

不整形地盤などの特殊な地盤条件下に埋設された配管系の地震時変形挙動の評価

東京ガス株式会社 正会員 ○坂上 貴士

東京ガス株式会社 正会員 鈴木 暢恵

東京ガス株式会社 正会員 伊藤 文樹

1. 緒言

過去の地震被害に関する調査¹⁾によると、地中線状構造物の被害は、硬質と軟質な地盤が混在した箇所や基盤層が傾斜した不整形地盤の近傍で発生しやすい傾向にある。よって、ガス導管網の被害予測の精度を向上させるにあたっては、不整形地盤などの特殊な地盤条件下に埋設された配管系の地震時における変形挙動を高精度に評価できる技術が必要である。本研究では、特殊な地盤条件下に埋設された配管系の変形挙動を有限要素解析により評価する手法を考案するとともに、入力動等の特性が配管系の変形挙動に及ぼす影響を検証した。

2. 配管系の地震時変形挙動を評価するための解析手法の概要

特殊な地盤条件下に埋設された地中線状構造物の変形挙動を数値解析により評価する際、地盤と構造物の相互作用は、地盤ばねでモデル化されることが一般的²⁾である。本研究では、地盤と配管系の相互作用を精緻に考慮できる点および評価対象とする構造物が複雑な形状を有する場合にも対応できる点を重視し、地盤および配管系を三次元ソリッド要素でモデル化し、接触特性で地盤と配管系の相互作用を表現する解析手法を採用した。

図1に本研究で用いた解析モデルの概図を示す。地盤および配管系は、8節点6面体のソリッド要素で表現した。モデルの境界条件は、底面については粘性境界、側面については水平ローラーとした。地盤と配管系の界面には、接触面を設け、その特性は小林らの研究³⁾に基づき、時間依存性を有さないクーロン摩擦でモデル化した。図1に示した解析モデルの要素数は約4万である。

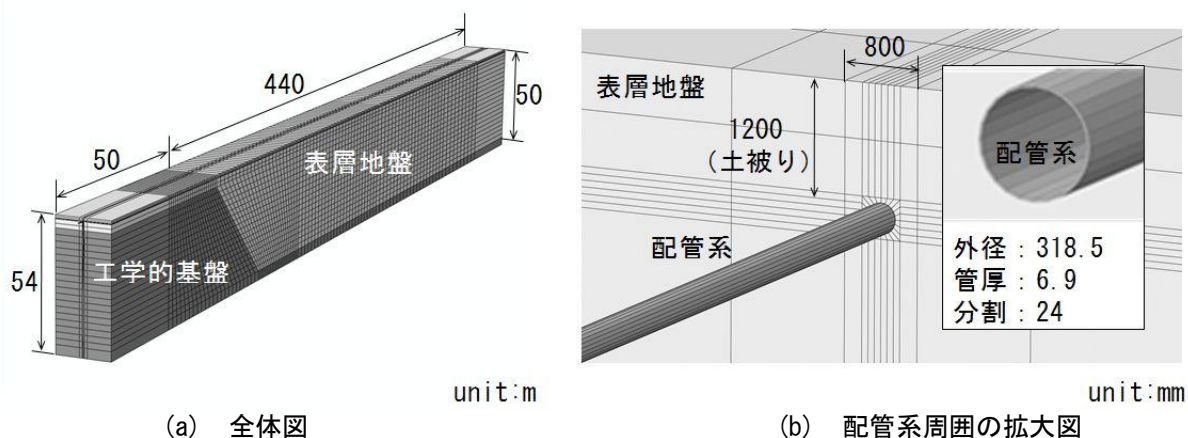


図1 解析モデルの概図

3. 各種因子が配管系の変形挙動に及ぼす影響の評価

3-1. 地盤との間に発生する滑りが配管系の変形挙動に及ぼす影響の確認

地盤と配管系の相対変位が一定以上になると、両者の間には滑りが発生することが知られている。この滑りを考慮することで、配管系の変形量は周辺地盤の変形量以下となるため、単に周辺地盤の変形量に追従すると仮定して配管系の変形量を算定する場合に比して、合理的な耐震性評価の結果を与える。高圧ガス導管耐震設計指針⁴⁾では、滑りを考慮して配管系の変形量を算定する手法⁵⁾が導入されている。ここでは、考案した解析手法を用いて、地盤との間に発生する滑りが配管系の変形挙動に及ぼす影響を検証した。

検討に用いた地盤モデルは図1に示した通りである。地盤物性を表1に示す。表層地盤については非線形性を考慮した。入力動は、表層地盤の1次固有振動数である0.5Hzを中心周波数とする振幅600cm/sec²のRicker波である。

キーワード 地中線状構造物, 不整形地盤, 地盤ひずみ

連絡先 〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-7 東京ガス株式会社 TEL 045-505-7309

図 2(a)に図心位置において発生した配管系の軸方向ひずみと周辺地盤のひずみの分布を示す。ここでの値は、全解析時間を通じて得られた最大値である。

配管系に発生する軸方向ひずみは、周辺地盤の軸方向ひずみに対して小さかった。図 2(b)に、配管系の軸方向ひずみの最大値が得られた時点における配管系と周辺地盤の水平変位を示す。両者の差は、地盤と配管系との間に発生する滑り量に相当する。

以上より、地盤との間に発生する滑りを考慮することは、合理的な耐震性評価を実現する上で改めて重要であることが確認できた。

3-2. 入力動の位相差が配管系の変形挙動に及ぼす影響の評価

シールドトンネルの耐震検討²⁾においては、入力動の位相差を考慮した解析事例が紹介されている。ここでは、考案した解析手法を用いて、入力動の位相差が配管系の変形挙動に及ぼす影響を検証した。

検討に用いたモデルは、図 3 に示すような、硬質と軟質地盤が混在した箇所を模擬したものである。モデル左側の硬質地盤の単位体積重量およびせん断波速度は、それぞれ 14.7kN/m³ および 200m/sec であり、修正 R-O モデルで非線形性を表現した。工学的基盤および埋設管の物性は、表 1 と同一であり、モデル右側の軟質地盤の物性は、表 1 の表層地盤と同一とした。

入力動は、振幅 600cm/sec² の Ricker 波であり、工学的基盤のせん断波速度で、モデル右端から左端方向へ伝播すると仮定して、解析モデルの底面に入力した。

図 4 に図心位置において発生した配管系の軸方向ひずみの分布を示す。比較のため、位相差が無い場合の解析結果も併記した。

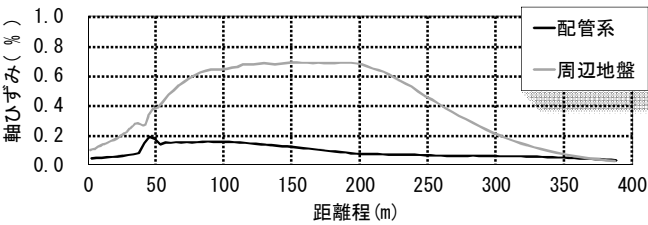
本解析条件においては、入力動の位相差が配管系の変形挙動に及ぼす影響は小さかった。

4. まとめ

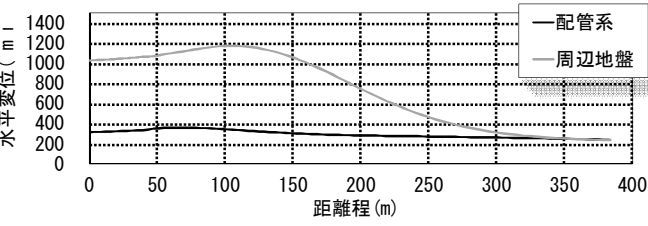
特殊な地盤条件下に埋設された配管系の変形挙動を有限要素解析により評価する手法を考案した。本数値解析手法では、地盤および配管系を三次元ソリッドでモデル化され、地盤と配管系の間には接触面が定義される。考案した手法を用いた解析により、地盤との間に発生する滑りを考慮することが、合理的な耐震性評価を実現する上で重要であることを確認した。また、入力動の位相差が配管系の変形挙動に及ぼす影響を検証した。

表 1 地盤の物性

	表層地盤	工学的基盤	埋設管
単位体積重量 (kN/m ³)	14.7	19.6	76.4
せん断波速度 (m/sec)	100	300	1018
非線形特性	修正 R-O	無	ラウンドハウス型



(a) ひずみの分布



(a) 水平変位の分布

図 2 配管系と周辺地盤の変形量

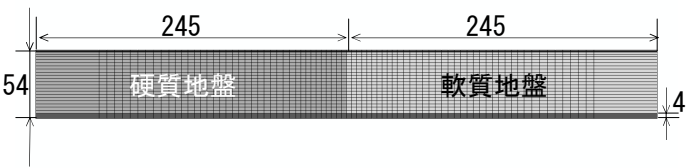


図 3 解析モデル（硬質と軟質が混在した箇所を想定）

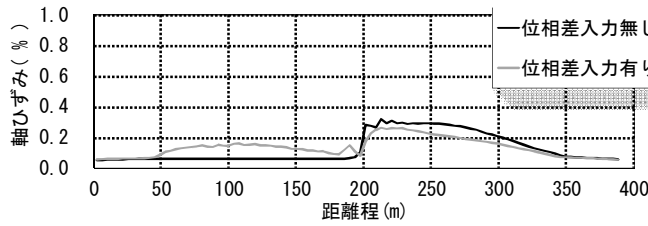


図 4 配管系の変形量

参考文献

1) 日本ガス協会：宮城沖地震と都市ガス, 1979.
2) 土木学会：シールドトンネルの耐震検討, 2007.
3) 小林実央ら：高速一面せん断試験による埋設管に作用する軸方向地盤拘束力特性の検討, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, pp.441-444, 1997.
4) 日本ガス協会：高圧ガス導管耐震設計指針, 2000.
5) 小池武：埋設パイプラインの地震時ひずみ評価, 土木学会論文報告集, No.331, pp.13-24, 1983.