

活断層地形における地盤変状ベクトルと 管路挙動解析

高田至郎¹・李騰雁²・福田克己³・棚橋隆司⁴

¹フェロー 工博 神戸大学教授 工学部建設学科 (〒657 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

²正会員 工博 神戸大学助手 工学部建設学科 (〒657 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

³学生員 工修 神戸大学大学院 自然科学研究科 (〒657 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

⁴非会員 工修 住友金属工業 エネルギー導管技術部 (〒541 大阪市中央区北浜4-5-33)

1995年1月に発生した兵庫県南部地震においては、既存の活断層周辺地域においてもガス管や配水管などの地中管路が大きな被害を受けた。これらの被害原因については傾斜地形や地盤の永久変位による管路被害も一つの要因として考えられる。本文では、兵庫県南部地震によるガス管被害を対象として地震による変状変位と被害との関連について分析を行うとともに、傾斜地形や地盤の永久変位による管路の応答を管路地震応答計算プログラム(ERAUL)を用いて解析を行った。

その結果、地震による変状変位によって生じる地盤ひずみが管路被害に非常に影響を及ぼすことが知られた。

key Words : *inclined topography, permanent displacement, buried pipes, fault topography, principal strain*

1. はじめに

兵庫県南部地震により上水道、ガスなどのライフライン施設は甚大な被害を受けた。液状化地域や軟弱地盤地域などはもちろんのこと、従来はあまり注目されなかった六甲山地周辺の活断層が存在している地域でも、地中管路の被害は顕著であった。国内には多数の活断層が存在しており、活断層の影響を考慮した地中管路の耐震性の検討が必要とされる。本文では、神戸市の長田・会下山断層周辺に着目し、断層地形における地盤の変状変位がガス管被害へ与える影響について分析し、さらにモデル化による解析から考察を行う。

2. 地盤の変状変位と管路被害との関連

本節では、兵庫県南部地震で被災したガス管被害について、地盤の変状変位との関連について分析する。対象とする地域は、会下山断層周辺の約2km四方の地域である(図-1)。兵庫県南部地震前後における航空写真測量より50mメッシュ毎の変状変位、主ひずみ等

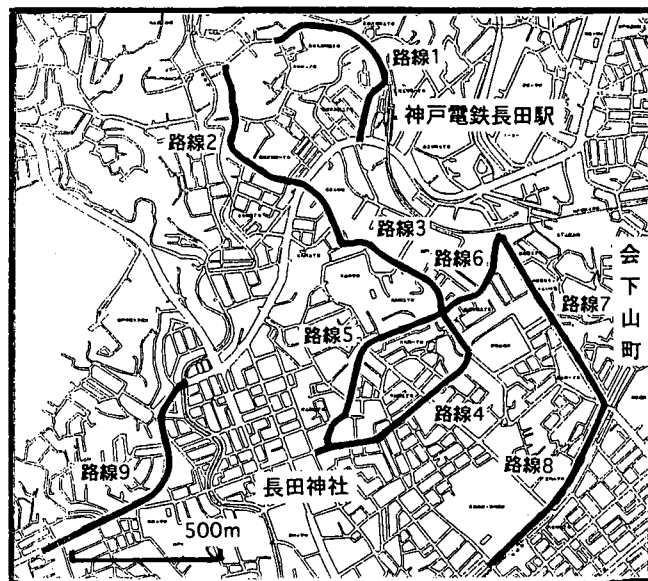


図-1 会下山地区の解析対象地域

を作成した。50m毎の水平方向の変状ベクトルを図-2に示す。図-2よりこの地域は地震により全体的に山側から海側に変位していることがわかる。また断層に挟まれた地域においては地盤変状が非常に複雑に入り組

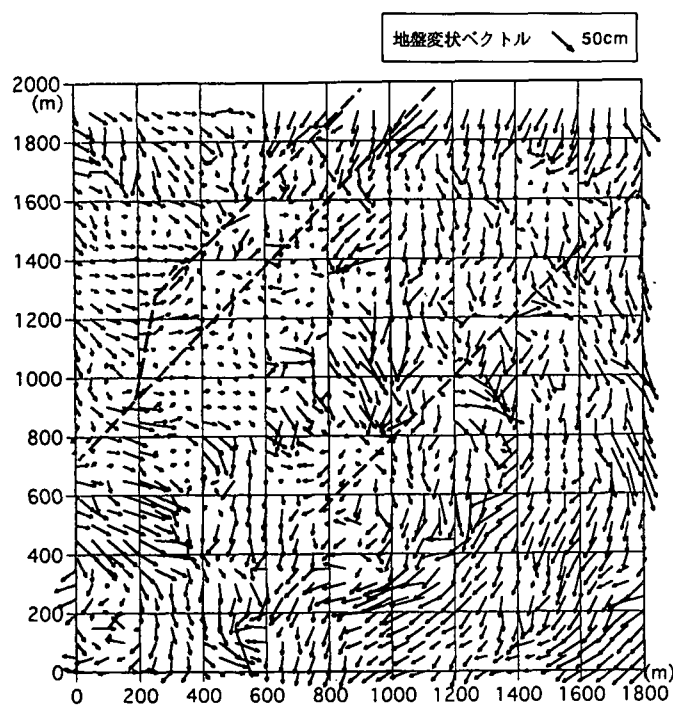


図-2 会下山地区の水平変位ベクトル

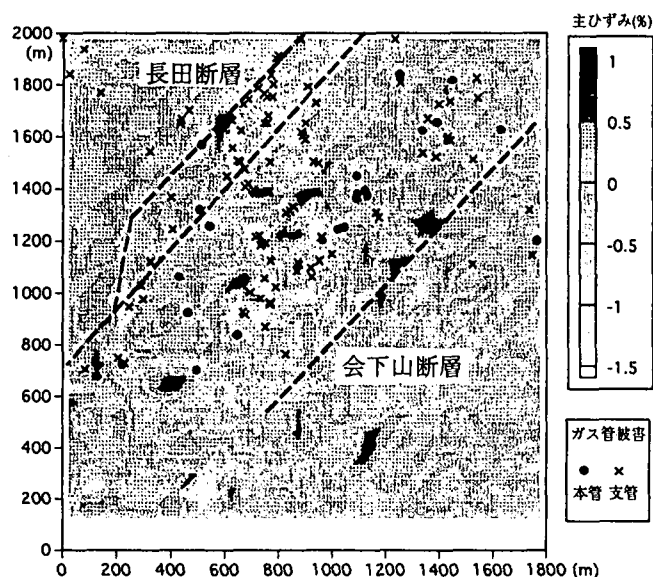


図-3 主ひずみとガス管路被害

んでいるのに対し、会下山断層の南側においては南もしくは南西方向に地盤が変位しているのがわかる。兵庫県南部地震の際にこれら既存の活断層が動いたかどうかは定かではないが、これらの長田・会下山断層を境として明らかに地盤変位の形態が異なっていることが、この図からもわかる。次に、これら50mメッシュの変位から作成した地盤の最大主ひずみとガス管路被害との関連を図-3に示す。図より、長田断層と会下山断層に挟まれた地域において主ひずみが高くなっていることがわかる。これは、断層地形の影響やこの地域特有の地質の不均一さによる

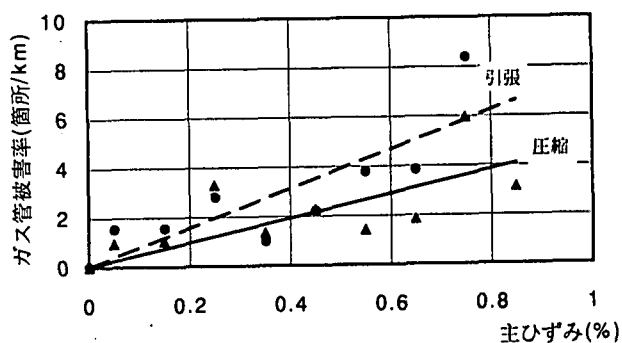


図-4 変状ひずみとガスパイプ被害率との関連

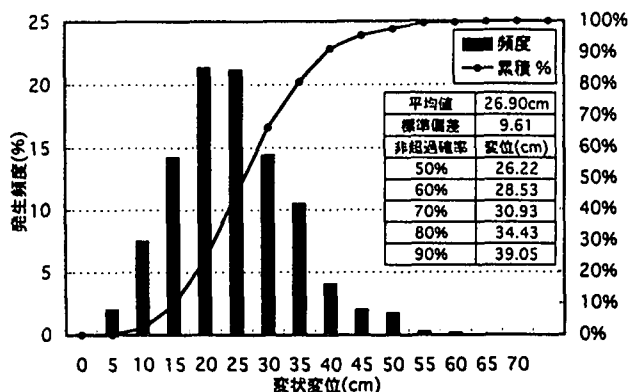


図-5 変状変位の頻度分布

地盤内部のひずみの影響を大きく受けているものと考えられる。また、地盤の最大主ひずみが大きな地域においてガスパイプの被害が顕著に見受けられる。このことは図-4からもその傾向を見ることができる。ここに、ガスパイプ被害率は主ひずみ毎のガスパイプ被害数をその敷設距離で除したものである。次に、対象地域における変状変位の頻度分布を図-5に示す。断層地形であるこの地域の地盤変位は約30~40cm程度であったといえる。地盤変位の原因として斜面の状況や地質、地形など様々な要因が考えられる。ここでは傾斜度や地質分類と地盤変位との関係について考察する。まず、傾斜度と地盤変位との関連を図-6に示す。図-6からは傾斜度と地盤変位との相関性はそれほど見受けられなかった。この主な原因として、比較的傾斜が緩やかな地域においても河川部付近などの地形的影響や軟らかい地質などの影響により地盤変位が大きくなったことなどが挙げられる。次に、地質分類別平均地盤変位との関連を図-7に示す。図から花崗岩や神戸層群などの堅固な地盤と大阪層群や沖積層などの地盤とは、明らかに地盤変位の大きさに違いがあることがわかる。

以上のことから、地震により発生した地盤の永久変位による地盤の主ひずみがガスパイプ被害と深く関連していることや地盤変位が地質に大きく関わっていることが知られた。

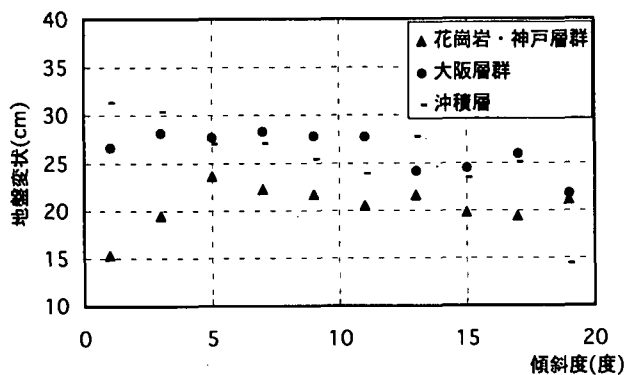


図-6 傾斜度と地盤変状との関連

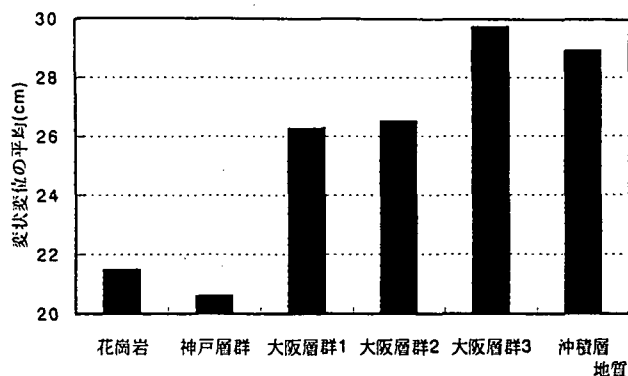


図-7 地質分類別平均地盤変状との関連

3. 変状変位を受けるガスパルの挙動

次に、これら変状変位を受ける立体管路の挙動を解析し、実際の被害と比較を行った。

解析対象地域としては、兵庫県南部地震においてガスパ被害が顕著であった会下山町付近の A から C の3地域を選定した(図-8)。3地域における地盤

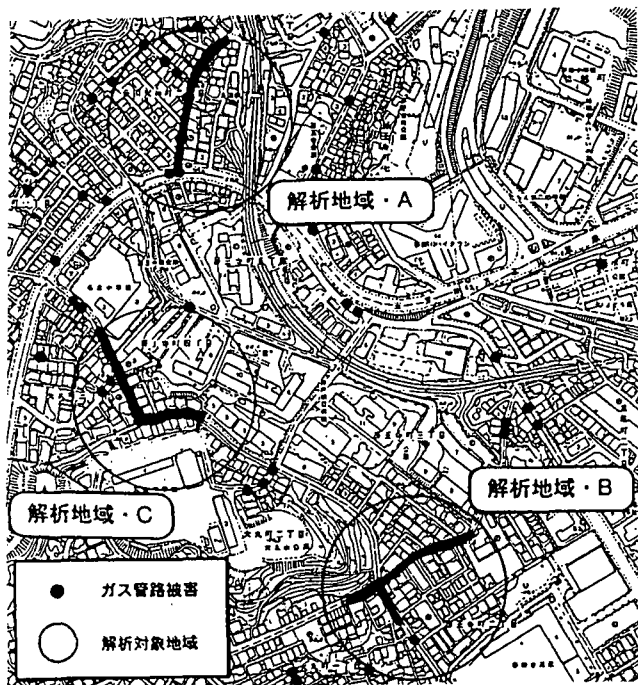
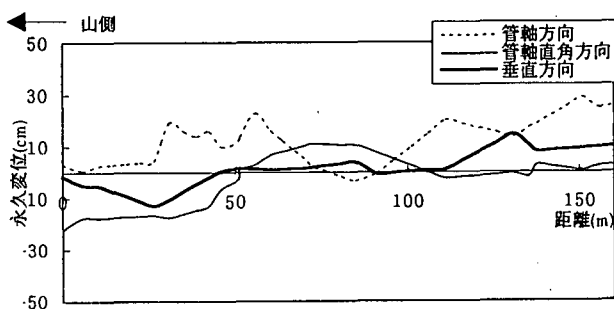
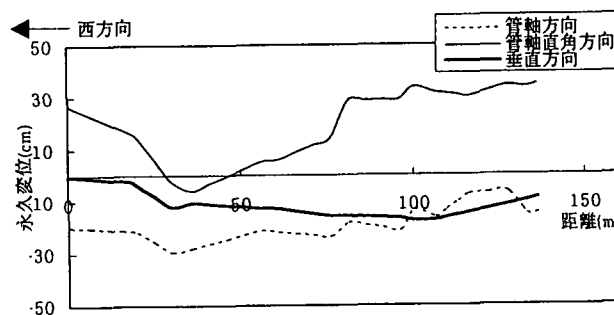


図-8 解析対象地域

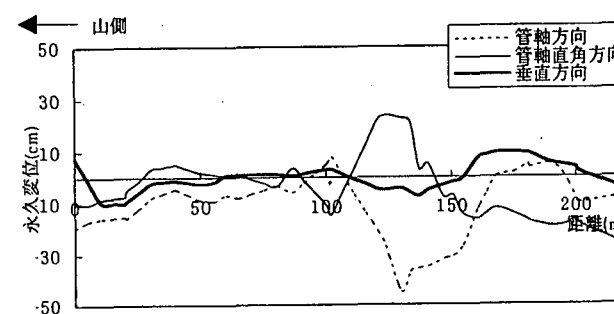
変状図を図-9に示すが、各地域における永久変位はおおむね山側から海側に向かって変位している。ガスパは3地域ともに道路下に埋設されており、3次元配管にモデル化して解析を行った。解析に使用した管路はねじ鋼管である。ねじ鋼管の継手は、おおむね5m間隔で配置されている。図-10にねじ継手の引張特性と回転特性を示す。ねじ継手の伸縮余裕は約1mm程度しかなく、約19tの引張力で破壊する。また、部材回転角は約1.8度であり、極めて耐久性の



(a) 対象地域A

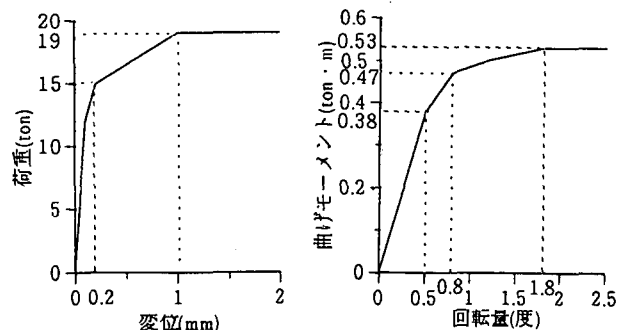


(b) 対象地域B



(c) 対象地域C

図-9 各地域の管軸方向の地盤変状図



(a) 継手引張特性

(b) 継手回転特性

図-10 ねじ継手の継手特性

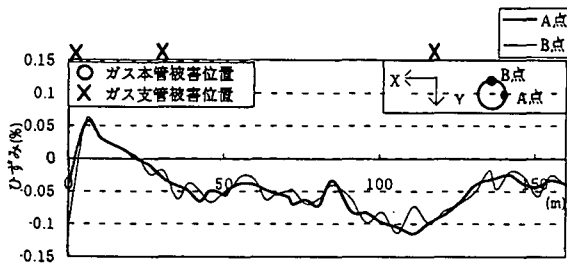


図-11 管体ひずみ分布図(A地域)

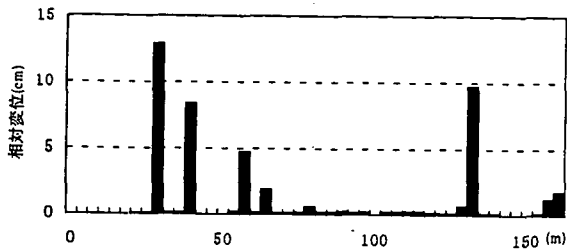


図-12 継手の相対変位(A地域)

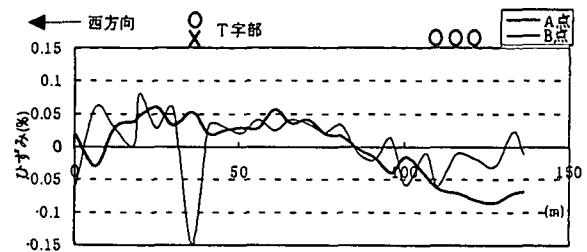


図-13 管体ひずみ分布図(B地域)

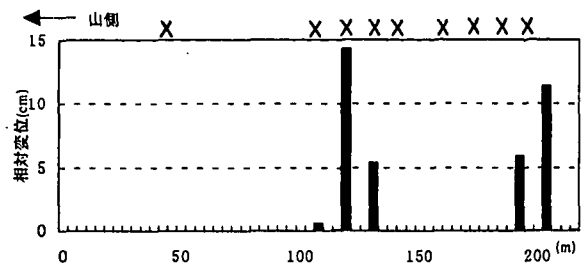


図-14 継手の相対変位(C地域)

低い継手である。地盤特性に関してはバイリニア型で設定している。管軸方向の弾性限界相対変位（すべり限界変位）は鋼管で $\delta_{cn}=0.5\text{cm}$ 、継手が存在する場合は継手の影響を考慮して $\delta_{cn}'=0.17\text{cm}$ としている。

各地域における解析結果について示す。まずA地域における管路のひずみ分布図、継手相対変位量を図-11、図-12に示す。図より管体自体のひずみは大きくないものの、被害のあった箇所において継手の抜けの変位が非常に大きくなる傾向にあるのがわかる。図-10からも、ねじ接合部自身は1mm程度で抜けや破断が生じ、接合部の引張荷重強さが管体強度に比べて非常に小さく、地盤の変位量が多い場合には管体より先に継手部分に被害が生じると考えられる。実際に継手の伸縮量が大きいところにおいて今回のガス管被害があることからこのことは明らかである。次に、T字部の配管系を有したB地域主管部における管体ひずみ分布を図-13に示す。図-13より管路のT字部周辺部における継手の伸縮量が大きくなっており、このことから異形管部であるT字部においては、管路と地盤との間に生じる相対変位がT字部に集中するために他の部分より大きなひずみを生じる可能性がある。最後に、対象地域Cにおける継手の相対変位を図-14に示す。山側から120～160mの付近では管路がS字形をしているとともに水平方向の地盤変位量が大きく、この区間において継手の相対変位が大きい傾向にあることがわかる。

4. おわりに

本文においては、兵庫県南部地震の際の神戸市の長田・会下山断層周辺の断層地形における地盤の永久変位のガス管被害への影響について分析とモデル化による解析から考察を行った。

以下に、まとめを述べる。

- ①長田・会下山断層断層周辺の地震による変状変位の解析よりこれら既存の活断層を境として明らかに地盤変位の形態が異なっていることがわかった。
- ②これらの変状変位によって発生した地盤の主ひずみがガス管被害と深く関連していることがわかった。
- ③傾斜地形における地盤の永久変位による立体配管の応答より、地盤の永久変位とガス管の被害の間には関連があることが知られた。
- ④今後、傾斜地形や地盤変位と地中管路被害に関してより詳細に検討する必要がある。

参考文献

- 1) GISによるライフライン被災分析と地域地震防災に関する研究：前田俊宏；平成8年度修士論文（1997.3）
- 2) 地盤と地震被害：田村重四郎；山海堂（1996.3）
- 3) ライフライン地震工学：高田至郎；共立出版株式会社（1991.9）
- 4) ガス地震対策検討会報告書：ガス地震対策検討会議；（1996.3）