

地震波動に対する埋設管の応答と耐震設計指針との関係について

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 淵田 邦彦
 熊本大学工学部 学生員 伊木 聖児
 熊本大学工学部 学生員 岡本 文雄

1. まえがき 地盤構造の急変するような、いわゆる不整形地盤においては、地震時の埋設管の歪や継手変位が増大することが明らかにされており、既往の耐震設計指針の一部では急変部に関する規定を設けている。本研究は、境界要素法(BEM)による不整形地盤の地震応答解析¹⁾とすべりを考慮した管路の地震応答解析²⁾とを結合した手法を用いて、不整形地盤中の管路の、地震波動に対する耐震性を評価するものであり³⁾、管歪・継手変位・支管歪(T字管部)の各応答値を、主として「ガス導管耐震設計指針」⁴⁾など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(S波速度 V_2)と、これより軟らかい表層(S波速度 V_1)とが不整形な境界で接している2次元弾性体の地層モデルに、左下方向から入射角 θ 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(本管および支管)・継手伸縮量を数値計算より求めた^{2), 3)}。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ある。(a)の管歪は、層厚が変化する付近の地層急変部に集中するが、管体と土との接触面における摩擦抵抗 $\bar{\tau}_s$ の低下とともに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、管歪と継手伸縮量のすべりに対する増減関係は互いに相補的であることがわかる。

次に、これらの計算値を設計指針^{4), 5)}と比較する。表1は提案法と「ガス導管耐震設計指針」(以後「ガス指針」と呼ぶ)の計算方法を大まかに対比させたものである。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。水道管の指針⁵⁾も基本的にはガス指針の考え方とほぼ同じであるが、水道管の指針ではすべりが考慮されていないのと急変部の取扱いがないので、ここではガス指針との比較を主として行う。図3～5はそれぞれ、地層平行部(a)と急変部(b)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⁴⁾(実線)と本研究で求めた管応答の最大値(○、△、*印)を、その当

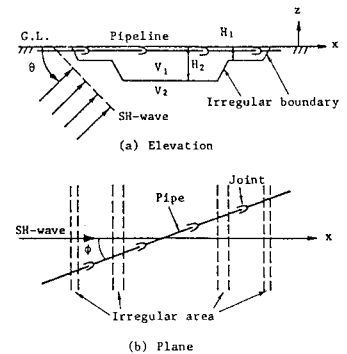


図1 地盤および管路モデル

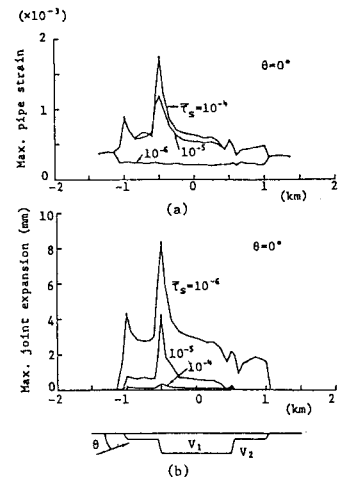


図2 管歪・継手伸縮量の最大値分布

表1 提案法と設計指針(ガス)の計算手法の対比

項目	提案法	設計指針(ガス)
基盤入力	不規則地震波	設計水平震度
管への入力変位	BEMによる地表面の周波数応答変位	応答変位法による地表面変位(正弦波)
管応答の計算方法	すべりの等価線形化による波動的解析	地盤ばねと弾性床上的はりに基づく、歪・変位の変換係数

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内にあるが、設計指針を大きく上回る場合もある。また、卓越振動数における正弦入射波を用いる設計指針ではすべりにより波のパワーが急激に失われるため、不規則な地震波を入力とする本研究に比べて、すべりの効果が大きくなるようである。一方、水道管の指針 (+印) は $T > 0.5$ 秒の範囲でガス指針より安全側の基準を示すが、急変部でのガス指針よりは小さいので、地盤急変部での適用には注意する必要がある。次に、図4の継手伸縮量 (本研究) と相対変位 (指針) との関係では、すべりの効果の違いがより大きくなっている。とくに、本研究による結果では、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のに対して、設計指針では、逆に、すべりにくくなる傾向となっている。さらに、図5のT字管歪では、本研究での値に比べて、指針による計算値は著しく大きな値となっている。このくい違いの大きな理由としては、設計指針で用いられる地盤ばね係数 (または、せん断弾性係数) と表層地盤のS波速度との間に明確な対応関係がないためと考えられる。このことより、設計指針では諸量の値如何によっては現実と矛盾した結果を生ずる可能性もあるといえよう。

- 参考文献 1) Toki, K. and T. Sato: Natural Disaster Science, Vol. 5, No. 1, pp. 31~52, 1983.
 2) 秋吉・淵田: 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.

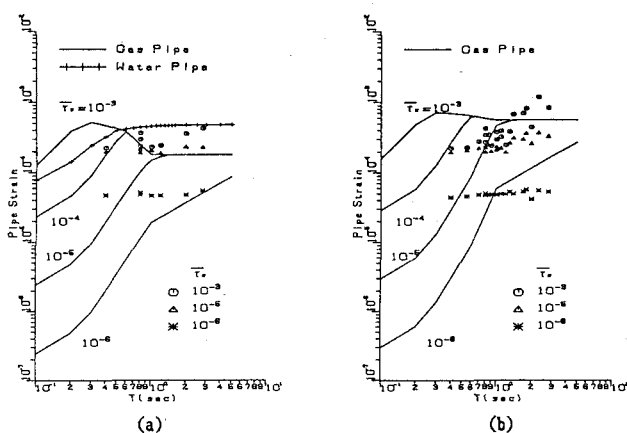


図3 本研究と設計指針による管歪の比較

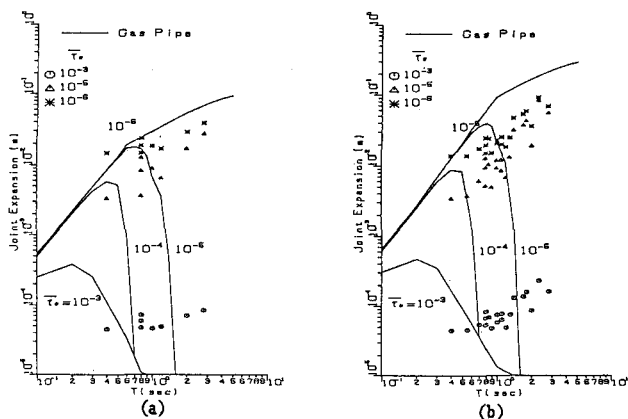


図4 本研究の継手伸縮量と設計指針の相対変位との比較

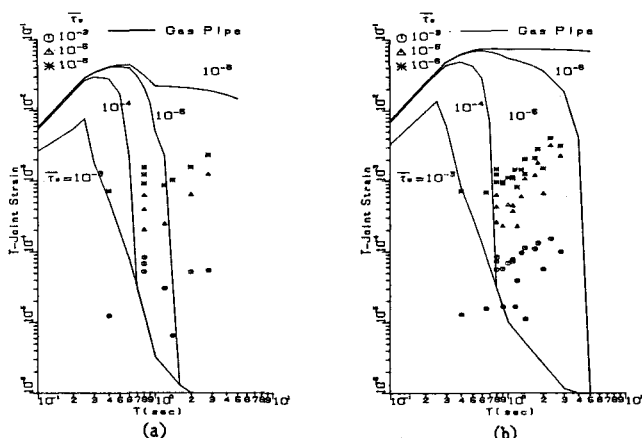


図5 本研究と設計指針によるT字管歪の比較