

ジョイントを考慮したSHELLモデル地中管路地震応答解析

神戸大学工学部 正員 高田 至郎
 神戸大学工学部 学員 東 俊司

1.はじめに 従来、地中管路の地震応答解析には、はり理論が用いられてきたが、大口径管路の開発とともに断面変形を考慮する必要が生じ、シェル理論を用いた解析も実施されている。これまでに、地震波、不等沈下、くいちがいをうける直線状の連続体パイプラインの挙動解析¹⁾が行われている。しかし、実際問題としてパイプにはジョイントが存在し、ジョイントは、パイプの変位を吸収するので免震構造としての特性を有し、パイプの応力を低減することができる。本報では、ジョイント特性を考慮して、シェルモデルを用いて地中管路地震応答解析を行った。その結果について以下に報告する。

2.数値計算方法と解析モデル 本解析では、マトリックス変位法を用いた。荷重をパイプ円周に沿ってSINおよびCOS関数として展開する。そして、その振幅を取り扱うことによってパイプの円周上の任意点の変位あるいは、応力を求めるものである。つまり軸対称の荷重をフーリエ展開し、その各々のフーリエ級数に対して荷重増分法により非線形地震応答を計算するものである。

2.1 シェルモデル パイプと地盤系のモデル

図を図.1に示す。パイプ円周まわりは、軸方向、円周方向、半径方向のばねで支承されているものとしてモデル化した。半径方向のばねについては、図.2に示すように実際上の地盤圧分布を考慮してパイプに引っ張り力が作用しないものとした。また、図.3に各方向における地盤ばね特性を示した。円筒座標系の要素における節点力の定義とジョイント要素を図.4に示す。ジョイントについては、グットマンのジョイント線要素をx軸の回りに回転させてシェル要素との連結をはかりモデル化した。

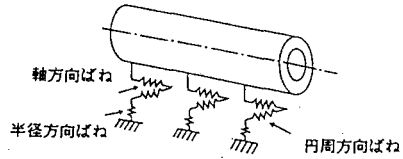


図.1 パイプと地盤系のモデル

表-1 管体の諸元

管径(mm)	800(外径)
管厚(mm)	2
断面積(mm ²)	5314
断面2次モーメント(mm ⁴)	12.6
管長(m)	5
ヤング率(kgf/cm ²)	90000
ポアソン比	0.2

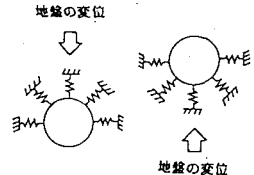


図.2 半径方向ばねモデル

2.2 管路モデル 管路の諸元を表-1に示す。

ジョイントは、5m間隔に存在しておりジョイント要素の継手特性については図.5に示す。ただし、本解析における荷重は軸方向に変位する場合を対象にしているため伸縮継手特性のみを考慮している。

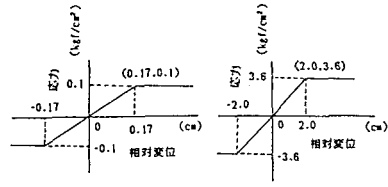


図.3 土性ばねの応力-相対変位関係

2.3 荷重モデル ①地震波動 地震波動として、軸方向に入射する縦波を用いた。

波長100mの正弦波で振幅2.5cmとした。なお、最大地盤ひずみは1570 μ となる。

②地盤変状 地盤変状を表現する簡易モデルとしてパイプ中央部から右側部に管軸方向に2.5cmのくいちがいを受ける場合を考えた。

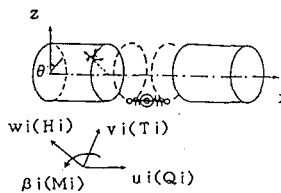


図.4 円筒座標系要素とジョイント要素

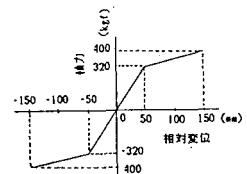


図.5 ジョイント要素継手伸縮特性

3. 解析結果および考察

3.1 地震波動に対する解析結果 図.6は地震波動に対する管体の軸方向応力を示しており、ジョイントを考慮した場合とそうでない場合との比較図である。ジョイントを考慮した場合の解析では、ジョイントのある両端部で継手伸縮のために応力が低減されることを確認した。最大管体応力はジョイントを考慮した場合には 26kgf/cm^2 でジョイントを考慮しない場合には 98kgf/cm^2 となりジョイントを考慮しない場合の1/4程度になることが知られた。図.7は、地震波動に対する管体の円周方向応力を示している。ジョイントの両端では軸方向応力と同様に応力の低減が確認される。しかし、ジョイントの有無により最大応力に変化がないのは、円周方向応力は管体の軸方向変位と半径方向変位に依存し、軸方向変位は図.8に示すようにジョイントの考慮された場合の方が地盤変位によく追従しているためと考えられる。つまりジョイントの考慮されている場合の方が地盤との滑り範囲が小さいと考えられる。図.9は、軸方向の地盤ばね定数を示すもので以上のことが確認される。また、図.10は、ジョイント部における相対変位を示しており、最大相対変位は 0.6cm であった。最後に図.11に管路の断面変形量を示す。図よりジョイントを考慮した方が、断面変形は小さいことがわかる。これは、軸方向の変位をジョイントが吸収することによるものである。

3.2 地盤変状に対する解析結果

これについては、発表当日に報告する。

4. おわりに 以上、軸方向に変動する外力に対してジョイントの有無による応答の差異を比較検討した。その結果ジョイントの効果で応力を低減するという免震効果の確認ができた。また、シェルモデルを用いることにより、はりモデルでは考慮できないパイプの周りの応力分布あるいはパイプの断面変形を求めることができた。しかし、シェルモデルで可能な実際上の円周回りの地盤圧については、本報では軸方向の荷重を扱っているので考慮されていない。そこで今後、地震荷重がある角度をもった場合についての挙動について解析、検討する必要があると思われる。

参考文献 1)Hiroyuki KAMEDA,Shiro TAKADA and Rihui,YANG :Shell Model FEM Analysis of Buried Pipelines under Seismic Loading,Bull.,Disas.,Prev.,Res.,Inst.,Kyoto Univ.,Vol.38,Part3,No.3 36, June,1988.

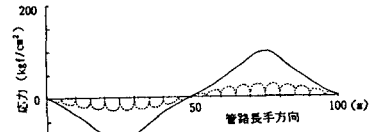


図.6 管体の軸方向応力の分布

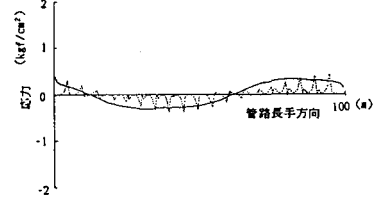


図.7 管体の円周方向応力の分布

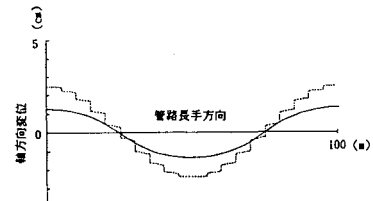


図.8 管体の軸方向変位

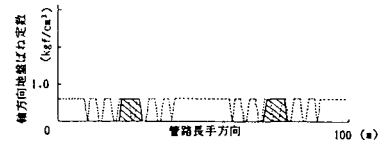


図.9 軸方向地盤ばね定数

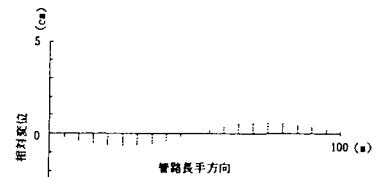


図.10 ジョイント要素両端での相対変位

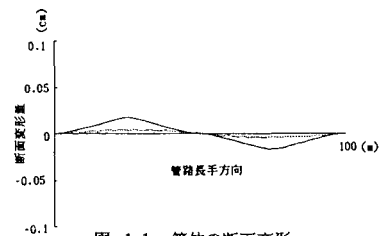


図.11 管体の断面変形