

水平載荷実験による継手構造管路屈曲部の挙動

Behavior of Flexible Joint Pipeline with Bend on Lateral Loading Tests

井谷昌功* ○横田木綿** 藤田信夫* 有吉 充*** 毛利栄征**** 河端俊典**

ITANI Yoshinori, YOKOTA Yu, FUJITA Nobuo, ARIYOSHI Mitsuru,
MOHRI Yoshiyuki, KAWABATA Toshinori

1. はじめに

圧力管路の屈曲部は、内水圧によって背面方向にスラスト力が常時作用するため、曲管背面の受働土圧などで安定するように設計されている。しかし、地震時には曲管背面の液状化や剛性低下によって、曲管が移動して継手が離脱するような被害が生じやすく、東日本大震災においても被害事例が報告されている¹⁾。本報告では、液状化を模擬した地盤中で継手構造の埋設管路屈曲部を対象とした水平載荷実験を実施し、その挙動を確認した。

2. 実験概要

実験装置の概要を Fig.1 に示す。模型管は口径 50 mm、長さ 150 mm のアルミニウム製で、伸縮屈曲性と離脱防止機構を備えた鎖構造継手と、伸縮屈曲性のみを有した柔構造継手の 2 種類を用意し、いずれも曲管を中央に配置して合計 12 箇所（Joint0～Joint11）の継手を有する模型管路を構築した。スラスト対策として鎖構造継手では曲管とその両隣の管を一体化し、柔構造継手では前者と同等の受働土圧が得られる寸法のコンクリートブロックを曲管部に設置した。

土槽（幅 1600 mm、奥行き 800 mm、高さ 500 mm）底部には有孔板で仕切られた高さ 50 mm の水だけの層を設け、ホースで連結した外部水槽の水位を上げて地盤内に上向きの浸透を発生させることで、地盤内の過剰間隙水圧を高めて液状化を模擬した地盤を作製した。地盤材料には Table 1 に示す 6・7 混合珪砂を使用し、水中落下法により相対密度が 30% 程度の緩詰め地盤を形成した。実験は土槽内の動水勾配を変化させ、それを保持した状態で曲管部に水平載荷する方法で実施した。なお、実験条件は Table 2 に示す通りである。

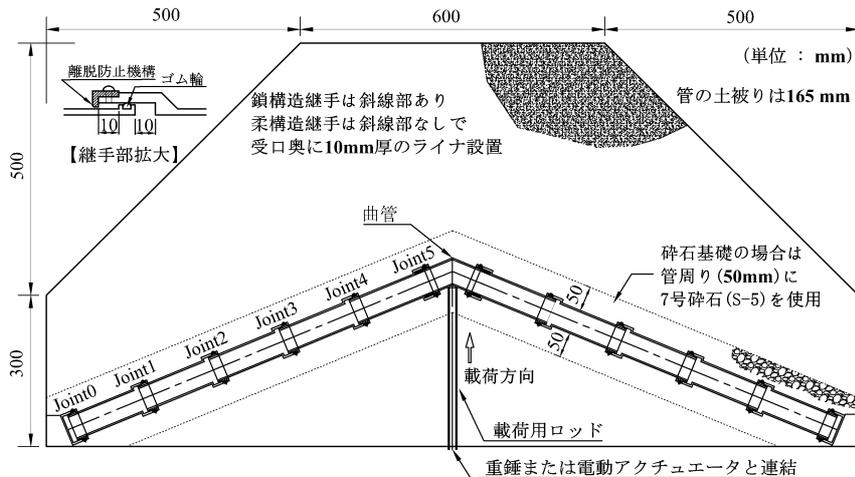


Fig.1 実験装置
Experimental apparatus

Table 1 砂の物性値
Properties of sand

土粒子の密度	ρ_s	g/cm^3	2.63
砂の最小密度	ρ_{dmin}	g/cm^3	1.282
最大間隙比	e_{max}	—	1.051
最小間隙比	e_{min}	—	0.618

Table 2 実験条件
Experiment condition

実験 No.	載荷条件	管路	管基礎
1-a	一定荷重 (117.6N)	鎖構造	砂
1-b		柔構造	砂
2-a	一定速度	鎖構造	砂
2-b	(0.1mm/s)	鎖構造	砕石
2-c	$\Delta u/G_v=0.5$ 程度	柔構造	砂
2-d		柔構造	砕石

* 株式会社クボタ Kubota Corporation, ** 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, *** 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering, **** 茨城大学農学部 Faculty of Agriculture, Ibaraki University

キーワード：埋設管、液状化、水平載荷実験

3. 実験結果

(1) 曲管の水平変位

重錘 117.6 N を曲管部に負荷し、過剰間隙水圧比を変化させたときの曲管の水平変位の変化を Fig.2 に示す。鎖構造継手 (No.1-a) では継手離脱は生じないが、柔構造継手 (No.1-b) では曲管の水平変位が約 33mm で継手離脱が発生した。いずれも過剰間隙水圧比が 0.6 を超えたあたりから水平変位が急増している。

(2) 管路の水平抵抗力

過剰間隙水圧比を 0.5 に設定し、0.1 mm/s の一定速度で曲管を背面側に移動させたときの水平抵抗力と曲管の水平変位の関係を Fig.3 に示す。鎖構造継手 (No.2-a,b) の水平抵抗力は柔構造継手 (No.2-c,d) より若干大きく、いずれも基礎の違いによる差異はほとんど認められなかった。また、柔構造継手 (No.2-c,d) では(1)と同じく継手離脱が発生した。

(3) 継手伸び量および継手屈曲角

No.2-a (鎖構造継手, 砂基礎) の実験結果を例として継手伸び量の推移を Fig.4 に、継手屈曲角の推移を Fig.5 に示す。なお、継手伸び量は模型管内面 (左右) に設置した 2 つの変位計の計測値の平均から、継手屈曲角はその差から算出した。継手部の挙動は、曲管に近い移動可能な継手 (鎖構造継手の場合は Joint4) から順に動き出す傾向が認められた。また、曲管変位が小さいときは Joint4 のみが背面側に凸に屈曲し、Joint3 や Joint2 が逆方向に屈曲しているが、変位が 40 mm を超えると Joint4 は離脱防止状態となって一定値をとり、Joint3 の屈曲方向逆転に応じて joint1 が屈曲し、曲管変位を吸収していることがわかる。

4. まとめ

今回の実験結果では砂基礎と碎石基礎の水平抵抗力に大きな差異は認められなかった。鎖構造管路の変形モードは、曲管に近い継手から屈曲・伸長し、順次、外側に波及していくことがわかった。今後、数値解析からの検討も実施し、液状化時の曲管変位に応じた鎖構造継手の適用範囲を明確にしていきたい。

【引用文献】1) 有吉ら (2012) : 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震による国営限戸川農業水利事業における農業用パイプラインの被災と復旧, 農村工学研究所技報, 213, 201-215.

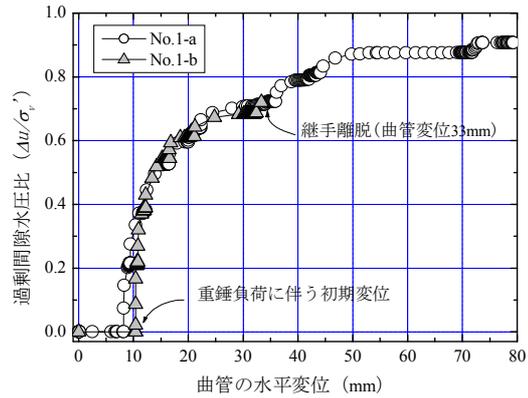


Fig.2 曲管の水平変位 (No.1-a,b)
Horizontal displacement of bend

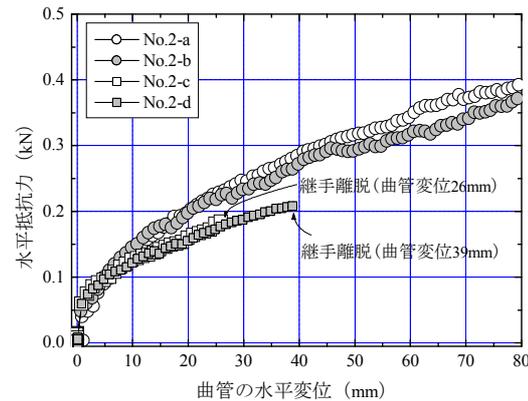


Fig.3 管路の水平抵抗力 (No.2-a,b,c,d)
Horizontal resistance force of pipeline

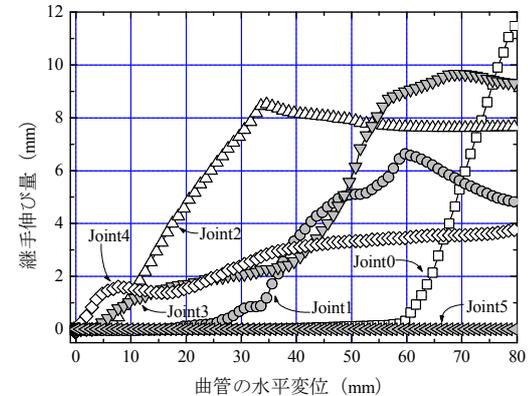


Fig.4 継手伸び量 (No.2-a)
Expansion of joints

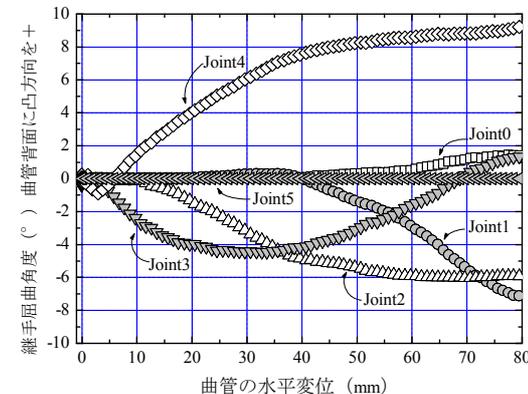


Fig.5 継手屈曲角 (No.2-a)
Deflection angle of joints