

ジョイントを考慮したSHELLモデル地中管路地震応答解析(その2)

神戸大学工学部正員高田 至郎
 積水化学工業管工機材技術センター 正員 〇東 俊司

1.はじめに 本研究は、大口径かつ可撓性の管路を対象として、断面変形を考慮する必要性から2次元回転体シェル理論を用いて地震応答解析を実施したものである。これまでに、パイプ長手方向の地震外力(P波、地割れ)についての結果については報告した¹⁾²⁾。今回は、パイプ長手軸直交方向にも外力を受ける場合の結果を報告する。また従来、管路の地震応答解析には、はり理論が用いられているが、本手法による結果と比較している。

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持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、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。ただし、各方向における地盤ばね特性はガス導管耐震設計指針によるものを用いた。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.2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。ジョイント部におけるせん断剛性は、チモシェンコによるせん断を無視できないはり理論を適用してパイプ本体と同程度に剛とした。

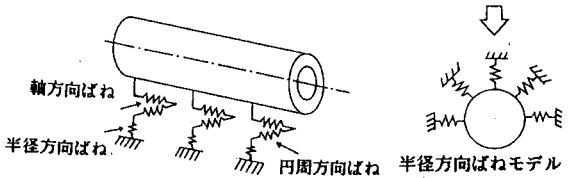


図.1 パイプと地盤系のモデル

表-1 管体の諸元

管径 (mm)	800
管厚 (mm)	20
断面積 (mm ²)	5314
断面2次モーメント (mm ⁴)	12.6
ヤング率 (kgf/cm ²)	90000
ポアソン比	0.2

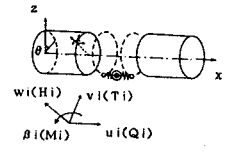


図.2 円筒座標系要素とジョイント要素

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.3に示す。

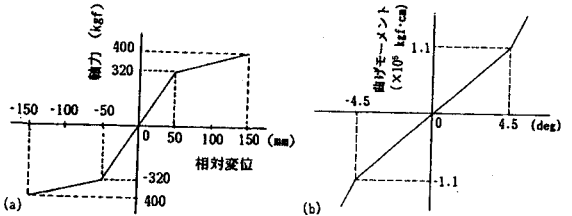


図.3 ジョイント特性(a)伸縮特性(b)曲げ特性

2.3 荷重モデル ①地震波動：地震波動として、パイプ長軸45°下方から入射するSV波を用いた。波長100mの正弦波で振幅2.5cmとした。

②地盤変状：地盤変状を表現するモデルとしてパイプ中央部から右側部の地盤が右上方45°に5cmのずれ運動をすとした。

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.4は地震

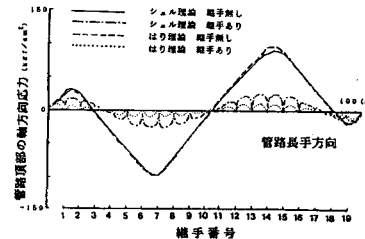


図.4 管路頂部の軸方向応力の分布

波動(SV波)に対する管体の軸方向の管頂部での応力を示している。シェルモデルのジョイントを考慮した解析結果は、はりモデルを用いた解析結果よりも応答値は小さい。ジョイントを考慮していない方の解析では、ともにほぼ同じ結果を得た。これらは、図.5に示す軸方向の変位応答からジョイント考慮の解析のほうが地盤変位をよく吸収しているのが分かる。図.6は、半径方向のパイプ管上部の変位である。ここで注目したいのは、まずシェル理論による結果は、はり理論解析の結果よりも小さい。これは、半径方向の地盤は引っ張りを受けないとしてバネを片側のみだけに展開していることによる。つぎには、同じ理由によりシェル解析では地盤が圧縮を受ける側の方が大きく変位していることが伺える。最後に、はりモデルでもシェルモデルでもジョイントの有無による違いはない。これは、はりモデルでは伝達マトリクス法で方程式を解いているのだが、ジョイント部両端ではせん断方向の変位を同じとしていることによる。シェル解析では、このことを考慮するためにジョイント部でパイプの本体と同じせん断剛性をもたせていることによる。図.7、図.8はそれぞれ軸方向、半径方向の地盤ばね定数を示している。これらにより、滑りの判定をすることができる。図より、軸方向はジョイントの伸縮特性により地盤に追従していることがわかる。しかし、軸直交方向にはそれらの差異はみられない。若干端部の非線形状態が違うのは、軸方向の滑りの影響であると考えられる。図.9は、パイプの断面円の傾きを表すもので、ジョイント部では、継手の屈曲特性の影響でパイプの曲げをジョイント部が吸収しているのが確認される。

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、軸直交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、ジョイントの伸縮、曲げ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。
参考文献 1)高田至郎・東俊司：ジョイントを考慮したSHELLモデル地中管路地震応答解析、平成2年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、1990.6。
 2)高田至郎・東俊司：ジョイントを考慮したSHELLモデル地中管路地震応答解析、第45回年次学術講演会講演概要集、1990.9。

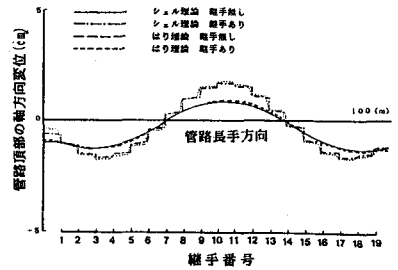


図.5 管路頂部の軸方向変位

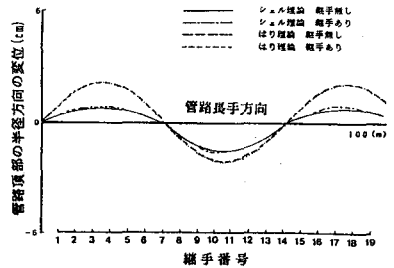


図.6 管路頂部の半径方向変位

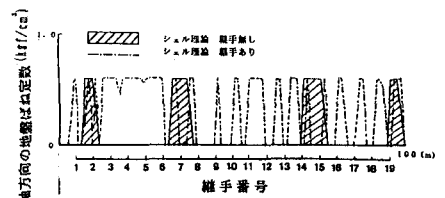


図.7 軸方向の地盤ばね定数

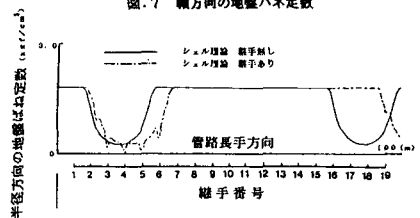


図.8 半径方向の地盤ばね定数

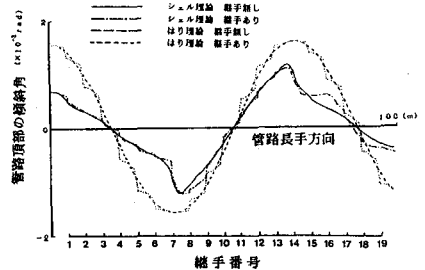


図.9 管路頂部の傾斜角