

盛土内部の含水状態の長期計測に伴う留意点

中央開発（株） ○平井 孝明，鈴木 丙午
（公財）鉄道総合技術研究所 松丸 貴樹，佐藤 武斗

1. はじめに

既設盛土の耐震診断・補強では一般的に飽和三軸試験により評価した内部摩擦角，粘着力が用いられることが多いが，経済的かつ効率的に補強するために不飽和土の強度特性を耐震性評価に用いることもある．不飽和土の強度特性を用いる際に，盛土内部の密度や含水状態などを正確に把握し，盛土の内部摩擦角や粘着力を適切に評価しなければならない．本研究¹⁾は，盛土内部の含水状態に着目し，土壤水分計を用いた計測方法により含水状態について長期計測を行っている．本稿では，研究の概要と長期計測に伴う留意点について考察する．

2. 研究の概要及び結果

(1) 計測概要

本研究は，既設盛土での計測を想定して行った実験である．土壤水分計は電磁波式である，D社製及びA社製の2種類を用いて計測した．試験盛土は，高さ3.0m，のり面勾配1:1.5とし，盛土材は「細粒分質礫質砂：SFG」を用いて，表-1に示すように締固め密度比の平均値がD=90%程度となるように50cm毎に転圧し，砂置換法を用いて密度管理を行いながら構築した．

土壤水分計の設置は，試験盛土の①構築時の埋設，②構築後の埋設の2つの方法で行った．図-1及び2に，①及び②の土壤水分計の配置図を示す．

これは，①は土壤水分計による計測値の精度を確認するため，②は既設盛土への設置方法の妥当性を確認するためである．

表-1 試験盛土の物性一覧

	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	含水比 w (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	締固め度 D_c (%)
1層目	1.755	32.5	1.324	93.5
2層目	1.727	33.5	1.294	91.3
3層目	1.698	35.1	1.257	88.8
4層目	1.665	35.3	1.231	86.9
5層目	1.717	33.5	1.287	90.9
6層目	1.709	31.8	1.297	91.6

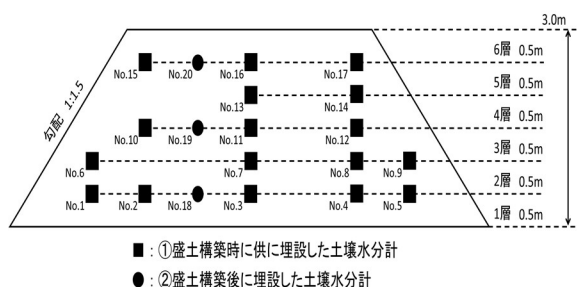


図-1 土壤水分計の断面配置図

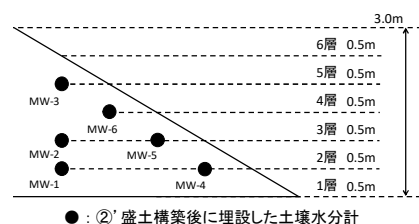


図-2 土壤水分計ののり面配置図

(2) 土壤水分計の精度管理

土壤水分計の含水比は，事前に試験盛土と同等の乾燥密度になるように作製した供試体で，含水比を変化させて実施したキャリブレーション結果から作成した校正曲線及び校正式を用いて算出した．計測値を表-2に，校正曲線及び校正式を図-3に示す．

キャリブレーションは含水比の異なる5パターンの供試体を作成し，作成した供試体に土壤水分計を差し込み，計測を行った．

表-2 計測値一覧

含水比 w (%)	出力値
0	559
20.5	744.1
25.3	776.3
37	1073.3
38.5	1161.9

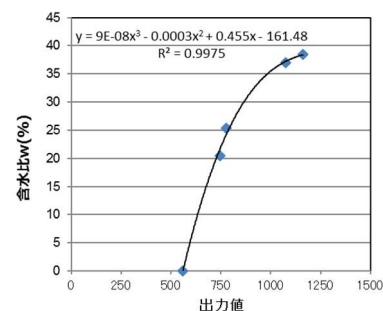


図-3 校正曲線

図-4に試験盛土の5層目における試験盛土構築時の含水比と土壤水分計の含水比の比較結果を示す．試験盛土構築時の含水比は，砂置換法実施時（5層目5点）に採取した盛土材の含水比の平均値（ $w=33.5\%$ ）であり，土壤水分計の含水比は土壤水分計のキャリブレーション結果から作成した校正式を用いて算出した値である．図-3より土壤水分計の含水比と試験盛土構築時の含水比に大きな乖離はなく，土壤水分計の精度が概ね確認され，土壤水分計で含水状態を計測することは可能であると考えられる．

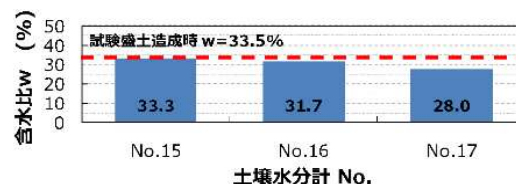


図-4 試験盛土と土壤水分計の含水比の比較

(3) 既設盛土への設置方法の妥当性

試験盛土の①構築時と，②構築後に埋設した土壤水分

計の計測結果を比較することにより、既設盛土における土壌水分計の設置に関する妥当性を検証した。

図-5に示すとおり、②構築後のセンサーは①構築時のセンサーに比べ低い含水比を示したが、降雨のたびに含水比のピークが①に近い値を示している。また、降雨がない時期においても増加傾向にあることから、①に近づくとと思われる。

なお、①構築時のセンサーに比べ②構築後のセンサーが低い値を示したのは、センサー埋設時に乾燥砂を用いて埋戻しを行った影響によるものと考えられる。

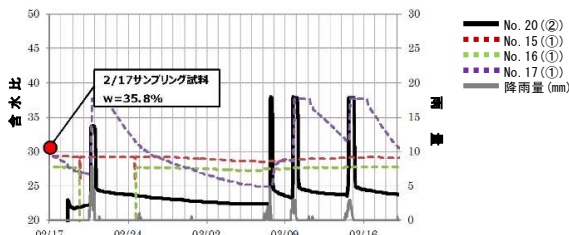


図-5 含水比の経時変化の比較(降雨量²⁾)

3. 長期計測に伴う留意点と対応策

本研究は2015年9月から計測を開始し、現在も計測を継続中で3年9ヶ月の長期計測になっている。計測期間の大半はトラブルなく計測が行われている（図-6参照）が、一部センサー故障などのトラブルが発生した。

図-7にトラブルが発生した際の計測データを示すとともに本計測で発生したトラブルの原因と対応策を以下に列記する。このようなトラブルデータが収録された際には迅速に原因を追求し対応することが重要であり、今後トラブル対応マニュアルとして長期計測を進めたい。

①使用するバッテリーの電圧低下による計測の停止

原因：使用した複数のロガー毎に電源供給方式により消費電力が大きく異なっていた。このため、その消費電力に対し、バッテリー容量が小さかった。

対策：消費電力の小さい電池駆動に切り替えた。なお、DC/DCを用いて電池と同じ電圧供給で駆動するように配線の変更を行うことも可能である。

②センサーの防水性低下による故障

原因：土壌水分計の押し込み設置時にセンサーの弱部（付け根）に力が加わることによる防水性が低下し、長期の間にそこから水が浸入したことによりセンサーの故障につながった。

対策：センサー弱部（付け根）にシリコンコーキング等で補強を施し、水の浸入を防いだ。また、押し込み設置時にセンサーと同じ大きさの補助孔を先に作成し、設置することによりセンサーの弱部に力がかかりにくいようにした。

③コネクタ部の断線や絶縁不良及び破損

原因：データ回収時にコネクタの抜き差しを繰り返し行ったことによるコネクタ部のケーブル断線や絶

縁不良、コネクタの破損が発生した。

対策：コネクタとケーブルの接続部付近を無理に強く引っ張らない。

また、その他に長期計測を考慮し、事前にケーブルを保護管内に挿入し、管口をエアコンパテで封をした状態で埋設する対策を行った。これにより、水や熱等によるケーブルの経年劣化を遅らせることができ、人や重機に踏まれてのケーブルの損傷を防ぐことができた。

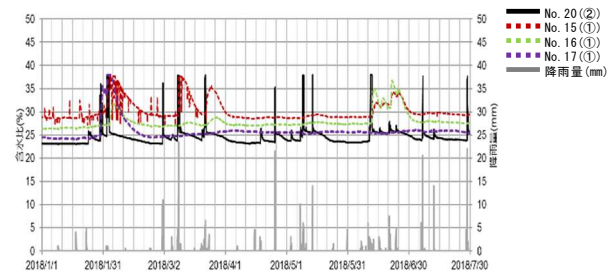


図-6 通常の計測データ(降雨量²⁾)

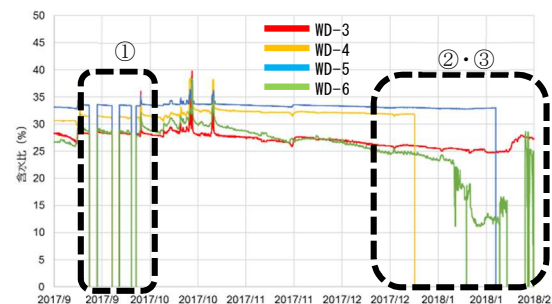


図-7 トラブルが発生した際の計測データ

4. おわりに

一般的な計測においても言えることであるが、計測を実施する前の動作チェックや校正曲線の作成が必要になるセンサーは多い。そのため、この作業は必須である。

長期計測では様々な要因により、必要データの取得が困難に陥ることや欠損することがある。それぞれの事象に対し、適切に対応しなければ目的とするデータの取得が困難になり、多大な損害につながる可能性がある。そのため、長期間の計測では、データ回収を短くする、または通信設備を追加し、計測値をモニタリングできるようにする等、トラブルの発見を早くし、即座にトラブル対策を取ることが重要である。

本研究における長期計測では発生したトラブルに対して適切な対応を行ったことにより、現在も正常な計測が継続している。今後も予期せぬトラブルに対し適切に対応することが大切であると考える。

《引用・参考文献》

- 1) 島田貴文ら：盛土内部の含水状態計測に関する計測方法の検討，土木学会第 71 回年次学術講演会，Ⅲ-114，pp. 227-228，2016.
- 2) 気象庁ホームページ (<https://www.jma.go.jp/jma/>)