

土槽実験による積雪寒冷地のパイプラインの診断に関する基礎的検討

土木研究所 寒地土木研究所 正会員 小野寺康浩

1. はじめに

大規模な農業地帯を有する北海道では、農業用水の送配水のためのパイプラインが供用されている。畑地灌漑のパイプラインを例に挙げると、府県に比べ用水の供給エリアが広域であるため延長が長く、高圧の区間も多い。近年では、供用年数の増加とともにパイプラインの漏水が生じる事例も出始めており機能診断の重要性が高まっている。また、漏水が発生した区間の中には、融雪期に比較的大きな地下水位の変動が生じる区間がみられる。

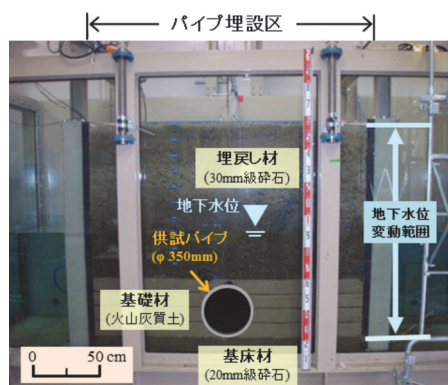
そこで、融雪期の地下水位の変動を模擬した土槽実験を行い、積雪寒冷地のパイプラインの診断について検討した。

2. 土槽実験

2.1 実験概要

土槽実験の状況を写真－1に示す。実験では、幅4m、高さ2m、奥行き1.5mの土槽の中央に、幅2m、高さ1.6m、奥行き0.5mのパイプ埋設区(以下、埋設区と称する)を設け、基礎材には道内で施工実績の多い火山灰質土¹⁾を用いて供試パイプを埋設した。

供試パイプは、口径約350mm、長さ約400mm、厚さ約3mmの強化プラスチック管で、パイプの端面はビニルマスチックテープ等で遮閉した。埋設区の側面と背面には摩擦軽減処理を施した。



写真－1 土槽実験の状況

パイプ埋設地盤には表－1に示す土質材料を使用した。各材料ともに、自然含水比の状態で壁打ちバイブレータで締め固めた。埋戻し完了後には、上面に不陸防止のため鋼板製のプレートを設置した。

地下水位の変動方法は、埋設区の側壁に土槽底面から10cmの高さに給排水孔を設け、埋設区の外側左右のボックスを介し埋設区の地下水位を上下動させるものとした。地下水位の変動範囲は、実際のパイプライン埋設区間で観測した地下水位の観測結果を参考に設定した。

測定項目は、小型土圧計によるパイプに作用する外圧、ワイヤー型変位計による管頂部の鉛直変位量、ひずみゲージによるパイプ内外面のひずみ、埋設地盤の間隙水圧等である。

表－1 実験に用いた土質材料

材料区分	土質材料		最大粒径 (mm)	締固め度* (%)	施工範囲
	名称	土質分類			
埋戻し材	30mm級砕石	GWS	30	85	管頂+5cmより上部, 105cm厚
基礎材	火山灰質土	SV-G	20	85	管底から管頂+5cm, 40cm厚
基床材	20mm級砕石	GS-F	20	90	管底より下部, 15cm厚

* 埋戻し材はB-c法、基礎材と基床材はA-c法による締固め試験の最大乾燥密度に対する値である。

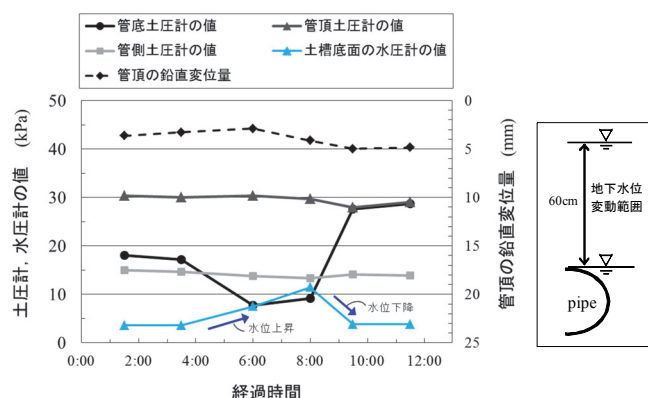
2.2 実験結果

実験結果の一例として、図－1にパイプ上部で地下水位の上昇と下降が生じた場合の、管頂・管底・管側(左右の平均値)における外圧の値と管頂部における鉛直変位量(前後の平均値)等の変化を示す。

パイプに作用する外圧の変化は管底部で顕著に認められ、地下水位の上昇前に比べ地下水位の下降後に増加する傾向がみられた。また、元の水位に回復した後も緩やかに増加した。管頂部と管側部の外圧には大きな変化はみられなかった。管頂部の鉛直変位量は、地下水位の上昇時に減少(上に変位)し、地下水位の下降時に増加(下に変位)する傾向がみ

キーワード：パイプライン, 診断, 地下水位, 融雪期, 土槽実験, 積雪寒冷地

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号, 土木研究所 寒地土木研究所, TEL 011-841-1764, FAX 011-842-9173



図－１ パイプ上部で地下水位の上昇・下降が生じた場合の
パイプに作用する外圧と鉛直変位量の変化

られた。

このような外圧の変化の要因は、以下のように考えられる。地下水位の上昇時には水位上昇範囲の埋戻し部に浮力が作用し、有効上載荷重が減少するため管底部の外圧が減少する。また、地下水位の下降時には埋戻し部に作用していた浮力が減少し、パイプに作用する有効上載荷重が復元するため管底部の外圧が増加する。地下水位が元の水位に回復した後も埋戻し部の間隙水圧が消散するまでの間は、時間の経過とともに上載荷重が緩慢に増加するため外圧が微増する。

今回の実験では、パイプ上部、パイプ側部で地下水位の変動が生じるケース、および地下水位の変動が繰り返し生じるケースを検討した。地下水位の変動範囲の違いで比較すると、パイプ側部よりもパイプ上部で変動が生じる場合に、パイプに作用する外圧の変化やパイプの変位量が大きかった。また、パイプ上部で地下水位の変動が繰り返し生じると、管底部の外圧が徐々に増加する傾向が認められた。

パイプを基床に設置した時点初期値としたパイプ内面の管周方向のひずみは、管底部、管頂部および斜め上方部は引張状態にあり、管底部で最も大きなひずみが生じていた。管側部は圧縮状態にあった。地下水位の変動に伴うひずみの変化量は、それほど大きいものではなかった。

地下水位の変動に伴うパイプの挙動には、主に埋戻し材に作用する浮力とパイプに作用する水圧の変動による荷重条件の変化が影響すると考えられるが、その影響の程度は、口径、パイプ剛性、基礎材

剛性、荷重条件等によって異なるものと推察される。

３．積雪寒冷地のパイプラインの機能診断に関して

積雪寒冷地のパイプラインは、春先の急激な融雪水の地盤浸透によって地下水位が上昇し、その後、下降する地下水位挙動が生じる区間に埋設されている場合もある。例えば、パイプライン埋設路線の背後に斜面や高位段丘が存在している区間、傾斜地の低標高部の区間、旧沢部を横断する区間等である。

一般的に、農業用水のパイプラインの機能診断調査は、地上調査、管内調査、試掘等調査の順序で行われる²⁾。既往の漏水事例や実験結果を踏まえると、積雪寒冷地のパイプラインの機能診断では、地上調査の段階で融雪水や雨水が集まりやすい地形条件等を考慮し、融雪期を含めた地下水位の連続観測を行う必要があると考えられる。そして、地下水位の変動が顕著な区間については、管内調査の密度や頻度を高めるなど重点的な診断を行い、管内調査によって変状が認められた箇所ではパイプ周辺地盤の状態も調査し、パイプラインの安定性を評価することが望まれる。

口径や勾配等の制約で入管が不可能な区間では、条件に応じ適当な診断機器等を用いることになるが、次回以降の診断時に比較できるデータ収集を行うとともに、調査費用と得られる結果のバランスを検討したうえで診断機器等を選択する必要がある。

４．あとがき

北海道の農業用水のパイプラインは、可とう性パイプの使用事例が多く、地中に埋設されている場合が多い。また、融雪水の地盤浸透により地下水位が大きく変動する条件下に埋設されている区間もある。機能診断では融雪水等が集まりやすい地形条件等を考慮し、地上調査の段階で融雪期を含めた地下水位の観測を行い、地下水位の変動が顕著な区間では重点的な診断が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 小野寺康浩：火山灰質土を基礎材に用いた農業用パイプラインの診断について、土木学会第 67 回年次学術講演会要旨集、第VI部門、pp.489-490、2012。
- 2) 農業土木事業協会：農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」、pp.29-48、2009。