

近接施工に伴う軟弱地盤上の鉄道盛土の自動変位計測

中央開発(株)
(財)鉄道総合技術研究所
滋賀県

正会員 ○小泉 智之
正会員 小島 謙一
間壁 誠

正会員 西原 聡
正会員 館山 勝
正会員 藤田 喜世隆

1. はじめに

琵琶湖東北部浄化センターでは、鉄道盛土に近接した箇所（離隔距離は22m程度）に、48.0m×33.1mの領域に深さ約21.8mの下水処理施設（第2ポンプ棟）構築のための大規模掘削工事が予定されている。当現場は腐植土層（ $w_n=300\sim600\%$ ）が10m程度堆積している超軟弱地盤であり、自由地下水面もGL-0.2～0.5m程度と非常に高い。このため、掘削工事に伴う地下水位低下や応力開放により、近接する鉄道盛土（営業線）が変状することが懸念された。そこで、図1に示すような地盤変位及び地下水位を自動で計測するシステムを構築し、掘削工事による鉄道盛土の変状を計測管理した¹⁾。本論文では、自動計測システムの一つである自動追尾型トータルステーションによる地表面変位計測を中心に、鉄道盛土付近の地盤挙動について述べる。

2. 計測概要

図2に当現場の代表的な土質柱状図を示す。当現場は約10mにわたる腐植土層が堆積しており、これは圧密沈下や側方変形など当地盤における変形の支配的な地層である。図3,4にポンプ棟付近の計測器配置図（平面図および断面図）を示す。計測管理は第2ポンプ棟施工予定箇所の鉄道側の中心部に基本測線を設け、施工周辺地盤、鉄道盛土を中心として、表1に示す計測項目について実施した。図1に計測システムの模式図を示す。各計測器により計測されたデータはスイッチボックスに集約され、光ファイバー線により計測室のデータローダーに蓄積される。これらの計測データは通信回線網を利用して計測管理者が取り込み、解析した。第2ポンプ棟の施工は、連続地盤改良壁による土留め壁を構築後、底盤支持のための改良杭の施工、掘削が計画されている。

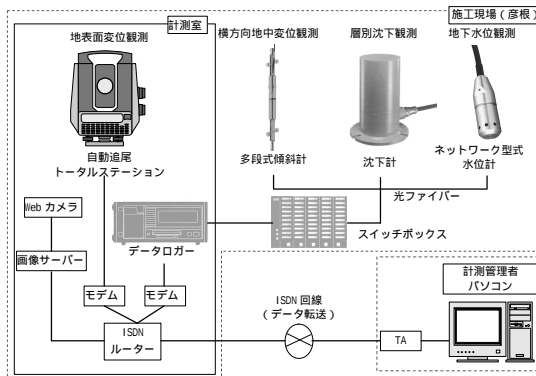


図1 計測システムの模式図

表1 計測管理項目について

計測項目	計測機器	計測箇所
地表面変位	自動追尾型トータルステーション	15箇所(H1～H15)
地中水平変位	多段式孔内傾斜計	2箇所(K1,K2)
層別沈下	層別沈下計	2箇所(S1,S2)
地下水位(1)	ネットワーク型	11箇所(W4,5,7,8,9,10)
地下水位(2)	スタンドアロン型	11箇所(W1～3,W6,W11～W17)

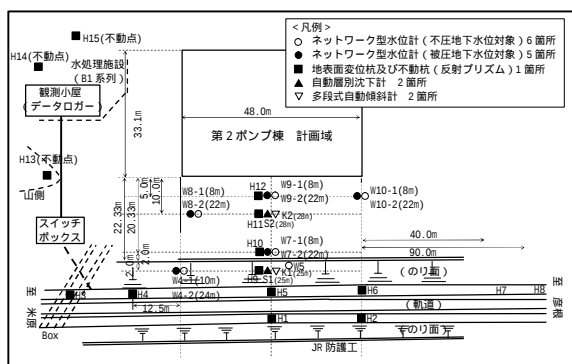


図3 ポンプ棟付近の計測器配置平面図

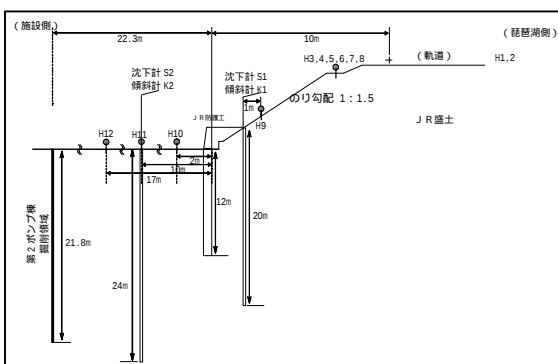


図4 ポンプ棟付近の計測器配置断面図

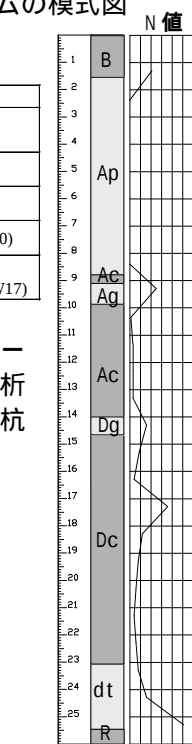


図2 当現場の代表的な土質柱状図(H11付近)

3. 自動追尾トータルステーションによる地表面変位の計測手法

地表面変位計測は図3,4に示すようにJR盛土のり肩および第2ポンプ棟周辺地盤に反射プリズム変位杭を合計15箇所設置し、自動追尾トータルステーションにより自動計測した。トータルステーションが実際に計測している値は、図5に示すように斜距離D、高度角度V、水平角度Hである。しかし、これらは計測環境の変化に伴う機械誤差を含んで計測されるため、この誤差の影響をできる限り低減する必要がある。

そこで、今回、不動杭として設置したH13（山側斜面に岩着）およびH14,H15（既設の水処理施設内に設置）を観測することにより測定機械の誤差を推定し、各点の計測値を補正することにした。以下、高度角度Vを取り上げて補正方法について説明する。

ある同一時刻($t=i$)の計測における不動杭(H13,14,15)の高度角度 $V_i(i)$ と初期($t=0$)の値 $V_i(0)$ の差を $\Delta V_i(i)$ とす

キーワード 自動変位計測、鉄道盛土、近接施工、軟弱地盤、掘削、圧密沈下

連絡先 〒169-8612 東京都新宿区西早稲田 3-13-5 中央開発(株) TEL 03-3208-3541

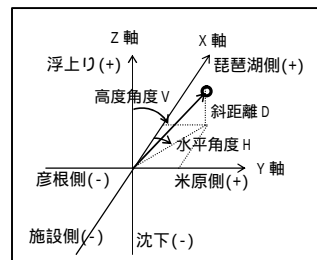


図5 計測値の説明図

る ($j=13, 14, 15$) . 不動点(H13, 14, 15)の高度角度の変動量 $\Delta V_j(i)$ の確率分布を調べたところ, 図6に示すように, ± 2 " 程度のバラツキを有する正規確率分布と推定できることが分かった. 次に式(1)に基づく最小二乗法を用いて, 不動点における計測値の変動量から計測誤差量の最確値について定式化したところ, 式(2)に示すような各不動点の変動量 $\Delta V_j(i)$ の平均値となることが分かった. 本計測では各不動杭の変動量の平均を用いて計測値の補正を行った. なお, 斜距離 D 及び水平角度 H についても同様にして補正を実施した.

$$S(i) = \sum_{j=13}^{15} (\Delta V_j(i) - \Delta V(i))^2 \rightarrow \min \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$\frac{\partial S(i)}{\partial (\Delta V(i))} = \Delta V_{13}(i) + \Delta V_{14}(i) + \Delta V_{15}(i) - 3 \cdot \Delta V(i) = 0$$

$$\Rightarrow \Delta V(i) = (\Delta V_{13}(i) + \Delta V_{14}(i) + \Delta V_{15}(i)) / 3 \quad \cdots \text{式(2)}$$

4. 計測結果

第2ポンプ棟施工区域では, H13年12月~H14年3月の4ヶ月間に, 表層改良工, 遮水壁工, 土留め壁(地中連続壁)の施工が順次行われた. ここでは, 地表面および地中の地盤挙動に関する計測結果を示す. 図7に鉄道盛土のり肩(H5)および施工領域から10mの位置(H11)における地表面変位計測結果を示す. 2月はじめ, H11において25mm程度の浮き上がり, 5mm程度の琵琶湖側への水平変位が発生した. これに合わせて鉄道盛土のり肩のH5においても2~3mm程度, 琵琶湖側に水平変位が発生したが, その後の変位の増加は認められなかった. また鉛直方向の動きはなく, 現時点において鉄道盛土に対する施工の影響はほとんどないと考えられる. なお, この時期に実施された施工作業は, 土留め壁の施工とそれに伴う表層改良等である. 現状では, 表層改良等の際の盛土などが変状要因と考えられる. 図8, 9にH9, H11の直近に設置した沈下計S1, S2及び傾斜計K1, K2の計測結果を示す. 傾斜計K2及び沈下計S2の計測結果より, 地中の地盤挙動については, 腐植土層の変形が支配的であることが確認され, 施工においては腐植土層に対する配慮が必要である. 一方, 傾斜計K1及び沈下計S1より, 鉄道盛土では大きな変形は確認されなかった.

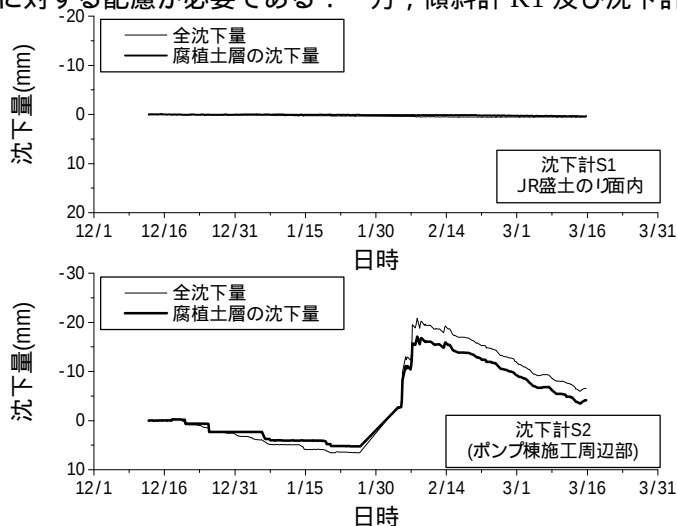


図8 層別沈下計による沈下計測結果

5. おわりに

現在のところ施工周辺地盤では施工による影響が見られるが, 一方, 鉄道盛土に対する影響はほとんどない. しかし, 今後予定されている掘削工事に関しては, 掘削に伴う地下水位低下も伴うことから, 現地の施工状況を考慮しながら, 地盤の変形挙動を監視していく予定である.

参考文献

1) 小泉, 西原, 館山, 小島, 間壁, 藤田: 近接施工に伴う軟弱地盤上の鉄道盛土の自動計測管理システム, 第37回地盤工学研究発表会 投稿中

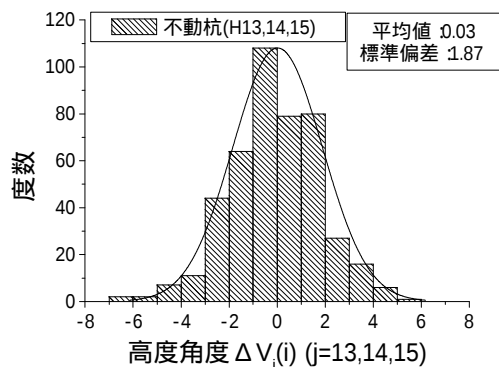


図6 不動杭(H14)の高度角度の確率分布

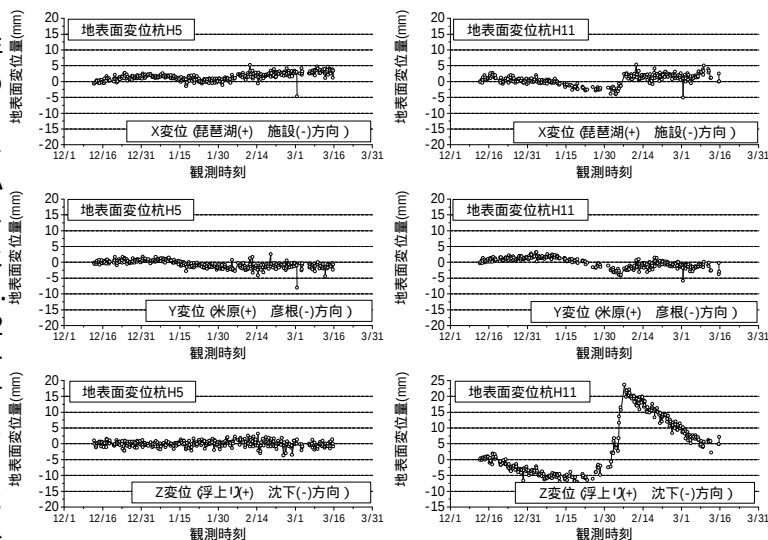


図7 地表面変位計測結果(H5, H11)

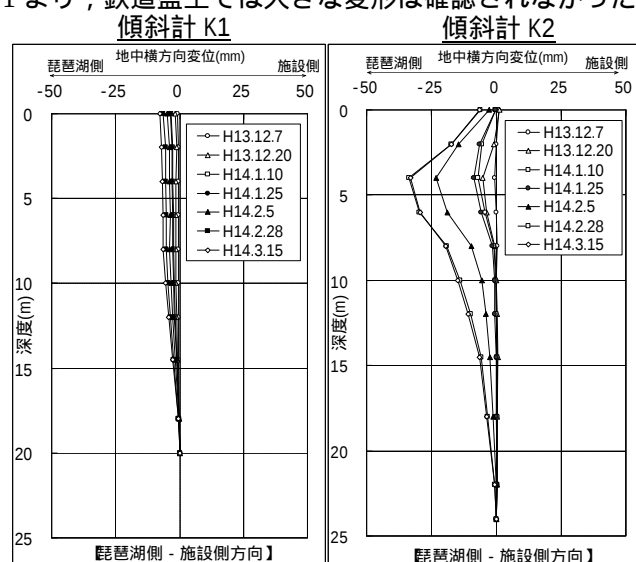


図9 孔内傾斜計による水平地中変位結果