断層の影響を受ける埋設パイプラインの解析

早稲田大学大学院理工学研究科　学生会員　菊池俊則
同上　フェロー　清宮　理

１．はじめに

埋設パイプラインは土を介して地震の影響を受ける。地震動に対するパイプラインの耐震性については従来から多数の研究がなされている。地震動以外にも兵庫県南部地震における野島断層のように、断層のずれによるパイプラインの被害も起きている。活断層が多数存在する日本では、埋設パイプラインが図１のように断層を横切る可能性は極めて高い。この断層の動きに対して埋設パイプラインの安全性が求められている。本研究では、有限要素法により表層地盤を平面ひずみ要素で、パイプラインを梁と仮定して、縦ずれ断層と横ずれ断層の断層変位を強制変位として基礎面に与え、パイプラインの断面力について評価したので、この結果について報告する。

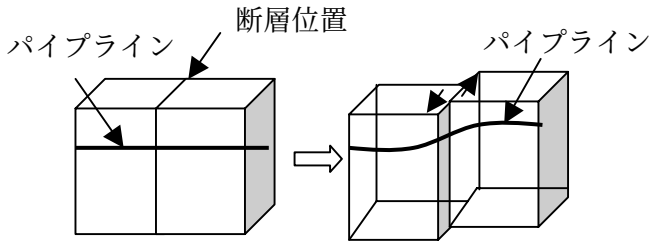

図１　地震前後の横ずれ断層と
埋設パイプラインの関係

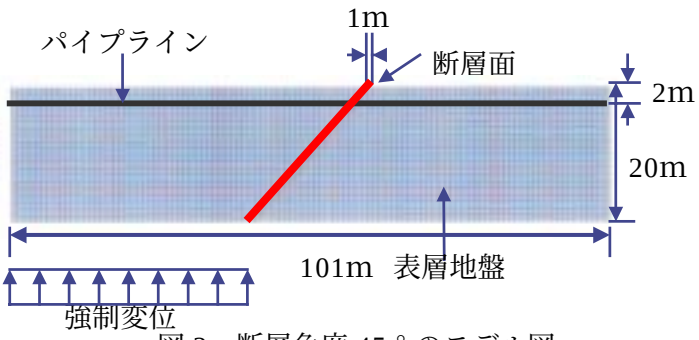

図２　断層角度 45 ° のモデル図

２．解析モデル

表層地盤の深さ 2mのところに長さ 101mのパイプラインが埋設されていると想定する。表層地盤の断層の状況については不明な点が多いが、今回、直線的な断層面が表層地盤に生じると仮定し、断層面の方向を変化させた。また、すべり面の性状についても不明な点が多いが、今回ある一定幅のすべり層を設けた。すべり層は計算モデルの中央に設定する。表層地盤内での断層の幅を 1mとし、水平面に対する断層の角度を 45 °、63.3 °、90 ° の 3 種類のモデルを作成した。さらに、断層の角度が 90 ° で断層面の無いモデルと横ずれ断層のモデルの 2 種類を作成した。パイプラインは節点数 102、要素数 101 の２次元梁要素で置換した。パイプラインは、口径 101.6ｃｍ、肉厚 1.91ｃｍである。材質は、ＡＰＩ　5Ｌ　Ｘ80 で、ヤング率 2.1×10^{8} ｋN/m²、ポアソン比 0.3、降伏応力 58.9×10^{4} ｋN/m² とし、材料非線形性を考慮した。したがってパイプの降伏曲げモーメントは 8614ｋN・mで、塑性曲げモーメントは 11179ｋN・mとなる。表層地盤は比較的軟弱な砂質土で構成されており、表層地盤厚を 20mとして、土質定数としてヤング率 1.0×10^{4} ｋN/m²、ポアソン比 0.3、単位体積重量 2.0×10 ｋN/m³ とし、弾性体として扱った。断層位置に比較的軟弱な層をいれ、その層のヤング率を周辺地盤の１/10 程度を想定し、1.0×10^{3} ｋN/m³ とした。以上のような条件で、断層をはさんで基礎面の一方を固定、もう一方を鉛直方向に逆断層として 2mの強制変位を与えた。

３．解析結果

図３に断層の角度 45 °、63.3 °、90 °、断層面なしの最大曲げモーメントを示す。強制変位量が増加するに従い最大曲げモーメントは増加した。断層の角度が 90 ° のとき断層変位が 0.5m 程度でパイプは曲げ降伏

キーワード：パイプライン、断層、有限要素法、強制変位量
連絡先　〒169－8555　東京都新宿区大久保 3-4-1　51 号館 16F－01　TEL & FAX.03-5286-3852

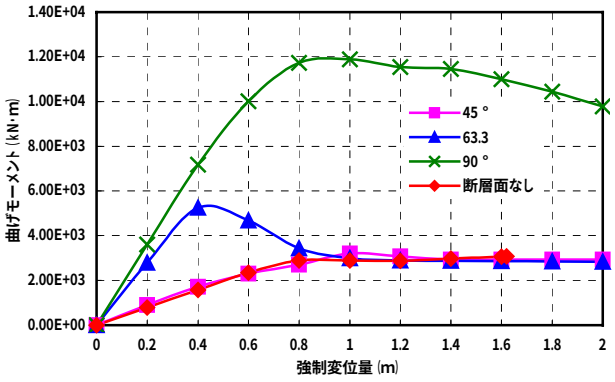

図３　最大曲げモーメント図

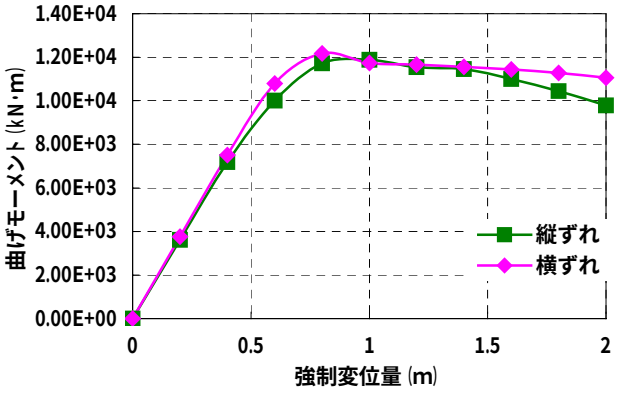

図４　最大曲げモーメント

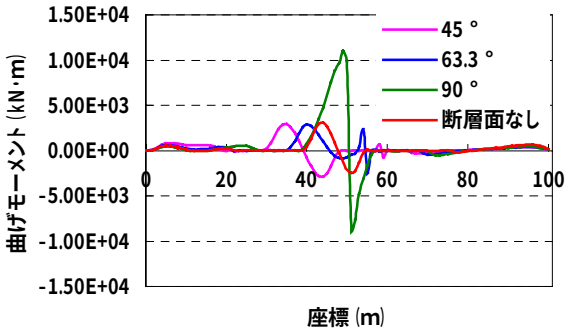

図５　曲げモーメント分布図

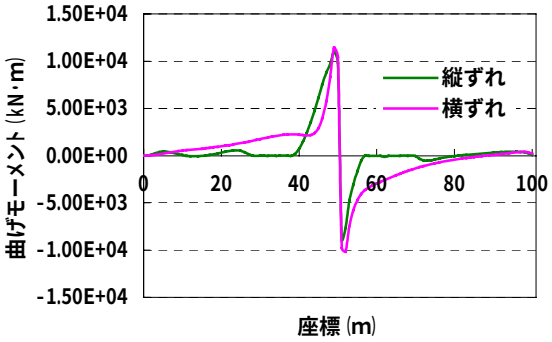

図６　曲げモーメント分布図

した。一方 45 °、63.3 °、断層面なしのときは 2.0m 滑ってもパイプは降伏せず、曲げモーメントが 3000kN·m付近で横ばいになった。断層の角度が緩いほどパイプラインの断面力にとっては影響が小さくなり、断層面が無い場合も影響が小さくなった。図 4 に縦ずれ断層と横ずれ断層の最大曲げモーメントを示す。強制変位量の増加に伴い、両者の差が大きくなった。図 5 及び 6 に強制変位を 1.6m与えたときのそれぞれのモデルにおける曲げモーメントのパイプライン軸方向の分布図を示す。角度が急な場合は、パイプライン軸方向の変形が急になり曲げモーメントが断層面近傍で大きく、ピークが鋭くなることがわかる。角度が小さい場合と断層面の無い場合は曲げモーメントの分布が鋭くなく、全体に広がった状態となった。横ずれは縦ずれよりもピークが鋭く、パイプライン全体に影響を与えている。

４．結論

断層の角度が 90 ° の場合は横ずれ、縦ずれに関係なく、強制変位量が 0.5m程度のとき、鋼材の降伏が起こることがわかった。45 °、63.3 °、断層面なしの場合は 2.0mの強制変位を与えても、鋼材の降伏しなかった。断層の角度と断層面の有無がパイプラインの断面力に与える影響が大きいことがわかった。最大曲げモーメントは、断層の角度が 45 °、63.3 °、90 °、断層面なしのいずれの場合も断層の位置付近に発生したが、角度が緩くなるに従って曲げモーメントに関して影響範囲は広がる傾向があった。横ずれの場合は縦ずれに比べ、断層面近傍だけでなく、パイプライン全体に影響があった。

今回の研究では、表層地盤を線形性として取り扱ったが、実際には非線形性である。今回の解析結果をもとに、埋設パイプラインの断面力を低減する対策、地盤とパイプ間の取り扱い、すべり層の考え方等について今後検討していきたい。

5.参考文献

（１）佐藤　良輔；日本の地震断層パラメター・ハンドブック　　鹿島出版会　　1989 年

（２）東　宏城、清宮　理；断層を横切る海底パイプラインの安全性評価
第２回構造物の破壊道程の解明に基づく地震防災向上に関するシンポジウム、ｐｐ．147～152