

液状化側方流動を受ける直管系ガス導管の大変形FEM解析

神戸大学工学部 フェロー会員 高田至郎、 大阪ガス 正会員 小川安雄、 東京ガス 小口憲武
東邦ガス 北野哲司、 住友金属 正会員 松本真明、 住友金属 正会員○藤田周亮

1. はじめに

液状化に関するガス導管の挙動研究は種々なされているが、ガス導管の液状化耐震設計法は未だ確立されていない。ここでは液状化耐震設計法を構築していく段階で必要となる液状化地盤変状によるガス導管の大変形挙動把握を目的として実施した解析に関して報告する。埋設管の大変形解析についてはいくつかの研究があるが^{1), 2)}、本研究ではシェルはりハイブリッド解析手法およびはり解析手法を用いて直管配管系のガス導管が側方流動を受けた場合の大変形挙動の把握を行った。

2. 解析モデル

- (1) 液状化側方流動による地盤変状モデルを図1に示す。直径 $2L$ の範囲で三角形分布あるいは矩形分布の地盤変位を受けるモデルとした。
- (2) 150A ガス導管（外径 165.2mm、管厚 7.1mm、材質 STPG370）が図1に示す地盤変状内の ϕ の角度位置で埋設されているものとする。
- (3) 地盤を図2に示す非線形特性のばね要素でモデル化し、地盤変位をこのばね要素を介してガス導管へ強制変位として与えた。
- (4) 埋設管の解析は、ハイブリッド解析（シェル要素とはり要素で直管モデル構築）とはり解析（はり要素のみで直管モデル構築）の2種類とした。

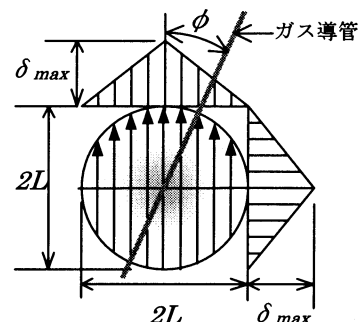


図1 地盤変状モデル

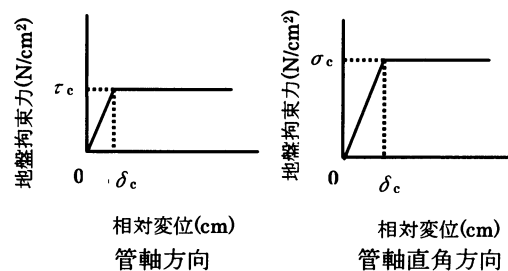
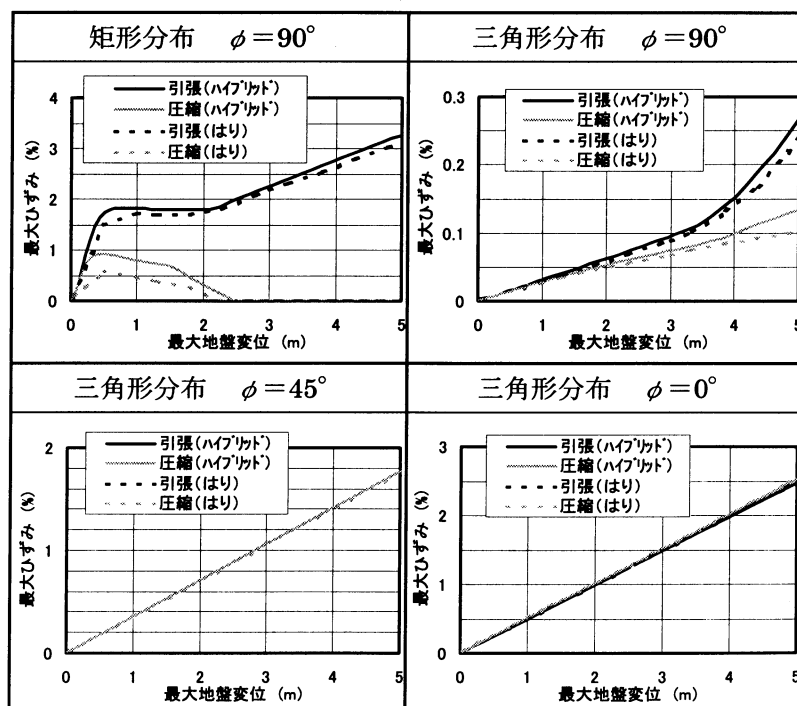


図2 地盤ばねの特性

3. 解析結果

- (1) 地盤変状が矩形分布（ $\phi=90^\circ$; $L=50\text{m}$ ）、三角形分布（ $\phi=90^\circ, 45^\circ, 0^\circ$; $L=200\text{m}$ ）でのハイブリッド解析とはり解析の解析結果を表1に示す。
- (2) 表1のどのケースにおいてもハイブリッド解析結果とはり解析結果はほぼ同じ値となっており、直管の解析ははり解析手法で解析可能であることがわかった。また、ガス導管にひずみが大きく発生するケースとしては、管軸方向に直角に地盤が変状する場合と管軸方向に地盤が変状する場合の2ケースである。
- (3) 矩形分布、 $\phi=90^\circ$ のケースでは、地盤変位が小さいときは曲げ変形が生じているが地盤変位が大きくなると曲げ変形が止まり、軸引張変形が卓越してくることがわかる。

表1 解析結果



(4) 圧縮ひずみが大きく発生する管軸方向に変状するケース ($\phi=0^\circ$) において、矩形と三角形の2種類の地盤変状分布 ($L=250\text{m}$) のはり解析結果を行った結果を図3に示す。三角形分布に比べ、矩形分布の方が発生ひずみが極端に大きくなることがわかる。

(5) 管軸方向に地盤変状する場合 ($\phi=0^\circ$) における矩形 ($L=250\text{m}$) と三角形 ($L=200\text{m}$) の地盤変状分布での管軸に沿ったひずみの分布を図4に示す。地盤変状の形状が異なると発生ひずみの分布は全く異なってくる。矩形分布の場合は地盤変状の境界にピークひずみが発生する。三角形分布の場合は地盤変状幅内に一定区間で最大ひずみが発生し、この最大ひずみの値は三角形分布による地盤ひずみの大きさと同じである。すなわち三角形分布ではガス導管に地盤ひずみ以上のひずみは発生しないが、矩形分布では図4に示すように極端に大きなひずみが発生する。

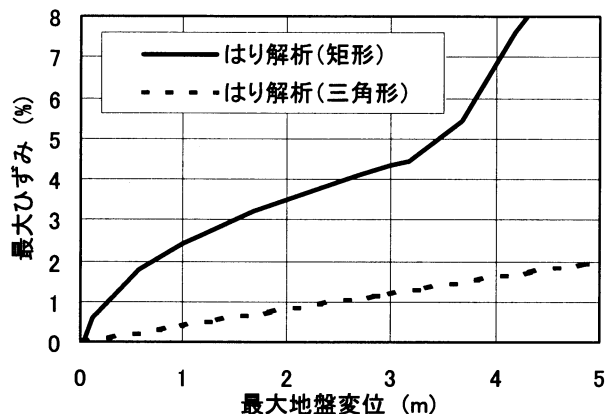


図3 はり解析結果 (管軸直角方向入射)

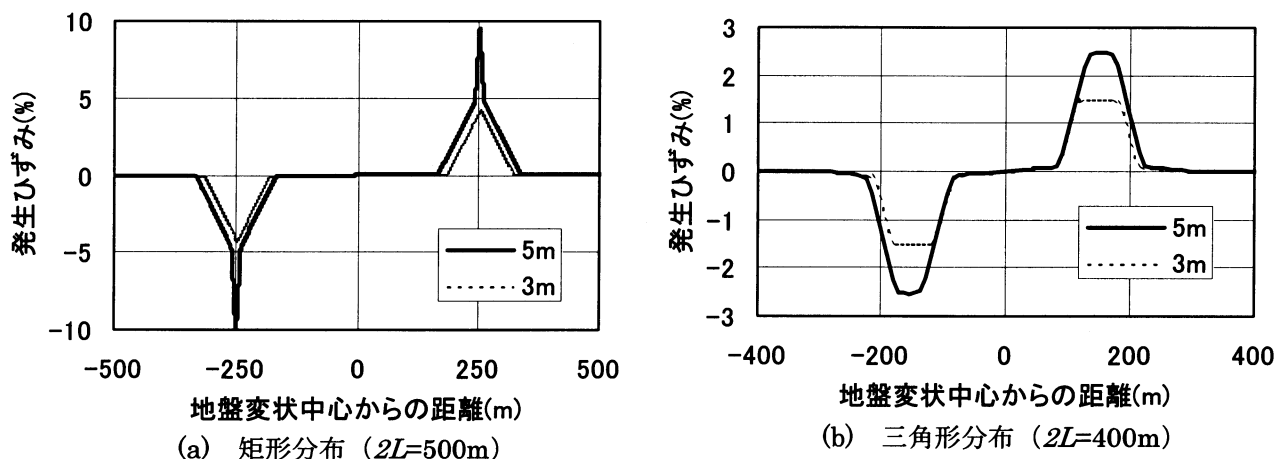


図4 直管の発生ひずみ分布 (管軸方向入射)

3. おわりに

直管配管系のガス導管を対象に地盤変状を受けた場合のFEM解析を行い下記の点が明らかになった。

- (1) シェルはりハイブリッド解析とはり解析を実施したところ、直管の解析手法としてはり解析は有効な手法であることがわかった。
- (2) ひずみが大きく発生するケースとしては、地盤変状が管軸方向に対して直角に入射する場合と管軸方向に入射する場合の2ケースである。
- (3) 管軸方向に地盤変状が発生する場合では、地盤変状の形状が三角形分布より矩形分布の方が極端に大きなひずみがガス導管へ発生する。また、分布形状の違いによりひずみ分布や最大ひずみ発生箇所も異なることが判明した。

本研究は(社)日本ガス協会が通商産業省(現経済産業省)資源エネルギー庁より委託を受けて調査研究を実施した「ガス導管液化化対策調査」の一部をまとめたものであり、関係各位に感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) K.Yoshizaki and N.Oguchi : Estimation of the deformation behavior of elbows for an earthquake resistant design, 11th World Conference on Earthquake Engineering, 1996.
- 2) 高田他：液化化側方流動を受ける埋設管の非線形挙動解析, 第46回構造工学シンポジウム, 2000年4月