

## B-22

# 異管種の混在状況を考慮した力学モデルに基づくガス導管の地震被害分析

18T0261W 木佐貫 康貴

指導教員：丸山 喜久，劉 ウェン

### 1. 研究背景と目的

1995年に発生した兵庫県南部地震では、多くのガス管に被害がみられ、発災直後には約86万戸が供給停止となった<sup>1)</sup>。そのガス管の被害のうちの多くは、ねじ継手鋼管の接合部(継手部)の破断が原因であった。一方、耐震管であるポリエチレン(PE)管での被害は見られなかった。このため、兵庫県南部地震以降、ねじ継手鋼管の新たな敷設量は減少し、PE管の敷設割合が高まっている。さらに、近年の地震では、PE管の敷設延長が増加するのに伴い、都市ガス導管の被害率が低減する傾向が見られている。

以上のことを踏まえると、ガス管の地震被害を分析するに当たって耐震管の敷設状況や管網の形状を考慮する必要があることがわかる。そこで、本研究ではPE管率の異なる1次元配管系の力学モデルを構築し、PE管率と被害率の関係を評価し、耐震管と非耐震管の望ましい組み合わせ方を数値解析的に検討する。

### 2. 力学モデルの構築

#### 2.1 配管モデル

配管モデルは2通り作成した。配管モデル1はガス管12本のもので、配管モデル2はガス管32本のものである。配管モデル1ではPE管を1~3本混ぜた場合についてすべての組み合わせを検討した。配管モデル2ではPE管をバランス良く等間隔に配置した場合と偏って配置した場合について3種類のPE管率で検討した。

#### 2.2 部材の力学特性

呼び径50mmのガス管を対象として力学モデルを作成した。管の外径と断面積はそれぞれ60.5mm、677mm<sup>2</sup>である<sup>2)</sup>。また、ガス管1本あたりの長さは5.5mとしている。

鋼管の力学特性として、鋼管本体よりも継手の方が小さな引張荷重で破断することから、鋼管自体は弾性としてモデル化する。弾性係数には、一般的なガス管に用いられている鋼材の値である206000MPaのみを仮定した。

ねじ継手とPE管の力学特性を図-1に示す。ねじ継手は中圧ガス導管耐震設計指針に掲載されている実験データ<sup>3)</sup>、PE管は2008年に志村・富永らによって行われた実験データ<sup>4)</sup>を参照し、応力-ひずみ関

係をバイリニアモデルで近似している。なお、ねじ継手は、ひずみが約0.022に達したところで破断する。

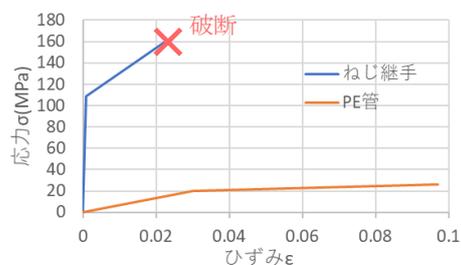


図-1 ねじ継手とPE管の応力-ひずみ関係

#### 2.3 想定した地盤変位

本来、地盤中にある構造物の地震応答は地盤と構造物の動的相互作用を考慮して求められるものである。しかし、管路などの地中構造物は単位当たり長さの質量が小さいので、その固有周期は対象とする地震波の卓越周期よりかなり小さいため動的影響が少ない。そのため地中管路の地震応答解析では、まず管路埋設地点での地盤変形を求め、地盤ばねを介して管路に伝達する解析法が用いられる。この手法は応答変位法<sup>5)</sup>と呼ばれ、本研究でもこの手法を用いた。本研究では、高圧ガス導管耐震設計指針<sup>6)</sup>を参考に、地盤ばね係数 $6.0 \times 10^{-3} \text{ N/mm}^3$ 、等価地盤拘束力 $1.96 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^2$ を用いた。

配管モデル1に与える地盤変位分布は図-2のように正弦波の半波長のように設定した。地盤変位の振幅はガス管がすべてねじ継手鋼管の場合、継手が1か所破断するような変位を与えた。

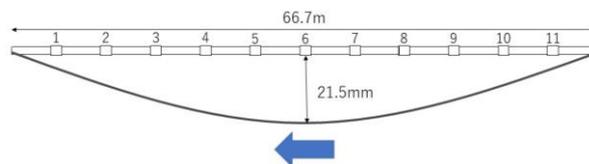


図-2 配管モデル1の地盤変位分布

配管モデル2に与える地盤変位は、高圧ガス導管耐震設計指針のレベル1地震動に対する耐震設計に関する指針を参照し、図-3のように正弦波の1波長分となるように設定した。波長は地盤ひずみが最大となるものを仮定し、その長さは約175mである。また、地盤変位の振幅は、27.4mmである。

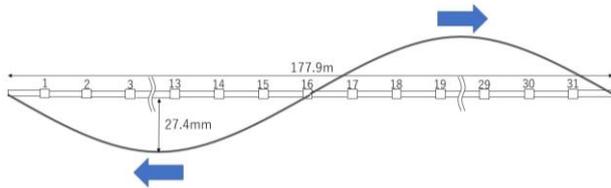


図-3 配管モデル 2 に与える地盤変位分布

### 3. 解析結果

#### 3.1 配管モデル 1

図-4 に配管モデル 1 のときの PE 管率と破断率の関係を示す。PE 管率 8.3% のときの破断率は 58.3%，PE 管率 16.7% のときの破断率は 31.8%，PE 管率 25% のときの破断率は 15.9% となり，PE 管率が高くなるにつれて管路の破断率が下がることが確認できた。

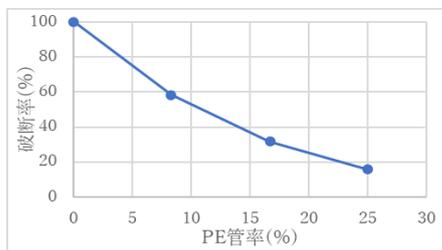


図-4 PE 管率と破断率の関係 (配管モデル 1)

表-1 に、PE 管が 2 本混在している場合について、PE 管の配置場所と破断率をまとめる。PE 管が 2 本とも図-2 の 6 番の継手より左側にあるすべてのケースで破断した。一方、PE 管が 2 本とも 6 番より右側にあるすべてのケースで破断しなかった。PE 管が 6 番より左と右の両側に 1 本ずつある場合で破断したのは 6 パターンあった。この 6 パターンはいずれも相対変位のもっとも小さい 6 番と 7 番の継手の間の管が PE 管の場合で、PE 管の特性である伸び性能が高いということが発揮されなかったためと考えられる。また、PE 管が 1 本や 3 本の場合でも、同様の傾向であった。

表-1 PE 管の配置場所と破断率

	総数	破断した数	破断率
PE 左側のみ	15	15	100.0
PE 両側	36	6	16.7
PE 右側のみ	15	0	0.0
計	66	21	31.8

#### 3.2 配管モデル 2 の結果

配管パターン 2 において、すべてのガス管がねじ継手鋼管の場合、2.3 節のような地盤変位を入力すると 2 か所の継手が破断した。表 2 に PE 管の配置方法と破断状況をまとめる。等間隔に PE 管を配置した場合は、PE 管率が 12.5% のとき効果が薄く鋼管のみの場合と破断状況は変わらなかった。しかし、

PE 管率 25%，37.5% のときは破断しなかった。配管モデル 1 のときと同様に PE 管率が高くなると被害が起りにくくなることがわかった。

一方、PE 管を偏って配置した場合の結果をみると、片側の端にかためて配置した場合と両側の端にかためて配置した場合は、PE 管率に関わらず 2 か所が破断し、PE 管の効果はみられなかった。これは、鋼管が連結されている距離が長い区間が存在するため、鋼管のみの配管モデルと同じような結果を示したものと考えられる。しかし、PE 管を中央にまとめて配置した場合は、どの継手も破断しなかった。これは、PE 管が配置された中央部分がかもっとも相対変位が大きい場所であったため、PE 管のもつ伸び性能が発揮され被害が発生しなかったと考えられる。

表-2 PE 管の配置状況と破断状況

	破断数		
	12.5%	25%	37.5%
等間隔	2	0	0
片端に偏り	2	2	2
中央に偏り	0	0	0
両端に偏り	2	2	2

### 4. まとめと今後の展望

本研究では、1 次元配管系の力学モデルを構築し、PE 管の配置状況がガス導管被害に与える影響を数値解析的に検討した。小規模な配管モデルを用いて PE 管率と被害率の関係を評価すると、PE 管率が上昇するほど被害率が減少することが確認できた。また、比較的大規模な配管モデルで PE 管とねじ継手の配置状況と破断状況の関係性を評価すると、等間隔に PE 管を設置することで、同じ PE 管率でも偏って PE 管を配置するときよりも高い効果が得られることがわかった。

今後は現在の配管モデルよりも大規模なモデルを構築し、実地盤の状況を反映した地盤変位を想定した数値解析を実行する予定である。また、ガス導管網における PE 管の効果を定量的に明らかにすることによって、ガス導管の地震被害低減に貢献することを目指す。

#### 参考文献

- 1) 能島暢呂：阪神・淡路大震災における電力・ガス施設の被害と復旧，安全工学，阪神・淡路大震災特集号(その 2)，pp.50-56，1996。
- 2) 西尾宣明：ポリエチレン管の耐震性評価と寿命評価，配管技術，1997
- 3) 一般社団法人日本ガス協会：中低圧ガス導管耐震設計指針，2020。
- 4) 志村俊樹，富永直人：ガス用ポリエチレン管の耐震性に関する研究，PipeTech Vol. 12，2008
- 5) 高田至郎：ライフライン地震工学，共立出版，1997。
- 6) 一般社団法人日本ガス協会：高圧ガス導管耐震設計指針，2020。