

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直接受けることになる。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。

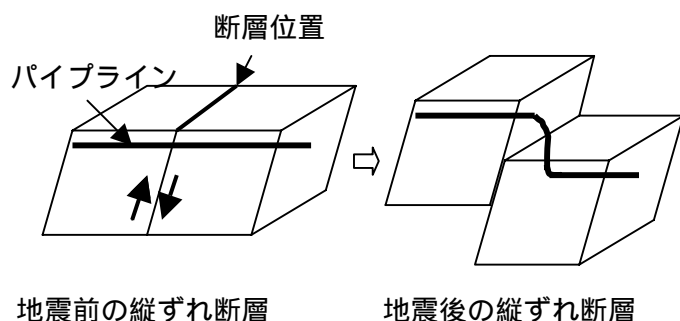


図1 地震前後の断層と埋設パイプラインとの関係



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、かつそ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。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8614 kN・mで、塑性曲げモーメントは11179 kN・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、密度 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 1.0×10^3 kN/m³にした。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0.5m、1m、2mと順次、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°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する傾向があった。断層の角度が90°のとき断層変位が0.6m程度でパイプは塑性化した。一方45°のときは2.5mすべてパイプは降伏しなかった。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る。図4に強制変位を0.6m与えたときのそれぞれの角度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

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

ークが鋭くなることわかる。角度が小さい場合は曲げモーメントの分布が鋭くなり、全体に広がった状態となった。図5に強制変位を0.6m与えたときのそれぞれの角度におけるパイプラインの変位分布図を示す。図6、図7、図8に強制変位量2mを与えたときのそれぞれの角度における表層地盤内の変位分布を示す。地表面で影響範囲は、40m程度で角度が急なほどやや長くなった。

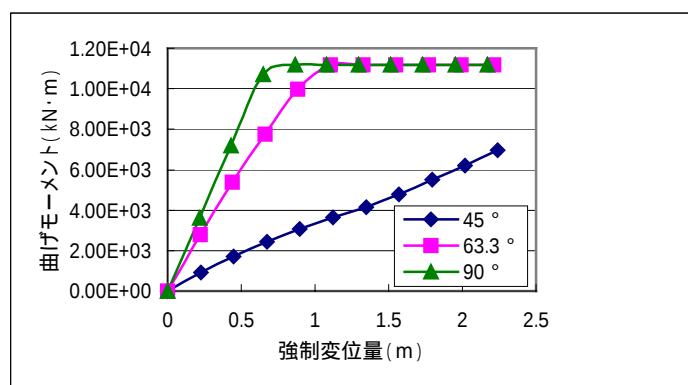


図3 最大曲げモーメント図

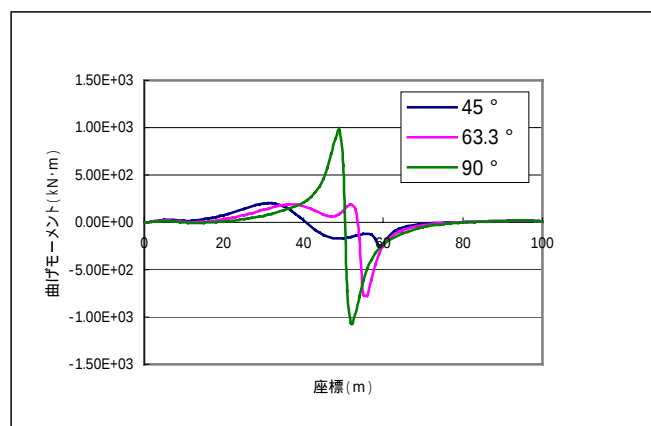


図4 曲げモーメント分布図

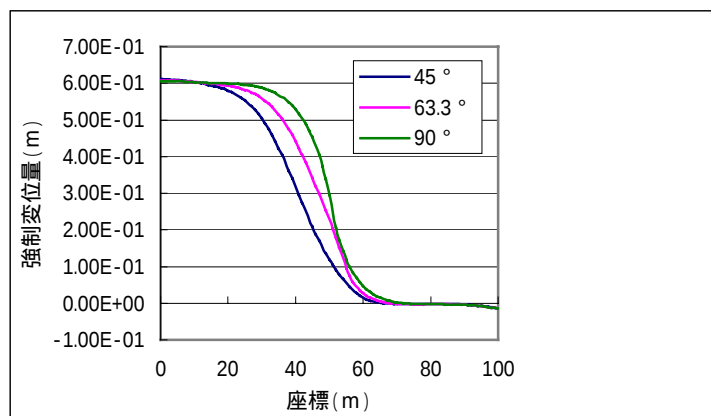


図5 変位分布図



図6 断層角度 45° の表層地盤変位分布図



図7 断層角度 63.3° の表層地盤変位分布図



図8 断層角度 90° の表層地盤変位分布図

4. 結論

断層の角度が90°の場合は、強制変位量が0.6m程度するとき、鋼材の降伏が起こることがわかった。63.3°の場合は、強制変位量が1.0m程度するとき、鋼材の降伏が起こった。45°の場合は2.5m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°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。

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ーター・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地表内の安全性評価
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