

断層変位を受ける埋設ガス導管の大変形解析

大阪ガス 正会員 小川 安雄 藤田 祐介 正会員○矢納 康成
 構造計画研究所 正会員 倉掛 猛 川上 誠

1. はじめに

1999年9月21日に発生した台湾集集地震では、台中より南に約10kmの地点に位置する烏溪橋で、逆断層によりガス導管が屈曲変形した事例が報告された¹⁾。この屈曲変形は100A導管では3ヶ所が屈曲する山形変形（写真1）200A導管では2ヶ所が屈曲するZ形変形（写真2）が確認された。本検討は、埋設ガス導管がこのような大規模な断層変位を受ける時の解析手法を確立することを目的とした。

検討は、変形が観測された100A及び200A導管を対象とした。解析は非線形有限要素法による大変形座屈解析を行った。解析に用いたプログラムは汎用構造解析プログラムADINA²⁾である。

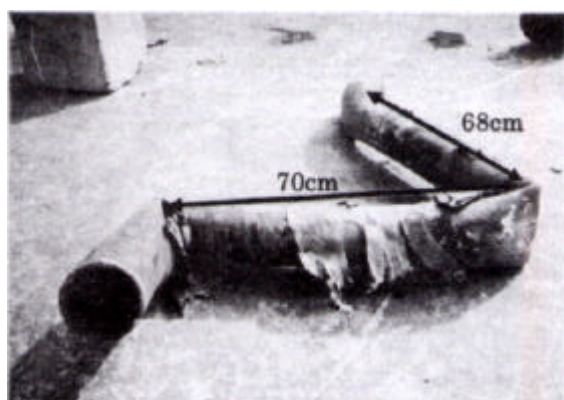


写真1 - 100A



写真2 - 200A

2. モデル化

(1) 有限要素モデル

解析モデルは、図-1に示すような3次元モデルを用いた。モデル中に断層を想定し、片側の地盤は断層変位と共に隆起し、もう片側は隆起しない地盤として固定とした。導管は2節点のパイプ要素でモデル化し、断層付近では分割長さを細かくとり、それ以外では分割長さを大きくとった。

パイプ要素の各節点にはX,Y,Z方向の地盤バネを設定した。

(2) 荷重・境界条件

隆起側の地盤バネに断層変位を与えた。導管両端の境界条件は、隆起側には地盤の半無限状態を表現する断層変位を与え、隆起しない側の端部は固定条件とした。

(3) 材料モデル：導管

導管は弾塑性モデルを適用した。また、導管屈曲部分の耐力低下を表現するために、高圧ガス導管液状化耐震設計指針³⁾に基づき最大曲げモーメントと屈曲角度との関係を用いて屈曲角度に達した時点で屈曲部の要素を削除した。

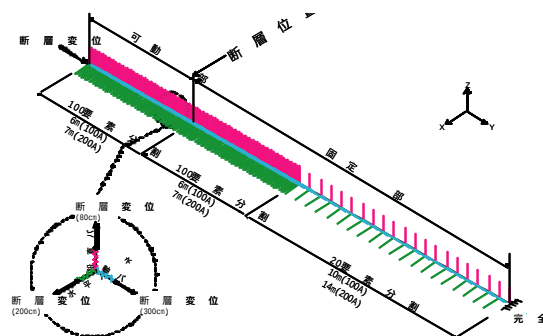


図-1 解析モデル

キーワード： 台湾集集地震、断層変位、ライフライン、非線形有限要素法、座屈解析

連絡先 〒541-0046 大阪市中央区平野町 4-1-2 大阪ガス(株) 技術部 土木建築技術チーム TEL06-6205-4592

（４）材料モデル：地盤バネ

当該地点での詳細な地盤物性値は不明であるためN値を推定し地盤バネの設定を行った。X,Y,Z 方向の地盤バネは高圧ガス導管耐震設計指針⁴⁾及び高圧ガス導管液状化耐震設計指針³⁾に基づき非線形バネとした(図 - 2)。

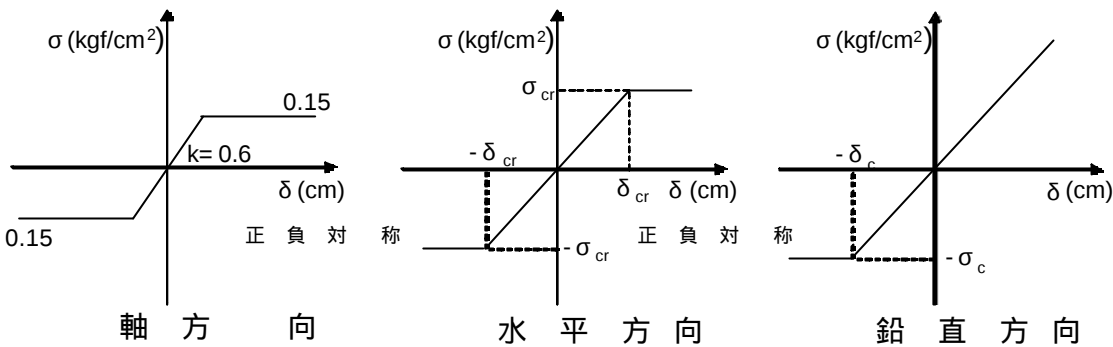


図 - 2 地盤バネ

3．解析結果

断層の変位過程での 100A 導管と 200A 導管の変形挙動を図 - 3 および図 - 4 に示す。



図 - 3 100 A 導管の変形図



図 - 4 200 A 導管の変形図

限界曲げ角度の算定は、高圧ガス導管耐震設計指針⁴⁾で採用されている限界曲げ角度の式より計算した。

表 - 1 限界曲げ角度と限界曲げ角度に達した時点での断層変位

	限界曲げ角度	軸変位	水平変位	鉛直変位
100A	62.36 (度)	123.0 cm	82.0 cm	32.8cm
200A	53.10 (度)	126.0 cm	84.0 cm	33.6 cm

4．考察

解析により得られた導管の変形パターンは台湾集集地震でのガス導管の被害状況と概ね良い一致を示した。すなわち、100A 導管は 3 ヶ所で屈曲する変形を形成し、200A 導管は 2 ヶ所で屈曲する変形を形成した。これにより、本検討で提案した解析手法は大規模な断層変位を受ける埋設導管の屈曲変形を解析するのに妥当な手法であることがわかった。しかしながら、今回の解析で適用した地盤材料、断層変位、パイプ要素削除方法、地盤バネ削除方法など、仮定事項に関し今後さらに検討を進める必要がある。

参考文献

1) 1999 年集集(台湾)地震調査報告書 - ガス輸送導管関連 - 2000 年 4 月集集(台湾)地震ガス導管調査団
2) ADINA R&D,Inc., ADINA Theory and Modeling Guide,Report ARD 00-7,August 2000
3) 高圧ガス導管液状化耐震設計指針 2001 年 12 月 (社)日本ガス協会 ガス工作物等技術基準調査委員会
4) 高圧ガス導管耐震設計指針 2000 年 3 月 (社)日本ガス協会 ガス工作物等技術基準調査委員会