

伝達マトリックス法による埋設管路の地震応答解析について

神戸大学工学部 正員 高田至郎
三井建設 正員 〇山田武正

1. まえがき 曲管部や丁字管部などの特殊管路部では、地震時において曲げ応力の集中が生じ、弱点となる場合があると言われている。そこで、これらの管路部についてその耐震性を検討した。また、直管部については「石油パイプライン技術基準」により一応の設計方針があるが、管路と地盤との間のすべりは考慮されておらず、安全側に見積っているのではないと思われる。そこで、直管部についても検討している。

2. 解析手法 埋設管路をばねで支持されたはりに見なし、疑似静的問題として伝達マトリックス法により解析する。管軸方向に関しては、管路と地盤の相対変位が一定値を越えらるとすべりが生じ、管軸直角方向に関しては土が弾性状態から塑性状態になるものとしてばねをモデル化している。数値計算に際しては荷重増分法により非線形計算を行なった。

3. 直管部の地震応答解析 入力正弦地震波の波長は150mとし、1波長分の管路について管軸方向の運動を解析した。実地震動の変位スペクトルなどを検討して、入力変位振幅 u を5cm、10cmの2つのケースとしている。地盤の単位長さ当たりのばね定数 k についても10、50、100 kg/cm²のケースについて計算している。対象とした管は内径600mm、肉厚9.5mmの溶接鋼管であり、管路の両端は地盤と同一に動くものと仮定している。「石油パイプライン技術基準」による結果と本解析による結果との比較は図1に示す。「技術基準」ではすべりを考慮していないため、地盤ひずみと管体ひずみは線形関係となるが、本解析では管路の全域にわたってすべりを生じており、地盤ひずみが增大しても管体ひずみはほとんど変化しないことがわかる。以上のことから「石油パイプライン技術基準」は安全側の値を示していると思われ、本解析による値の5~20倍程度となる。

4. 曲管部の地震応答解析 曲管部についても同一の管を対象とし、曲り部が90°のモデル1と曲り部の半径が5.476mのモデル2について検討する(図2)。入力地震波の波長は150mとし、曲り部で最大変位となるように入力する。モデル1とモデル2の管体ひずみ分布は図3、図4にそれぞれ示し、地盤ひずみと管体ひずみの関係は図5に示す。ここでの管体ひずみは軸ひずみと曲げひずみの和として得られる合成ひずみで示している。図3と図4を比べると、モデル1では応力がコーナーに集中しており、モデル2では曲率半径の増加によって応力が緩和されていることがわかる。また、図5より曲管部に生じる応力は曲率半径が大きいモデル2ほど小さい値を示すことも知られる。一方篠塚ら³⁾は弾性床上のは

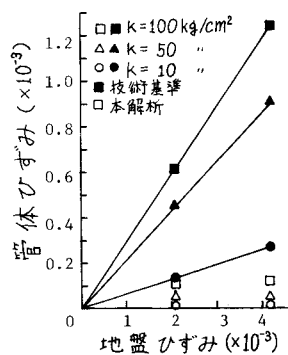


図1 直管部

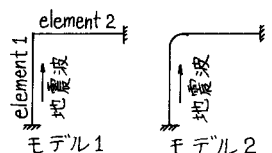


図2 曲管部の解析モデル

りの理論を基礎として曲管部での管体ひずみを求める式を誘導しているが、対応する数値を用いて同式より計算したのが図6である。図5と図6を比較すると、理論式ではelement 2でのすべりを考慮していないため、本解析よりも大きい値を示すことがわかる。直管部の場合と比較すると、モデル1では13~45倍、モデル2では9~27倍程度となる。

5. T字管部の地震応答解析 解析モデルを図7に示す。ここでも対象とする管は同一であり、分岐部で最大変位となるように地震波を入力する。図7(a)は地震動による実際の変形を示しているが、ここでは(a)、(b)、(c)の場合に分けて考える。element 1

については、element 2がないと仮定すれば地盤と Δ の相対変位を生じるが、element 2よりの引張力 $2P$ により Δ_s だけ減少し、その相対変位は $\Delta - \Delta_s = \Delta'$ となる。 P を与えると、(a)、(b)の場合の計算から Δ_s 、 Δ' が求まり、 $\Delta_s + \Delta' = \Delta$ の関係より Δ と P の関係が得られる。これを図8に示す。一方(c)の場合の計算より Δ は既知であるので、図8より Δ に対応する P が知られる。その P に対する(a)、(b)の場合の計算よりT字管部の管体ひずみなどが求まる。管体ひずみ分布は図9に示す。分岐部で変形が拘束されるので、T字管部では図3、図4に示した曲管部の値よりも大きい値となる。

6. まとめ 以上で得られた結果を簡

単に述べると(1)「石油パイプライン技術基準」はすべりを考慮しているので、安全側に見積っていると思われる。(2)曲管部では曲り部中央付近で最大ひずみが現われる。(3)曲管部の曲率半径の増加により、曲げ応力の集中は緩和される。(4)直管部、曲管部、T字管部の順で発生応力は大きい値を示す。

参考文献

- 1) 桜井春輔, 高田至郎: 硬質塩化ビニル管の地震時挙動シミュレーション, 建設工学研究所報告書, 1979年3月, PP. 1~73
- 2) 日本道路協会: 石油パイプラインの地震対策に関する調査報告, 1974年3月, PP. 301~312
- 3) Masanobu Shinozuka and Takeshi Koike: Estimation of Structural Lifeline Pipes, Technical Report No. NSF-PER-78-15049-CU-4, March 1979, PP. 1~20

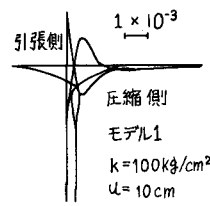


図3 管体ひずみ分布

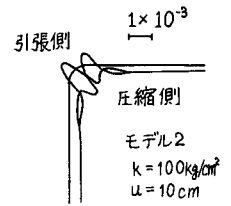


図4 管体ひずみ分布

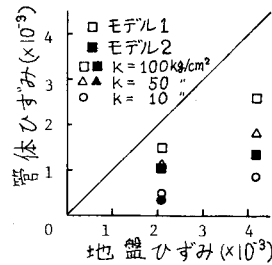


図5 曲管部

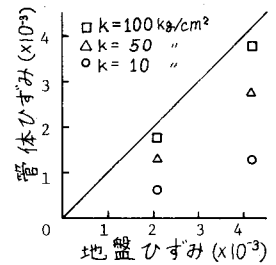


図6 曲管部

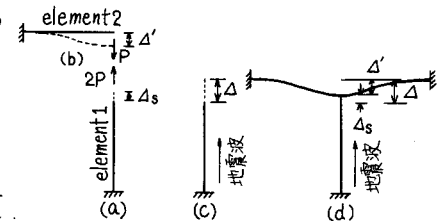


図7 T字管部の解析モデル

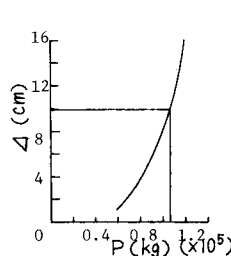


図8 Pと Δ の関係

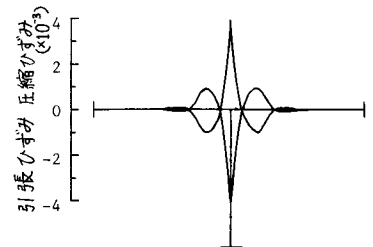


図9 管体ひずみ分布