

# 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

本間宏樹\* 神山嬢子\*\* 千葉伸一\*\*\* 藤澤和範\*\*\*\*

## 1. はじめに

孔内傾斜計は地盤の変位を計測する技術として一般的なものである。地すべり地における孔内傾斜計計測については、平成19～21年度の3年間にわたって（独）土木研究所と民間企業3社により計測技術の標準化に関する共同研究が実施され、平成22年7月には地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアル（以下、「傾斜計マニュアル」）が出版された。この研究では、滑動中の地すべりに設置した孔内傾斜計のガイド管のS字状の撓みや座屈の原因を確認するために、孔内傾斜計計測と合わせて、孔内伸縮計及び孔口浮上り量を測定する現場実験が実施された<sup>2)</sup>。

本報告では、傾斜計マニュアル出版に至った共同研究の中で実施された現地実験で、ガイド管の座屈原因と座屈後のガイド管の有効利用を実証する貴重なデータが得られたので紹介する。

## 2. 実験地の地すべり変状状況

実験地は、図-1に示すように長さ約50m、約幅50mの地すべりの頭部で、ここにH20B-2孔、H20B-3孔の2孔の孔内傾斜計観測孔を設置した。

これらの観測孔の斜面上方には道路があり、路面は大きく陥没しており（写真-1、表紙上段）、道路からH14B-1孔にかけての地すべり頭部の土塊は、地すべり滑動により沈下していたことが明瞭であった。また、実験地には既存の孔内傾斜計観測孔として平成14年度設置のH14B-1孔があり、累積変位グラフがS字状となった後にガイド管が座屈し、地表の孔口部が数10cm浮き上がる現象が発生していた（写真-2）。

なお、地すべりの基盤岩は、緩やかな流れ盤をなす新第三紀の堆積岩である。また、すべり面付近は泥岩や凝灰岩からなるが、土塊は風化砂岩の土砂化したものが主体をなしている。

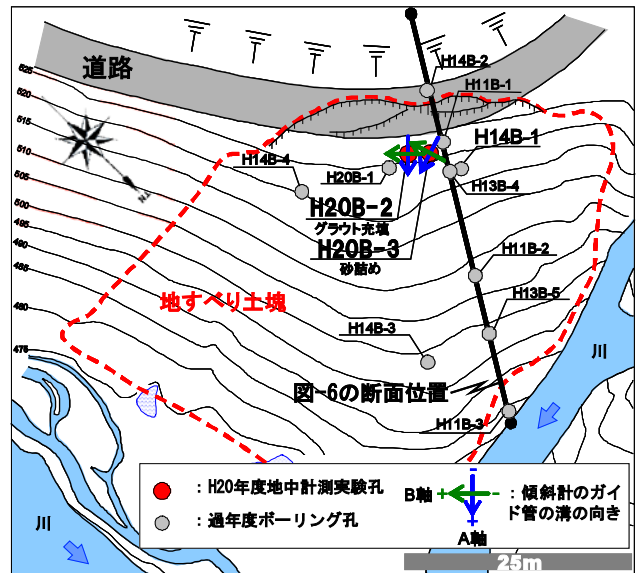


図-1 実験地の地すべり土塊の分布と観測孔設置位置



写真-1 地すべり頭部の道路面の陥没状況

写真-2 H14B-1孔口部の浮上り

## 3. 孔内傾斜計観測孔の挙動

### 3.1 挿入式孔内傾斜計による水平変位計測

挿入式孔内傾斜計は、ボーリング孔に埋設したガイド管の形状を把握する計測器である。実際の計測は、ガイド管にプローブを挿入し、50cm毎に計測した傾斜角から水平方向の変位量が算出される。すべり面の位置や変位速度は、期間において

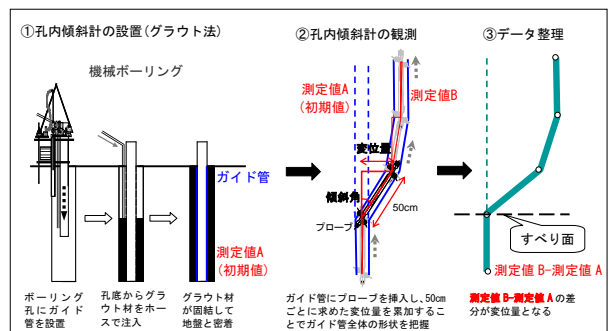


図-2 孔内傾斜計設置・計測の概念図

A interpretation of the movement of the guide pipe for borehole inclinometer observation in steep inclination part of slide surface of a landslide

計測した複数のデータにより判定する (図-2)。

実験観測孔は図-3に示すように、土塊とガイド管の固着度合いの違いが、ガイド管の変形へどのような影響を及ぼすのかを確認するため、H20B-2孔は傾斜計マニュアルに準拠しグラウトにより地盤とガイド管を固着させて設置し、一方のH20B-3孔は砂を詰めて地盤とガイド管を固着させずに設置した。設置後は、どちらの観測孔も月に1回の頻度で同日に計測を行った。

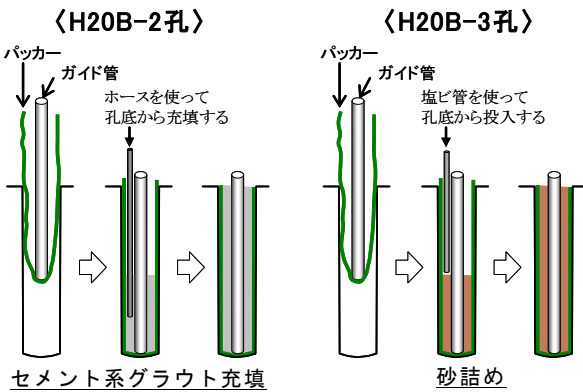


図-3 2つの実験観測孔の設置方法の違い

2孔の孔内傾斜計観測の結果は、図-4及び図-5に示すとおりであり、深度19.0~20.5mを下底とし、深度12.0mまでの幅広い区間でクリープ性の変位が累積していることが確認された。また、末端部等で実施されたその他の既存ボーリングの結果と地表の滑落崖の位置から、地すべりの主断面は図-6に示すとおりであり、実験観測孔の位置でのすべり面の傾斜は高角度であると推定された。

グラフの形状を詳細に見ると、グラウト充填したH20B-2孔は、図-4に示すように、変位区間に限

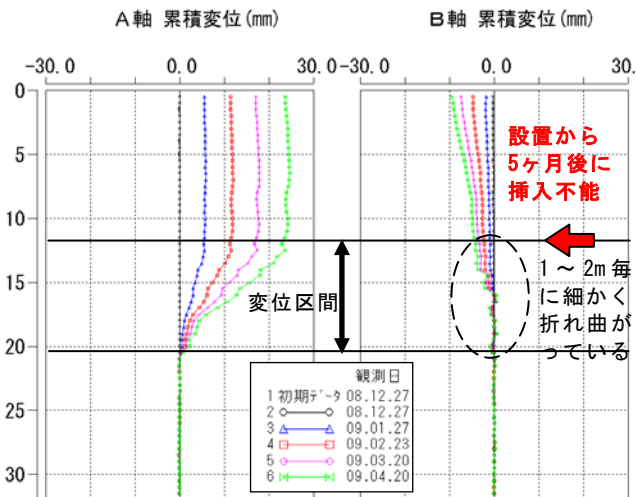


図-4 H20B-2孔 (セメント系グラウト充填) 累積変位図

って1~2m毎に細かく折れ曲がる変形が発生しているのに対し、砂で充填したH20B-3孔は、図-5に示すように、全区間に渡って周期3~4mの緩やかなS字状の曲がりが発生していた。

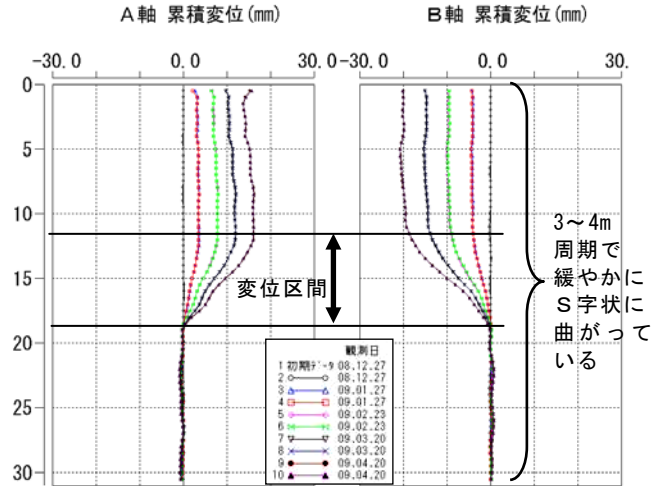


図-5 H20B-3孔 (砂詰め) 累積変位図

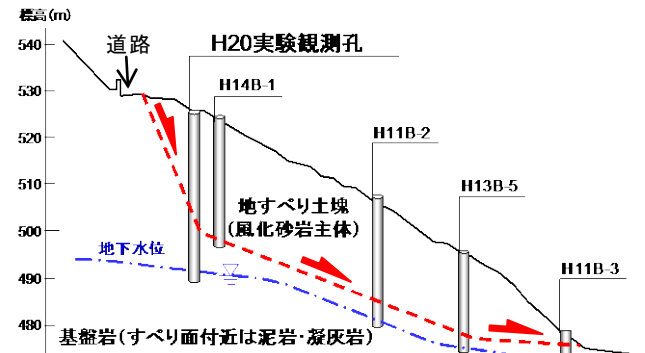


図-6 ボーリング位置断面図 (縦横比は1:1)

### 3.2 ボアホールカメラ観察

2孔の累積変位量は設置後4ヶ月で約25mmであり、変位速度にはほとんど差がなかったが、グラウトを充填し設置したH20B-2孔だけが、設置後5ヶ月目から、変位区間の最上部である深度12mから下へのプローブの挿入ができなくなった。その原因を確認するためにガイド管にボアホールカメラを挿入し管内を観察した結果、図-7に示すようにガイド管の断面が4方向から潰れているのが確認された。ガイド管の変形タイプを図-8に示した地盤変形との対応の分類に当てはめると圧縮による座屈タイプに分類されることから、ガイド管は上下に圧縮を受けたものと推定される。また、座屈は深度12m

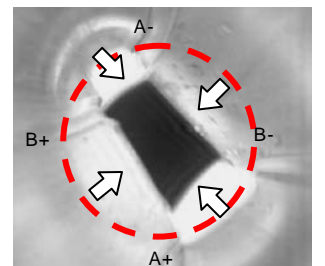


図-7 H20B-2孔の深度12mのガイド管の座屈状況

のガイド管の座屈状況

より浅い深度には発生しなかったことから、土塊の変形は図-9に示すように、その全てが深度12～20m区間で発生しているものと推定される。

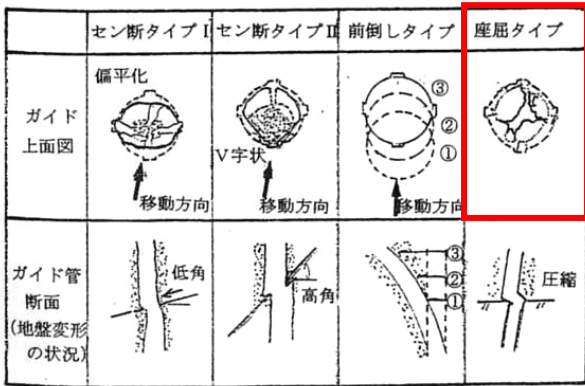


図-8 ガイド管の変形パターンと地盤変形の対応③)

### 3.3 沈下量計測

砂詰めによりガイド管を設置したH20B-3孔は孔口の浮上りが発生した(写真-3)。本孔のガイド管は土塊と固着していないことを踏まえると、図-9に示すように、土塊の下方変位が孔口の浮上りとして現れているものと推定される。



写真-3 H20B-3孔の孔口浮き上がり測定状況

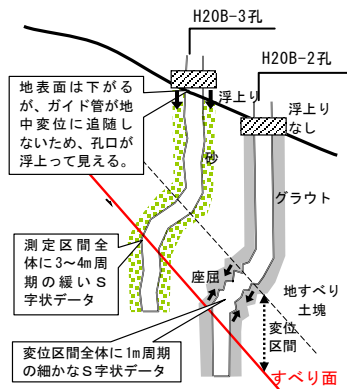


図-9 観測孔の模式断面図

これらのことから、H20B-2孔では孔内伸縮計による縮み量、H20B-3孔は孔口の浮上り量の計測を実施し、2つの計測データの両方から土塊の下方変位量を捉えることを試みた。

2つの観測孔の設置状況を整理した模式断面図を下の図-10に示す。H20B-2孔は、先端にアンカーを付けたワイヤーをガイド管に挿入し、管内をグラウトで充填した。その後、孔口に伸縮計を設置し

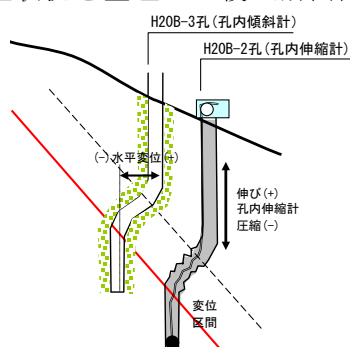


図-10 観測孔の模式断面図

て自動観測を行った。一方、H20B-3孔は、ガイド管の孔口の立ち上がり長の変化を傾斜計計測と合わせて計測した。

H20B-2孔の孔内傾斜計の水平変位量と孔内伸縮計の縮み量、H20B-3孔の孔口浮上りの各計測値の経時変化グラフを図-11に示す。それぞれの計測値は、いずれも計測開始から増加し、変位量が多い順に孔口浮上り量、孔内伸縮計の縮み量、孔内傾斜計の水平変位量であった。また、いずれのグラフも2009年10月上旬以降に勾配が緩やかで経時的な変化傾向が類似していることから、3つの計測値は密接に関連しているものと考えられる。

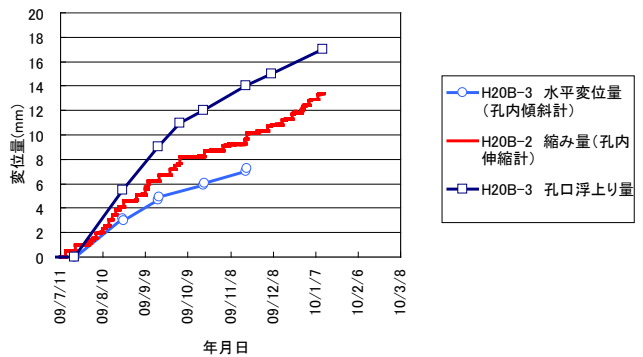


図-11 孔内傾斜計・孔内伸縮計・浮上り量計測の結果

次に、同日の観測における孔内傾斜計の水平変位量と孔口浮上り量の関係を図-12に、孔内傾斜計の水平変位量と伸縮計の縮み量の関係を図-13に示す。孔口浮上り量及び孔内伸縮計の縮み量を下方変位成分とすると、変位ベクトルの傾斜は、砂詰めにより設置したH20B-3孔では62°、グラウトにより設置したH20B-2孔では56°となり、両者に大きな差はみられなかった。

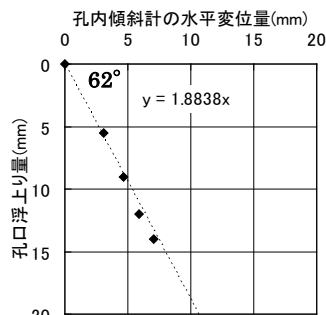


図-12 孔内傾斜計と孔口浮き上り量の測定値の比較

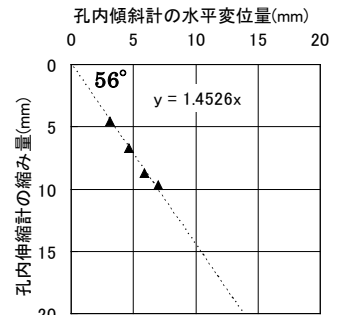


図-13 孔内傾斜計と孔内伸縮計の縮み量の測定値の比較

一方、図-14に示すように、滑落崖と孔内傾斜計の変位確認位置から推定されるすべり面の傾斜は約60°であり、これは2孔の計測結果から推定した

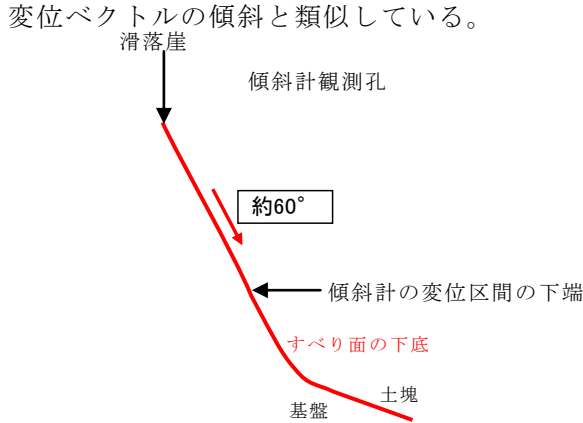


図-14 観測孔付近の地すべり断面図

これらのことから、傾斜計マニュアルに準拠して設置したH20B-2孔の孔内伸縮計の縮み量は、H20B-3孔のガイド管孔口の浮上り量とともに、ほぼ土塊の沈下量に相当するものと推定される。また、座屈で計測不能となった観測孔でもすべり面の傾斜が把握できれば、下方変位量から水平変位量を推定することが可能であることがわかった。

#### 4. まとめ

現場実験の結果をまとめると以下のとおり。

- すべり面の急傾斜部では、マニュアルに準拠してグラウト充填で設置したガイド管の縮み量、砂詰め設置したガイド管孔口の浮上り量は、どちらもほぼ土塊の下方変位量を示す。
- グラウト充填で設置したガイド管は、座屈により傾斜計プローブが挿入できなくなった後でも、アンカー付きのワイヤーをガイド管内に設置することで、伸縮計により縮み量を計測することができる。
- 周辺の地形の変状調査、孔内傾斜計の観測の結果により、ガイド管位置のすべり面の傾斜が把握できれば、孔内伸縮計の縮み量から土

塊の水平変位量を推定することができる。

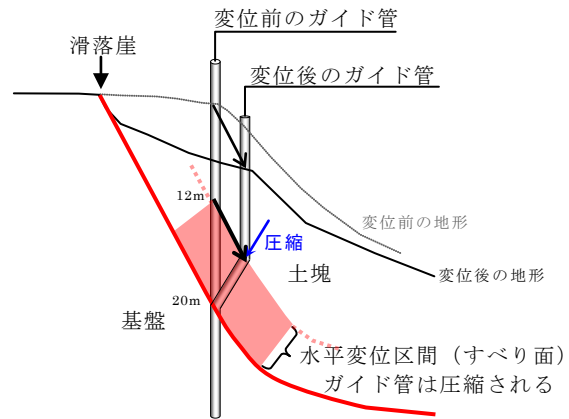


図-15 観測孔の変形と土塊の変位

#### 5. おわりに

傾斜計マニュアルに準拠して設置したガイド管は、地中の変位をダイレクトに捉えられる反面、すべり面の傾斜が大きい場合は、変位により座屈し傾斜計プローブが早期に挿入できなくなることがある。従来から、座屈したガイド管は、そのまま放置されることが一般的であるが、この現場実験のように孔内傾斜計のガイド管の計測器を孔内伸縮計に切り替えて、埋設したガイド管を長期間有効に活用する方法を検討することも重要である。

#### 参考文献

- 1) (独) 土木研究所ほか：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、2010.7
- 2) (独) 土木研究所：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、第397号、2010.3
- 3) 中川渉、新居見健二、遠藤司、山本寛：Qスコープカメラによる孔内傾斜計ガイドパイプ内の変形観察、第40回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.323~324、2001.8

本間宏樹\*



独立行政法人土木研究所  
つくば中央研究所土砂管理  
研究グループ地すべり  
チーム 交流研究員  
Hiroki HONMA

神山嬢子\*\*



国土交通省河川局砂防部  
砂防計画課 (前 独立行政  
法人土木研究所つくば中  
央研究所土砂管理研究  
グループ地すべりチーム研  
究員)  
Joko KAMIYAMA

千葉伸一\*\*\*



応用地質株式会社 (前 独  
立行政法人土木研究所つ  
くば中央研究所土砂管理  
研究グループ地すべりチ  
ーム交流研究員)  
Shinichi CHIBA



株式会社高速道路総合技  
術研究所 (前 独立行政法  
人土木研究所つくば中央  
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)  
Kazunori FUJISAWA