

小塚山・裾野観測点における ボアホール型地震・傾斜計更新について

本多亮

(神奈川県温泉地学研究所)

■ はじめに

温泉地学研究所(以下、温地研)では、箱根火山および神奈川県西部地域に地震・地殻変動観測網を展開しており、そのうち7か所が深さ100mほどの孔に観測機器を設置するボアホール型の観測点となっています。これらは1989(平成元)年から数年かけて構築され、2008(平成20)年度からの更新事業で駒ヶ岳、湖尻、の2観測点についてはセンサー部分の交換を実施しました。しかしその後は、本県の財政事情悪化に伴って予算措置がされずにおりました。

そのため観測点によっては構築から20年以上更新ができていない点もあります。なかでも小塚山観測点では2018(平成30)年4月15日以降、地震計のシグナルが記録されなくなり、傾斜計にも機械的異常が発生しました。小塚山観測点は2015(平成27)年の水蒸気噴火の際にも噴火直前の地殻変動をとらえた重要な観測点の一つであり、箱根火山の活動監視のために欠くことのできない観測点であることから、所管課とも調整しながら、2018年度にセンサーの入れ替えを実施しました。また、残りの観測点のうち更新が一度も実施されていない裾野・塔の峰・寄についても、2019(令和元)年度から「地震観測網更新整備事業」として3か年の計画で更新が実施されることとなりました。

本報告では、2020(令和2)年度までに更新を終えた小塚山、裾野の両観測点について、工事の経過お

よび完成の報告をいたします。

■ 小塚山観測点

小塚山観測点は大涌谷の北西に位置し、速度型地震計・傾斜計・孔底温度計を装備したボアホール型観測機器で観測を行っています(かつては河川の水位も観測していましたが、2018年現在では観測を停止しています)。これらのうち、速度型地震計が2018年4月15日以降地震を記録できなくなり、傾斜計にも異常が認められたため、急遽センサーの入れ替え工事を実施することとなりました。

7月から仕様書や機種選定、見積もりなどの準備をはじめ、土地の管理者である神奈川県企業庁平塚水道営業所箱根水道センターなども交えた工事日程や注意事項などの確認作業を経て、2019(令和元)年3月4日から作業を開始することとなりました。写真1, 2が作業前の現地写真です。新しいセンサーは、株式会社ミットヨ製JTS-33型の地震・傾斜計です。地表の筐体内にある傾斜計の制御装置は、既存のものをそのまま使用しました。観測データをA/D変換して温地研に送信するテレメータ装置と孔底温度の復調器は、それぞれVLP1019、QWT-DP2(ともに明星電気株式会社製)に更新されました。また、他の場所で使用していた地表設置の3成分強震計(明星電気株式会社製KI-03A)も追加しました。写真3のようにユニックを横付けし、ボアホール内の地震・傾斜計をワイヤーで引き揚げます

(写真4)。新しいセンサーは、金属製のロッド(棒)をつなぎながら徐々に降下させていきます(写真5、6)。センサーが着底するまでに3mの

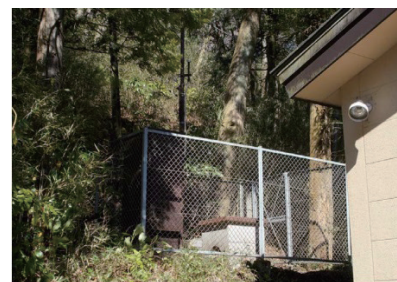


写真1 小塚山観測点の様子。



写真2 小塚山観測点の施設内。正面奥の茶色の箱がテレメータ装置などを収納する筐体。左のコンクリート製の箱が、地震・傾斜計が埋設された観測井戸。手前右にあるのが、強震計が収納されている地震計台。



写真3 作業風景。ユニックの荷台に乗っている木製の台座に、新しい地震・傾斜計が仮置きされています。

長さのロッドを 33 本使用しました。最後に、動作試験を実施して、更新作業は終了です（写真 7）。小塚山観測点では更新作業中に特に問題は発生せず順調に作業が進み、予定通りに無事作業を終えることができました。

■ 裾野観測点

2019 年度からは 3 か年の計画で、設置以来更新されていない裾野、寄、塔の峰のボアホール型地震・傾斜計の更新事業がスタートしました（地震観測網更新整備事業）。2019 年度は裾野観測点（写真 8）の更新工事が実施され、新しいセンサーは小塚山観測点と同じ株式会社ミットヨ製 JTS-33 型のボアホール型地震・傾斜計、テレメータ装置は株式会社計測技研製 HKS9300 です。孔底温度の復調器は明星電気株式会社製 QWT-DP2、気圧計は Setra Systems, Inc. 製 AP-270、他の場所



写真 4 既設の地震・傾斜計の引き上げ。ワイヤーを巻いて引き揚げます。



写真 5 地震・傾斜計を埋設するときに使用するロッド。これをつなぎながら、自重を利用して徐々に沈めていきます。

で使用していた 3 成分強震計（明星電気株式会社製 KI-03A）も観測小屋内に設置されました。

当初の予定では、2019 年の夏に機種選定を行い、2020 年 3 月 17 日から 26 日に更新工事を実施することになっておりましたが、想定を超える難工事となってしまいました。更新作業を簡単に説明すると、①現在使用中の機材を引き揚げます。次に、②設置する井戸の中を洗浄し、③新しい機材と同サイズのダミーを挿入して問題なく設置できることを確認します。④最後に実際の観測機器を挿入、動作試験を行って終了となります。ところが、①～③の作業は順調に進んだものの、④の作業がうまくいきません。裾野観測点は深さが約 83.5m の井戸の底に、約 3 m の長さの観測機器が設置される構造になっています。設置の際には金属製のロッド（棒）を継ぎ足しながら徐々に機材を下ろしていくのですが、残り 10 数センチのところでは引っかかってしまうのです。機材が井戸の底に到達すると、機材の最下部についているパーツが押し込まれ



写真 6 設置風景。



写真 7 地震・傾斜計設置後の最終動作試験の様子。

て着底信号が地表におくられるのですが、何度やりなおしても着底信号が届きませんでした。

このようなことが起こった理由のひとつとして、耐雷性能や水密性を向上させるために、機材の長さを 40cm 程長くしたことが考えられました。観測機器を設置する井戸の底の設置ケースの内径は 108.3mm で、そこに直径が 104mm の機材を挿入するため、井戸が途中で歪んでいると機材が引っかかってしまいます。新しい機材が以前より少し長くなったために、それまでは問題にならなかったごくわずかな曲がりや突起に引っかかってしまった可能性があります。挿入試験で問題が無かったのは、ダミーは新しい機材と同じ長さだったものの、全体が金属製の筒に覆われた本来の構造とは異なり、工期などの関係で一部がスケルトン構造（筒の囲いがなくて、棒状の部品でつながっている）となっていた



写真 8 裾野観測点。小屋の手前にあるコンクリート製の箱が、地震・傾斜計が埋設された観測井戸です。小屋の中に、テレメータ装置や強震計、気圧計が設置されています。



写真 9 作業の様子。オレンジ色のプールには、洗浄用の水が入っています。

ため、ほんのわずかだけ曲がることで井戸のゆがみを吸収してしまったためと考えられます。

結局年度内の完成は見送らざるを得ず、2020年度に改めて作業を実施することとしました。2020年度はまず井戸の内部にカメラを下ろして設置管などに突起やひどいゆがみなどがないかを調べることにし、7月に作業を実施しました。その結果、深さ約80m付近に顕著なケーシングのえぐれや傷があることがわかり

ました。ケーシングの最も深い場所について傷は深さ83.34m付近で設置ケースの底まで約16cmでした。傷の状況からすると、それなりに大きな（数mmくらい）突起やゆがみ、あるいはバリ（内壁に接触したときに発生した削りかす）がありそうでしたが、カメラによる調査では存在が確認できませんでした（図1）。

問題の解決法として二つの方法が施工業者から提案されました。一つは、井戸の内部をやすりのようなも

ので削って突起やゆがみの部分をならす方法。これだと数mm程度までの突起は削れますが、実際の程度の突起やゆがみがあるのかははっきりとせず、完全に削り取れるかどうかとも不安でした。また、ケースが曲がっている場合には、この方法では改善できない可能性があります。二つ目の方法は、現在設置管がある部分をセメントで埋め、その上に新たに設置ケースを固定する方法です（図2）。こちらだと地震・傾斜計を設

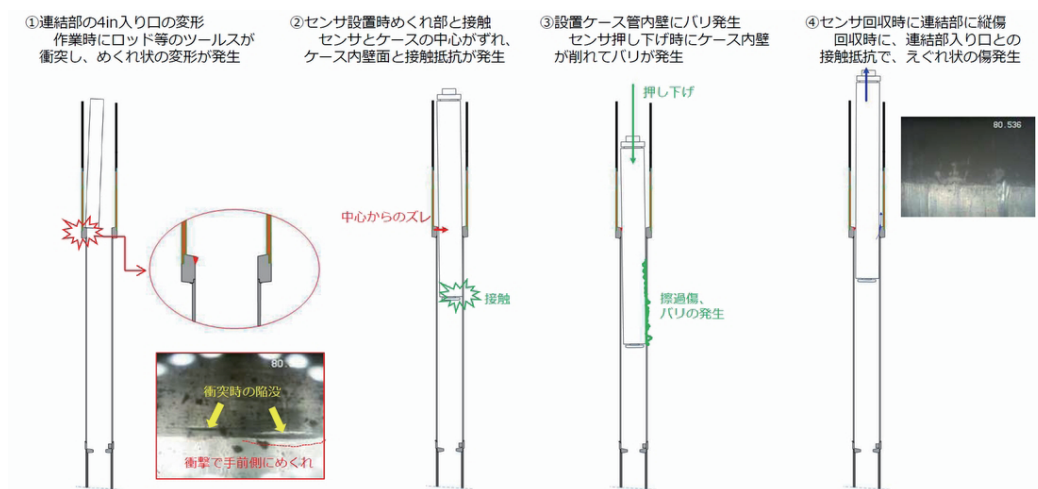


図1 カメラ調査で明らかになった井戸内の傷とその解釈。

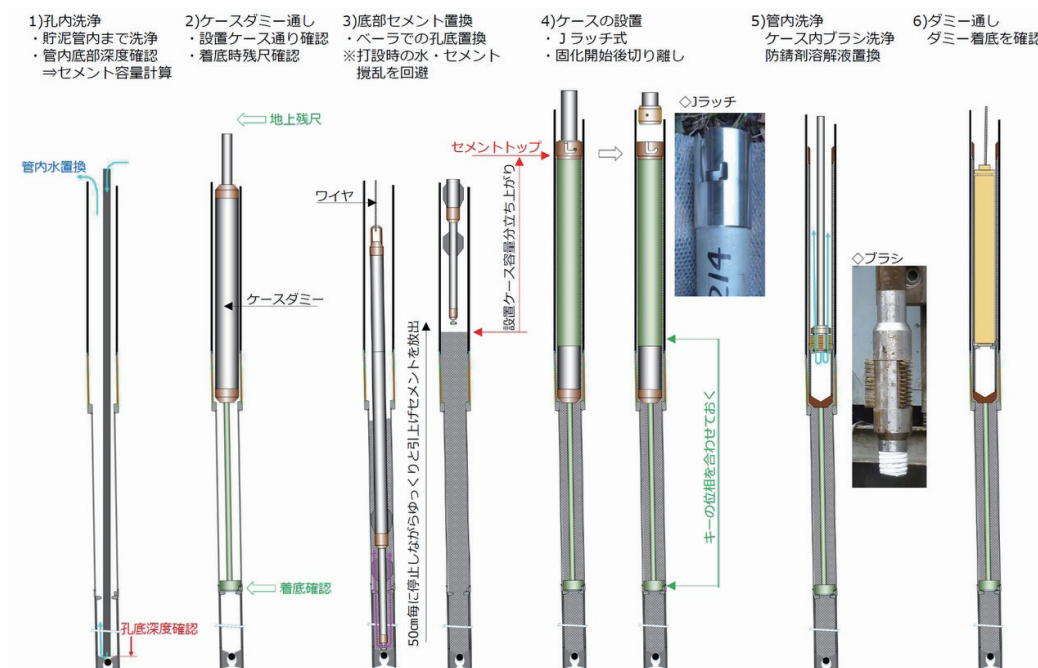


図2 地震・傾斜計の再設置案。現在ある設置ケース部分はコンクリートで埋めてしまい、その上にあらたに設置ケースを取り付けました。地震・傾斜計の方位を現在の方位と合わせるために、既設の設置ケース内にあるキーと新しい設置ケースのキーを合わせて埋設します。

置する深さが5mほど浅くなりますが、突起やゆがみの影響は完全になくなります。新しい設置ケースをきちんと設置できさえすれば、こちらのほうがリスクが少なそうでしたし、以前に同様の作業を行った実績もあるとのことでしたので、二つ目の方法を採用しました。

新しい設置ケースの埋設とセンサー設置は、12月7日～11日に実施されました(写真10, 11)。観測井戸の改修作業は順調にすすみ、あとは新しいセンサーを設置するのみとなったところで、再び作業が中断しました。設置ケースの底には地震計の方位を合わせるためのキー(突起)があります。下ろしていったセンサーがキーの位置まで達すると、そこでいったん止まります。センサーにはキーをはめる溝がついているので、センサーを少しずつ回転させて溝をキーの位置に合わせると溝の長さ分だけセンサーが沈み、着底して信号が送られてきます。ところが、キーが溝にはまって約50mmほどセンサーが沈むのですが、着底信号が届きません。調べると、約2mmほど溝が短くてキーと干渉してしまい、完全に着底できていないことが分かりました。そこで、いったんセンサーを引き揚げ、現地で溝を約7mm延長しました(写真12)。これによって、最後までセンサーを下ろすことができ着底信号も確認できました。最後に、動作試験を行って作業は終了です。

■ まとめ

小塚山観測点と裾野観測点のポアホール型地震・傾斜計を2018～2020年度に更新しました。2021年度は塔の峰観測点の更新を予定しております。

■ 謝辞

更新にあたっては、災害対策課をはじめとするくらし安全防災局、神奈川県企業庁平塚水道営業所箱根水

道センター、静岡県沼津土木事務所ほか、多くの方にご協力いただきました。記して感謝いたします。



写真10 ダミーの通り試験。作業員の方が手を添えているのが地震・傾斜計のダミー。ダミーの上にはロッドが一本接続されています。このまま徐々に下ろしていき、ロッドの先端が井戸の入り口にきたら、いったん固定してさらにロッドをつぎたします。



写真11 こちらが本物の地震・傾斜計。



写真12 地震・傾斜計の先端。左上の写真で最下部についているドーム状の部品が着底装置。キー溝の長さが足りなかったため、現地で溝を削る作業を行いました。