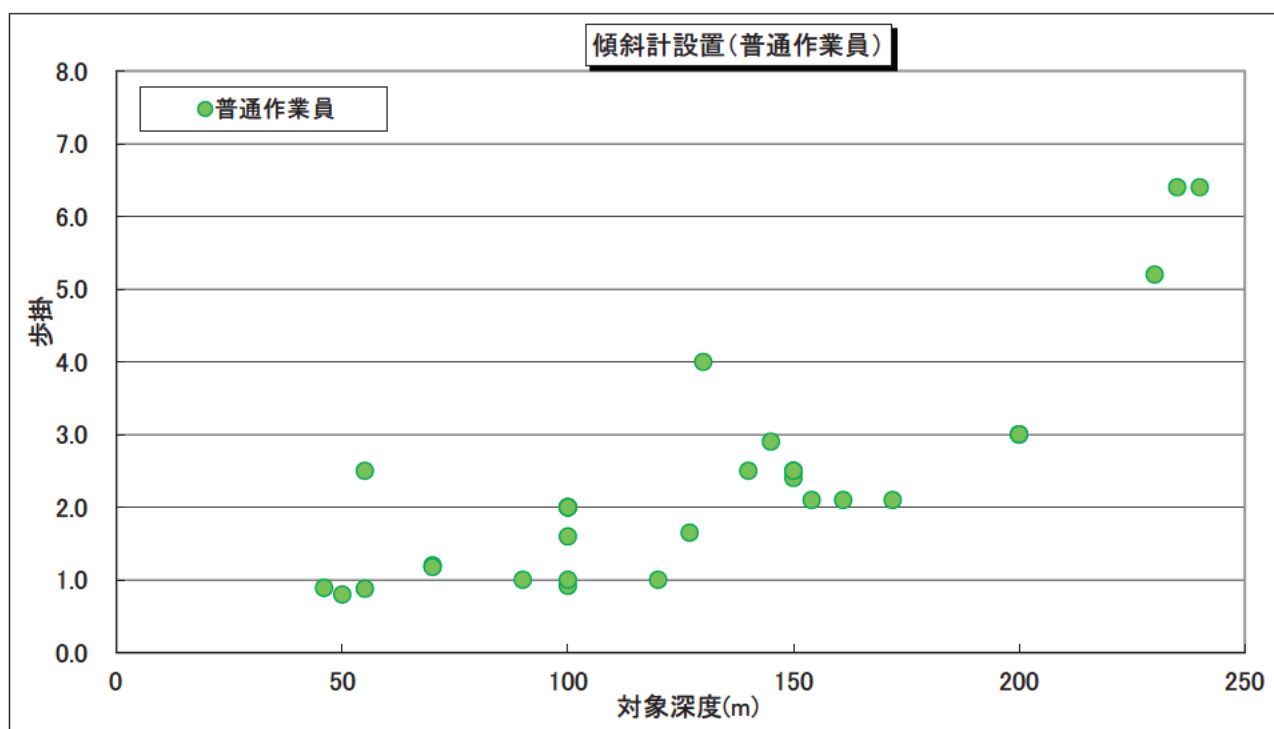
参図－1 対象深度と地質調査技師の人工の関係



参図－2 対象深度と主任地質調査員の人工の関係



参図－3 対象深度と地質調査員の人工の関係

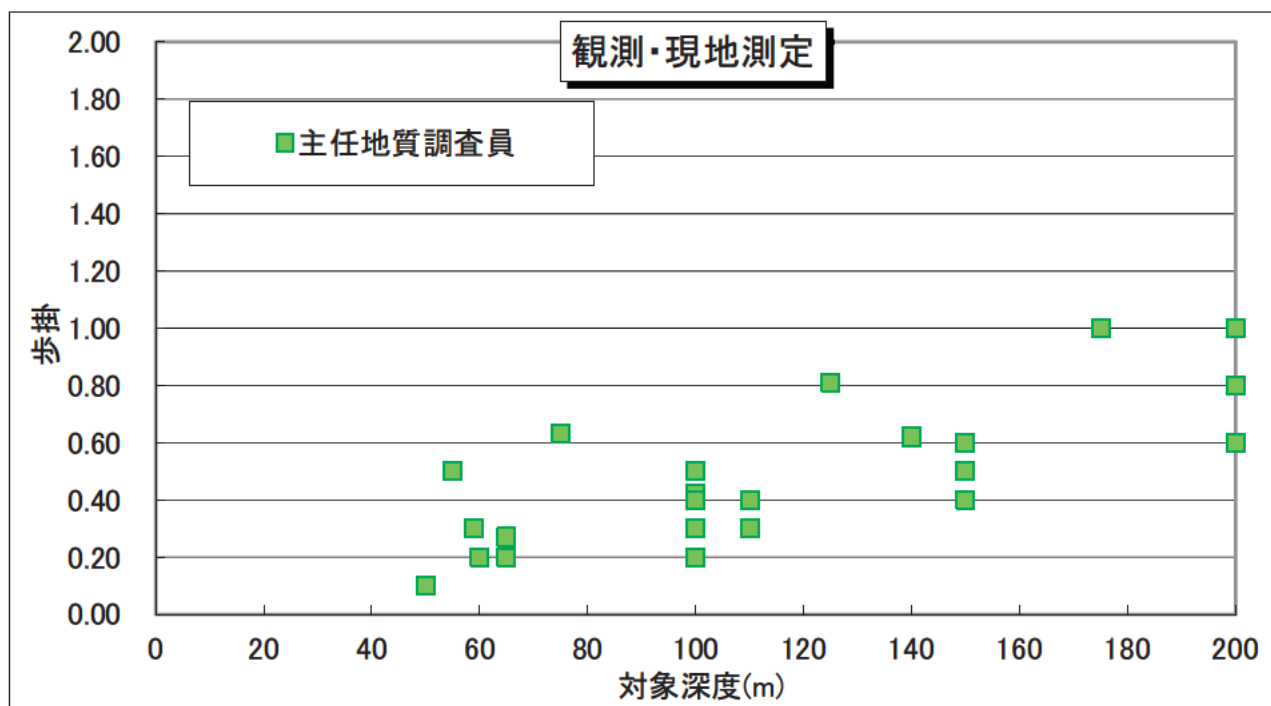


参図－4 対象深度と普通作業員の人工の関係

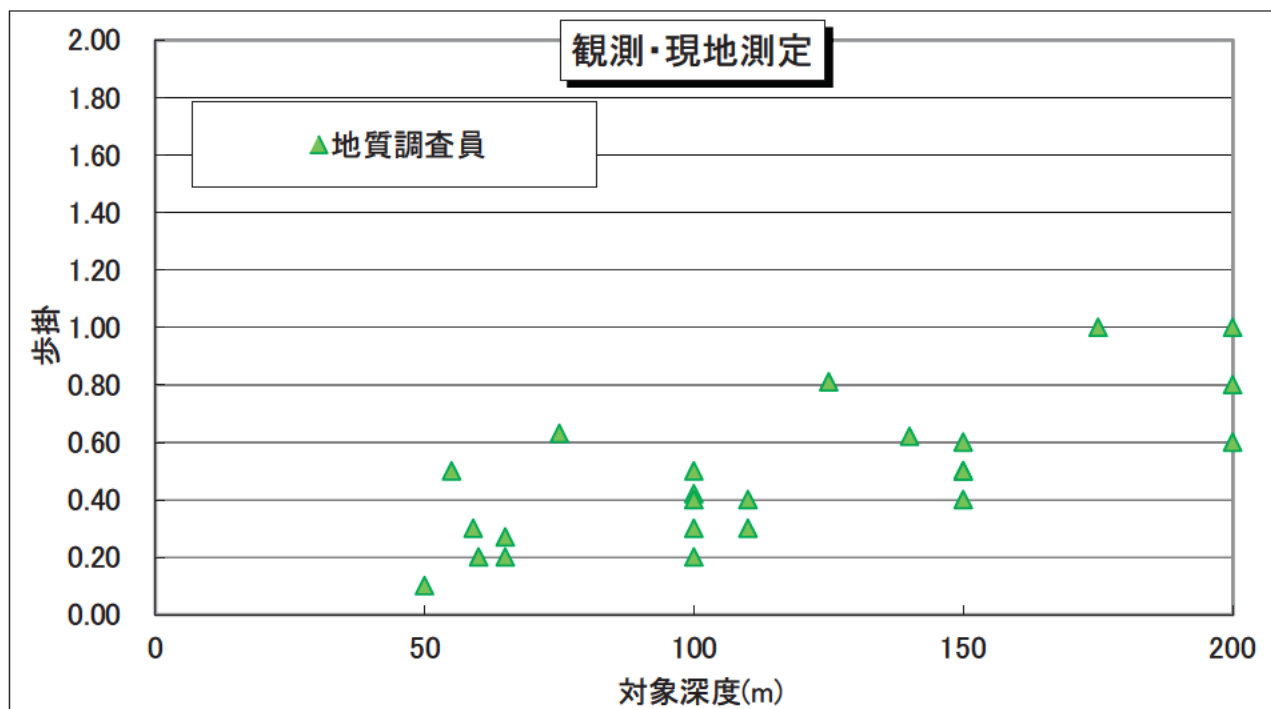
参表ー 1 挿入式孔内傾斜計の設置に関するアンケート結果一覧

挿入式孔内傾斜計・設置															
対象地方	対象深度 (m)	項目	人件費			材料費			機械等損料			仮設費	摘要		
		名称	地質調査 技師	主任地質 調査員	地質調査 員	普通作業 員	ガイド管	継ぎ手	キャップ 類	パッカー	雑品			ボーリング マシン	式
		単位	人	人	人	人	人	本	ヶ	組	m	式			
北海道/東北	240	数量	3 20	3 20	3 20	3 20	6 40	81	80	1 0	*	1 0	*	雑品は材料費計の7 %	
北海道/東北	235	数量	3 20	3 20	3 20	3 20	6 40	79	78	1 0	*	1 0	*	雑品は材料費計の7 %	
北海道/東北	230	数量	2 60	2 60	2 60	2 60	5 20	77	76	1 0	*	1 0	*	雑品は材料費計の7 %300mを基準	
北海道/関東	145	数量	2 90	2 90	2 90	2 90	2 90	49	48	1 0	145	1 0	2 0	*	
四国/中国	100	数量	1 00	2 00	2 00	2 00	2 00	34	33	1 0	*	1 0	*	雑品は材料費計の5%	
九州/沖縄	70	数量	0 60	0 60	0 60	0 60	1 20	24	23	1 0	72	1 0	*	雑品は材料費計の7 %	
九州/沖縄	100	数量	1 00	1 00	1 00	1 00	2 00	34	33	1 0	102	1 0	*	雑品は材料費計の7 %	
九州/沖縄	130	数量	2 00	2 00	2 00	2 00	4 00	44	43	1 0	132	1 0	*	雑品は材料費計の7 %	
四国/中国	90	数量	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	30	29	1 0	100	1 0	1 0	*	
北海道/関東	140	数量	2 50	2 50	2 50	2 50	2 50	47	46	1 0	140	1 0	2 5	*	
九州/沖縄	46	数量	0 50	0 50	0 50	0 50	0 89	16	15	1 0	48	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
九州/沖縄	70	数量	0 68	0 68	0 68	0 68	1 18	24	23	1 0	72	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
九州/沖縄	127	数量	0 85	0 85	0 85	0 85	1 65	43	42	1 0	129	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
九州/沖縄	154	数量	1 04	1 04	1 04	1 04	2 10	52	51	1 0	156	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
九州/沖縄	161	数量	1 04	1 04	1 04	1 04	2 10	54	53	1 0	163	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
九州/沖縄	172	数量	1 04	1 04	1 04	1 04	2 10	58	57	1 0	174	1 0	*	雑品は材料費計の10 6%	
北海道/東北	55	数量	0 50	1 00	1 00	1 50	2 50	19	0	1 0	57	1 0	1 0	雑品は材料費計の7 5%	
*	100	数量	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00	34	33	1 0	102	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
*	150	数量	2 50	2 50	2 50	2 50	2 50	51	50	1 0	152	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
*	200	数量	3 00	3 00	3 00	3 00	3 00	67	66	1 0	202	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
*	100	数量	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00	34	33	1 0	102	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
*	150	数量	2 50	2 50	2 50	2 50	2 50	51	50	1 0	152	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
*	200	数量	3 00	3 00	3 00	3 00	3 00	68	67	1 0	202	1 0	1 0	雑品は材料費計の20%	
四国/中国	55	数量	0 44	0 44	0 44	0 44	0 88	*	*	1 0	57	1 0	1 0	雑品は材料費計の7 0%	
四国/中国	100	数量	0 46	0 46	0 46	0 46	0 92	*	*	1 0	*	*	*	雑品は材料費計の7 0%	
四国/中国	120	数量	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	*	*	1 0	*	*	*	雑品は材料費計の7 0%	
北海道/東北	100	数量	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	*	*	1 0	*	1 0	1 0	雑品は材料費計の10%	
*	50	数量	0 40	0 40	0 40	0 40	0 80	18	*	1 0	52	1 0	*	雑品は材料費計の7%	
*	100	数量	0 80	0 80	0 80	0 80	1 60	35	*	1 0	102	1 0	*	雑品は材料費計の7%	
*	150	数量	1 20	1 20	1 20	1 20	2 40	51	*	1 0	152	1 0	*	雑品は材料費計の7%	
*	100	数量	2 00	2 00	2 00	2 00	2 00	34	33	1 0	102	1 0	1 0	雑品は材料費計の10%	
*	150	数量	2 50	2 50	2 50	2 50	2 50	51	50	1 0	152	1 0	1 0	雑品は材料費計の10%	
*	200	数量	3 00	3 00	3 00	3 00	3 00	67	66	1 0	202	1 0	1 0	雑品は材料費計の10%	

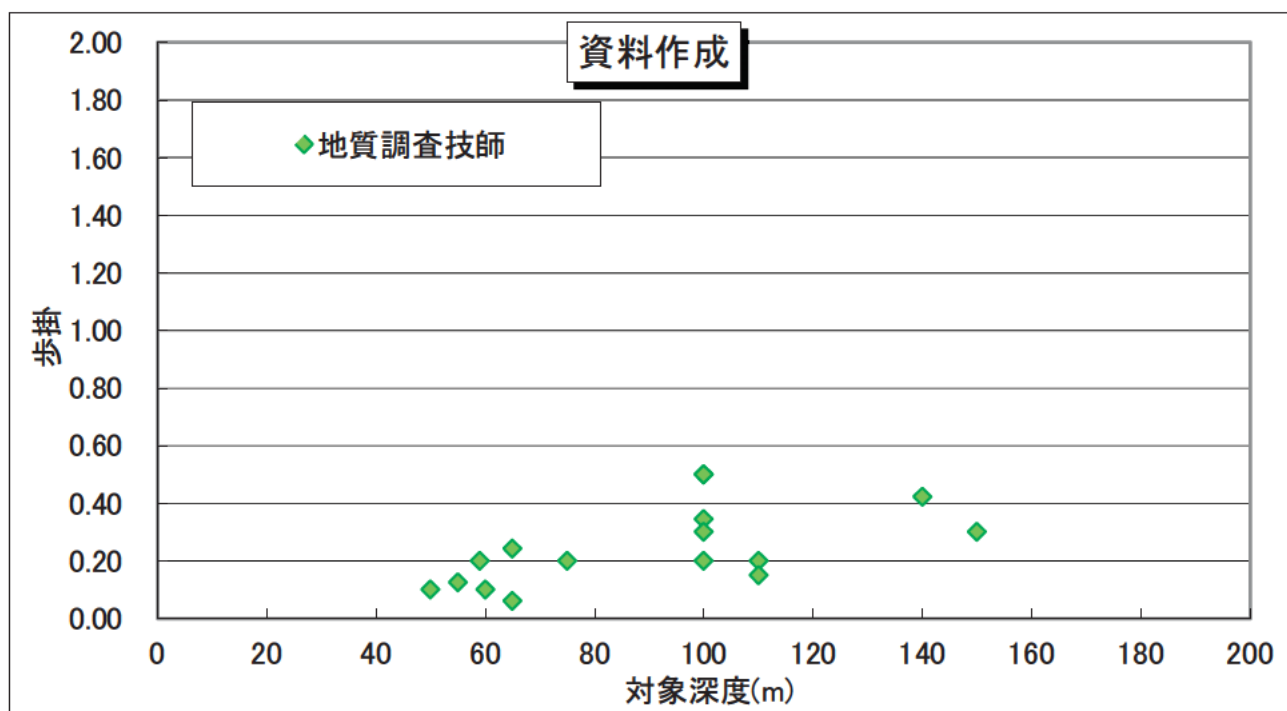
* : 未回答
仮設費、ガイド管組立足場については現地状況に併せて傾斜地足場等を計上している。



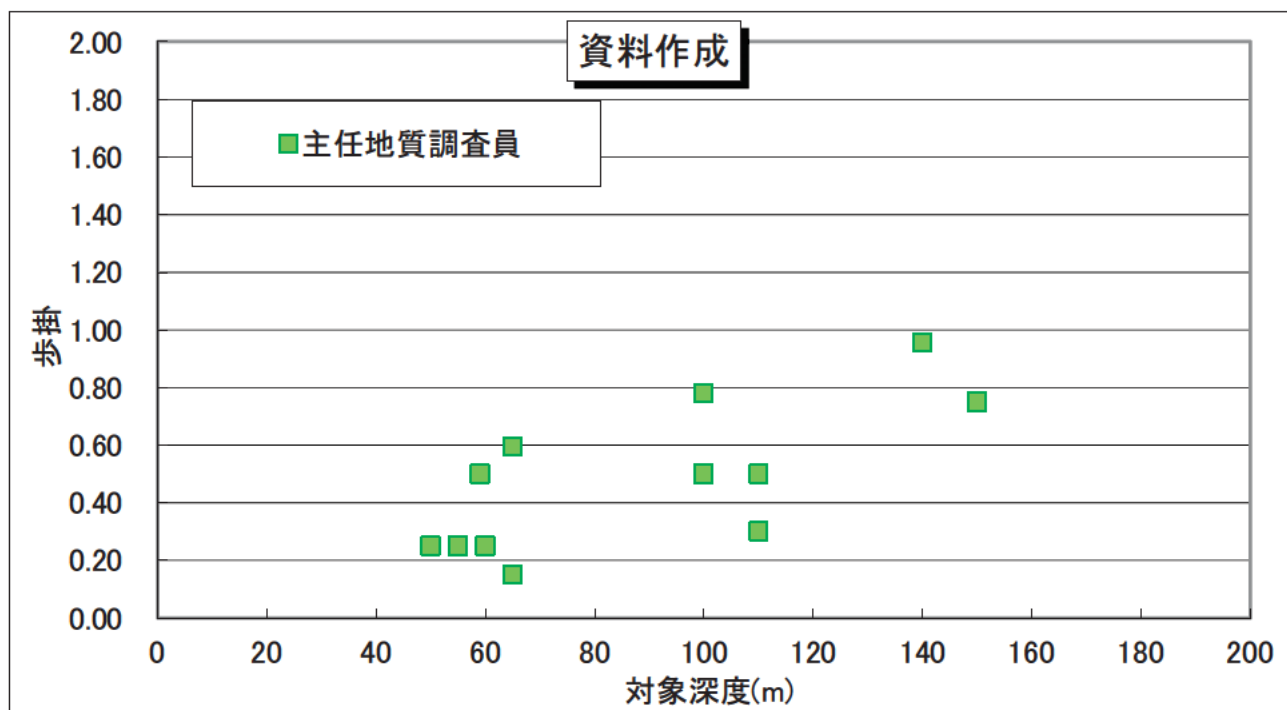
参図－5 対象深度と主任地質調査員の人工の関係



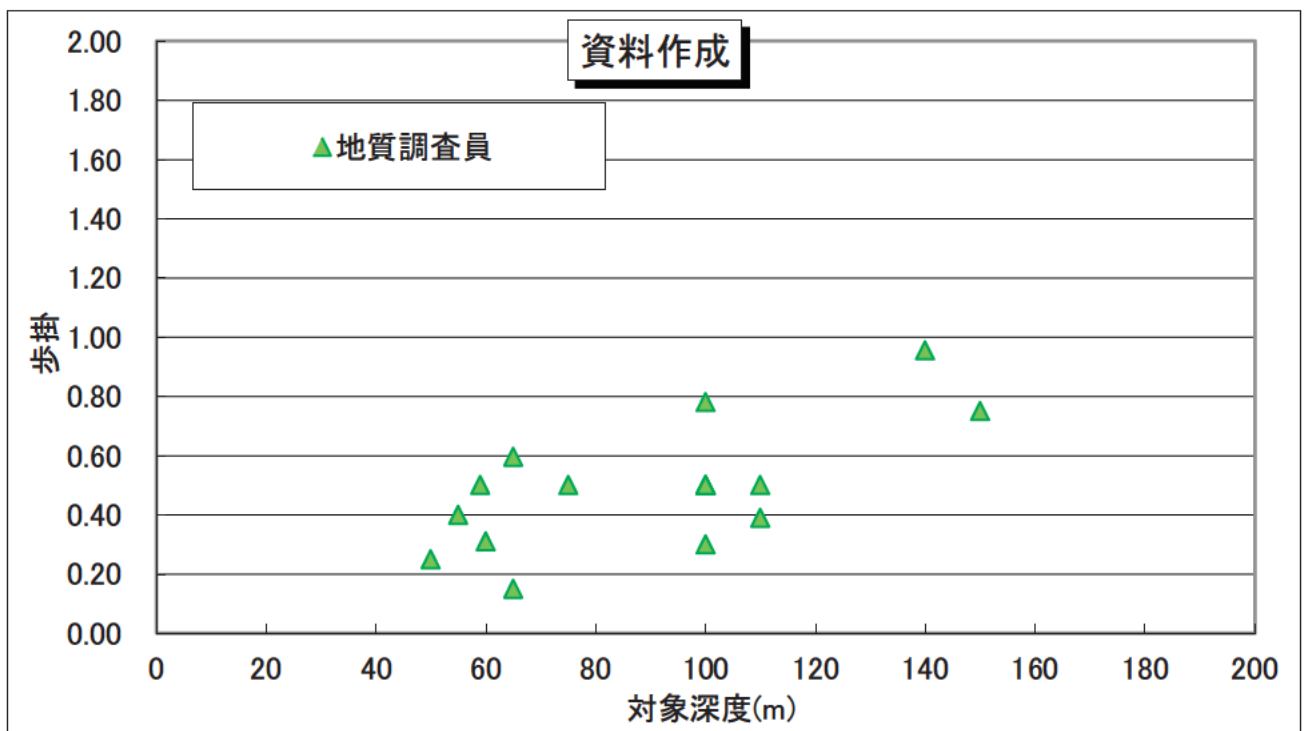
参図－6 対象深度と地質調査員の人工の関係



参図－7 対象深度と地質調査技師の人工の関係



参図－8 対象深度と主任地質調査員の人工の関係

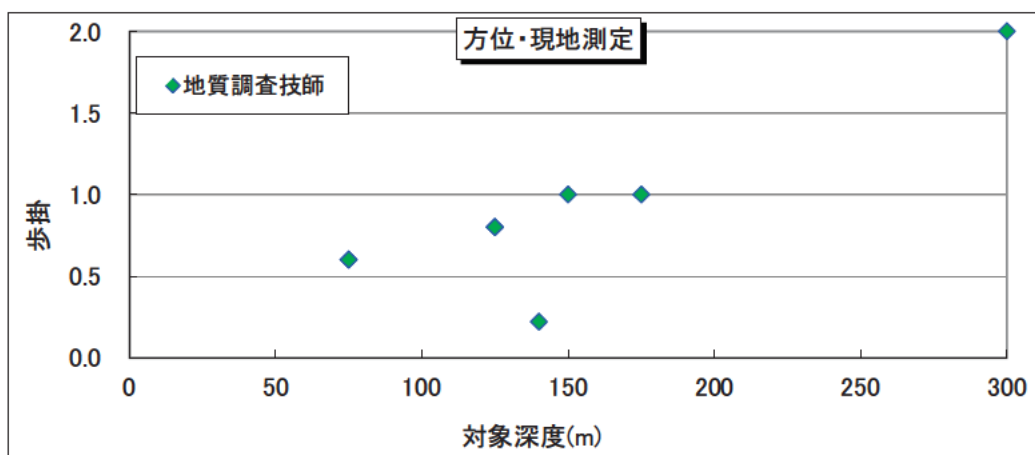


参図－9 対象深度と地質調査員の人工の関係

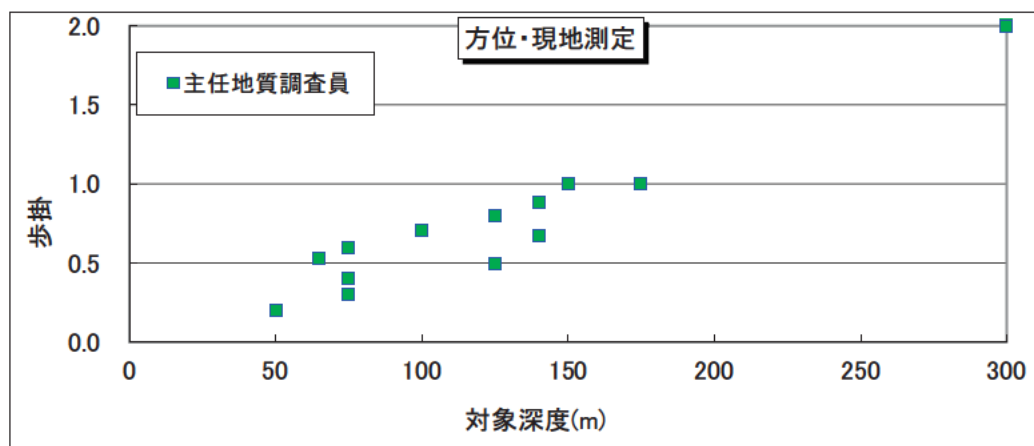
参表－2 挿入式孔内傾斜計の観測（現地測定・資料作成）に関するアンケート結果

挿入式孔内傾斜計・観測		【現地測定】			【資料作成】				摘要
		人件費		材料費	機械損料	人件費		材料費	
		主任地質調査員	地質調査員	雑品	孔内傾斜計損料	地質調査技師	主任地質調査員	地質調査員	
対象地方	対象深度 (m)	名称	単位	人	人	式	台・日	人	式
北海道/東北	59	数量	0 30	0 30	1 00	0 30	0 30	0 50	1 00
北海道/東北	110	数量	0 40	0 40	1 00	0 40	0 40	0 50	1 00
中国/四国	65	数量	0 20	0 20	1 00	*	*	0 15	1 00
中国/四国	60	数量	0 20	0 20	1 00	*	*	0 31	1 00
中国/四国	110	数量	0 30	0 30	1 00	*	*	0 39	1 00
九州/沖縄	65	数量	0 27	0 27	1 00	0 27	0 27	0 60	1 00
九州/沖縄	100	数量	0 42	0 42	1 00	0 42	0 42	0 78	1 00
九州/沖縄	140	数量	0 62	0 62	1 00	0 62	0 62	0 96	1 00
北海道/東北	75	数量	0 63	0 63	1 00	*	*	0 50	*
北海道/東北	125	数量	0 81	0 81	1 00	*	*	*	*
北海道/東北	175	数量	1 00	1 00	1 00	*	*	*	*
北海道/東北	100	数量	0 40	0 40	1 00	0 40	0 40	0 50	*
*	150	数量	0 50	0 50	1 00	0 50	0 50	*	*
*	200	数量	0 60	0 60	1 00	0 60	0 60	*	*
*	100	数量	0 30	0 30	1 00	0 30	0 30	0 30	*
*	150	数量	0 50	0 50	1 00	0 50	0 50	*	*
*	200	数量	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	*	*
北海道/東北	55	数量	0 50	0 50	1 00	0 125	0 250	0 400	1 00
*	50	数量	0 10	0 10	1 00	0 10	0 25	0 25	1 00
*	100	数量	0 20	0 20	1 00	0 20	0 50	0 50	1 00
*	150	数量	0 40	0 40	1 00	0 40	0 75	0 75	1 00
*	100	数量	0 50	0 50	1 00	0 50	0 50	0 50	*
*	150	数量	0 60	0 60	1 00	0 60	*	*	*
*	200	数量	0 80	0 80	1 00	0 80	0 80	*	*

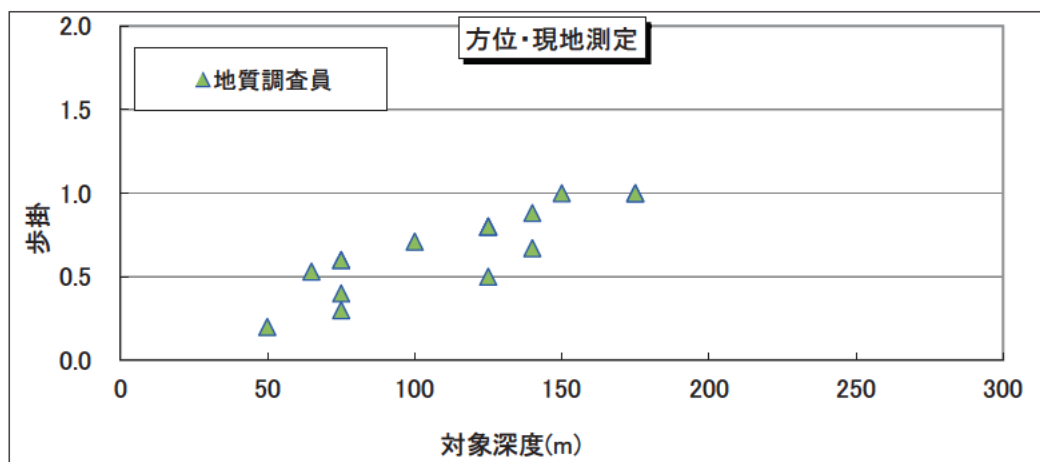
* : 未回答



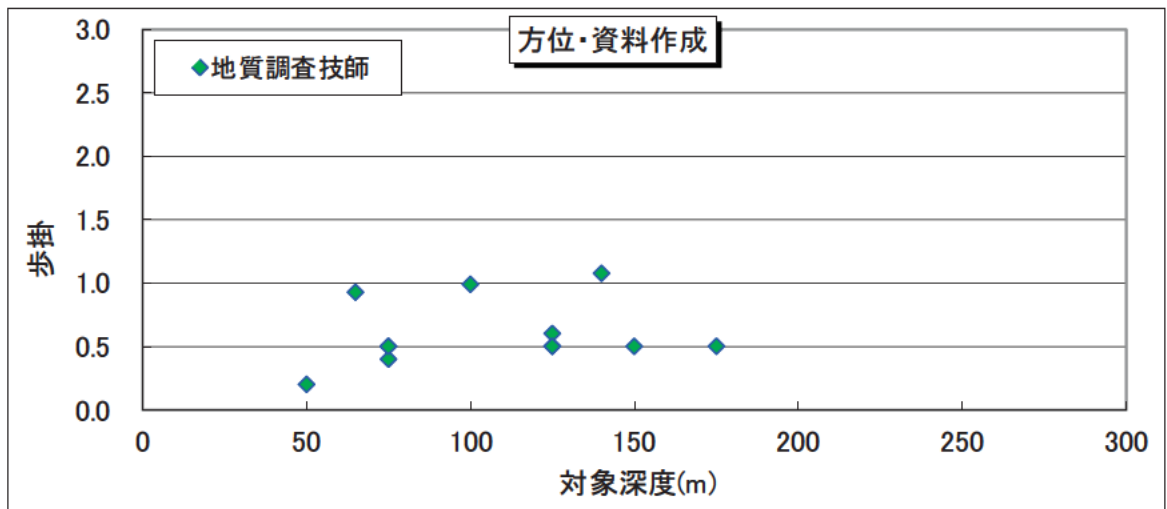
参図－１０ 対象深度と地質調査技師の人工の関係



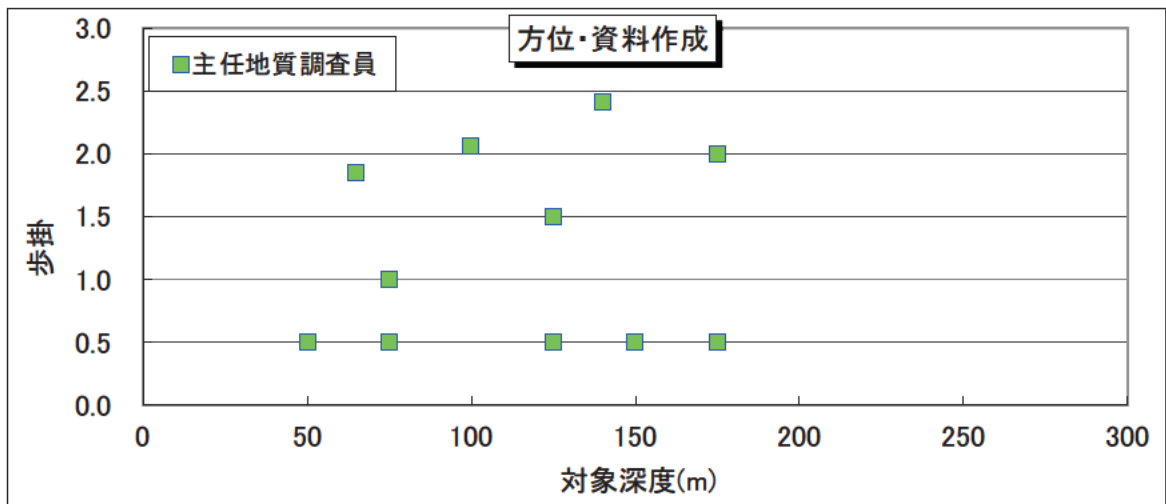
参図－１１ 対象深度と主任地質調査員の人工の関係



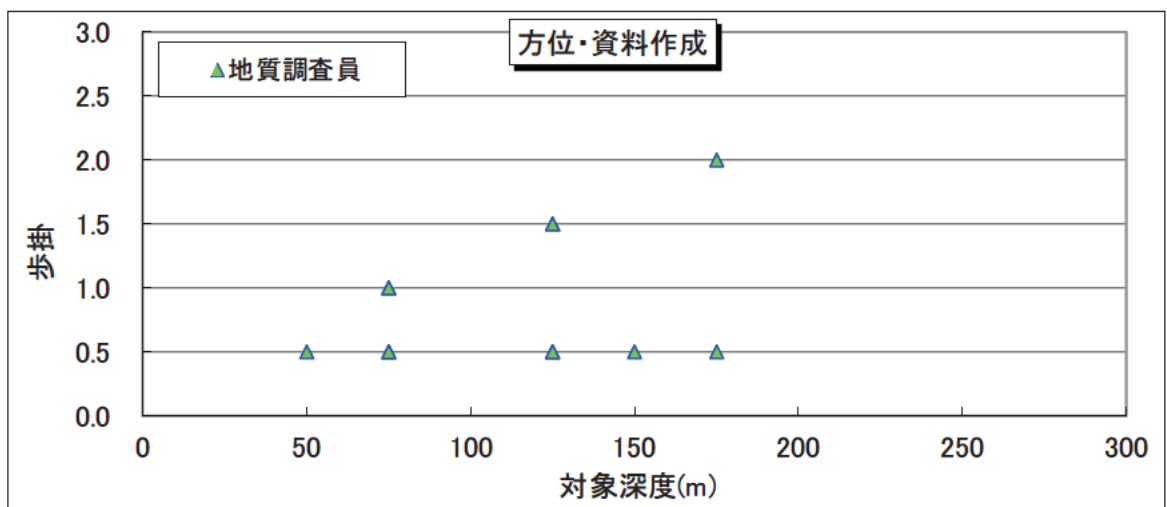
参図－１２ 対象深度と地質調査員の人工の関係



参図－１３ 対象深度と地質調査技師の人工の関係



参図－１４ 対象深度と主任地質調査員の人工の関係



参図－１５ 対象深度と地質調査員の人工の関係

参表ー3 挿入式孔内傾斜計のガイド管方位測定（現地測定・資料作成）に関するアンケート結果

挿入式孔内傾斜計・ガイド管方位測定													
対象地	対象深度	名称	【現地測定】		【資料作成】							摘要	
			人件費		材料費	機械等損料	人件費		材料費	消耗品類			
			地質調査技師	主任地質調査員			地質調査技師	主任地質調査員			地質調査技師		主任地質調査員
		単位	人	人	式	台・日	人	人	人	人	人	式	
北海道/東北	300	数量	2 00	2 00	1 00	1 00	*	*	*	*	*	*	雑材は機材費の10%
北陸/関東	140	数量	0 22	0 67	1 00	1 00	*	*	*	*	*	*	雑材は人件費の1%
九州/沖縄	65	数量		0 53	0 53	0 53	0 93	1 85	0 93	1 85	0 93	*	雑材は人件費の14%
九州/沖縄	100	数量		0 71	0 71	1 00	0 71	2 06	0 99	2 06	0 99	*	雑材は人件費の14%
九州/沖縄	140	数量		0 88	0 88	1 00	0 88	2 41	1 075	2 41	1 075	*	雑材は人件費の14%
*	75	数量	0 60	0 60	0 60	1 00	0 60	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%
*	125	数量	0 80	0 80	0 80	1 00	0 80	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%
*	175	数量	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%
*	75	数量		0 30	0 30	1 00	0 30	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	雑材は人件費の10% 10%
*	125	数量		0 50	0 50	1 00	0 50	1 50	1 50	1 50	1 50	1 00	雑材は人件費の10% 10%
*	175	数量		1 00	1 00	1 00	1 00	2 00	2 00	2 00	2 00	1 00	雑材は人件費の10% 10%
*	50	数量		0 20	0 20	1 00	*	0 50	0 20	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の5%
*	75	数量		0 40	0 40	1 00	*	1 00	0 40	1 00	1 00	1 00	雑材は人件費の5%
*	125	数量		0 80	0 80	1 00	*	1 50	0 60	1 50	1 50	1 00	雑材は人件費の5%
*	75	数量	0 60	0 60	0 60	1 00	0 60	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%
*	125	数量	0 80	0 80	0 80	1 00	0 80	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%
*	150	数量	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	0 50	0 50	0 50	0 50	1 00	雑材は人件費の10% 3%

*：未回答

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4213 January 2012

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

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