

大口径パイプラインの動態観測 - 沈下挙動の施工方法による比較 -

室蘭開発建設部 胆振東部農業開発事業所 狩野 誠二
前川 真也
寒地土木研究所 水利基盤チーム 川辺 明子

勇払東部(二期)地区の厚幌導水路は、全長24.5kmに及ぶ基幹的な大口径パイプラインであり、全延長の約1/3は水田の中を通るため、地下水が高く軟弱な地盤が多いため掘削には矢板施工が採用されている。当該導水路では矢板施工区間の施工後の管体沈下量等を検証するために、原位置で大口径パイプラインの動態観測調査を実施している。

本報では、動態観測の概要や施工直後からの管内空虚時における管体の沈下、管周辺の地盤変位等を素掘施工区間と比較検証したので報告するものである。

キーワード：管水路、大口径管、設計・施工、比較検証

1. まえがき

勇払東部(二期)地区の厚幌導水路は、全長24.5kmに及ぶ基幹的な大口径パイプラインであり、地下水の高い軟弱地盤においては矢板施工を採用している。矢板施工において、とう性管の場合は矢板引き抜き時に管のたわみ量が増加すること¹⁾が知られているが、大口径パイプラインの施工中、施工後に生じる沈下挙動や周辺地盤の変位については不明な点が多い。

本地区では、厚幌導水路の施工直後と通水後における管体の沈下挙動等を検証するため、当該導水路のFRPM管を対象として施工後の管体の沈下や管体周辺地盤の詳細な動態観測を実施している。

本報では、平成19年度に観測機器を設置した矢板施工区間における動態観測の概要、矢板の引き抜きから約11ヶ月経過後までの管内空虚時における管体の沈下挙動および管周辺地盤の変位と、比較対照のために実施した素掘施工区間の観測結果を報告する。

2. 勇払東部(二期)地区の概要

勇払東部(二期)の概要図を図-1に示す。勇払東部(二期)地区で実施されている胆振支庁管内厚真町は、厚真川及びこの支川沿いの平坦地は稲作、これに接する丘陵地は畑作が盛んな農業の町である。

水田へのかんがい用水は、厚真川上流にある厚真ダム(総合かんがい排水事業厚真地区)とその支流の

取水施設により確保しているが、近年においては河川流況が不安定であることに加え、小規模な用水施設は老朽化が著しく、合理的な水管理、維持管理に困難さを生じている。

本事業では、不足しているかんがい用水を厚幌ダム(補助多目的ダム)に求め、新設の厚幌導水路、導水路からの支線用水路17条などの用水施設の整備を進めている。このうち、厚幌導水路は厚幌ダムより取水した後に、トンネルを経て厚真川左岸沿いの沖

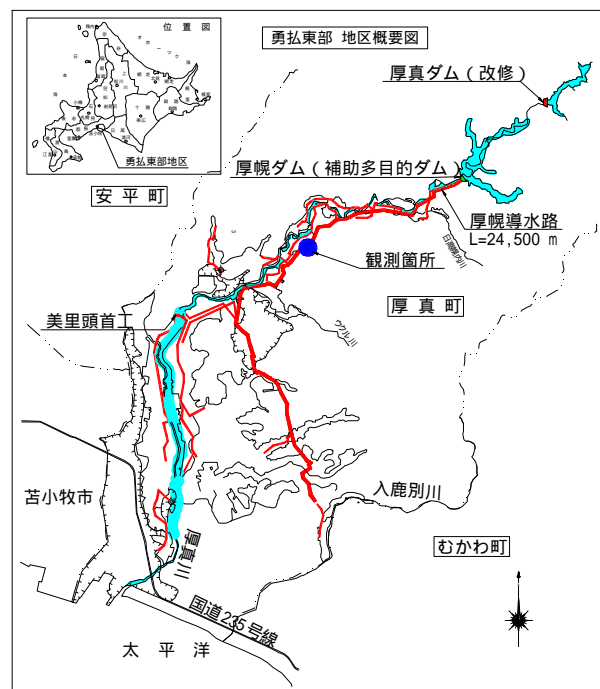


図-1 地区概要図

積低平地及び丘陵沿いに位置する口径900mmから口径2,400mm、最大流量 $Q=8.5\text{m}^3/\text{s}$ の長大管水路である。計画路線のうち厚真川流域の平坦地は、水田、畑地、宅地に利用されており、N値0～4の軟弱な腐植土(泥炭)および粘性土、N値1～9の緩い砂質土等からなり、地下水位が全体的に高く、地表面から深度1m付近の浅い位置にある箇所もみられる。

3. 動態観測の概要

(1) 観測目的

厚幌導水路の施工にあたっては、軟弱地盤地帯における過去の事例などを参考に、掘削工法、沈下、浮上対策を検討しているが、本導水路は複数の要因(地下水、地形、地質等)が重なることで矢板施工区間も多く、通水(供用開始)までに一定の期間を要することから、管体の挙動および地盤の変位について観測および解析を行い、農地や周辺地域への影響を回避する対策を検討することを目的としている。

(2) 観測箇所

パイプラインの動態観測は、矢板土留施工で埋設

した口径2,000mmのFRPM管(4種管、単管長4,000mm)を対象とした。また、矢板施工区間の比較対照として約60m下流側に位置する素掘施工区間において口径2,000mmのFRPM管(4種管、単管長6,000mm)の観測も行った。

矢板施工区間、素掘施工区間の各観測箇所における施工断面および観測機器の配置を図-2、図-3に示す。

観測箇所の原地盤は、矢板施工区間においては地表面下約3.3mまでが軟弱な火山灰層と砂質土層で、それ以深には約9mの軟弱な粘性土層と砂礫層の互層を介在後に風化岩が堆積していると推定される。管側部および管底部より下方には軟弱な粘性土層を有する地盤である。素掘施工区間は、管側部に軟弱な粘性土層はみられるが、矢板施工区間に比べ管底部下方の粘性土層の層厚が薄く、風化岩までの深度も浅い。

矢板施工区間の地下水位は地表面下約0.8mに、素掘施工区間は地表面下約1.3mに位置しており、施工中を除くと、矢板施工区間の管路は完全に地下水位以深にあり、素掘施工区間では地下水位は管頂部よりやや高い位置にある。

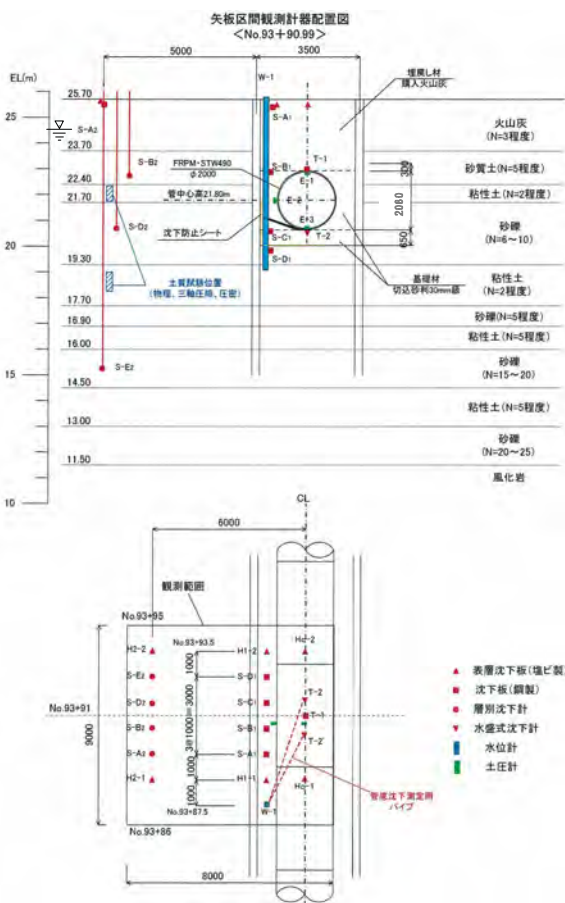


図-2 観測機器配置図

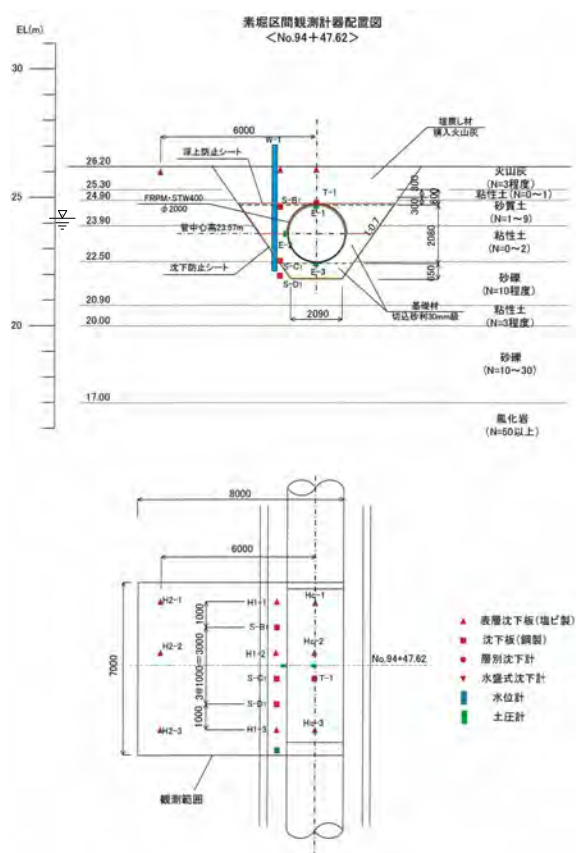


図-3 観測機器配置図

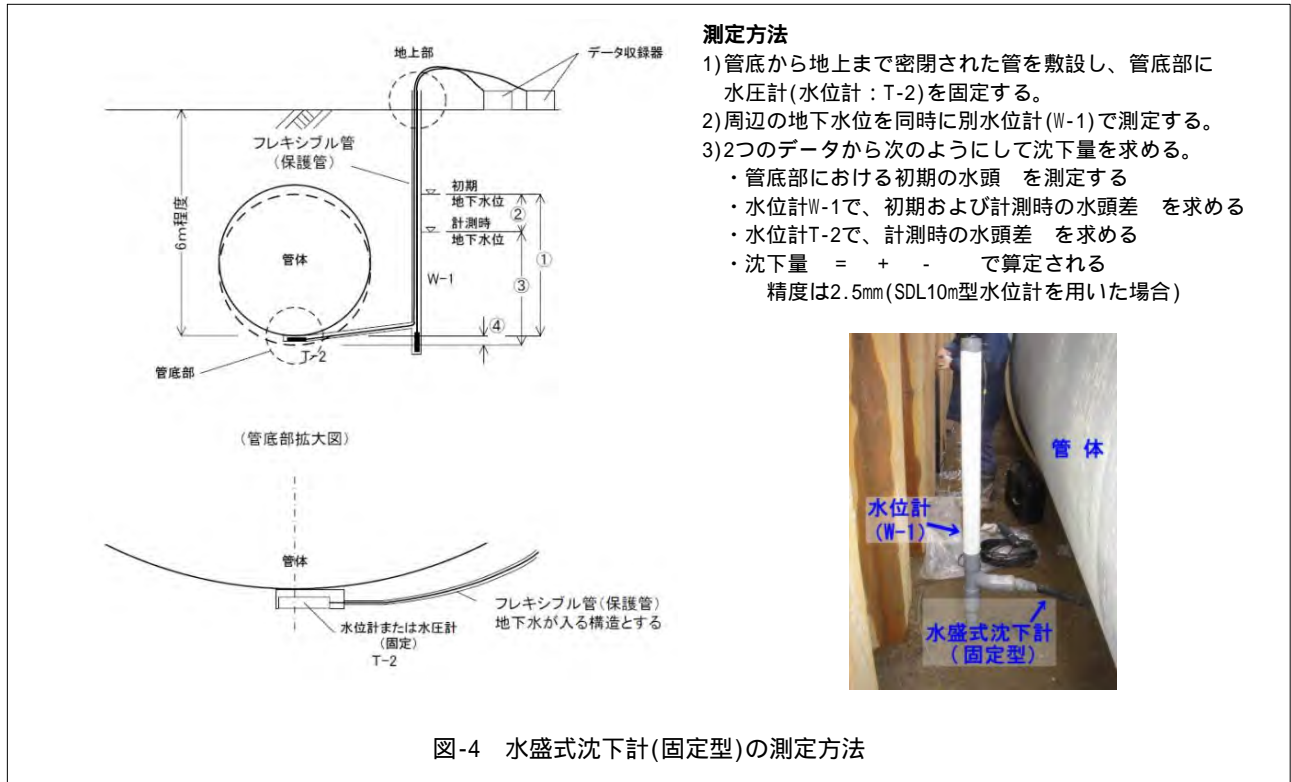
管体の施工には、基礎部に 30mm級切込砂利を用い、基床厚65cm、施工支持角360°(締固め度90%程度)で布設し、管頂より上部は火山灰土(購入土)で埋戻しを行った。なお、矢板の引抜きは、パイプロハンマーにより埋戻し完了段階に行った。

(3)観測内容

今回の観測箇所では図-2、図-3 に示した観測機器を管周辺に配置し、管体の沈下量、管周辺地盤の変位量等を観測した。矢板施工区間では、管体の沈下挙動を連続的に測定するため、管底部に水盛式沈

下計(固定型)を設置した(図-4)。また、管周辺地盤の鉛直変位量を経時的に測定するため、矢板内側と矢板外側の地盤内部と地表部に層別沈下計ならびに沈下板を設置した。なお、矢板施工区間、素掘施工区間ともに管頂付近の埋戻し部に沈下板を設置し、管頂部の管体標高の変化を経時的に把握できるようにした。

地下水位については、矢板施工区間では矢板内側に設置した自記地下水位計(SDL型)により連続的に測定し、素掘施工区間は埋戻し部に観測孔を設け直接測定した。



4. 観測結果

(1)矢板施工区間における管体の沈下挙動の推移

矢板施工区間における管体沈下量と地下水位の変化を図-5 に示す。同図は、矢板引抜きから11ヶ月経過後までの観測結果であり、管体沈下量は管底部における水盛式沈下計による測定値を示している。

管体は、矢板引抜き後までに約4.5cm沈下し、次にポンプアップ停止後に地下水位が管芯高まで上昇する過程で約1.5cm浮上している。その後は管天端高まで地下水位が上昇した2月上旬頃に約4cm沈下し、さらに管天端高よりも上の高さまで地下水位が上昇した2月中旬から3月中旬にかけて約3cm沈下している。施工前の地下水位に回復した3月中旬以降は、9月上旬までの間に管体は緩やかに沈下してい

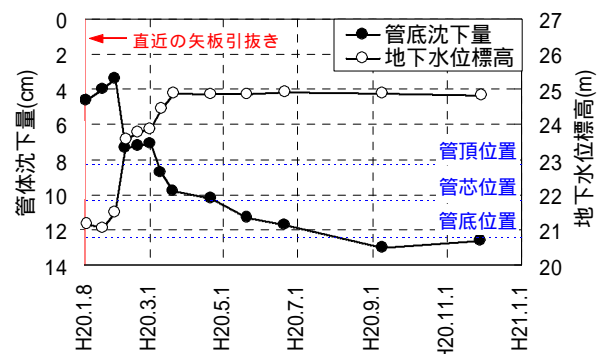


図-5 矢板施工区間における管体沈下量と地下水位の推移(矢板施工区間)

る。9月上旬以降は概ね沈下が収束する傾向にあり、矢板引抜きから11ヶ月経過時点で約13cmの沈下が生

じている。

今回の観測では、管内空虚時における管体の沈下発生時期としては、矢板引抜き過程、引抜き後に管天端高より上の高さまで地下水位が復元する過程、地下水位回復後の各段階で沈下が生じていることが確認できた。

なお、当該導水路での過年度の矢板施工区間における管体沈下量の観測結果²⁾では、施工後約10ヶ月までの管体沈下量の大半は上記の段階で生じていたが、今回の観測区間では上記の時期に生じる沈下量が比較的大きいという特徴がみられた。

(2) 矢板施工区間と素掘施工区間の比較

矢板施工区間と素掘施工区間の管体沈下量を図-6に示す。なお、図-6の管体沈下量は、管頂付近の埋戻し部に設置した沈下板の測定結果から求めたものであり、矢板施工区間の測定値は矢板引抜き過程の急激な沈下発生時により沈下板と管体にズレが生じたため前出の図-5のような詳細な沈下挙動は反映されていない。

矢板施工区間と素掘施工区間の管体沈下量を比較すると、矢板施工区間では11ヶ月経過時点で約6cmを超える値が計測されているが、素掘施工区間は地表面までの埋戻しが終了時点から12ヶ月経過時点の値は約1cmと小さく、施工後1ヶ月程度で沈下が収束し、その後は地下水位変動によると思われる僅かな変動がみられる程度である。

今回の観測では管体に作用する土圧を測定しており、ここでは管頂部への作用土圧の変化を例示する。矢板施工区間では図-7のように矢板引抜き過程で土圧は急増し、矢板引抜き後の管体には土圧が付加される。この土圧の付加は、前出の図-5、図-6にみられるような矢板引抜き後に管体の沈下量が急増していることと合致しており、矢板施工区間では矢板引抜きに伴う土圧の急増が管体の沈下に影響して

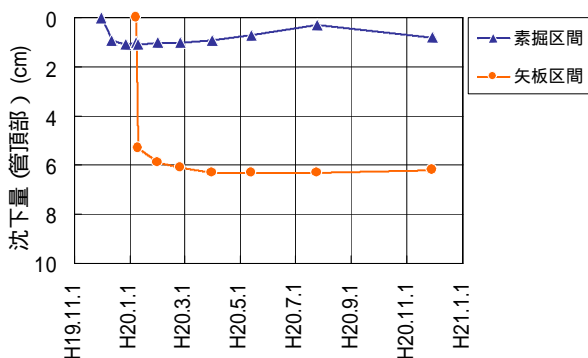


図-6 矢板施工区間と素掘施工区間の管体沈下量(管頂部)の比較

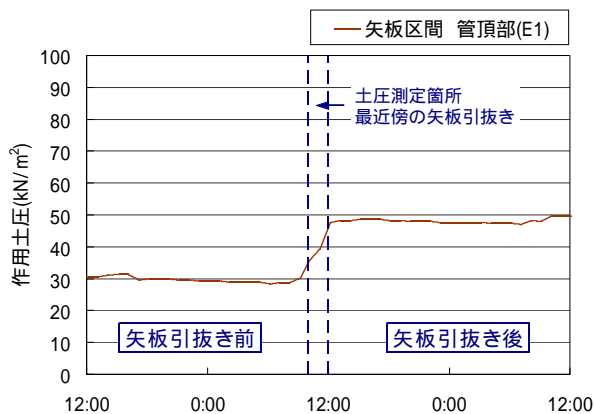


図-7 矢板引抜き前後の作用土圧の変化(管頂部)

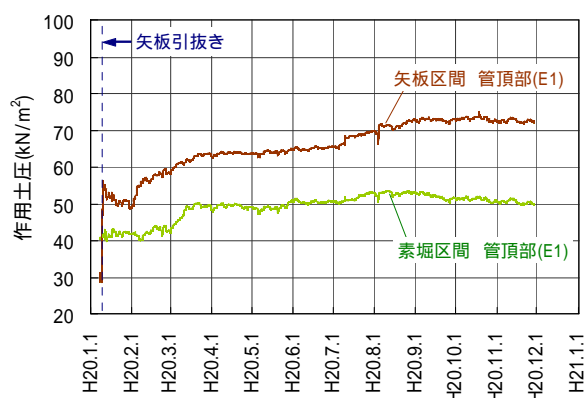


図-8 管体作用土圧(管頂部)の推移

いることがわかる。

次に、図-8は矢板施工区間と素掘施工区間での管頂部の作用土圧の経時変化を比較したものである。矢板施工区間では、まず矢板引抜き時に土圧が急増するが、その後も時間経過とともに土圧の増加が生じている。素掘施工区間では、施工後に地下水位が回復する段階で土圧が増加しているが、地下水位回復後には矢板施工区間のような経時的な増加は生じていない。矢板施工区間における施工後の土圧の推移は、前出の図-5に示した管体沈下量の推移と概ね符合している。

(3) 管周辺地盤の変位

a) 矢板施工区間

矢板施工区間における管周辺地盤の鉛直変位量の経時変化を図-9～図-11に示す。

図-9の埋戻し部(矢板内側)の鉛直変位量は11ヶ月経過時点では地表付近(S-A1)が約5cm、管天端高(S-B1)が約3cm、管底高(S-C1)が約1cm、基床下(S-D1)が約0cmであり、地表面に近い位置で変位が大き

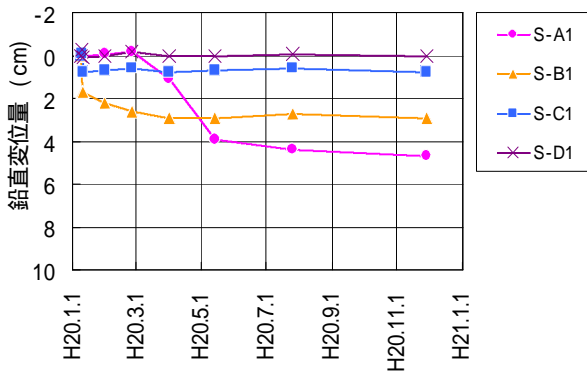


図-9 矢板施工区間の埋戻し部(矢板内側)の鉛直変位

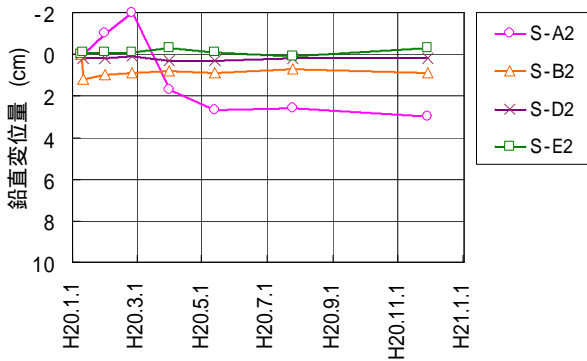


図-10 矢板施工区間の原地盤(矢板外側)の鉛直変位

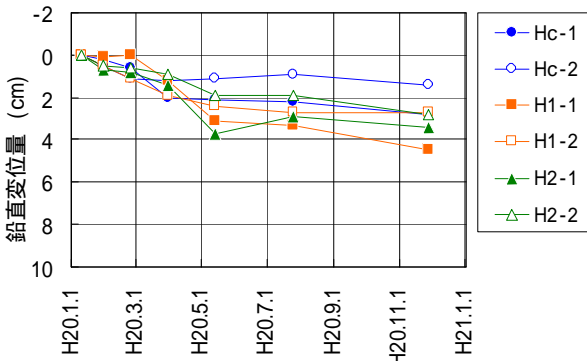


図-11 矢板施工区間の地表部(埋戻し部、原地盤)の鉛直変位

くなっている。なお、地表付近(S-A1)では冬期は地盤凍結のため変位が生じていなかったが、融解ともに変位量が増加する傾向がみられた。

図-10 に示した原地盤(矢板外側)の鉛直変位量は地表付近(S-A2)では凍上後の融解によって11ヶ月経過時点で約3cm変位しているが、管天端高以深(S-B2、S-C2、S-D2)では最大1cm程度の変位量である。矢板打設ラインから5m離れた原地盤の地盤内部の変

位はほとんどみられず、前述の矢板内側における変位量に比べ、矢板外側の原地盤内部の変位量は大幅に小さいことがわかる。

図-11 は、地表部(GL-20cm)に設置した沈下板の測定結果である。地表部の沈下板の測定は、矢板引抜き後に開始しており、凍上の影響は現れていない。11ヶ月経過時点の埋戻し部と原地盤の変位量を比較すると、埋戻し部は管軸上(Hc-1、Hc-2)、管側上(H1-1、H1-2)では1cm～5cmの幅がみられるが、原地盤(H1-2、H2-2)は3cm前後の変位量が生じている。

b) 素掘施工区間

素掘施工区間における管周辺地盤の鉛直変位量の経時変化を図-12、図-13 に示す。

図-12 に示した埋戻し部の変位量は施工後からの変化は小さく、11ヶ月経過時点で管天端高(S-B1)、管底高(S-C1)、基床下(S-D1)が1cm以内である。素掘施工区間では矢板施工区間に比べ管天端高(S-B1)の埋戻し部の変位量が小さい傾向にある。

図-13 の地表部(GL-20cm)については、11月中旬に観測を開始した原地盤では凍上による隆起の後に融解による変位が生じている。一方、12月下旬から観測を開始した管軸上および管側上の埋戻し部では

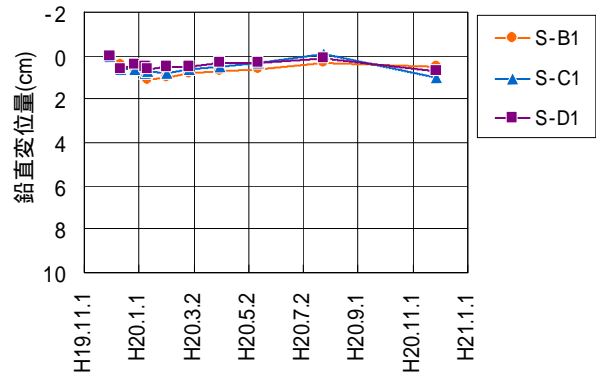


図-12 素掘施工区間の埋戻し部の鉛直変位

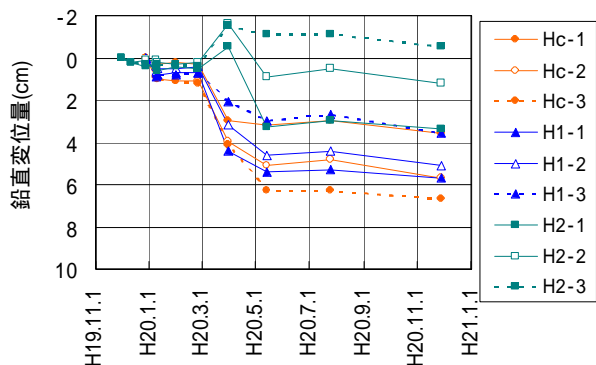


図-13 素掘施工区間の地表部(埋戻し部、原地盤)の鉛直変位

地盤の隆起は認められないが、融解とともに緩やかに変位が増加している。11ヶ月経過時点の変位量は原地盤(H1-2、H2-2、H2-3)が-0.5～3.5cm、埋戻し部は管軸上(Hc-1、Hc-2、Hc-3)が3.5～7cm、管側上(H1-1、H2-1、H2-3)が3.5～6cmであり、埋戻し部の変位量が大きい傾向を示している。

5. まとめ

矢板施工区間で実施している動態観測の結果から、矢板引抜きから11ヶ月後までの管体の沈下挙動等を検討するとともに、素掘施工区間との比較検証を行った。

主な結果をまとめると次のとおりである。

- 1) 矢板施工区間において管体沈下量を詳細に観測した結果、矢板引抜きから11ヶ月後までに生じた管体の沈下は、矢板引抜き過程、引抜き後に管芯高より上で地下水位が復元する過程、地下水位回復後の各段階で生じていた。
- 2) 矢板施工区間と素掘施工区間の管体沈下量には大きな違いがみられ、素掘施工区間の沈下量は微少で施工後早期に沈下は収束したが、矢板施工区間では11ヶ月後までに約13cmの沈下が生じており、概ね沈下が収束したのは矢板引抜きから約8ヶ月後であった。
- 3) 管頂部への作用土圧の変化は、素掘施工区間に比べ矢板施工区間では施工後も徐々に増加する傾向がみられ、施工後の土圧増加と管体沈下の傾向は概ね符合していた。
- 4) 管周辺地盤の鉛直変位量は、矢板施工区間、素掘施工区間ともに原地盤よりも埋戻し部において

大きい傾向が認められたが、変位量は大きなものではない。

以上のことから、軟弱地盤が厚い層になっているところで矢板施工を行うと、沈下収束までに時間がかかる場合も想定され、工事完了後においても管体沈下および地表面への影響に留意する必要がある。

また、多少の軟弱層が管体下部にあっても素掘施工を行った区間では、管体沈下の地表面への影響は少ないことが分かった。

6. あとがき

本報では、矢板施工区間と素掘施工区間における管内空虚時での大口径パイプライン(口径2,000mm、FRPM管)の動態観測の途中経過を述べた。

厚幌導水路は新設の大口径パイプラインであり農地や周辺地域への影響も大きいことから、今後も観測を継続する予定である。

謝辞：今回の動態観測を進めるにあたり、施工企業をはじめとする関係各位のご協力を得た。末筆ながら深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」。(1998)
- 2) 六車秀一・竹矢俊一・小野寺康浩：大口径パイプラインの動態観測について -矢板施工における沈下挙動-、第51回北海道開発局技術研究発表会、技術一般17。(2008)