

曲線布設された継手管路の埋設実験と解析

Field test and analysis of curved pipeline with flexible joints

藤田信夫*，毛利栄征**，服部義明***

FUJITA Nobuo, MOHRI Yoshiyuki, HATTORI Yoshiaki

1. はじめに

伸縮可とう性を有する継手構造のパイプによる連続的な曲げ配管（曲線布設）工法の設計・施工方法を確立するため，現地盤に模型管路を埋設して内圧負荷を行った。

本報告では，曲線布設箇所と曲管とを両方含むモデル管路を構築し，不平均力作用時の挙動を計測するとともに，数値解析との比較を行った。

2. 実験概要

実験管路を Fig.1 に示す。供試管は内径 250mm・長さ 750mm の FRP 製であり，継手 5 箇所を水平方向に各 6° 屈曲させた曲線布設箇所と，30° 曲管を設けた箇所とを含む管路とした。関東ローム地盤を掘削した溝内に布設し，Fig.2 に示す粒度分布の砂を D 値 90% となるよう管理しながら締め固めた。管路の土被りは 0.5m とした。

試験は 15 分周期で管路に内圧を繰り返し負荷した。試験開始時は 0.1MPa づつ段階的に上昇させ，0.4MPa を管路の変位が収束するまで 100 サイクル繰り返した。

曲線布設箇所では P1～P5，曲管部では P6～P8 の位置に変位計を設置し，管の水平方向移動量を計測した。また管側部の外面には管軸方向 250mm ごとに小型土圧計を 40 点設置し，内圧負荷に伴って生じる背面抵抗土圧の分布状況を計測した。

3. 数値解析概要

実験管路を 3 次元モデル化し，有限要素解析を行った。モデルは，管体をシェル要素，継手をバネ要素，地盤をバネ拘束で表すこととした。モデルの諸元を Table1 に，継手バネの模式図を Fig.3 に示す。継手のバネ要素は受口と挿口の各節点間に 3 方向（法線方向，接線方向，管軸方向）配置した。またバネ特性値は供試管の継手屈曲試験結果をもとに，抵抗モーメントが一致するパラメータを概定した。地盤バネは管路全長について背面側 180°（1/2 円周）の範囲を法線方向に拘束することとし，バネ定数は埋戻し地盤の急速平板載荷試験結果をもとに決定した。

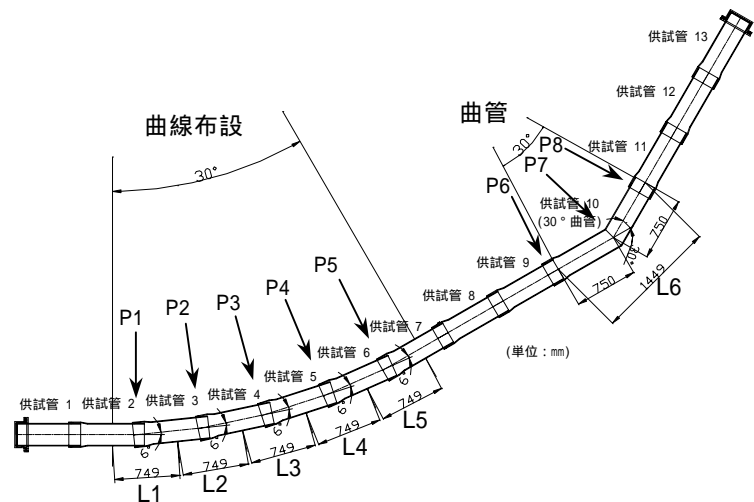


Fig.1 実験管路平面図

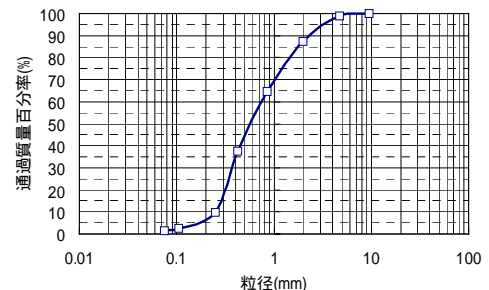


Fig.2 模型地盤材料の粒度分布

*強化プラスチック複合管協会 FRPM，**農業工学研究所 NIRE
***内外エンジニアリング(株)Naigai Engrg.Co.

4. 結果と考察

4.1. 管の移動量

屈曲部の水平方向移動量は、Fig.1 に示す P1～P8 について実験値と解析値を比較して Fig.4 に示す。実験値は変位の収束した 100 サイクル経過時の値であるが、曲線布設箇所(P1～P5)では 0.1mm 程度と非常に小さい。曲管部では中央(P7)が最も大きく約 1.5mm であった。これに対して解析値は曲線布設箇所では約 0.4mm、曲管中央部で約 2.8mm と実験値より大きい。曲線布設箇所では全体が均等に変位し、曲管部では中央に変位が集中する挙動が再現されている。

4.2. 管背面の抵抗土圧分布

100 サイクル時の背面土圧分布の実験値と、解析値および計算値を比較して Fig.5 に示す。ここで計算値とは、屈曲部に作用する不平均力が所定の管路長さの投影面積に均等に作用するとして求めた値であり、曲線布設箇所では Fig.1 に示す L1～L5 を、曲管部では L6 を考えた。

実験結果は、計算で仮定した範囲の管路長さに抵抗土圧が広く分布することを示している。またそれらの土圧の総和と不平均力(Fig.5 の矩形面積に相当)との比を求めると、曲線布設箇所では 0.96、曲管部で 0.68 となる。曲管部中央の土圧は実験では解析値のようなピークが得られていないが、これは曲管の屈折点に土圧計を設置できなかったため最大値を検知していない可能性が高い。

解析結果は、全体として実験値および計算値とよく合致しており、特に曲線布設箇所では管路全体で不平均力を受け持っていることがわかる。

5. まとめ

屈曲角度の等しい曲線布設箇所と

曲管部について、内圧スラスト作用時の埋設挙動を計測し、数値解析結果と比較した。実験結果より、曲線布設箇所では反力が幅広く分布して均等な変位を示し、変位量は曲管部より十分に小さい。また数値解析では、継手および地盤パネのパラメータを適切に設定することによって内圧負荷に伴う継手管路の挙動を予測できることがわかった。

【参考文献】毛利栄征 他：可とう性継手による曲線配管部の内圧負荷試験，平成 17 年度農業土木学会大会講演会，5-41

Table 1 数値解析モデルの諸元

対象	構成要素：個数・範囲	設定値
パイプ	シェル要素：4800	$E = 1.47 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ $\nu = 0.3$ $t = 0.0075 \text{ m}$
継手	バネ要素：864 (288 要素 × 3 方向)	$k_r = 1.0 \times 10^6 \text{ N/m}$ $k_t = 1.0 \times 10^6 \text{ N/m}$ $k_z = 2.5 \times 10^5 \text{ N/m}$
地盤	バネ拘束：背面側 180°	$k_r = 3.0 \times 10^7 \text{ N/m/m}^2$

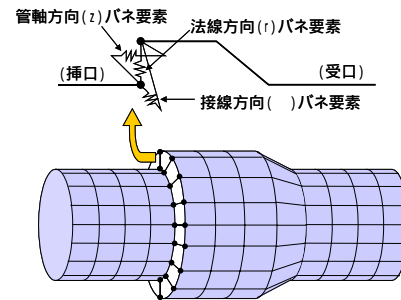


Fig.3 継手のバネ要素模式図

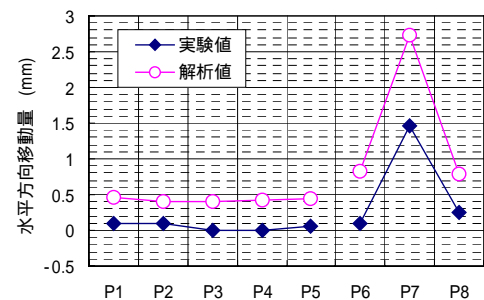


Fig.4 管の水平方向移動量

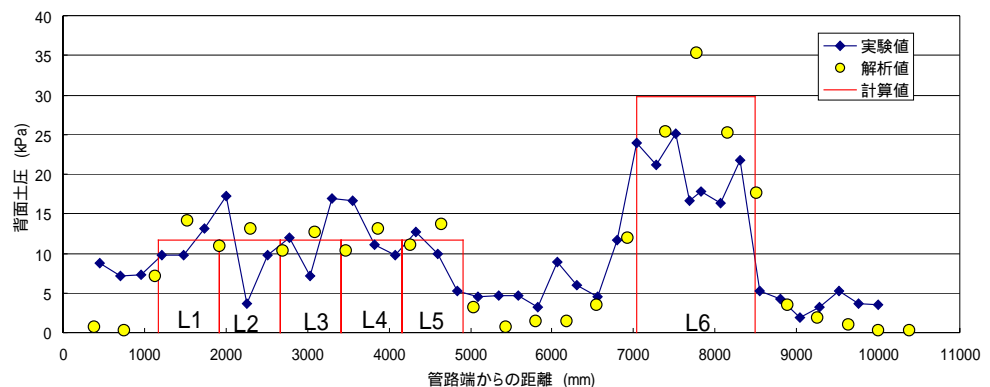


Fig.5 管路背面の抵抗土圧分布