

# 免震型次世代軽水炉を対象とした多軸鉛プラグ入り積層ゴムの提案

## 背景

次世代軽水炉（APWR）に対する免震構造の導入が検討されているが、大きなコスト低減効果を得るために、積層ゴム一個あたりの支持荷重を増加させることが求められている。しかし、積層ゴムの支持荷重の増大に伴い、積層ゴムに要求される減衰力も増えることになり、電気協会の指針（JEAG4616-2000）で定められている規格よりも、多量の鉛を用いる太径あるいは多軸鉛プラグを用いた積層ゴムの成立性評価が求められている。

## 目的

鉛プラグを太径化および多軸化した鉛プラグ入り積層ゴムの力学特性の数値シミュレーションを行い、これらの積層ゴムについての成立性を評価する。

## 主な成果

### 1. 鉛プラグ入り積層ゴムの数値モデルの構築と検証

太径鉛プラグ入り積層ゴムの有限要素解析を可能とするため、それを構成するゴム材料、内部鋼板、鉛プラグの数値モデル化を行った。これまでに力学試験を行った実績のある鉛プラグ入り積層ゴムに対して、数値シミュレーションを行い、水平方向と鉛直方向の剛性や減衰性能が精度良く評価できることを確認した。

### 2. 太径化および多軸化した鉛プラグを用いた積層ゴムの力学特性評価

次世代軽水炉を対象として設計された太径鉛プラグ入り積層ゴムと、その鉛プラグを分割して均等に配置した多軸鉛プラグ入り積層ゴムの、数値シミュレーションによる力学特性の評価を行った（図1）。

その結果、太径化と多軸化によって水平方向のばね定数や減衰などはあまり変化しないこと、多軸化することで内部応力の低減が図れることが分かった。さらに、鉛プラグの分割数と配置を適切に設定する必要があることが分かった（図2）。

### 3. プラグの分割数および配置の提案

次世代軽水炉を対象として設計された太径鉛プラグ入り積層ゴムに対して、鉛プラグを4本～6本へ分割し、積層ゴム直径（1600mm）に対して半分の直径（800mm）の円周上へ均等に配置することを提案した。多軸化することで、内部で発生する最大の応力が低減でき、電気協会指針の範囲内で設計した鉛プラグ入り積層ゴムと同程度の最大応力となることから、提案した多軸鉛プラグ入り積層ゴムは、所定の減衰性能を有し、設計レベルの変形に対して健全性が損なわれないものと判断できた（図3）。

本研究は、関西電力（株）、北海道電力（株）、四国電力（株）、九州電力（株）、日本原子力発電（株）からの受託研究として実施した。

## 今後の展開

ゴム等の材料モデルを拡充し、数値シミュレーション手法の適用性を向上させる。

主 担 当 者 地球工学研究所 地震工学領域 主任研究員 松田 昭博

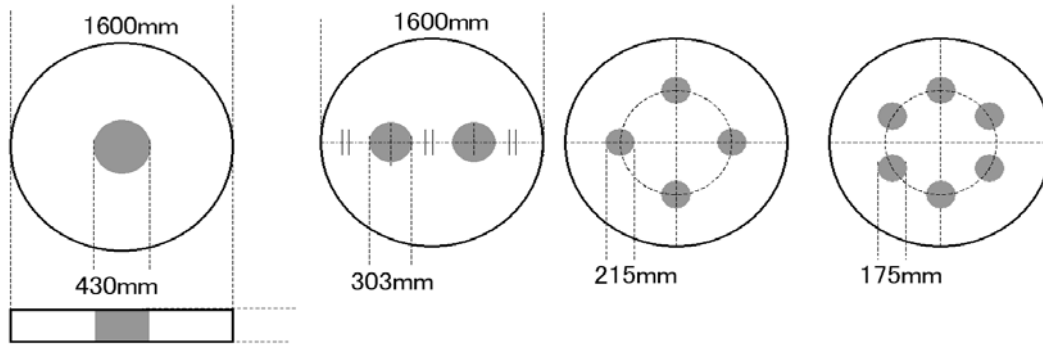


図1 太径および多軸鉛プラグ入り積層ゴムの概要

鉛プラグを中心部に有する太径鉛プラグ入り積層ゴムと、鉛プラグを分割して均等に配置した多軸鉛プラグ入り積層ゴムのプラグの位置を示す。鉛プラグの総容量はすべての積層ゴムで一定となっている。

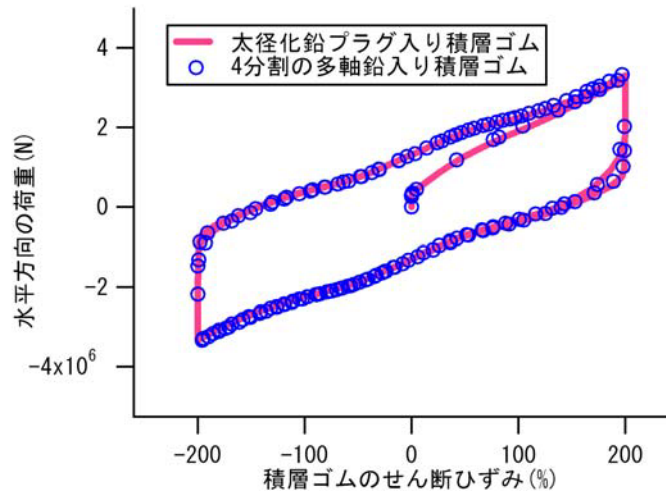
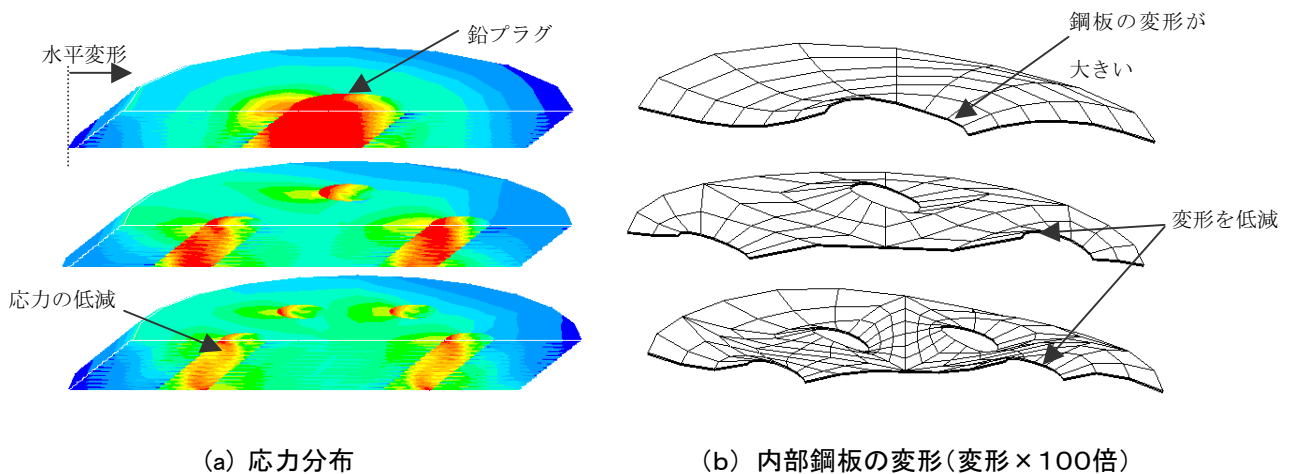


図2 太径鉛プラグ入り積層ゴムと多軸鉛プラグ入り積層ゴムの数値シミュレーション結果

鉛プラグを4分割した多軸鉛プラグ入り積層ゴムと、太径鉛プラグ入り積層ゴムの水平方向の特性を、数値シミュレーションで求めた。鉛プラグを分割しても、免震特性にほとんど影響しないことが分かる。



(a) 応力分布

(b) 内部鋼板の変形(変形×100倍)

図3 水平変形を受ける積層ゴムの応力分布と内部鋼板の変形(積層ゴム中心の応力を可視化)

鉛プラグを分割することによって内部応力を低減できることが分かった。しかし、分割数を多すぎると、内部鋼板の強度が低下をまねくため、鉛プラグの最適な分割数と配置があることも分かった。