

農業用管水路を埋設した泥炭等軟弱地盤の挙動

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム ○星野 香織
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 萩原 大生
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 大久保 天

北海道では、泥炭等軟弱地盤に埋設された農業用管水路において、経年的な沈下の進行により漏水事故が発生することがある。将来の管水路の改修や更新時における留意点を明らかにするため、泥炭等軟弱地盤中の管水路の挙動に関するデータを蓄積する必要がある。本研究では、泥炭等軟弱地盤に管水路を埋設した場合の地盤および管体の挙動を明らかにする目的で、管水路の更新に合わせて埋設地盤に層別沈下計および地下水位計を、管水路に変位計を設置した。本稿では、条件の異なる2つの地域における観測結果について報告する。

キーワード：農業生産基盤の整備、管水路、泥炭等軟弱地盤、沈下

1. はじめに

北海道の泥炭等軟弱地盤に埋設された農業用管水路（以下、管水路）は、管水路設置後、管水路下部の泥炭等軟弱地盤が圧密されて管体はしだいに沈下する。このとき、管体に剪断力あるいは曲げモーメントが作用して、管体の破損や継手部の離脱等が発生し、漏水事故に至る場合がある。このため、施工後の管水路の挙動を推定して対策することは、泥炭等軟弱地盤で実施する基盤整備事業では非常に重要である。しかし、泥炭等軟弱地盤に埋設される管水路や地盤の挙動が定量的なデータに基づいて把握されているとは言えない。

そこで、寒地土木研究所は泥炭等軟弱地盤に埋設した管水路および地盤の沈下量を確認するため、直轄災害復旧事業勇払東部地区（以下、勇払東部地区）および国営かんがい排水事業篠津運河中流地区（以下、篠津運河中流地区）における管水路の更新事業に合わせて、管水路直下の地盤に層別沈下計を設置して観測を行っている。また、勇払東部地区では、胆振東部地震後に更新した管水路における曲管部前後の管体継手部に変位計を設置して継続的に観測を行っている。

本稿では、2019年から観測している勇払東部地区の管水路における地盤の挙動および曲管部前後の管体の変位および2024年に新たに観測を始めた篠津運河中流地区における管水路の初期の地盤の挙動について報告する。

なお、後述するが、篠津運河中流地区の観測地点では、泥炭層よりもシルト質粘土層が厚く堆積している。本研究において、対象とする地盤は泥炭地盤のみではないことから、本稿では「泥炭等軟弱地盤」と記載した。

2. 勇払東部地区の管水路における観測

(1) 観測地点の概要

本観測は、2018年北海道胆振東部地震において被災した管水路の改修工事に際して、同管水路の曲管部およびその前後の区間を対象に、各種計測機器を設置して観測を開始した。観測地点では、2019年から2020年にかけて、管径2,000mmと1,350mmの管水路（ダクタイル鋳鉄管）が並行して施工された。図-1に施工状況を示す。寒地土木研究所では、更新された管水路の曲管部前後の区間を対象に、図-2に示すように、層別沈下計および変位計などを設置して、①管水路埋設地盤の沈下量および地下水位、②曲管部前後の管水路における伸縮量の観測を継続的に実施している。



図-1 管水路の施工状況（勇払東部地区）

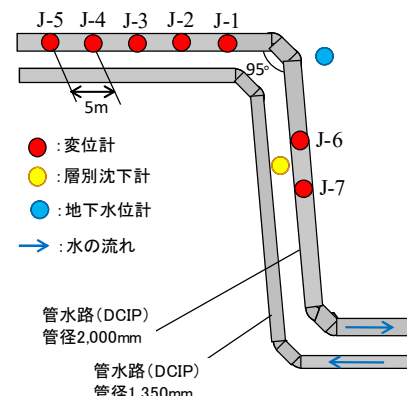


図-2 計測機器設置平面図（勇払東部地区）

(2) 観測機器の概要

a) 層別沈下計

本研究で沈下量の観測に用いたワイヤー式層別沈下計の計測方法を図-3に示す。層別沈下計は、①～④のアンカー部及び⑤の変換部から構成される。各深度における地盤の沈下量は、アンカー部と変換部を結ぶワイヤーの伸縮により計測される。

各アンカー設置点の沈下量 $\Delta h_2 \sim \Delta h_5$ は、①のアンカーを固定点として、初期値のワイヤー長 $L_1 \sim L_4$ と時間経過後のワイヤー長 $L'_1 \sim L'_4$ を用いて、次の式(1)および(2)により算出できる。ただし、 $n=2,3,4$ である。

$$\Delta h_5 = L_1 - L'_1 \quad (1)$$

$$\Delta h_n = \Delta h_5 + L'_n - L_n = L_1 - L'_1 + L'_n - L_n \quad (2)$$

層別沈下計の設置断面を図-4に示す。地盤は地表から10 m以上堆積した泥炭層で構成されている。本観測地点では、前歴事業の基礎材であった砕石の上に基礎材（火山灰に石灰系固化材を添加）を敷き、その上に管体が布設され、管体は基礎材と同じ改良土で埋め戻されている。

b) 変位計

本研究で用いた変位計の概要図を図-5に示す。管水路の継手部において、差し込み管に変位計の本体を固定し、受口端の押輪に測定子を接触させて、継手部の伸縮を計測する。管水路曲管部の上流側に5地点（J1～J5）、下流側に2地点（J6, J7）設置し、各地点で管頂および左右の3箇所計測を行った。図-6に変位計の設置状況を示す。

(3) 観測結果

a) 層別沈下計の観測結果

2019年12月から2024年10月までの地下水位および層別沈下計の各アンカー部の沈下量（ $\Delta h_2 \sim \Delta h_5$ ）の経時変化を図-7に示す。観測地点における工事は、2019年8月下旬に管体部の掘削を開始し、12月10日に管体埋め戻しが終了した。その後、観測地点下流部の掘削を2020年7月28日に開始し、10月下旬に管体埋め戻しが終了した。

2019年9月の掘削開始から管体埋め戻しが終わる12月10日までの間は、ポンプ排水により地下水位が低下し、それに伴い各アンカー部の沈下量は急激に増加した。工事が終わり地下水位が地表近くに返ると各アンカー部の沈下量の変化は小さくなった。2020年7月に工事が再開されポンプ排水が始まると地下水位の低下に伴い沈下量は増加した。工事が完了した後、2021年は沈下量の変化は小さかったが、2022年1月に地下水位が低下した際には各アンカー部の沈下が進み、2022年8月の通水開始の際には管水路の自重増加により各アンカー部が沈下した。その後、地下水位が低下する冬期間に各アンカー部の沈下が大きくなる傾向を繰り返しながら、2024年10月現在まで沈下は継続している。

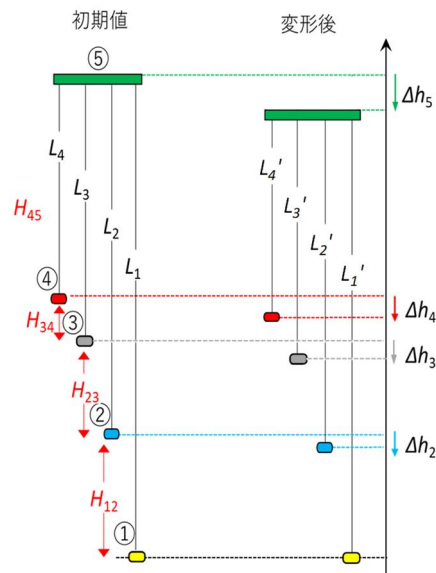


図-3 層別沈下計による沈下量の計測方法

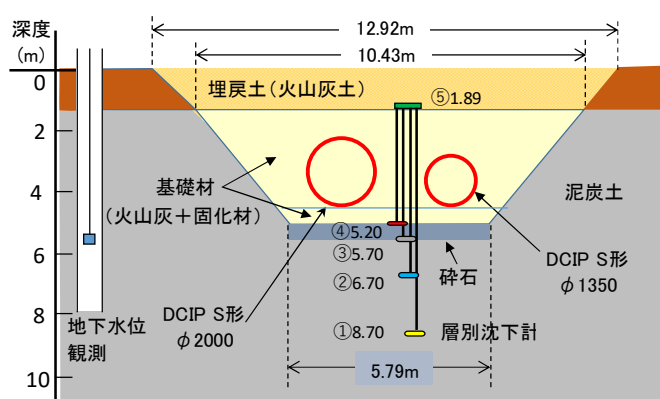


図-4 層別沈下計の設置断面図

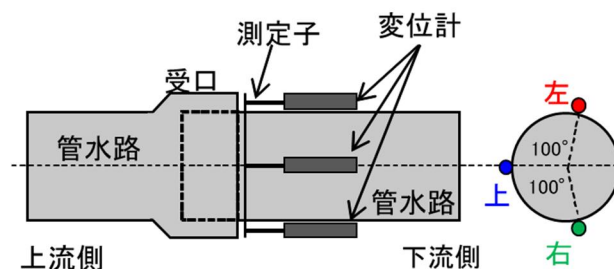


図-5 変位計の概要



図-6 変位計の設置状況

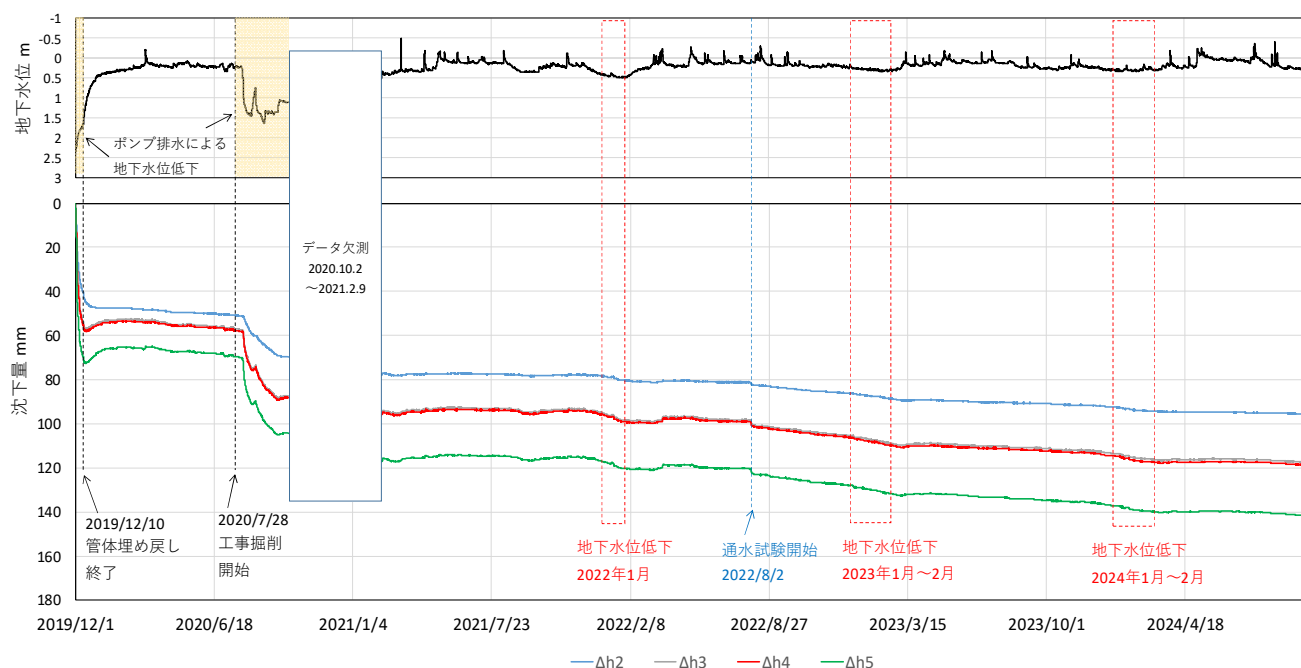


図-7 地下水位および層別沈下計アンカー部の経時変化

以上の観測結果から、本観測地点の管水路埋設地盤全体の傾向として、①管水路工事の際に実施されるポンプ排水に伴う地下水位低下により地盤の沈下は急激に進むこと、②地盤の挙動は、地下水位の上下に反応すること、③管水路工事完了後初めて通水する際の自重増により地盤の沈下は進むこと、④地下水位が低下する冬期間に地盤の沈下は進むことが示された。

また、2024年10月現在の各層の沈下は、 Δh_2 で約 96 mm、 Δh_3 および Δh_4 で約 119 mm、 Δh_5 で約 142 mmとなっている。 Δh_2 は地盤の一番深い泥炭層であり、沈下量は10 cm程度と大きくなっている。 Δh_3 と Δh_4 の沈下量が変わらないのは、この間が碎石の層になっているからと考えられる。 Δh_5 は最も浅い部分のアンカーであり沈下量は最も大きくなっているが、 Δh_4 との差は20 mm程度で推移しており管水路基礎材（ Δh_5 と Δh_4 の間）の沈下は小さい。

b) 変位計の観測結果

変位計の観測結果を図-8に示す。各観測地点 J-1～J-7 における3箇所の変位計データについて、管体の真上（青：J-1-1, …, J-7-1）、左側（赤：J-1-2, …, J-7-2）、右側（緑：J-1-3, …, J-7-3）で表した。また、各グラフは、本観測地点の改修工事が完了し、地下水位が通常どおりとなった2021年4月1日を基準（変位量0 mm）とした。グラフの正方向の変位は管軸方向の伸長であり、負方向の変位は管軸方向の収縮を示す。ただし、J-3-2は計器の不具合のため除外し、J-1-3についても2023年10月1日以降不具合のため除外した。

各観測地点の変位量は、2022年8月2日の試験通水時に曲管部に近いJ-1地点とJ-6地点で顕著な伸長がみられ、その他の観測地点でも変位が確認された。また、2023年および2024年の通水期間においても通水開始のタイミング

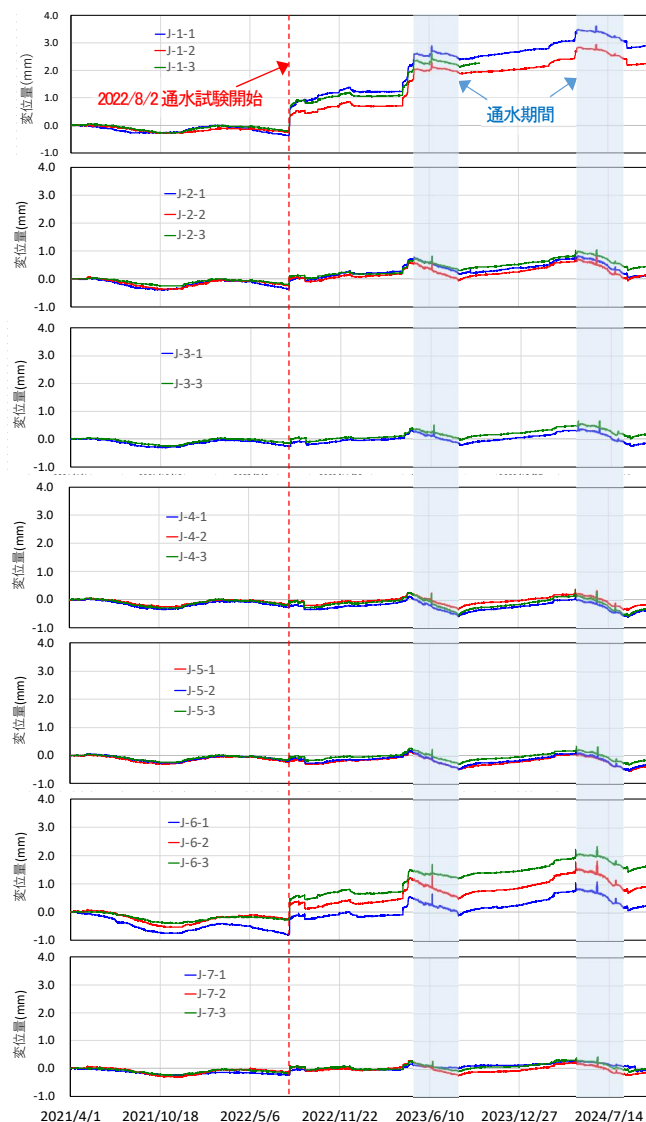


図-8 管水路継手部変位量の経時変化

グで顕著な伸長がみられた。このような変位量の変化は、管内への通水が開始されたことにより曲管の遠心方向にスラスト力が発生し、管軸方向に伸長する力を受けたためであると考えられる。なお、2023年および2024年の通水開始後に伸長した後、収縮する傾向が見られるが、この原因については不明であり今後の課題である。

3. 篠津運河中流地区の管水路における観測

(1) 観測の概要

本観測は、篠津運河中流地区で実施している管水路の改修工事に際し、同管水路の道路横断部に層別沈下計を設置して観測を開始した（図-9）。観測地点では、2024年に管径 2,200 mmの管水路（ダクタイル鋳鉄管）が施工された。層別沈下計の設置状況写真を図-10に示す。

管水路および周辺地盤の断面を図-11に示す。地盤は地表から 5 m程度堆積した泥炭層、4 m程度のシルト質粘土層、1 m程度の細砂層で構成されている。本観測地点では、泥炭層を約 5 m掘削して基礎材（現地発生土にセメント系固化材を添加）を敷き、その上に管体が敷設され、管体は基礎材と同じ改良土で埋め戻されている。

なお、本研究で用いた層別沈下計は、①～⑤のアンカー部及び⑥の変換部から構成されており、沈下の計測方法については、2. (2). a) に記したとおりである。

(2) 観測結果

管水路施工後の 2024 年 3 月から 10 月までの地下水位および各層の沈下量を図-12に示す。工事施工時のポンプ排水（2024年2月26日～3月15日）により地下水位が低下した際に地盤の沈下が急速に進んでいる。その後、管水路上部の道路復旧工を実施（2024年3月18日～3月22日）する事により、更に沈下が進む。工事完了後、地下水位の上昇とともに沈下は緩やかになる。試験通水を開始した 4 月下旬に、管水路の自重が増えた影響で沈下が進む。

以上から、管水路埋設後初期の地盤全体の挙動は、管水路工事の際に実施されるポンプ排水に伴う地下水位低下により地盤の沈下は急激に進み、管水路工事完了後初めて通水する際にも自重増加により地盤の沈下は進んだ。このことは、勇払東部地区における地盤および管体の挙動と同様な傾向である。

また、2024年10月現在の各層の沈下は、 Δh_2 で約 1 mm、 Δh_3 で約 12 mm、 Δh_4 で約 15 mm、 Δh_5 で約 30 mm、 Δh_6 で約 85 mmとなっている。本地区では Δh_5 と Δh_6 の間の浅い層での沈下が顕著になっており、それに比べて深い層での沈下量は著しく小さい。これは、泥炭土（勇払東部地区）とシルト質粘土（篠津運河中流地区）の圧密のちがいであると考えられるが、今後、土質試験の結果などを踏まえて観測データを検証していきたい。

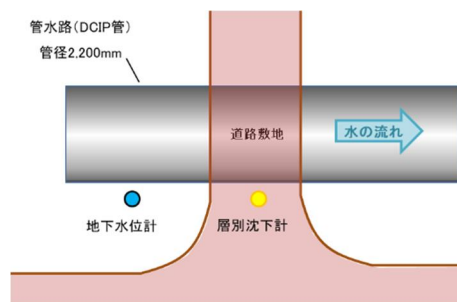


図-9 計測機器設置平面図（篠津運河中流地区）



図-10 層別沈下計設置状況（篠津運河中流地区）

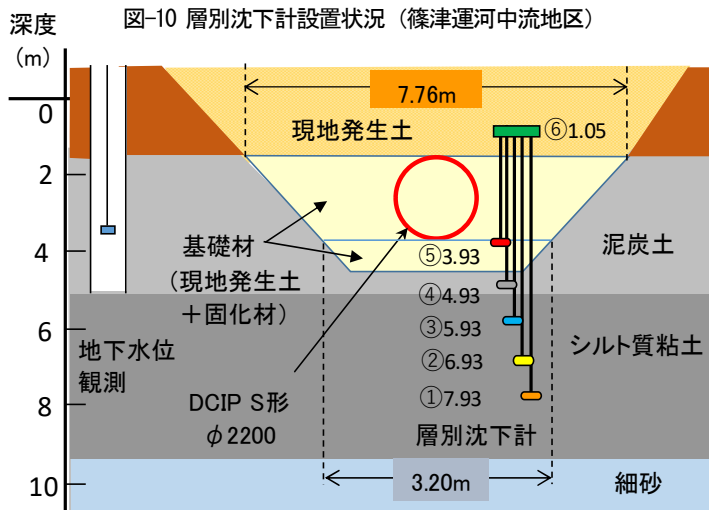


図-11 管水路および周辺地盤の断面（篠津運河中流地区）

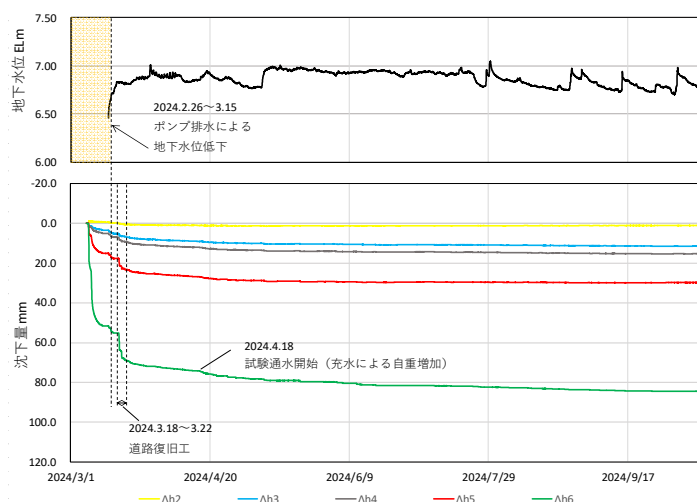


図-12 地下水位および層別沈下計アンカー部の経時変化（篠津運河中流地区）

4. おわりに

本稿では、勇払東部地区と篠津運河中流地区の層別沈下計データを比較したことで、管水路埋設後初期の地盤全体の挙動は同様の傾向であることが分かった。勇払東部地区は工事完了から4年経過時点でも沈下は進んで

おり、引き続き地盤の挙動および管水路の変位を観測していく必要がある。また、篠津運河中流地区の観測はまだ始まったばかりであり、今後の冬期間の地盤の挙動についても注視していく必要がある。