

盛土内部の含水状態計測に関する計測方法の検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 (正) ○島田貴文, 中島進, 佐藤武斗, 小湊祐輝
 中央開発株式会社 (正) 鈴木丙午, 橋本和佳, 荒井靖仁, 中村裕哉, 平井孝明
 西日本旅客鉄道株式会社 (正) 山田孝弘, 藤原雅仁

1. はじめに 兵庫県南部地震以降, 橋梁や高架橋については耐震補強が進められてきたが, 鉄道では, 線区における耐震性能のバランスが重要であり, 近年, 盛土を始めとした土構造物についても耐震補強の重要性が認識されている. 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, 粘着力を使用する例が多いが, 経済的かつ効率的に補強するためには, 耐震性評価に不飽和土の強度特性(図-1)を用いる事も一つの手段と考えられる. しかしながら, 不飽和土の強度特性の使用にあたっては, 建設年代に応じて施工管理基準が大きく異なる盛土内部の密度や含水状態などを正確に把握¹⁾し, 盛土の内部摩擦角や粘着力を適切に評価する事が重要となる.

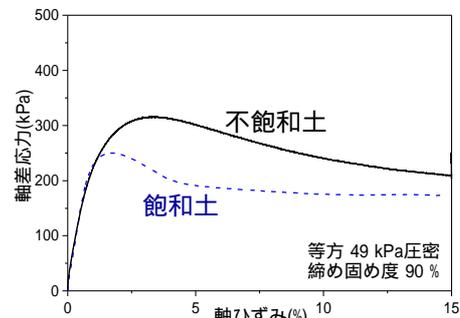


図-1 飽和土と不飽和土の応力-ひずみ関係の例

本研究では, 盛土内部の含水状態計測方法の提案を目的として, 土壌水分計を用いた計測方法について検討した.

2. 検討概要 本研究では, 誘電率土壌水分計 (EC-5; DECAGON 社製) を用いた計測方法について検討するため, 試験盛土を構築し, 施工過程および施工後に盛土内部に土壌水分計を設置して計測を行った.

試験盛土は, 高さ 3.0m, のり面勾配 1:1.5 とし, 表-1 に示す物性の材料 (細粒分質礫質砂 : SFG, 「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」²⁾ (以下, 土構造標準) の土質 3 相当) を用いて, 締め固め密度比の平均値が D=90%程度 (土構造標準の性能ランク II, IIIの盛土を参考) となるように転圧し, 50cm 毎に砂置換法を用いて密度管理を行いながら構築した.

土壌水分計の設置は, ①試験盛土構築と共に埋設, ②試験盛土構築後の埋設の 2つの工程で行った. これは, ①は土壌水分計による計測値の精度を確認するためと, ②は既設盛土への設置方法の妥当性を確認するための 2つの目的を勘案したためである. 図-2 に土壌水分計の配置図を示す. なお, 土壌水分計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の含水比を変化させて, 計測値と含水比, 飽和度のキャリブレーションを行った.

3. 土壌水分計の計測精度 試験盛土中に埋設した土壌水分計の計測精度の確認を目的に, 試験盛土構築時の含水比試験結果と土壌水分計の計測値から得られた含水比との比較を行った. 図-3 に試験盛土 1, 3, 5 層目における含水比の比較結果を示す. 試験盛土構築時の含水比は, 各層で採取した含水比 (1層目 9点, 2層目 7点, 3層目 5点) の平均値とし, 土壌水分計の含水比については, 土壌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

表-1 盛土材料の物性

試料		盛土材 (1層目)	
一般	土粒子の密度 s	g/cm ³ 2.651	
	自然含水比 w_n	% 34.4	
粒度	礫分	% 33	
	砂分	% 40	
	シルト分	% 16	27
	粘土分	% 11	
	最大粒径	mm 19	
	均等係数 U_c	159.0	
分類	地盤材料の分類名	細粒分質礫質砂	
	分類記号	(SFG)	
	試験法	C-c法	
締め固め	最大乾燥密度 d_{max}	g/cm ³ 1.416	
	最適含水比 w_{opt}	% 27.1	

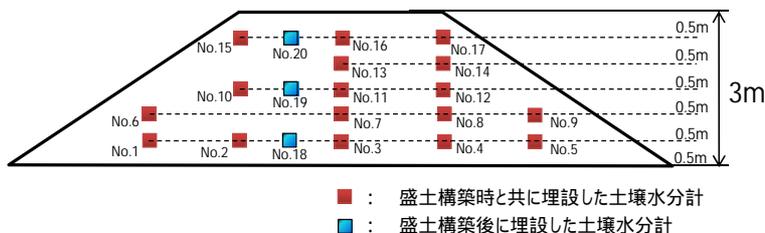


図-2 土壌水分計の配置図

キーワード : 不飽和土, 含水状態計測, 土壌水分計

連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 TEL : 042-573-7261

て算出した。図-3より、各層ともに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、概ね整合していた。

4. 既設盛土への設置方法の妥当性確認

(1) 設置方法 既設盛土内、特に盛土深部への土壤水分計設置にあたっては、ボーリング孔を利用した設置方法が考えられる。ただし、盛土内の含水状態は盛土の密度に依存することから、既設盛土と同等な密度で埋設する必要がある。そこで本研究では、盛土の密度と同等の供試体(φ83mm×150mm)を作製し、その供試体内に土壤水分計を埋め込んで設置することとした。試験盛土への設置にあたっては、供試体作製時および設置時の形状を保持するため図-4に示すポリエチレン製のかご(網目 3mm×3mm)に入れて供試体を作製し、無水掘削したボーリング孔内に図-2に示す深度(土壤水分計 No.18~20)で設置した。また、ボーリング孔は、密度管理を行いながら埋め戻した。

(2) 計測値の比較 ボーリング孔を利用した土壤水分計の設置方法の妥当性を確認するため、ボーリング孔を利用して設置した土壤水分計(以降、「後埋めセンサー」と呼ぶ)と、試験盛土構築時に設置した土壤水分計(以降、「先埋めセンサー」と呼ぶ)の計測値と比較を行った。図-5に、平成28年2/18~3/31までの含水比の経時変化を示す。

後埋めセンサーの含水比については、先埋めセンサーの含水比よりも低い値となっている。これは、後埋めセンサーではセンサーを埋め込んだ供試体の含水比の初期値が低いことや、後埋めセンサー設置時のボーリング孔壁と供試体との隙間埋めに乾燥砂を使用したことで、含水比が低下した影響によるものと考えられる。ただし、後埋めセンサーの含水比が、降雨のたびに設置時から徐々に増加傾向にあることから、今後、先埋めセンサーの計測値に近づくものと考えられる。

4. まとめ 盛土内部の含水状態計測方法の提案を目的として、土壤水分計を用いた計測方法について検討を行った。以下に得られた知見を述べる。

- ① 土壤水分計の含水比と試験盛土造成時の含水比に大きな乖離はなく概ね整合していることから、誘電率土壤水分計で含水状態を計測することが可能であると考えられる。
- ② 後埋めセンサーと先埋めセンサーの含水比を比較した結果、現段階では、先埋めセンサーよりも低い含水比となっているものの、後埋めセンサーの含水比が増加傾向であることから、今後、先埋めセンサーの計測値に近づくものと考えられる。

参考文献 1)小湊ら：不飽和強度特性を使用した盛土耐震補強設計の技術課題整理,第51回地盤工学研究発表会(投稿中),2016. 2)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物[平成25年改編],2013.

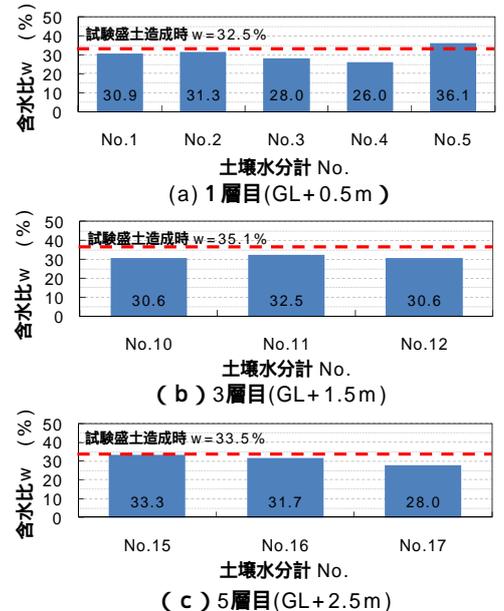


図-3 試験盛土構築時の含水比と土壤水分計の含水比の比較



図-4 土壤水分計を埋め込んだ供試体

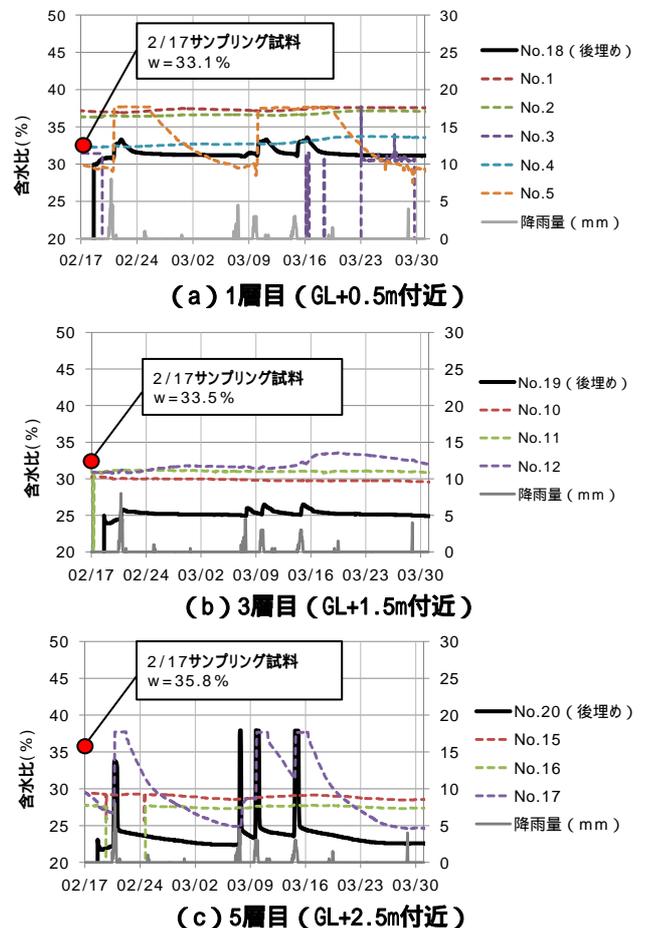


図-5 含水比の経時変化