

地下水位変動条件下の可とう性パイプの診断に関する基礎検討

A study on performance examination of buried flexible pipe under groundwater level fluctuation

土木研究所 寒地土木研究所 ○正 員 小野寺康浩 (Yasuhiro Onodera)

1. まえがき

大規模な農業地帯を有する北海道では、農地に灌漑用水を供給するための水利施設として農業用のパイプラインが供用されている。近年では、供用年数の経過による性能低下を防ぎパイプラインの機能保全を図るために機能診断の重要性が高まっている。

北海道のような積雪寒冷地のパイプラインの場合、融雪水の地盤浸透によってパイプライン埋設地盤の地下水位が大きく変動する区間も存在する。北海道の農業用のパイプラインで使用例の多い可とう性パイプは、パイプと周辺地盤の相互作用によってパイプの構造的な安定性が保たれている。

本論では、今後のパイプラインの診断調査に資するため、地下水位変動を模擬した土槽実験を行い地下水位変動条件下における可とう性パイプの土中挙動を検討した。

2. 実験方法

2.1 土槽および供試パイプ

実験に用いた土槽は、長さ 400cm、深さ 200cm、奥行き 150cm の鋼板製のボックスで、正面と左面は透明な硬質ガラスよりなる。実験では土槽内に長さ 200cm、深さ 160cm、奥行き 50cm のパイプ埋設区を設け供試パイプを埋設した (写真-1)。

パイプ埋設区の側面と背面には地盤と壁面の摩擦軽減処理としてシリコンを吹き付けた。

2.2 供試パイプ

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パイプ (FRP 管) である。

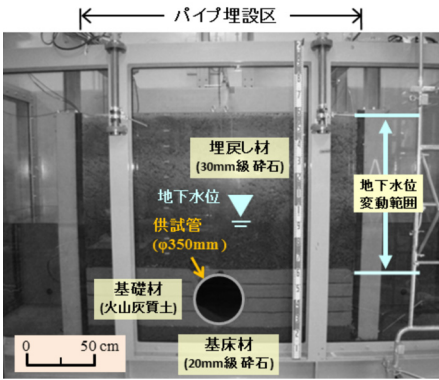


写真-1 土槽実験の状況

パイプの変位量の測定では、ワイヤー型の変位変換器を土槽天端に固定し変位測定用ワイヤーを管頂部に取り付け、パイプの前方と後方の 2 箇所で鉛直方向の変位量を測定した。また、パイプの中央断面から 5cm 後方の管頂、管底、管側 (左右の管芯高さ) の 4 箇所に受圧面直径が 23mm の小型土圧計を取り付け、パイプに作用する外圧を測定した。パイプ中央断面の内外面にはゲージ長 1cm のひずみゲージを貼付しパイプに発生するひずみを測定した。

パイプの両端面は内部への基礎材の流入防止のため、ビニルマステックテープ等を用いて遮閉した。

2.3 土質材料

パイプ周辺地盤には表-1 に示す土質材料を使用した。土槽底面から管底までの基床材には 20mm 級砕石を、管底から管頂+5cm までの基礎材には北海道の農業用のパイプラインで使用例の多い砂質系の火山灰質土¹⁾を使用した。管頂+5cm から上の埋戻し材には 30mm 級砕石を使用した。

各土質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。締め固め度は基床材が 90%、基礎材と埋戻し材は 85%とした。埋戻し完了後に鋼板製のプレートを埋戻し材の上面の左右両側に設置した。

表-1 土質材料の基本的性質

材料区分	基床材 (底面から 管底高まで)	基礎材 (管底高から 管頂高+5cmまで)	埋戻し材 (管頂高+5cm から上面まで)
土質材料	20mm級 砕石	火山灰質土	30mm級 砕石
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.756	2.462	2.753
自然含水比 W_n (%)	4.5	31.4	4.2
コンシステンシー	NP	NP	NP
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.990*	1.210*	1.980**
最適含水比 W_{opt} (%)	12.0*	36.7*	11.4**
土質分類	GS-F (細粒分まじり 砂質礫)	SV-G (礫まじり 火山灰質砂)	GWS (粒径幅の広い 砂質礫)

最大乾燥密度、最適含水比の、*はA-c法、**はB-c法による値である。

2.4 地下水位の変動方法

地下水位の変動方法は、パイプ埋設区の側壁の土槽底面から 10cm の高さに給排水孔を設け、パイプ埋設区の外側のボックスを介して水位を上昇、下降させた。実験では、所定の水位まで地下水位を上昇させた後、元の水位まで下降させた。パイプ埋設区の土槽底面には水圧計を設置し、地下水位変動時の水圧を測定した。

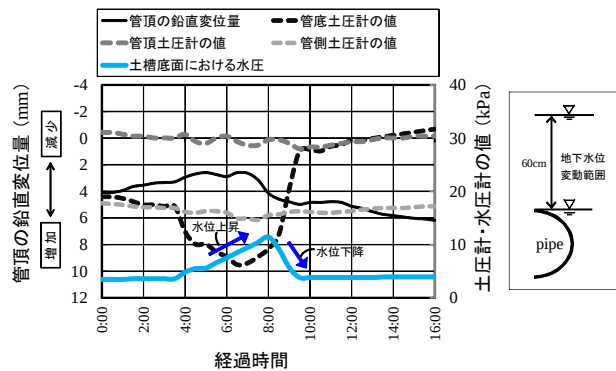
地下水位の変動範囲は、実際のパイプライン埋設区間における地下水位の観測結果を参考に設定した。

3. 結果および考察

3.1 パイプの上部で地下水位変動が生じる場合

管頂から管頂+60cm の間で地下水位変動が生じた場合の、管頂部の鉛直変位量、パイプに設置した土圧計および土槽底面における水圧計の測定結果を図－1 に示す。管頂部の鉛直変位量（パイプの前方と後方の平均値）は、地下水位の上昇過程と下降過程で若干の増減がみられる。管底土圧計の値は、地下水位の上昇過程で一旦減少しその後増加に転じ、地下水位の下降過程では大きく増加し元の水位に戻った後も微増している。管底部の外圧は地下水位変動時およびその前後での変化が顕著であり、地下水位の下降後には上昇前よりも増加している。管頂土圧計の値は、地下水位の上昇過程と下降過程で増減を繰り返すが、地下水位変動の前後では同程度である。管側土圧計の値（パイプの左右の平均値）は、地下水位の上昇過程でわずかに減少するものの大きな変化はみられない。

このような地下水位変動に伴う外圧の変化には、埋戻し材に作用する浮力とパイプに作用する水圧による荷重条件の変化が影響していると考えられるが、図－1 の実験では水位変動幅が 60cm と小さいことから水圧の影響は少ないと考えられる。パイプに作用する外圧変化の要因としては、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



図－1 パイプの上部で地下水位変動が生じた場合の
パイプの鉛直変位量と外圧等の変化

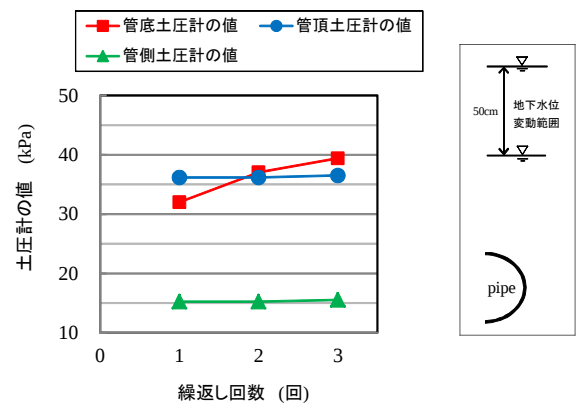
水位が元の水位に戻った後も埋戻し部の間隙水圧が消散するまでの間は時間の経過とともに上載荷重が緩慢に増加するため、管底部に作用する外圧が微増するものと考えられる。

3.2 パイプの上部で地下水位変動の繰返しが生じる場合

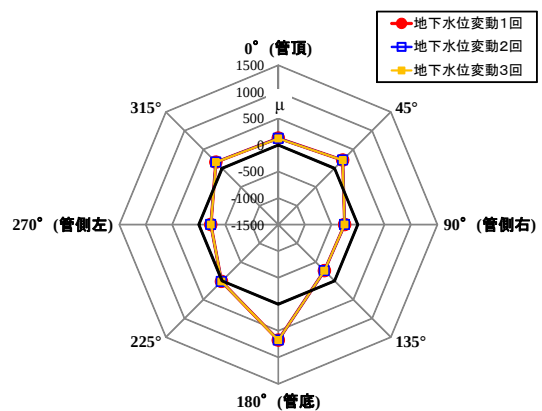
今回の実験では、管頂+50cm から管頂+100cm の間で地下水位の上昇・下降を 3 回繰り返した実験も行った。

図－2 は、地下水位変動の繰返し回数と地下水位下降直後における各土圧計の値を示したものである。地下水位変動の繰返しによって管底土圧計の値は徐々に増加する傾向にある。一方、管頂と管側の土圧計の値にはほとんど変化がみられない。地下水位変動の繰返しの影響は、管底部における外圧の増加として現れている。この外圧増加の理由には、地下水位変動の繰返しに伴う荷重変化やパイプ周辺の土圧分布の変化などが影響していると思われるが明確ではない。

地下水位下降後のパイプ内面における円周方向のひずみ分布を図－3 に示す。ひずみは引張を正とし、パイプを基床に設置した時点初期値としている。ひずみは、管底部、管頂部および斜め上方部（左・右）は引張状態



図－2 パイプ上部における地下水位変動の
繰返し回数と外圧



図－3 地下水位変動の繰返し時における
パイプ内面の円周方向のひずみ分布

にあり、とくに管底部で大きな引張が生じている。また、管側部と斜め下方部（右）は圧縮状態にあるが、斜め下方部（左）ではわずかに引張が生じている。

図－3からは、地下水位変動の繰返しによって生じるひずみの変化量は全ての部位で小さいことが分かる。今回の実験では、地下水位変動に伴うひずみの変化は小さいことからパイプ横断面のたわみ量（真円を基準とした管厚中心直径の変化量）の変化も小さいことが伺える。

4. まとめ

融雪期等の地下水位変動を模擬した土槽実験を行い、地下水位変動に伴う可とう性パイプの土中挙動を検討した。

パイプの上部で地下水位変動が生じる場合、管底部における外圧が地下水位の上昇過程と下降過程において大きく変化した。また、パイプの上部で地下水位の変動が繰り返される場合、繰返し回数の増加とともに管底部における外圧が増加する傾向が認められた。管頂部と管側部における外圧には大きな変化はみられなかった。

5. あとがき

農業用のパイプラインは可とう性パイプの使用例が多く、地中に埋設されている場合が多い。また、北海道のような積雪寒冷地では融雪水の地盤浸透により地下水位が上昇し、その後下降する地下水位条件下におかれている区間もある。

パイプラインの診断調査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²⁾の段階で融雪期を含めた地下水位の観測を行い、変動が顕著な区間は管内調査で重点的な調査が必要と考えられる。また、管内調査によって変状が認められた区間は、パイプ周辺地盤の力学的性質も検証し安定性の評価を行う必要がある。

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、2008.