

水道配水用ポリエチレン管の地盤変状に対する耐震性評価に関する調査

清野純史*1

1. 研究の目的

ライフライン施設の重要な構成要素であるパイプラインは、人々の生活に欠かせない重要な役割を担っている。したがって、地震時の断層変位による管路の亀裂や損傷はこの安全性を脅かし水の供給が経たれるという点で大きな脅威となる。これまで断層を横断する管路の解析的研究は、主に管軸方向の地盤・管路の相互作用にいくつかの仮定を導入し、繰り返し計算によって近似解を見つけるものであった。そこで本研究では、より正確な結果が得られる手法として、管軸方向及び管軸直角方向の非線形性を考慮した解析的手法を提案した。

2. 研究の方法

本解析手法は、管軸方向及び管軸直角方向の非線形性や管路と地盤の滑り、管路の軸力を厳密に微分方程式に取り入れる解析的手法である。図-1は断層を横切る管路の解析モデルを示したものである。また、図-2は解析的手法に取り入れた地盤・管路の相互作用の弾塑性関係を表したものである。表-1に検討したケースを示す。新たな解析的手法の妥当性の検証としてはFEMとの比較を行うものとする。今回対象としたケースは横ずれ断層で、その断層との交差角は 45° とした。断層との交差角 45° は、管軸方向の力が大きく加わる典型的なケースである。

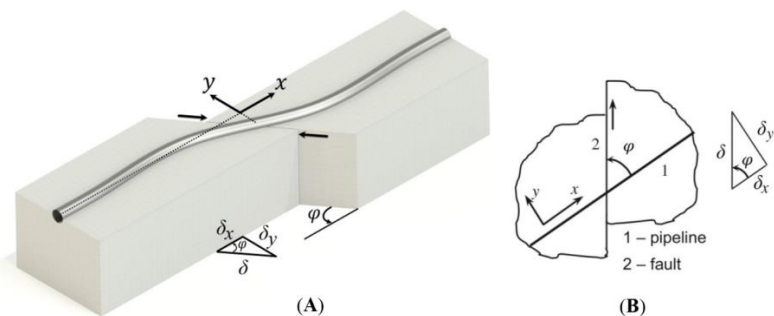
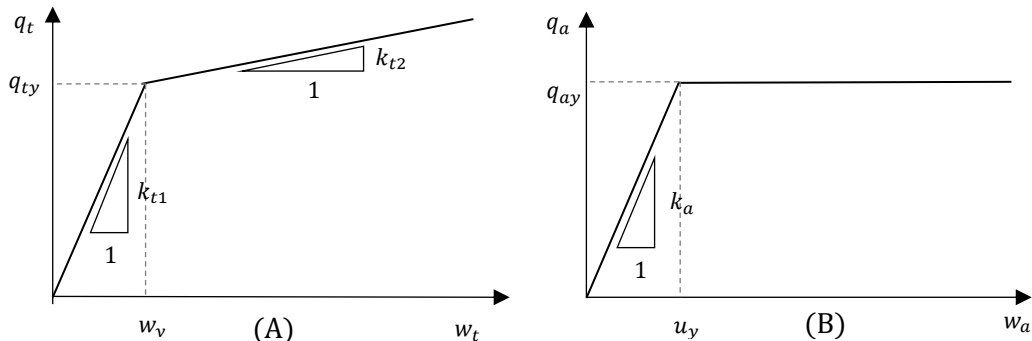


図-1 横ずれ断層を横切る管路の解析モデル



(A) 地盤のせん断方向における弾塑性関係 (B) 地盤の管軸方向における完全弾性-塑性関係
図-2 地盤・管路の相互作用に関する応力-ひずみ関係

*京都大学大学院・工学研究科・教授

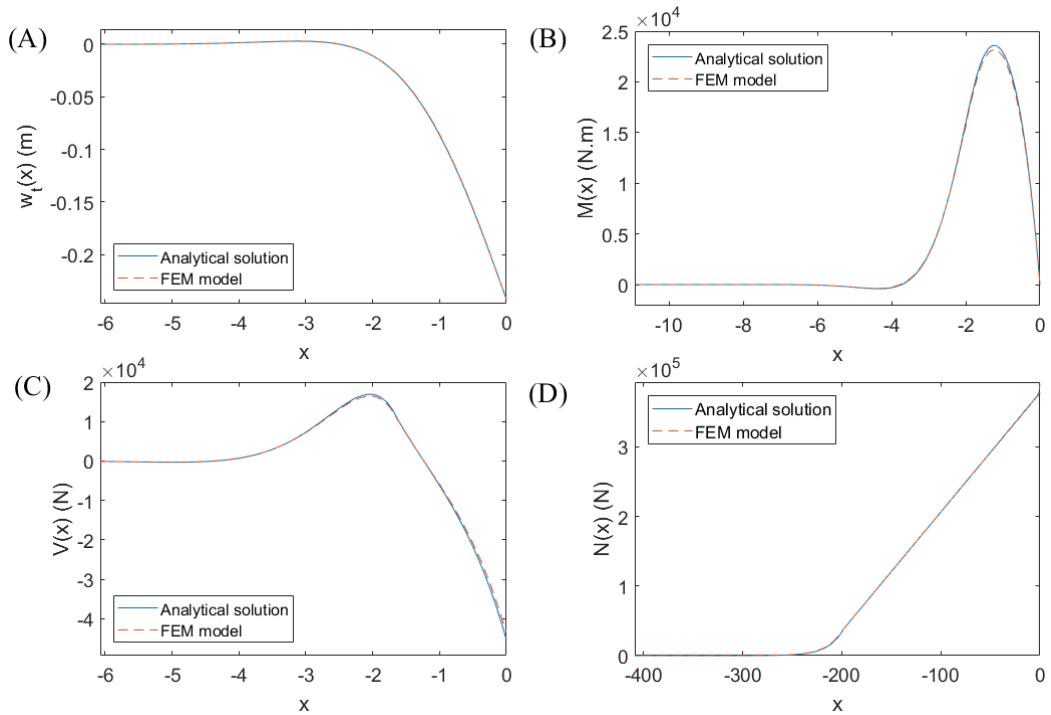
表-1 解析ケース

ケース	E (GPa)	D	k_t (MN/m ³)	k_a (MN/m ³)	w_{ty} (m)	w_{ay} (m)	φ	δ
1	200	0.1143 (4")	20	6	0.026	0.0025	45°	2D

3. 得られた成果

横ずれ断層の際は、パイプラインは断層面に対して対称に変形するため、左側のみ解析を行った。妥当性の検証のために、提案した解析的手法と真値と仮定する FEM の結果を図-3 に示す。図-3 より、新たな解析的手法によって得られた結果は FEM の結果と細部まで一致していることがわかる。本手法は、管軸方向の力を正確に考慮したことに大きな特色がある。さらに、様々なパイプの大きさや断層変位量、断層角度など多くのケースで解析的手法と FEM 解析の結果を比較し、解析的手法の妥当性を確認することができた。

ここで結果を提示した手法は、解析的に FEM と同程度の精度を有する信頼性の高い手法であることが分かった。本手法は非線形性を考慮した FEM 解析の妥当性の検証や初期設計に使用できる可能性もある。さらに断層を横断する地中埋設管の簡易設計手法へつながる可能性も秘めている。



(A) パイプの変位 (B) パイプの曲げモーメント (C) パイプのせん断力 (D) パイプの軸力
図-3 横ずれ断層を横切る地中埋設管に対する提案解析手法と FEM モデルによる結果の比較

4. 謝辞

本研究は配水用ポリエチレンパイプシステム協会からの委託研究として執り行われたものです。研究遂行にあたり、理論計算を担当した当研究室博士課程学生 Farzad Talebi 君、および配水用ポリエチレンパイプシステム協会関係者各位に心より感謝申し上げます。