

断層を横切る地中有継手埋設管の挙動解析

金沢大学大学院自然科学研究科
金沢大学工学部
金沢大学大学院自然科学研究科

○中山栄作
正会員 宮島昌克
フェロー 北浦 勝

1. はじめに

1999 年台湾・集集地震において、断層運動により生じた地表地震断層は、ライフライン施設など多くの社会基盤構造物に極めて甚大な被害を及ぼした。断層変位は鉛直方向で最大 9m にも達し、各地でライフラインが寸断された。管路破損の形態の多くは、継手部の抜け出しや衝突破損などであり、断層近辺の配管の被害が特に多かったとされている。地表の変位が数 m に達した場合、構造物の破壊を防ぐことは不可能と考えられてきた。しかし、活断層が数多く存在する地域では、断層変位に対するライフラインの強度を向上させることや被害地点を把握することは、被災時の早期復旧のために重要となる。

そこで本研究では、表層地盤変位と地中埋設管の破壊形態の関係を探ることを目的として、断層を横切る地中有継手埋設管の挙動解析を行った。

2. 解析方法・条件

解析には応答変位法を用い、管路と地盤との相対変位が地盤ばねを介して管路に作用するものとする。図 1 に解析モデルを示す。管路は弾性床土上の梁として、3 方向の連続した非線形の地盤ばねで支持されており、継手は回転ばねと伸縮ばねによって表現されるものとする。管路継手を表す継手ばね定数についても非線形を考慮した。計算方法としては、修正マトリックス法を用いた。

解析対象とする管路は、長さ 5m の直管 20 本が A 型継手によって連結されている 100m の直線管路とした。管体はダクタイル鋳鉄管、呼び径 100mm、土被り 1.5m である。

管路に入力する地盤変位としては、図 2 に示すようなモデルを考える。管路の左端から 50m の地点までについて、鉛直方向には 1m、管軸方向には 0m、1m、-1m の一様な変位を与える。すなわち、表 1 に示すように傾斜角が 90 度、45 度、135 度の場合の 3 通りによる解析を行い、傾斜角の違いによる管路の応答値の比較を行った。今回は、断層運動に基づく表層地盤変位の影響のみを考えるため、地盤震動による地盤変位は考えていない。

本解析における管路端点の境界条件としては、管と地盤が同一の変位をするように、すなわち管と地盤の相対変位がゼロとなるように設定している。また、荷重分割法の考え方を用いているため、入力地盤変位を 50 分割にして管路に作用させている。

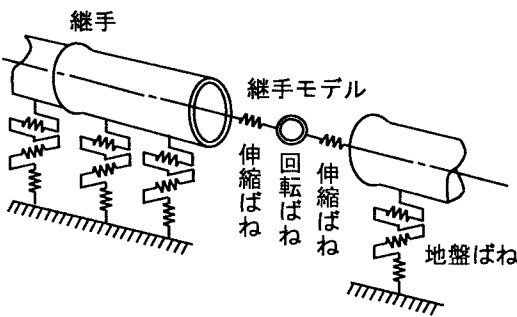


図 1 解析モデル

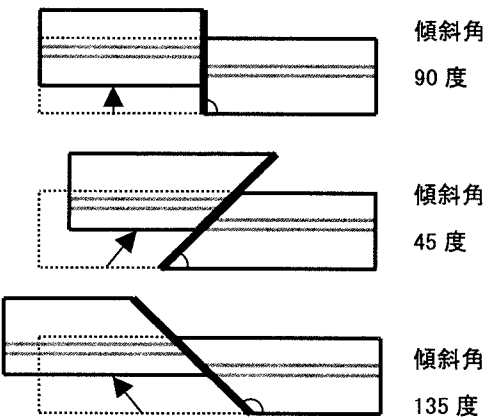


図 2 表層地盤変位のモデル

表 1 入力変位

傾斜角	垂直変位	管軸方向変位
90 度	1m	0m
45 度	1m	1m
135 度	1m	-1m

3. 解析結果と考察

図3～図7に各応答値を示す。図3によれば、鉛直方向の応答変位はすべて同じ値となっている。図4によれば、管軸方向の応答変位については、45度の場合、直線状となり100m地点で収束しているが、135度の場合では、50m地点で段差を描く形となっている。その結果、45度の場合では、地盤と管路の相対変位が大きくなり、図5に示すように、軸力は圧縮の許容値(177tonf)を大きく上回り、約400tonfという大きな値を示した。このため、どの部分でも突込みによる破壊が生じる可能性があると言える。145度の場合も、50m地点では軸力の引張りの許容値(0.11tonf)を超えているため、引き抜けと判断できる。

図6と図7において、せん断力と曲げモーメント・屈曲角も3通りの解析で同じ値となっている。それぞれ50m地点で急激に上昇しているが、その影響は50m地点の両側の管体1本分である5m程度で収まっている。これは継手が各状態量を吸収した結果であると言える。曲げモーメントを見ると、ほとんどゼロになっている箇所は、管路の継手位置であり、管路の継手において曲げモーメントが低減されていることを表している。

4. おわりに

今回の解析では、表層地盤変位の傾斜角の違いによる地中有継手埋設管の破壊形態の違いを比較した。今回の結果をまとめると以下のようなものである。

- 1) 管軸方向で管路が圧縮する方向に変位が加わると、軸力の上昇により管路の破壊範囲が広がる。一方、引張りの方向では管路の抜け出しが発生し破壊範囲は大きくならない。
- 2) 一様な鉛直方向の変位は、管路の破壊には影響するが、管路の破壊範囲には影響しない。

今後は、入力する地盤変位について、地表断層の破壊形態を考慮した解析が必要である。

参考文献

- 1) 高田至郎：ライフライン地震工学，共立出版，1991。
- 2) 生田目尚美：上水道管路の地震応答に関する研究，平成9年度金沢大学修士学位論文，1998。

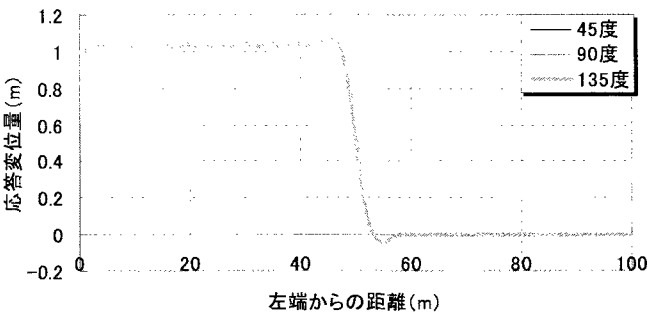


図3 応答変位量（鉛直方向）

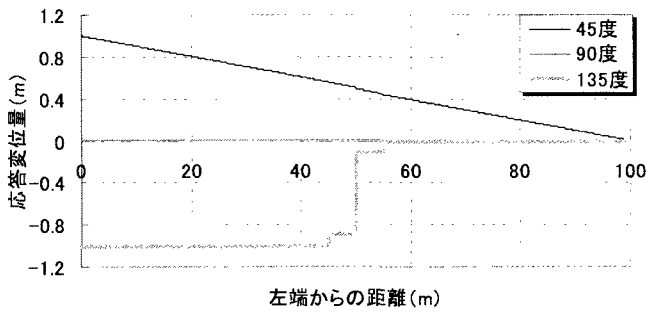


図4 応答変位量（管軸方向）

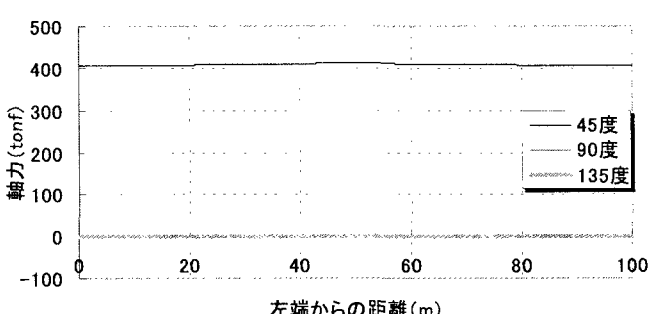


図5 軸力図

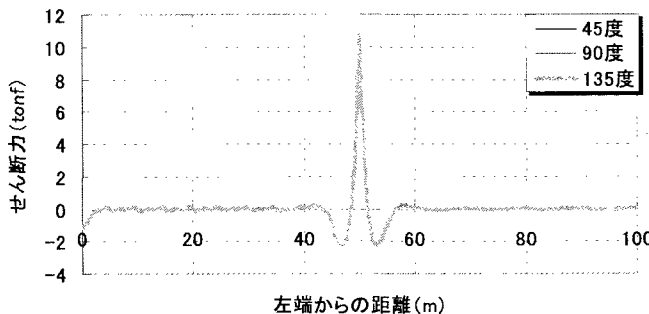


図6 せん断力図

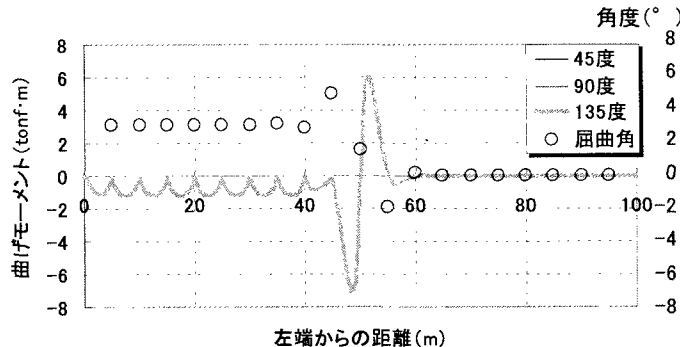


図7 曲げモーメントと屈曲角