

I-30 ゴムと鋼板からなる免震装置の3次元有限要素解析

島根県 正会員 ○小浴優 徳島大学工学部 正会員 三神厚
徳島大学工学部 正会員 澤田勉

1. はじめに

大地震による開削トンネルの崩壊を防ぐため、著者らは、中柱端部に設置し断面力を低減する免震装置を提案している(図-1). この免震装置はゴムと鋼板からなるものであるが、これまでに装置奥行き方向に平面ひずみ状態を仮定した2次元有限要素解析によってその有効性を確認をしているが、実際には、装置奥行き方向へゴムが膨らむことによる装置鉛直方向剛性の低下が懸念される. そこで、本研究では、3次元有限要素解析によって免震装置の解析を行い、ゴムの3次元的な挙動が鉛直方向剛性に及ぼす影響について検討を行う.

2. ゴムと鋼板からなる免震装置

免震装置を図-1に示す. この装置は、円弧状に窪ませた鋼板でゴムを左右から挟みつけており、奥行き方向に対しては平面ひずみ状態を仮定している. 鉛直方向には十分に堅く、回転に対してはフレキシブルである. また、装置性能が上載荷重にさほど依存しないという特長を有する^{1),2)}.

3. 免震装置のモデル化

2次元有限要素解析においては、ゴムの4節点平面要素、鋼板をはり要素としてモデル化し、免震装置の奥行き方向に平面ひずみ状態を仮定している. 一方、3次元解析では、ゴムの20節点六面体要素、鋼板を8節点曲面シェル要素とした. 装置の上下端は剛であるものと仮定する. この装置の上端部分に鉛直方向強制変位を与えた時の反力から鉛直方向剛性を求めた. 免震装置の諸元は、装置高さ20(cm)、装置幅40(cm)、鋼板厚5(mm)、インデンテーション5(cm)、ゴムのヤング率 3.0×10^6 (N/m²)、鋼板のヤング率 2.1×10^{11} (N/m²)、鋼板のポアソン比0.3とした. 免震ゴムのポアソン比については、種々の実験結果から0.49~0.499程度であると報告されているので、ここでは、ゴムのポアソン比に幅を持たせて考えることにした.

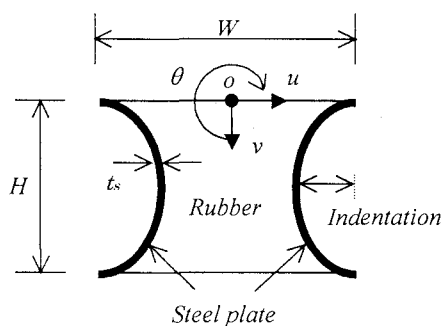


図-1 免震装置の概要図

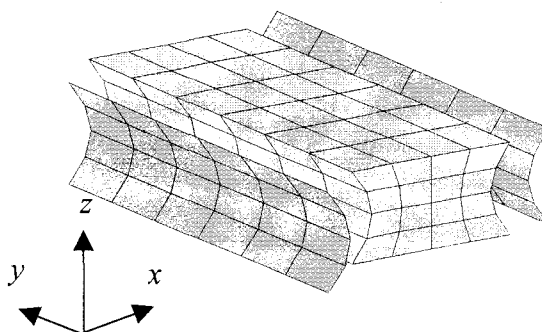
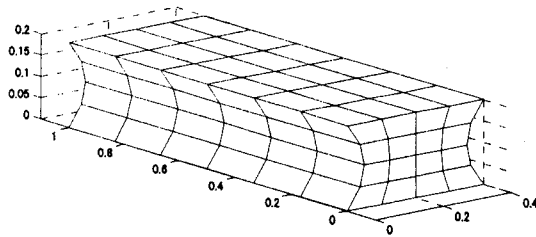


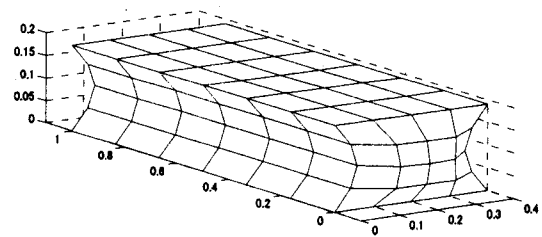
図-2 免震装置のモデル化(3次元)

4. 解析結果

免震装置上面、鉛直方向に1(cm)の強制変位を与えた場合の装置の変形状態について図-3に示す. 図-3右より、ゴム部分が奥行き方向に膨らんでいる様子がわかる.



変形前



変形後

図-3 免震装置の変形状態

ゴムの奥行き方向への膨らみが免震装置の鉛直方向剛性に与える影響を検討した結果が図-4である。縦軸に鉛直方向剛性を、横軸に奥行き方向の装置長さをとっている。ゾーン1で示される領域が、この範囲のポアソン比を考慮したときの2次元解析結果であり、ゾーン2が3次元解析結果である。2次元解析結果を見ると、ポアソン比の設定により鉛直方向剛性が大きく変化していることがわかる。3次元効果を考慮した場合、装置の奥行き方向が長くなるに従い、ゴムが膨らむことによる鉛直方向剛性への影響が小さくなっており、 $\nu_R=0.49$ ならば、装置奥行きを1.5(m)にとることにより、2次元および3次元解析の差はほとんどないことがわかる。これら2つのゾーンの差が、ゴム部分が奥行き方向に膨らむことの影響であり、その鉛直剛性低下分を今後、免震装置に何らかの工夫を加えて抑制することが必要になる。

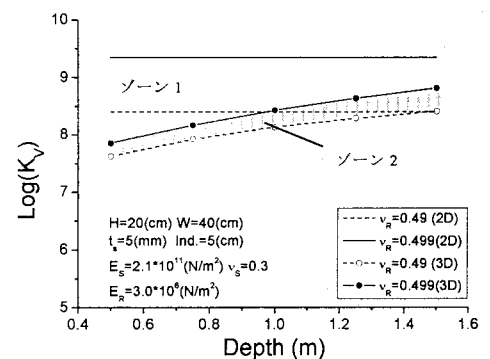


図-4 2次元解析と3次元解析との比較

5. まとめ

2次元および3次元有限要素解析により、免震装置のゴム部分が奥行き方向に膨らむことによる鉛直方向剛性への影響について確認した。装置の奥行き方向が長くなるに従い、ゴムが膨らむことの装置鉛直剛性に対する影響は小さくなる。しかし、奥行き方向に平面ひずみ状態を仮定した2次元解析と比べ、鉛直剛性の低下がみられ、今後、この低下分を抑制するために、ゴムに何らかの工夫を施し、奥行き方向への変位を拘束する必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、社団法人 日本鉄鋼連盟「土木鋼構造教育助成金制度」による教育奨励金を活用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 三神厚・小長井一男・澤田勉：トンネル中柱の免震装置形状と各自由度における剛性の関係，土木学会論文集 No.682/I-56,415-420,2001.7
- 2) 三神厚・小浴優・小長井一男・澤田勉：ゴムと鋼板からなる免震装置の鉛直方向剛性とその近似モデル，構造工学論文集 Vol.49A,1237-1243,2003.3
- 3) 日本免震構造協会：免震積層ゴム入門，オーム社