

泥炭性軟弱地域等におけるパイプラインの更新技術に関する研究

研究予算：運営交付金

研究期間：平 29～令 2

担当チーム：水利基盤チーム

研究担当者：南雲人、寺田健司、大久保天、
立石信次、今泉祐治、山口健

【要旨】

泥炭性軟弱地盤に埋設された農業用パイプラインは、経年的に沈下が進行して、しばしば管継手部の離脱や管体の破損に至る場合がある。本研究の目的は、泥炭地盤におけるパイプライン事故の発生を防止する方策を提示することである。そのため、本研究では、現地観測を実施して、パイプラインが沈下する実態を明らかにするとともに、沈下の発生原因を検討した。その結果、パイプラインの漏水事故は不同沈下により発生するケースが多く、そのパイプラインの沈下には周辺地盤の地下水位が関係していることが示唆された。この成果を受けて、パイプラインの維持管理において着目すべき箇所、改修や更新時の設計・施工における留意点を挙げた。

キーワード：パイプライン、泥炭地盤、沈下、地下水

1. はじめに

北海道では、全農地の約 1 割にあたる 100 千 ha が泥炭地である¹⁾。とくに石狩平野では、低平地に広く分布する泥炭地を土地改良して大規模な農業が展開されている。その多くの圃場では、営農に必要な用水を地中に埋設されたパイプラインを通して供給している。

しかし、泥炭地におけるパイプラインは必ずしも安定した構造物ではない。泥炭は間隙比が非常に大きな土壌²⁾であるため、排水や上載荷重の増加によって圧密を受けて地盤を沈下させる³⁾。その地盤沈下に伴い、管体には局所的な応力集中が生じて、管継手部の離脱や管体の割れによる漏水事故が発生する。

現状では、こうした漏水事故が発生すれば、その都度、速やかに修繕を行うことで機能維持が図られている。しかし、今後パイプラインの経年的な劣化が進行するに従って、パイプラインの漏水事故は増加していくと予想される。さらに、耐用年数をこえるパイプラインが増加するに従い、更新事業によって新たに布設替えをするパイプラインも増えていくと考えられる。そうした修繕や更新工事の際には、これまでの事故事例の教訓および知見を踏まえて、漏水事故の発生を可能な限り防止するパイプラインの設計・施工が望まれる。しかしながら、現状では泥炭地盤におけるパイプラインの設計基準及び指針等に、修繕や更新工事に際して実施すべき新たな技術提案は示されていない。

そこで、本研究は、泥炭地盤に埋設するパイプラインの更新時における設計・施工上の留意点を明らかに

することを目的とする。泥炭地盤における不同沈下が発生する要因として、上載荷重の増加、地下水位の低下、泥炭層厚や土質の差異などが考えられる。こうした視点から、本研究は現地観測を中心にパイプラインの不同沈下の実態と発生原因を明らかにして、更新時において着目すべき留意点を提示する。

以下、2 章では、泥炭地盤において、建設後約 20 年が経過したパイプラインを調査して、地盤沈下の実態とその原因を考察する。3 章では、現在建設中のパイプラインのほぼ直下に層別沈下計を設置して、施工後間もないパイプラインの沈下過程を捉えた観測結果について述べる。4 章では、これまでの観測結果および考察を踏まえて、パイプラインの更新時における留意点をまとめる。

2. 泥炭地におけるパイプラインの長期的な沈下

2. 1 本章の概要

本章では、泥炭地に埋設された農業用パイプラインの長期的な沈下挙動の調査結果について述べる。筆者らは、施工後約 20 年を経過したパイプラインを対象に、その幹線水路全域の標高測量を実施した。また、同調査対象の一部区間におけるボーリングおよび土質試験結果から既存の沈下推定式による沈下量を算出し、その計算値と実測値との整合性を検証した。

2. 2 調査対象の概要

本研究では、調査対象を北海道石狩平野の泥炭地帯に施工された水田灌漑用の幹線パイプライン 5 路線 (A 幹線～E 幹線、以下、「S パイプライン」) とした。S パイプラインの口径は 1350～2400 mm、管種は主に強化プラスチック複合管 (FRPM 管) である。いずれの路線も施工後約 20 年が経過している。S パイプラインの概要と調査地点位置を、それぞれ表-1 および図-1 に示す。

2. 3 過去の事故件数

S パイプラインを管理する S 土地改良区の記録から分類・集計したパイプラインの事故件数を図-2 に示す。泥炭地に埋設されたパイプラインの事故では、不同沈下に伴う管継手部からの漏水が非常に多い(図-2(a))。また、事故の発生箇所としては、道路横断や施設との接続箇所など、管軸方向で荷重条件や支持条件が変化する地点で多く確認される (図-2(b))。

これらのことから泥炭地盤におけるパイプラインでは、管軸方向の沈下量の把握と推定が重要となる。

2. 4 パイプラインの沈下量の測量

2. 4. 1 沈下量の測量方法

広域かつ多点の管中心高の測量を、管内における測量のみによって実施することには限界がある。そこで、本研究では、図-3 に示すように、地上から管頂まで突き刺したピンポール上端の標高を測量することによって管の中心高を求めた。また、同地点における地表面の標高も併せて測量した。沈下(あるいは浮上)量は、測量結果と施工当時の出来型図に記録されている標高との差し引きにより求めた。

なお、測量に用いた水準点は、各調査地点近傍に位置する 2 級・3 級水準点である。水準点標高について、本研究では 2000 年度平均検測成果を用いた。しかし、施工時は旧検測成果を用いているため、ここでは 2000 年度平均成果と旧成果の標高差 (本調査地点で約 0.15m) を補正して、パイプラインの沈下量を算出した。

2. 4. 2 広域的調査の結果

図-4 に、S パイプラインの広域的な調査結果を示す。パイプラインが浮上している箇所もあることから、ここでは、パイプラインの沈下あるいは浮上を施工当時の標高を基準とした変位量とし、浮上側への変位を正値で、沈下側への変位を負値で表した。大半の調査地点では沈下しており、50cm 以上沈下した地点も数点確認された。また、逆に浮上傾向にある地点も確認された。

表-1 調査対象のパイプラインの概要

名称	施工年度	口径 (mm)	測量点数
A 幹線	H11～H12	1650～2200	10
B 幹線	H7～H12	1500～1800	7
C 幹線	H5～H13	1350～2000	8
D 幹線	H2～H12	1650～2000	8
E 幹線	H7～H13	1800～2400	9

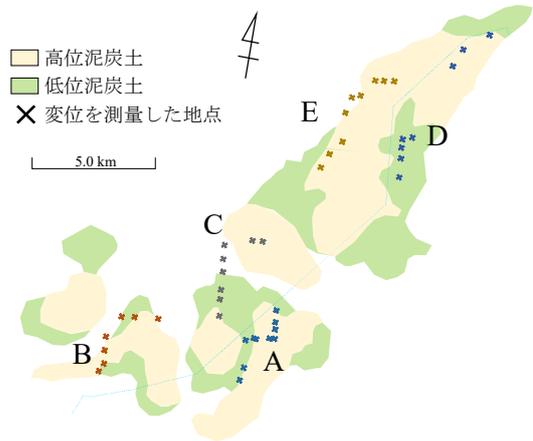


図-1 調査地点の位置 (石狩川水系土壌図⁴⁾を参考に作成)

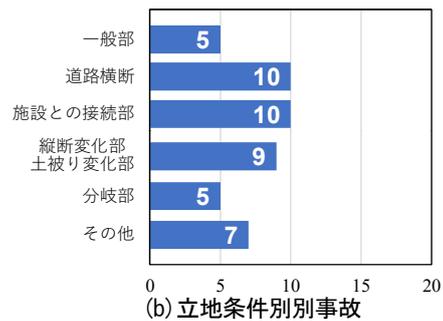
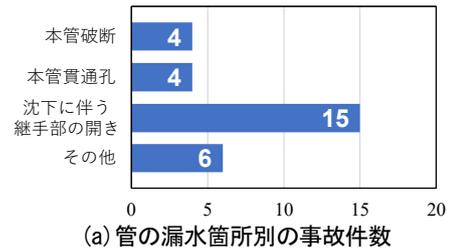


図-2 パイプラインの事故件数

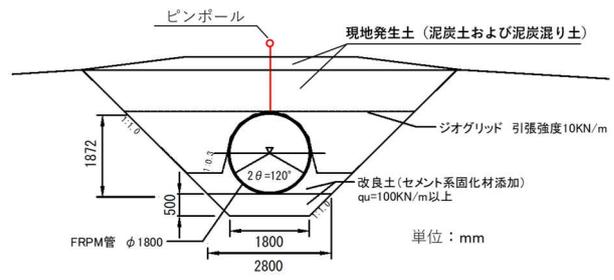


図-3 A 幹線の標準断面図

パイプラインは敷設からの経過年数が長いほど変位量は大きくなると想定される。また、管径が大きいほど充水時の荷重増分や空虚時に作用する浮力が大きくなる。これらの影響を簡易的に考慮するため、変位量を管径と経過年数により除した結果を図-5 に示す。長期間埋設されたパイプラインは、大半が年平均で管径の 0.0 ~ 1.0 % 程度の沈下が生じている。一方で年平均 2.0% 以上沈下しているパイプラインもある。

S パイプライン周辺の状況を検討すると、地盤の排水が関係していると推察される。例として A 幹線、E 幹線で沈下量が多い地点の断面図を図-6 に示す。パイプラインの直近に排水路が存在しており、他の地点に比べて地下水位はパイプラインに対して相対的に低い標高に位置する。泥炭地では排水により地盤沈下が生じることは広く知られている⁴⁾。このような排水路近傍の区間においては、地下水位の低下に伴いパイプラインの沈下が長期にわたり累積したものと推察される。

パイプライン沈下の原因としては、他にも道路荷重や周辺圃場の利用形態⁵⁾、泥炭層の分解度・厚さ等が考えられる。沈下はそれらが複合的に作用することが生じていると考えられる。今後、さらに現地調査により精査していく必要があると考える。

2. 4. 3 縦横断測量の結果

パイプラインの沈下量を、より詳細に把握するため、A 幹線の一部区間において、図-7 に示すように、全長 350m の区間を 50m 間隔で 8 箇所、縦断方向および横断方向の水準測量（以下、それぞれ「縦断測量」、「横断測量」）を実施した。この区間の標準断面図は図-3 に示すものと同一である。

縦断測量の結果を図-8 に示す。測点 1550 以外の測点では、全体にほぼ一様に沈下している。測点 1550 は農業機械などが通過する道路横断箇所付近に近接していることから、他の測点に比べて管体の沈下量が大きいと考えられる。すなわち、このような上載荷重が局所的に増

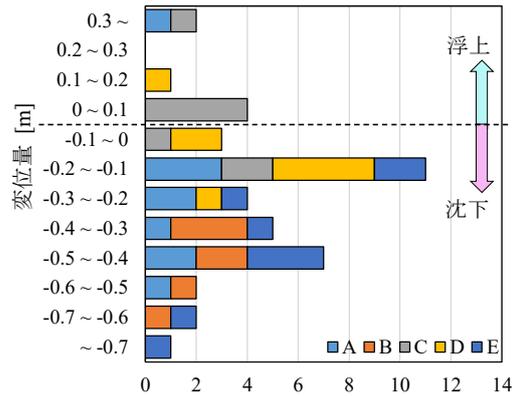


図-4 パイプライン変位量の度数分布

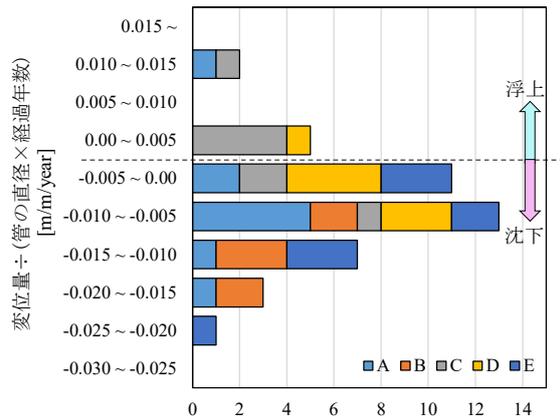
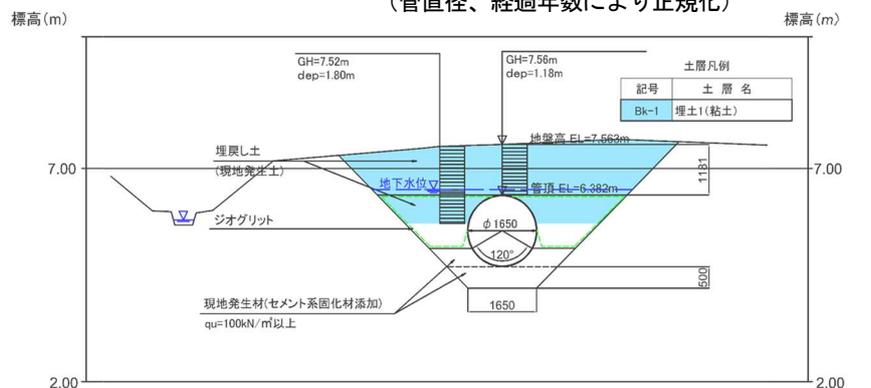
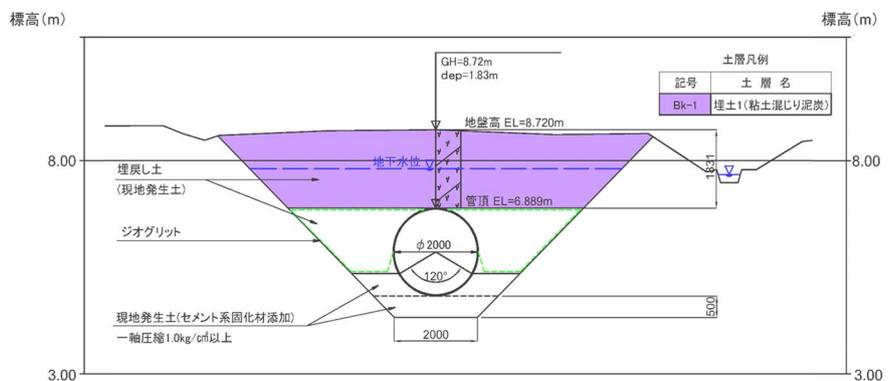


図-5 パイプライン変位量の度数分布 (管径、経過年数により正規化)



(a) A 幹線 (約 50cm 沈下)



(b) E 幹線 (約 80cm 沈下)

図-6 沈下量が比較的大きい箇所断面図

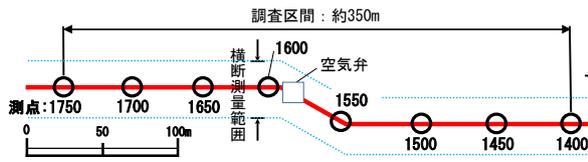


図-7 調査区間の平面および調査位置図 (A 幹線)

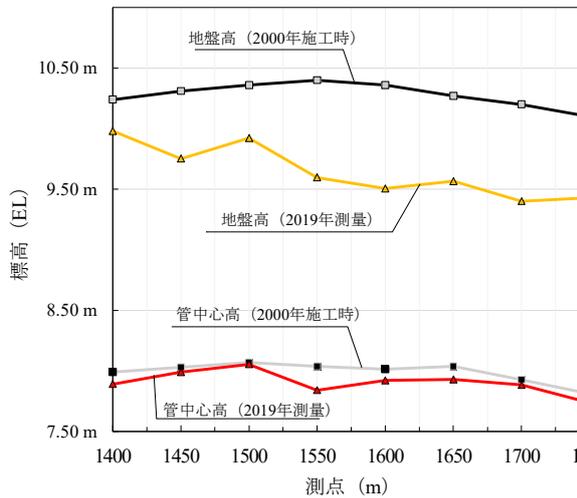


図-8 A 幹線の縦断測量の結果

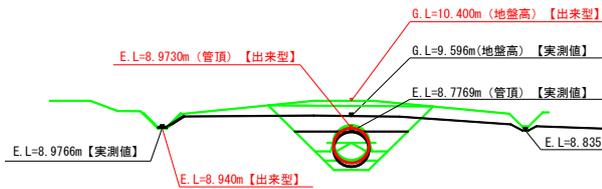
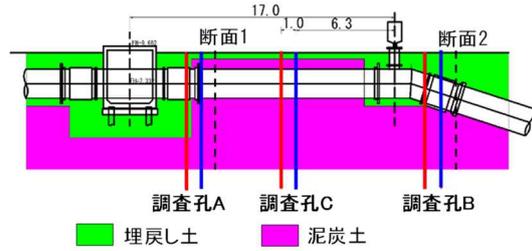


図-9 A 幹線の横断測量の結果 (測点 1600)

大する箇所では、不同沈下が起こり得る。逆に特徴的な状況にない一般区間では、管体は全体的に沈下するものの、必ずしも管体の破損につながる不同沈下を起こすとは限らないものと考えられる。

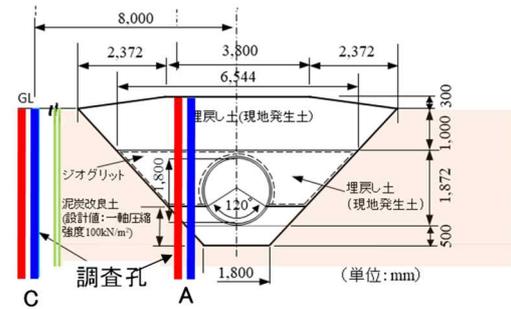
また、図-8において、パイプラインの沈下は2.0～20.0 cm であるのに対し、地表面の沈下は30.0～85.0 cm 程度沈下しており、管体の沈下量よりも管上の地盤層厚が減少していることがわかった。横断測量結果の一例として測点 1600 地点の結果を図-9 に示す。この地点では測量した排水路間の地表面がパイプライン埋設時より沈下していることが確認できる。パイプライン両側にある小排水路の標高がほとんど変化していないことから、地下水面以浅にある埋戻し材料(泥炭)が乾燥収縮・分解したことで地表面の沈下および地盤層の消失が生じたと考えられる。このような土被り厚さの減少は、パイプラインの沈下から一転して、浮上による破損につながるおそれがある。

2. 5 沈下推定式のパイプラインへの適用

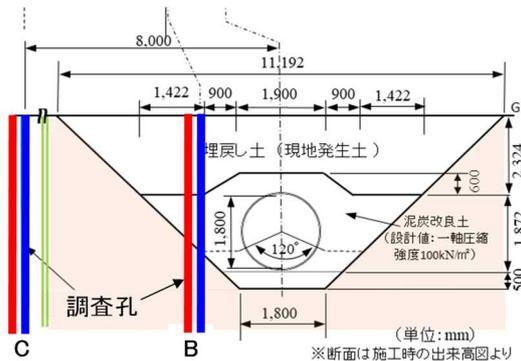


— 標準貫入試験用のボーリング (φ86)
— シンウォールサンプリング用のボーリング (φ86)

(a) 縦断面図



(b) 断面 1 (調査孔 C は断面 1 に投影)



(c) 断面 2 (調査孔 C は断面 2 に投影)

図-10 調査地点の位置および断面図

2. 5. 1 本節の概要

設計段階においてパイプラインの沈下量予測を困難にする要因として、①地盤条件の不均一性、②配管時の初期状態の不均一性、③沈下推定式自体の精度の問題などが考えられる。泥炭地盤は植物が完全に分解されないまま堆積した地盤であるため、空間的に非常に不均一であることが知られている。また、現在、沈下予測に利用される推定式は、泥炭地盤上の盛土を対象とするものであり、パイプラインのような構造物にそのまま適用できるとは限らない。そこで、本節では、沈下推定式により算出した沈下量が、実際のパイプラインの沈下量の予測に役立てられるのか、計算値と実測値の比較・検証を行う。

2. 5. 2 沈下推定式の概要

表-2 沈下量の実測値と計算値

	管種	増加荷重 [kN/m ²]	実測値 [cm]	e-log p [cm]	泥炭式 [cm]
断面 1	FRPM	36.3	13.7	34.4	53.6
断面 2	鋼製 異形管	71.6	48.6	69.3	70.9

泥炭の沈下量を推定する式として、e-log p 法および泥炭式⁶⁾を用いた。e-log p 法は、圧密試験で得られる e-log p 曲線を用いて、増加荷重から圧密層の沈下量を計算する。また、泥炭式は能登⁷⁾によって提案された経験式であり、含水比 200%以上の泥炭地盤に適用される。泥炭の含水比と増加荷重、層厚から簡便に沈下量を計算する方法である。

2. 5. 3 調査対象および土質サンプリング

沈下計算対象は A 幹線における 2 地点を対象とした(図-10)。ボーリング調査により土層の把握を行い、シンウォールサンプリングにより乱れの少ない試料を採取し、圧密試験や含水比試験、湿潤密度試験などに供した。サンプリングは図-10 に示す通りパイプライン付近(調査孔 A, B)と管中心から離隔 8.0m の現地盤(調査孔 C)で実施した。現地盤から取得したデータを施工前と仮定し、増加荷重を算出した。

2. 5. 4 計算結果および考察

パイプライン沈下量の実測値と計算値を表-2 に示す。沈下推定式の計算値は実測値の大きさを概ね捉えることはできているが、計算値がやや過大となる傾向となった。特に断面 1 では実測値と計算値とで 2.5 倍以上の差が生じている。これは、図-10(a) に示すように断面 1 付近には杭基礎により支持されている構造物が直近にあることで、沈下の実測値が小さくなったためであると考えられる。断面 2 については構造物との距離があるため、実測と計算値で約 1.5 倍程度と断面 1 と比較して近い値となった。

以上の結果から、既往の沈下推定式は構造物が近傍にない一般区間においては参考値となるが、周辺に異形管や構造物との接続がある場合、推定精度が低下することに留意する必要がある。

3. パイプライン施工直後における沈下量の観測

3. 1 本章の概要

泥炭地盤に施工されたパイプラインは、施工直後において大きな沈下量が生じることが経験的に知られている。しかし、その経時的な沈下過程や地盤の圧密分布などは正確に捉えられていない。そこで、本研究で

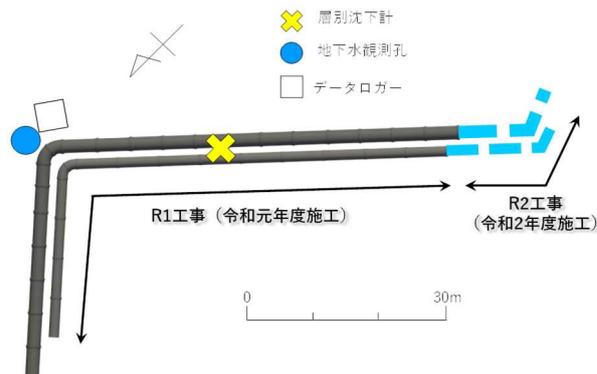


図-11 パイプライン路線、層別沈下計、地下水位計の位置



図-12 層別沈下計の設置の様子

は泥炭地盤に建設中のパイプライン直下の地盤に層別沈下計を設置して、パイプライン布設後の管体および地盤の経時的な沈下量の観測を実施した。本観測では、これまでに管の布設直後から埋戻しに至る初期段階で生じた沈下量のデータを取得した。

3. 2 観測方法

3. 2. 1 観測位置

観測対象としたパイプラインは、北海道の道央南部において建設中の水田灌漑用パイプラインである。その泥炭地盤区域におけるパイプラインの建設工事に際して、管体のほぼ直下に層別沈下計を設置するとともに、その近傍において地下水位計を設置して観測を行った。図-11 に調査対象とするパイプラインの路線形状と同路線に対する層別沈下計、地下水位計の設置位置を示す。この区域には、2019年から2020年にかけて、管径が 2000mm と 1350mm の 2 つのパイプライン(DCIP:ダクタイル鋳鉄管)が平行して布設された。層別沈下計は、2019年の工事において両パイプラインの間に設置した(図-12)。また、その翌年2020年には両パイプラインの延長工事が行われた。本章では、2019

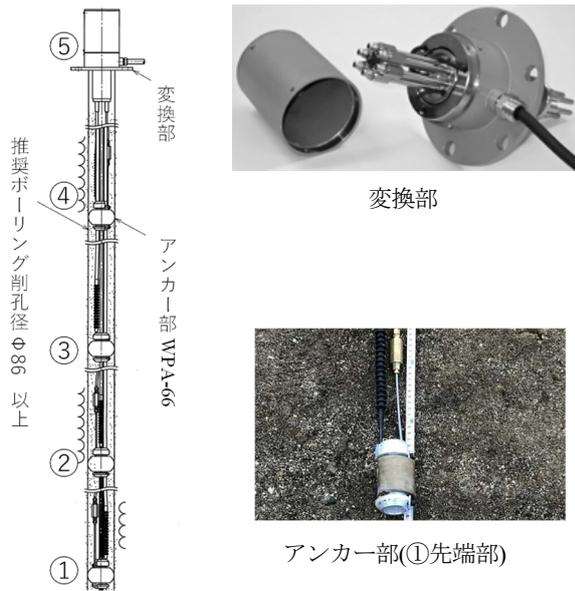


図-13 層別沈下計の外観

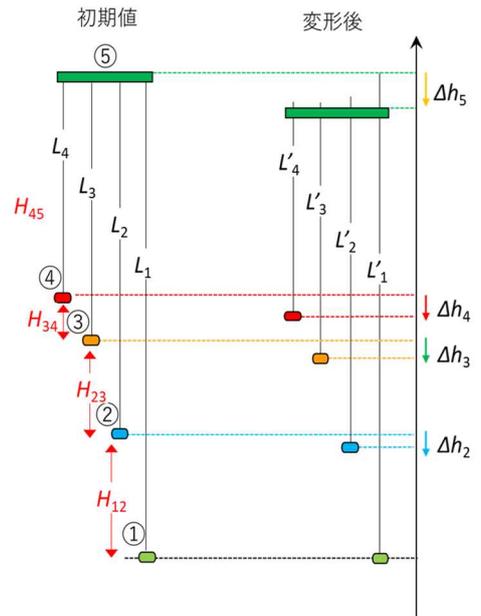


図-14 層別沈下計の計測方法の模式

年実施の工事を「R1 工事」、2020 年実施の工事を「R2 工事」と呼ぶ。

3. 2. 2 層別沈下計の概要

本観測では、図-13に示すワイヤ式層別沈下計 (PV-300、東横エルメス社製) (以下、「層別沈下計」) を用いた。本層別沈下計は①～④のアンカー部および⑤の変換部から構成され、各深度における地盤沈下量をアンカー部と変換部を結ぶワイヤの伸長により計測する。図-14に計測方法の模式を示す。①のアンカーは固定点とする。本観測の目的である各アンカー設置地点の沈下量 $\Delta h_2 \sim \Delta h_5$ は、初期値のワイヤ長 $L_1 \sim L_4$ と計測値である沈下後のワイヤ長 $L'_1 \sim L'_4$ を用いて、次の式(1)および式(2)のように算出できる。ただし、 $n=2,3,4$ である。

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

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

3. 2. 3 観測機器の設置状況

観測地点における地盤構成および機器の設置状況を図-15に示す。管体埋戻し部の下部には、泥炭が10m以上堆積している。その泥炭層は繊維質で未分解の木片を含むとともに部分的に火山灰質土を挟む。また、泥炭地盤層の下方には、砂および粘土層が介在している。本施工区間の工事では、泥炭層を5m程度掘削して、その底部には砕石が敷かれ、管体は火山灰土に石灰系固化材を添加して改良した基礎材を用いて埋め戻された。

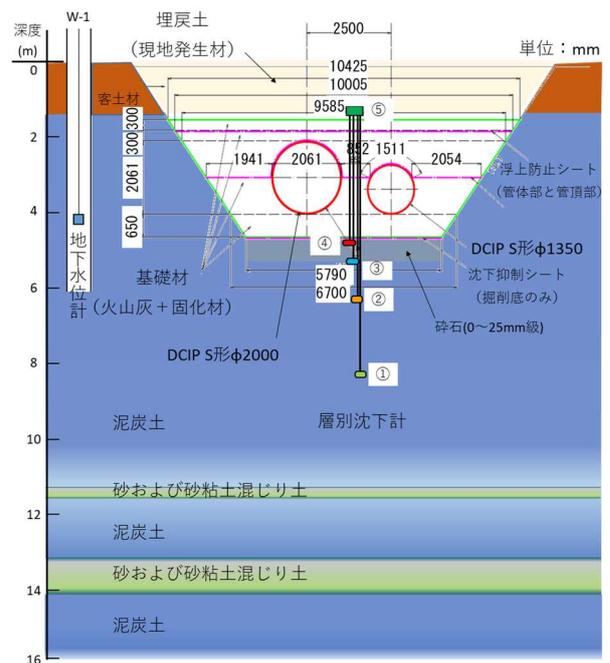


図-15 観測地点における地盤構成および層別沈下計、地下水位計の設置の状況

層別沈下計は、設置地点の地盤をエンジン付きハンドオーガーにより約5m掘削し、層別沈下計のアンカー部を挿入後、ハンドポンプで袋状態のアンカー部に充水し、膨張させながら土層に貫入した。その後、ハンドオーガーで掘削した地盤と層別沈下計の空隙をソイルセメントで充填し固定した。アンカー①は地盤沈下

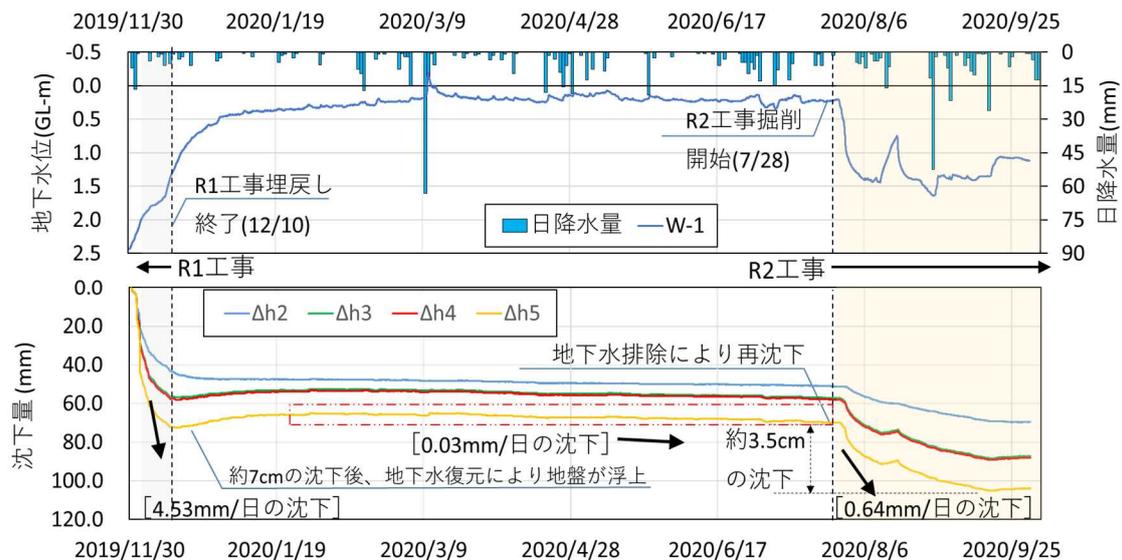


図-16 地下水位および層別沈下の経時変化

を生じない十分な深さと考えられる掘削底部から3.5mの深度地点に設置し、固定点であると仮定した。

また、地下水位は、絶対圧水位計を用いて、管水路の近傍において観測した。層別沈下計および地下水位計によって計測したデータはデータロガーにより一括して収録するシステムとした。

3. 3 観測結果

地下水位および層別沈下の経時変化を図-16に示す。

R1工事における掘削断面内の排水が停止された後、パイプラインの埋め戻しは12/10に完了した。その間11/30より観測を開始した。排水が停止されたことに伴い地下水は急激に上昇した。観測地点は谷地形の端部に広がる水田圃場の近傍に位置するので、地下水は谷地形側から速やかに供給されたと考えられる。翌年2020年1月以降の地下水位は緩やかに上昇し、やがて地表から約30cm前後の間を推移した。各層別の沈下は、観測開始から埋戻し完了数日後まで進行した。この沈下は、パイプライン周りの基礎材と埋戻し土の自重による圧密沈下であると考えられる。地盤の深度が浅いほど沈下量は大きく、最上部の変換部⑤で約7cm程度の沈下が確認された。埋戻し完了数日後には、沈下は停止し、その後③④⑤では若干の浮上がみられた。この浮上現象は、地下水位の復元に伴いパイプラインを含む埋戻しの地盤全体が浮力を受けたためであると考えられる。

2019年12月～2020年7月の工事休止期間においては、地下水位に際だった変動はなかった。同期間中の各計測地点の沈下は、わずかに進行した(約0.03mm/日の沈下速度)ものの、ほぼ一定に推移した。

2020年7/28からR2工事における掘削が開始された。その数日後には観測地点の地下水位が急激に低下した。R2工事における掘削地盤内のポンプ排水が、R1工事区間の地下水位を低下させたと考えられる。地下水位は、8月上旬以降、変動はあるものの地表から概ね1.0m～1.5mの深さであった。こうした地下水位の低下にほぼ連動して層別沈下計の計測点の沈下が一斉に進行した。沈下の収束が認められる9月終盤までに最大で約3.5cmの沈下となった。

以上の結果から、地盤沈下と地下水位は連動していることが分かった。層別沈下計の各計測点において沈下がみられることから、パイプラインのみが沈下しているのではなく、この場合は、図-17に示すように、管体と周囲の基礎材、埋め戻し部全体が一体的に沈下していると想定される。また、R1工事とR2工事における2度の開削・排水により約10cmの沈下が生じている。地下水位の低下に伴い地盤の沈下量は累積していくと推

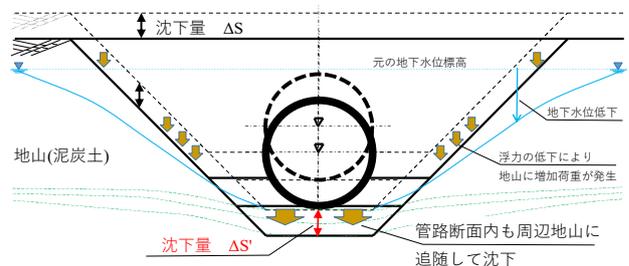


図-17 管水路および地盤沈下の想定

察された。

これまで、パイプラインの工事中において管体が沈下する現象は、管体の布設や埋戻しによる荷重増加に

よると考えられてきた。しかし、今回の観測結果によって、農業用管水路の施工直後において、地下水位が管体および地盤の沈下に大きく作用している実態が明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、現地観測によってパイプラインの沈下の実態を明らかにして、改修・更新時における留意点を考察した。その結果を次にとりまとめる。

- (1) 泥炭地盤におけるパイプラインの漏水事故は、道路横断部や構造物との接続点などにおける不同沈下によって生じる場合が多い。泥炭地盤におけるパイプラインでは、管軸方向における沈下量の把握と推定が重要である。
- (2) 施工後約20年を経過したパイプラインでは、ほぼ全域において沈下していた。ほとんどの区間では0~20cm程度の沈下であったが、場所によっては50cm以上沈下している箇所もあった。また、逆に浮上している箇所もあった。幹線のパイプライン全域を調査して、不同沈下が大きい箇所、浮上している箇所を把握して管理することが重要である。また、本研究ではピンポールを利用した水準測量を実施した。しかし、この方法はパイプラインの埋設深度が深くなれば困難になる。したがって、パイプラインの更新時には、測量用にポールを埋め込むなどの工夫も必要であると考えられる。
- (3) 現地調査したパイプラインにおいて、沈下量の大きい箇所には排水路が近接していたことから、排水による地下水位の低下に伴いパイプラインの沈下が進行したと考えられる。排水路における水位とパイプラインの標高の関係を把握しておくことが肝要である。
- (4) パイプラインの不同沈下は、構造物付近や上載荷重がかかる道路横断部など局所的な場所で生じる。それゆえ、特殊な状況にない一般的な区間では、パイプラインは全体的に沈下するものの、必ずしも不同沈下となるとは限らない。つまり、一般区間では、パイプラインが沈下しても必ずしも事故に至るものではない。現場では、沈下量が相対的に異なると考えられる箇所に着目して、重点的に対策を施すことが適当である。
- (5) 排水路などにより地下水位が比較的低い箇所では、パイプラインの沈下量よりも地盤沈下のほうが大きい。この状況は地下水位より上位となった土被

り部分の泥炭が分解・消失したためと考えられる。この場合、パイプラインに作用する土被りによる荷重が減少することになり、降雨や雪解けによる一時的な地下水位の上昇時に、パイプラインは浮上に転じて管を破損することが考えられる。排水路が近傍にあり、地下水位が低い箇所では、土被り厚の減少に留意する必要がある。

- (6) e-logp法や泥炭式などの沈下推定式による沈下量の計算値は、パイプラインの沈下量予測に参考となるが、異形管や構造物との接続がある場合などは、沈下量の推定精度が低下することに留意する必要がある。
- (7) 泥炭地盤におけるパイプラインの建設工事において、パイプラインは施工直後から沈下が大幅に進行する。その沈下には地下水位の影響が非常に大きい。パイプライン施工時の地下水位の挙動を考慮して工事を進める必要がある。

引用文献

- 1) 北海道立総合研究機構（道総研）：北海道立農業試験場資料第37号 北海道土壌区一覽（改訂版）平成20年9月、p.174、2008.
- 2) 渡辺進：泥炭地盤の工学的分類、第11回土質工学研究発表会論文集、pp.81-84、1976.
- 3) 能登繁幸：泥炭地盤工学、技報堂出版(株)、pp.50-51、1991.
- 4) 北海道開発局農業水産部農業計画課：石狩川水系の土壌、1987.
- 5) 梅田安治、矢挽尚貴、井上京：泥炭地の地盤変動と地下水位変動-泥炭地の地盤沈下に関する研究(I)-、農土論集、160、pp.27-33、1992.
- 6) 坂本克史、植屋賢祐：泥炭地における農業用パイプラインの沈下と漏水リスク管理、農業農村工学会誌、89(1)、pp.38-39、2021.
- 7) 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所：泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル、2017.
- 8) 能登繁之：「修正された泥炭地盤の沈下予測式」の簡略化、開発土木研究所月報、460、pp.37-41、1991.
- 9) 南雲人、今泉祐治、寺田健司：施工後19年経過した泥炭地における農業用管水路と周辺地盤の沈下、第63回北海道開発技術研究発表会、2019.
- 10) 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所：泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル、2017.

Study on Pipeline Renewal Technology in Peaty Region

Research Period : FY2017-2020

Research Team : Cold-Region Agricultural Development Research Group
(Irrigation and Drainage Facilities)

Author : NAGUMO Hitoshi

TERADA Kenji

OOKUBO Takashi

TATEISHI Sinji

IMAIZUMI Yuji

YAMAGUCHI Ken

Abstract : Agricultural pipelines buried in soft peat ground may subside over time, often leading to detachment of fittings and breakage of pipes. The purpose of this study is to present measures to prevent the occurrence of pipeline accidents in peat ground. Therefore, in this study, we conducted field observations to clarify the actual condition of the pipeline subsidence and examined the cause of the subsidence. As a result, it was suggested that the water leakage accident of the pipeline is often caused by the uneven subsidence, and that the subsidence of the pipeline is related to the groundwater level of the surrounding ground. In response to this result, the points to be noted in the maintenance of the pipeline and the points to be noted in the design and construction at the time of repair and renewal are listed.

Key words : pipeline, peaty ground, subsidence, groundwater