

熊本大学工学部 正 員 秋吉 卓  
八代工業高等専門学校 正 員 〇 瀧田 邦彦

1. まえがき 地盤構造の急変部付近では、地震時の埋設管の歪や継手部変位が増大するので、とくに管路の耐震安全性を高める必要があり、既往の耐震設計指針には急変部の規定を設けたものもあるが、合理的な耐震設計法として確立されるまでには到っていないようである。本研究では、境界要素法(BEM)による不整形地盤の地震応答解析<sup>1)</sup>とすべりを考慮した管路の地震応答解析<sup>2)</sup>とを結合して、地層急変部の管路の、地震波動に対する管歪・継手変位・支管歪(T字管部)の各応答値を求め、主として「ガス導管耐震設計指針」<sup>4)</sup>による算定値と比較することより、設計指針との関係について検討を加えた。

2. 数値計算結果と考察 図1のような、基盤層(S波速度 $V_2$ )と表層(S波速度 $V_1$ )とが不整形な境界をもつ2次元弾性体の地層モデルに、左下方向から入射角 $\theta$ でSH波である地震波が入射するとき、地表面付近に埋設された管路の管歪(本管、支管)・継手伸縮量を数値計算より求めた<sup>2),3)</sup>。パラメータとして表層、基盤のS波速度 $V_1=100\text{m/s}$ 、 $V_2=400\text{m/s}$ 、入射角 $\theta=0^\circ$ 、管半径 $r_0=0.3\text{m}$ 、管長 $l=5\text{m}$ 、無次元すべり摩擦抵抗 $\bar{\tau}_s=10^{-4}$ などを標準値とした。またEl Centro(1940)強震記録のNS成分の加速度最大値を100galとして用いた。

図2の(a),(b)はそれぞれ管歪、継手伸縮量の最大値分布の一例で、(a)の管歪は、層厚が変化する地層急変部に集中するが、管と土の接触面の摩擦抵抗 $\bar{\tau}_s$ の低下により、すべりが生じて管歪は小さくなる。逆に(b)の継手伸縮量は、すべりの進行に伴って増大し、地層急変部に集中することがわかる。

次に、提案法の計算値を設計指針と比較する。表1は提案法と「ガス導管耐震設計指針」<sup>4)</sup>を大まかに対比したものである。提案法の地震応答解析に対して、ガス指針では設計の便のため比較的簡略な計算手順となっている。図3～5はそれぞれ、地層急変部における管歪、継手伸縮量(相対変位)、T字管歪を表わしたもので、ガス指針(実線)と本研究で求めた管応答の最大値(○,\*印)を、その当該地点の表層厚(H)から求めた周期 $T(=4H/V_1)$ に対して示したものである。図3より、本研究で求めた管歪は、指針の値と大略比較できる範囲にあるが、設計指針を大きく上回る場合もあり、設計指針が危険側の基準値となる可能性もある。水道管の指針<sup>5)</sup>による算定値(+印)は一樣地盤での値であり、ガス指針より小さいので、地層急変部で適用する時は注意すべきである。図4の継手伸縮量(提案法)と相対変位(指針)との関係では、すべりの効果の違いが管歪より大きく、提案法では周期が長くなる(振動数が低い)ほどすべりやすくなっている。

表1 提案法とガス導管耐震設計指針の対比

| 項目    | 提案法                                  | ガス導管耐震設計指針                               |
|-------|--------------------------------------|------------------------------------------|
| 基盤入力  | 不規則地震波                               | 設計水平震度                                   |
| 地盤の応答 | BEMによる層状地盤の地震応答解析                    | 応答変位法による表層地盤の変位(正弦波)                     |
| 管への入力 | 地表面における地盤歪の周波数応答                     | 一樣地盤と急変地盤における管軸方向地盤歪                     |
| 管の応答  | 土と管の接触面でのすべりと摩擦応力の非線形関係を等価線形化した、波動解析 | 地盤ばね係数と弾性床土のはりによる、すべりを考慮した変換係数(糖塚・小池の手法) |
| 計算結果  | ・低振動数ですべりやすい<br>・管歪は指針を上回る場合がある      | ・短波長ですべりやすい<br>・すべりが生じたとき支管歪はかなり大きくなる    |

4. 継手伸縮量(提案法)と相対変位(指針)との関係では、すべりの効果の違いが管歪より大きく、提案法では周期が長くなる(振動数が低い)ほどすべりやすくなっている。

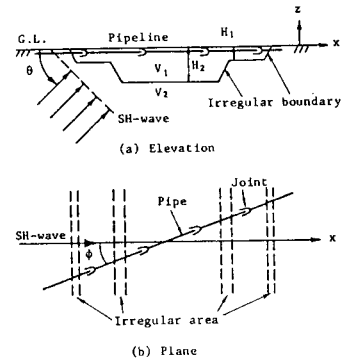


図1 地盤および管路モデル

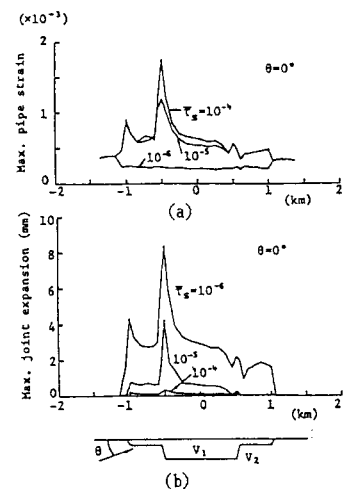


図2 管歪・継手伸縮量の最大値分布

るのに対して、設計指針では逆にすべりにくい傾向となっている。さらに、図5のT字管歪では、すべりが生じた場合、指針による計算値は、提案法に比べて、著しく大きな値となっている。これは、設計指針でT字管継手部の結合が剛であることや、すべりによる相対変位の評価が大きいためである。このことから、設計指針では諸量の値如何によってはすべったときの管路の応答を過大に評価する可能性がある。

図6～8はそれぞれ、設計指針(実線)と提案法(○, △, \*印)による地層急変部の管歪, 継手伸縮量(相対変位), T字管歪を、すべり摩擦応力に対して表わしたものである。図6より、摩擦応力の低下に伴うすべりの発生と管歪の減少する傾向は、指針も提案法もほぼ同じだが、この例では提案法の管歪がかなり大きい。図7, 8の継手伸縮量, T字管歪は、すべりが生じると急増し、図6の管歪とは逆に、指針による算定値が提案法を10倍以上も上回っている。指針では、相対変位とT字管歪は1管体の長さに関係なく波長で決まるが、管長5m程度の通常の管路に対しては、過大な評価になるきらいがある。

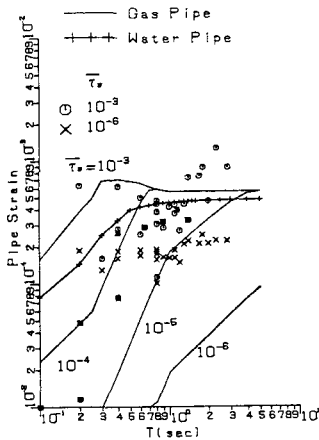


図3 本研究と設計指針による管歪の比較

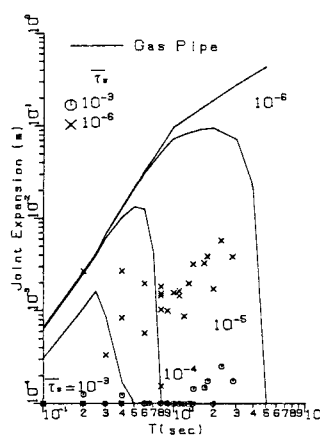


図4 本研究の継手伸縮量と設計指針の相対変位との比較

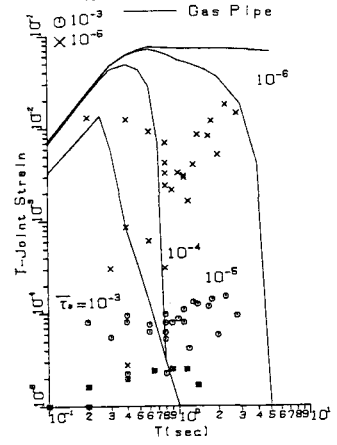


図5 本研究と設計指針によるT字管歪の比較

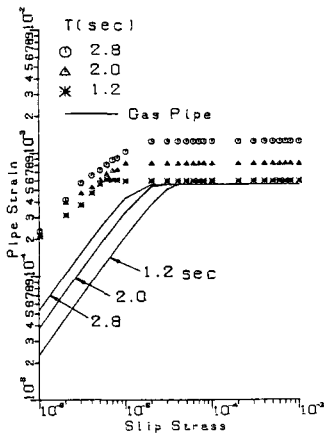


図6 本研究と設計指針による管歪と摩擦応力との関係

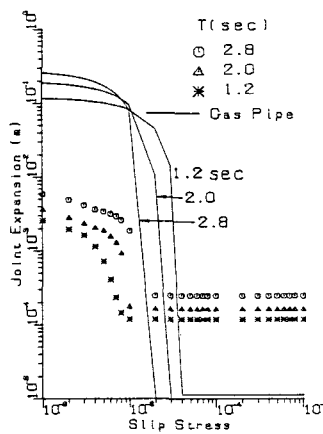


図7 本研究の継手伸縮量および設計指針の相対変位と摩擦応力との関係

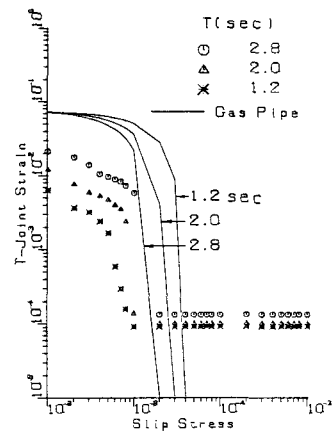


図8 本研究と設計指針によるT字管歪と摩擦応力との関係

参考文献 1)Toki,K., Sato,T.:Natural Disaster Science, Vol.5, No.1, pp.31~52, 1983. 2)秋吉・瀧田:土木学会論文報告集,第334号,pp.25~34,1983. 3)Akiyoshi,T., Fuchida,K. and Matsumoto,K.:Proc. of JSCE, No.374/I-6, pp.439s-446s, 1986. 4)日本ガス協会:ガス導管耐震設計指針, pp.21~67, pp.78~217, 1982. 5)日本水道協会:水道施設耐震工法指針, pp.76~89, pp.236~245,1979.