

鎖構造継手による管路屈曲部の耐震化

Pipeline Bend Enhancement on Earthquake Resistance with Flexible and Self-anchoring Joints

○藤田信夫*
FUJITA Nobuo,

井谷昌功*
ITANI Yoshinori

1. はじめに

農業用パイプラインの地震時被害は、過去の調査^{1), 2), 3)}から屈曲部や構造物近傍に多いことが明らかになっている。この部分の耐震性を高めることができれば、管路全体の安全性向上につながる。

当社では2013～2015年度にかけて農研機構、神戸大学、茨城大学、内外エンジニアリング(株)とともに官民連携新技術研究開発事業にて管路屈曲部に着目した耐震工法を開発した。ここでは、本研究の概要と実現場への適用事例について紹介する。

2. 研究概要

地震時の曲管変位に伴う管路挙動を調査研究し⁴⁾、耐震化に向けて最適な鎖構造継手の配置とその設計手法を確立した。

(1) 上向き浸透流を利用した液状化実験

Fig.1に示す実験土槽は水槽と連結され、砂地盤内に上向き浸透流を発生させることで液状化に近い状態を再現できる。過剰間隙水圧比を制御しながら曲管移動時の水平抵抗力と液状化程度との関係を計測した。実験上の限界動水勾配($i_{cr}=1.0$)のとき、地盤反力係数は飽和時から大幅に低下するが、管路屈曲部は地盤条件に関わらず曲管変位に応じた共通の変形挙動を示すことがわかった。

(2) 振動台を利用した液状化実験

Fig.2に示す実規模振動実験装置内にスラスト力の作用するφ150の屈曲管路を2組対向して構築し、液状化時の柔構造継手と鎖構造継手の動的挙動とスラスト対策の有効性を検証した。

Fig.3に示すように砕石基礎でスラストブロックを配置した柔構造継手管路では曲管変位が200mmを超えて曲管近傍の2継手が離脱したのに対し、鎖構造継手では各継手が離脱防止状態に達して曲管変位に追従することを確認した。

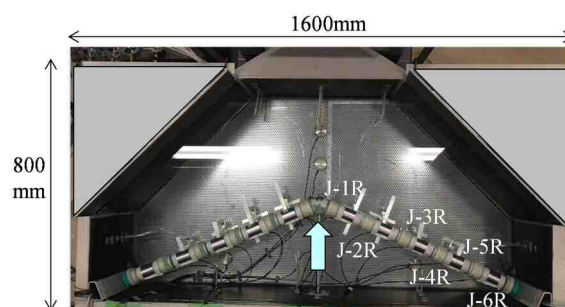


Fig.1 土槽内管路実験装置

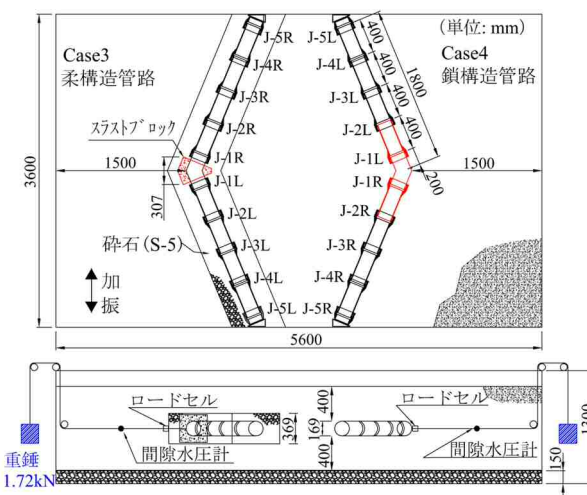


Fig.2 実規模振動実験装置



Fig.3 振動実験で離脱した屈曲部近傍の継手

* 株式会社クボタ Kubota Corporation
キーワード：埋設管，屈曲部，耐震

(3) 管路屈曲部の設計方法

実験と数値解析から得られた管路変形モードを Fig.4 に示す。曲管近傍の継手(J-1～J-5)は、曲管変位に対応して屈曲と伸び出しを生じる。曲管からの離隔本数に応じた特徴的な挙動を示し、以下のようにモデル化できる。

<Step1> J-1は通常時のスラスト対策として一体化するため、曲管の移動に応じてJ-2が背面側に、J-3が曲率内側に屈曲する。

<Step2> 曲管変位が増大するとJ-2の屈曲は上限に達し、J-3に加えてJ-4も内側に屈曲する。

<Step3> さらに変位が増大するとJ-3は真直に離脱防止状態まで伸び出し、J-4に加えてJ-5も内側に屈曲する。

すなわち、曲管に近い継手から屈曲と伸び出しが生じ、次々に外側の継手に伝達して管路全体が変位することが分かった。この関係を定式化し、曲管変位に対応した鎖構造継手の必要本数を決定した⁵⁾。

3. 実現場への適用事例

(1) 胆振東部地震による厚幌導水路の被害

2018年9月6日に最大震度7を記録した地震動により、総延長約29kmの厚幌導水路は広範囲に被災し、特に泥炭などの軟弱地盤区間では被害が顕著であった。管の破損、継手の抜け出し、管路の蛇行・沈下等により、調査対象の半数以上の管に異常が確認された。

管路屈曲部の被害に着目すると、64箇所では曲管の移動に伴う継手離脱等が発生している。

(2) 軟弱地盤対策として適用

管路施設の復旧に際し、特に泥炭などの軟弱地盤区間においては再度の災害防止、復旧のスピード、基礎地盤の改良も含めた経済性などの観点で復旧工法が検討され、基礎材の軽量化と液状化対策に加えて、管路屈曲部の耐震工法を適用した鎖構造継手管路が採用されている。

4. おわりに

地震時にウィークポイントとなる管路屈曲部に着目し、耐震性を向上する方法を示した。実効性のある耐震対策として、農業用パイプラインの安全性向上に寄与できれば幸いである。

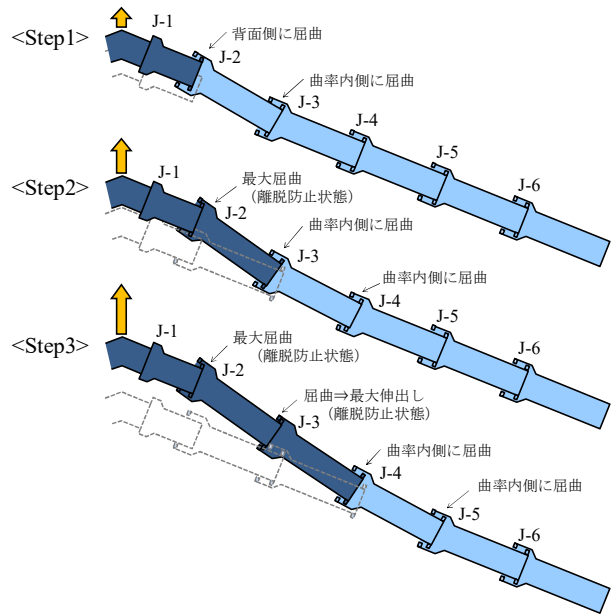


Fig.4 管路屈曲部の変形モード



Fig.5 曲管部の移動に伴う管の離脱



Fig.6 鎖構造継手管路による復旧

【引用文献】1)毛利栄征(1985)：1983年日本海中部地震によるパイプラインの被災調査報告，農業土木試験場技報，169，93-147。 2)春本朋洋ら(2015)：液状化地盤における管路挙動—限戸川地区幹線用水路の被災事例—，農業農村工学会京都支部第72回研究発表会，210-211。 3)小野尚二(2020)：農業用パイプラインの被災と復旧—軟弱地盤における工法検討—，第63回北海道開発技術研究発表会論文 4)井谷昌功ら(2015)：水平載荷時の継手構造管路屈曲部の挙動メカニズム，農業農村工学会論文集，300，177-183。 5)井谷昌功ら(2016)：液状化地盤における管路屈曲部の設計に関する検討，農業農村工学会論文集，302，IV_5-6。