日本大学生産工学部 正員 村田 守,坂井卓爾

日本大学大学院 三井謙二

日本鋳造(株) 朝倉康信

1.<u>はじめに</u>

免震構造については 1995 年の阪神淡路大震災の後,その被害,及び積層ゴム支承,免震設計の効果につい ての詳細な調査が行われたことにより,その効果が証明され,注目されるようになってきた.現在までに積 層ゴム免震支承に関する研究は数多く行われ,すでに熟成期に入っており,今後は長周期化や高面圧化など の物理的性能の向上,材料劣化やクリープなどの長期耐久性の向上が期待されている.しかし,積層ゴム支 承の特性評価については,ごく一部が規定されているに過ぎない.そこで,本研究では積層ゴム支承の強度 特性,動的特性を有限要素法解析などを用いて調べ評価する.前回の実験に引き続き,今回は鉛直荷重状態, 水平荷重状態,ならびに回転変形状態での有限要素法解析を行っており,本報告では実験の結果と照らし合

わせながら,有限要素法解析結果について述べる.

2 . <u>解析モデル</u>

解析には汎用有限要素法コード "ANSYS ver.5.4"を 用いた.モデルは一般的な平面形の橋梁用積層ゴム支 承(設計荷重1.59MN)とし,寸法は次の通りである. ただし,実験では面圧の計測のため最上部鋼板を内部 鋼板と同じ厚さにしており,解析値と実験データとの 比較を行うため,解析モデルにおいても最上部鋼板は 内部鋼板と同じ2mmとしてある.

平面形:正方形 450 × 450 mm

厚さ:122mm(ゴム18mm×5層,内部補強鋼板2mm,

最上部鋼板 2 mm, 底部鋼板 22 mm) ゴム部はクロロプレン系合成ゴム(CR)を想定し, 超弾性非圧縮 8 節点 3 次元 6 面体要素を,鋼板部 は一般構造用鋼(SS400)を想定し,構造用 8 節点 3 次元ソリッド要素を用い,幾何学的非線形性,及 び超弾性理論に基づいた材料非線形性を考慮した 解析を行った.

### 3.<u>解析に用いる定数の算出</u>

超弾性材料に対する応力はひずみエネルギー密 度関数により得られる.今回の解析では ANSYS の デフォルトである "Mooney-Rivlin ひずみエネル ギー関数"を用いた Mooney-Rivlin モデルを選択

キーワード:免震、ゴム、有限要素法、ムーニーリブリン 連絡先:千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 機械工学科 047-474-2347





Fig.2 Mooney-Rivlin Plot

-638-

した.Mooney-Rivlin 定数は既知のものではなく,通常は実験データより求める.天然ゴム(NR)の一軸圧縮, 及び一軸引張試験データより求められた Mooney-Rivlin 定数を用いて計算された応力-ひずみ曲線と実験デ ータとの比較を Fig.2 に示す.Mooney-Rivlin モデルのパラメータ数は一般には2パラメータが使用される ことが多いが,今回はより近似度の高い5パラメータを選択した.5パラメーターモデルでは Mooney-Rivlin 定数を求めるための実験データの範囲外において,定数から算出した値と実験値に大きな誤差が生じてしま うため,実験データを延長して近似させている.

#### 4. その他の諸条件

その他の材料定数はゴム部のポアソン比 0.4999(three nine),鋼板部のヤング率 206(GPa),ポアソン比 0.29 とした.解析領域は回転荷重時の解析にも同モデルを使用することを考慮してフルモデルとした.単純 一軸圧縮試験との比較を行うため,鉛直荷重状態の境界条件は試験時と同様に底面完全固定,最上部は圧縮 方向以外を固定し,圧縮方向には荷重又は変位を加えた.水平荷重状態においては底面完全固定,最上部の 水平方向の一軸を固定し,鉛直方向と残りの水平方向い一軸に変位又は荷重を加えた.回転変位状態では同 じく底面完全固定,最上部鉛直方向以外を固定し,回転変位又は荷重を加えた.要素分割は高さ方向に関し て,ゴム部と底部鋼板部が8~10分割,補強鋼板部が2~4分割とし,その他の辺は10~20分割として合計 5600~30400 要素とした.

## 5.解析結果

Fig.3 に各状態の変形図, Fig.4 に各状態の相当ひずみ,相当応力分布の一例を示す.見やすくするために 鉛直方向のスケールを二倍にしている.Fig.5 に単純一軸圧縮時における,最上部面圧分布の解析値と実験 値の比較を示す.また, Fig.6 は Fig.5 のそれぞれほぼ中心線上の値を比較したものである.

## 6.<u>おわりに</u>

本報告のまとめを以下に示す.

(1)5パラメーターの Mooney-Rivlin モデルを用いて有限要素法解析を行い,実験値との比較をおこなった。
(2)面圧の比較からのみ考えると,実験値と解析値は概ね合っており,解析モデルは妥当であると考えられる.
(3)今回はNRのデータしかなかったため,やむを得ずNRのデータで解析を行った.したがって多少の誤差が 生じていると思われる.今後,CRの実験を行い,より正確な解析を行う.

# <参考文献>

(1)日本ゴム協会免震積層ゴム委員会、免震積層ゴムハンドブック、理工図書 (2)日本免震構造協会、免震 積層ゴム入門、オーム社 (3)日本道路協会、道路橋支承便覧、丸善



Fig.5 Pressure distribution(Vertical load)

Fig.6 Pressure distribution(x=120mm)