

曲線布設されたダクティル管路の高水圧負荷時の挙動 Field test of curved pipeline formed with DCI pipe subject to high internal pressure

藤田信夫*, 毛利栄征**
FUJITA Nobuo, MOHRI Yoshiyuki

1. はじめに

農業用パイプラインの路線計画においては、その屈曲点に曲管を配置し、内圧によるスラスト力に対してコンクリートブロックで防護する設計が一般的である。しかしながら、開水路の跡地を利用した管路化更新や山間部における道路下埋設などでは、交角の小さい屈曲点が続くことが多く、また建設用地も制約されることから、継手の伸縮可とう性を活用して管路を曲線状に布設することが有効な場合がある。

本報告ではダクティル鉄管による曲線布設管路を構築し、高水圧負荷に伴うスラスト力作用時の挙動を計測するとともに、数値解析からの検討を加えた。

2. 実験概要

実験管路は Fig.1 に示すように口径 400mm・長さ 2000mm のダクティル鉄管(T 形継手)を 8 本接続して構成し、14° の交角を 5 箇所(継手 J3, J4, J5)に分散し屈曲させた水平方向の曲線布設とした。曲線区間内の 3 箇所(継手 J3, J4, J5)は許容曲げ角度の 3° 30' に、曲線の始点・終点に位置する 2 箇所(継手 J2, J6)はその 1/2 の 1° 45' に屈曲させた。曲線区間の両側は直線部とし、2 箇所(継手 J1, J7)は屈曲していない。

管路は関東ローム地盤を掘削した溝内に布設し、埋戻しは Fig.2 に示す粒度分布の砂を用いた。撒出し厚 0.2m ごとに振動コンパクタを用いて転圧(1 往復)し、土被り 0.6m まで埋め戻した。管周辺の締固め度(D 値)は 93.4%であった。

試験では目標水圧を 2.0MPa とし、0.0~2.0 MPa の負荷を 20 分周期で 100 サイクル繰り返した。さらにその後の 24 日間は内圧を 2.0MPa に維持し、経時変化を確認した。

管路内の 7 箇所(継手 J1~J7)に変位計を設置し、内圧スラスト力による水平方向変位量を計測した。また曲線布設外側の管芯位置の 29 箇所(土圧計 EP1~EP29)に φ100mm 土圧計を配置し、抵抗土圧の管軸方向分布状況を把握した。

3. 数値解析概要

数値解析はパイプがスラスト力を受けて横方向に変位するときの背面土圧分布を把握するため、地盤の非線形材料特性を考慮した 2 次元弾塑性有限要素解析手法を用いた。剛性が著しく異なる砂質土と鉄管とを対象とすることから、非線形解法には収束が速く精度の良い解が得ら

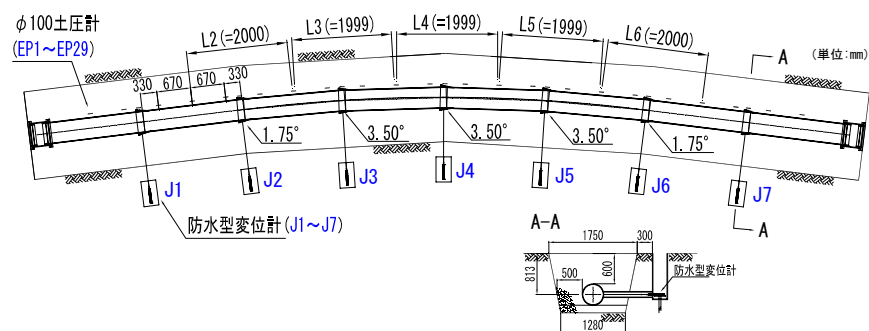


Fig.1 実験管路平面図

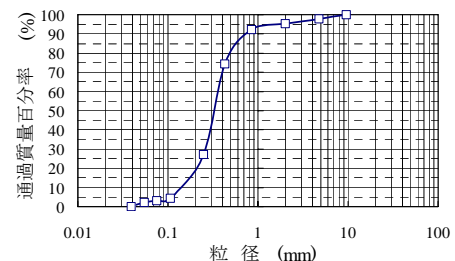


Fig.2 模型地盤材料の粒度分布

*日本ダクティル鉄管協会 JDPA, ** (独)農研機構 農村工学研究所 NIRE
キーワード: 曲線布設, スラスト力, 背面土圧

れる implicit-explicit 混合型の動的緩和法を用いた。計算に用いた地盤ならびにパイプの物性値を Table 1 に示す。

解析モデルは要素数 2780 の 4 節点アイソパラメトリック要素で構成し、内圧 2.0MPa 作用時のスラスト力を管軸方向単位長さ当たりの水平荷重として、パイプ要素の内面節点に負荷した。

4. 結果と考察

4.1. 管路の水平変位量

管路の水平方向変位量は Fig.1 に示す J1～J7 について埋戻し完了時を 0 とし、内圧 2.0MPa の繰返し負荷と 24 日間維持に伴う変化を Fig.3 に示す。最大変位は曲線布設中央部の J4 で、内圧繰返しに伴い 1.2mm、内圧維持期間に 0.4mm 増加して 1.6mm であった。試験終了時に管の移動は 7 箇所とも収束しており、局部的に変位が増大するような傾向は認められない。なお直線部の J1, J7 にはスラスト力が作用しないため水平変位も生じていない。

4.2. 管背面の抵抗土圧分布

内圧 100 サイクル負荷時および 24 日保持後の背面土圧分布の実験値と、計算値を比較して Fig.4 に示す。ここで計算値とは、曲線布設内の各屈曲部に作用するスラスト力が、個別の管路長さの投影面積 (Fig.1 に示す L2～L6) に作用するものとして求めた値である。

Fig.4 は、内圧負荷に伴う抵抗土圧が、計算で仮定した J2 から J6 までの管路長さによく分布することを示している。抵抗土圧は水平変位量に応じて J3, J4, J6 付近が大きく、逆に J5 では小さめの値を示しているが、それらの土圧の総和とスラスト力 (Fig.4 の計算値に相当) との面積比を求めると、100 サイクル負荷時で 1.04、24 日保持時で 1.00 となり、計算値と合致する。曲線布設箇所は管路全体でスラスト力を受け持っていることがわかる。

Fig.5 の解析値は円形断面背後の水平土圧分布を示している。スラスト荷重によるパイプの断面変形に伴うスプリングライン付近での土圧低減が見られるが、スラスト力 (屈曲角) に応じて Fig.4 の計算値と同等の値を示している。

5. まとめ

曲線布設箇所に高水圧が作用する時の管路挙動を計測した。2MPa の内圧を繰返し負荷した後、水平変位が収束するまで内圧を保持した。その結果、管路の最大変位は 1.6mm と小さく、また特定箇所に変位が集中して増加するような傾向は認められなかった。管背面の抵抗土圧は曲線布設箇所全体に幅広く分布し、作用範囲を仮定した計算値や地盤材料特性を考慮した数値解析結果とも符合することがわかった。

【参考文献】藤田, 毛利, 岸田: 曲線布設された継手管路の内圧負荷時挙動, 農業土木学会論文集, 第 248 号, 27-34.

Table 1 数値解析モデルの諸元

対象	設定値
パイプ	ヤング率 : $1.6 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$
	ポアソン比 : 0.29
	単位体積重量 : 70 kN/m^3
砂地盤	内部摩擦角 : 35.1°
	粘着力 : 0.64 kN/m^2
	ポアソン比 : 0.3
	間隙比 : 0.877
	単位体積重量 : 16 kN/m^3 せん断帯幅 : 0.003m

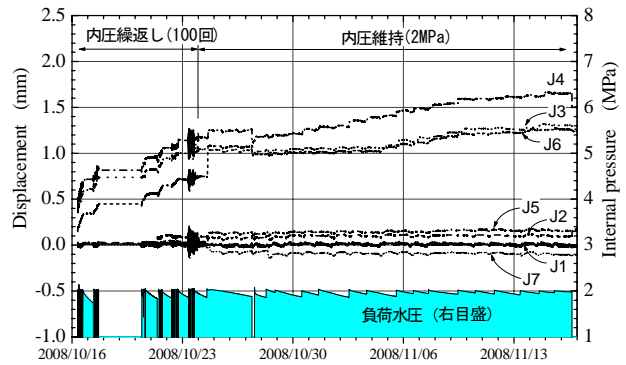


Fig.3 負荷水圧と管路の水平変位量

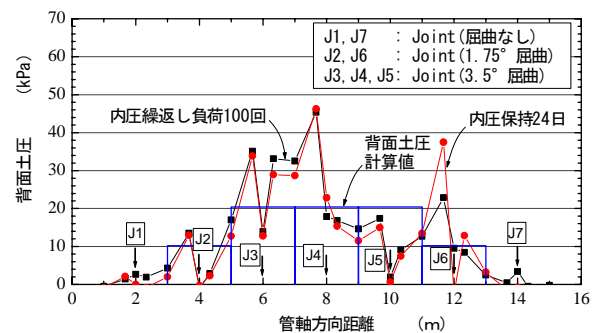


Fig.4 管軸方向の抵抗土圧分布

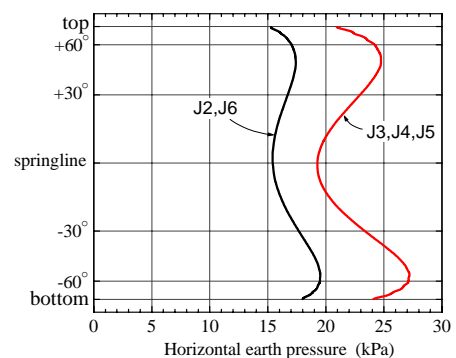


Fig.5 管断面の水平土圧分布(FEM)