

Thermo-mechanical and Failure Behaviors of Rubber and Its Seismic Isolation Bearings

熱を考慮した免震ゴムの力学的挙動と破断基準に関する研究

Lewangamage Chamindalal

レワンガマゲ チャミンダラル

1989年のLoma Prieta, 1994年のNorthridge, さらに1995年の神戸における地震によって、橋梁や建造物が甚大な被害を被って以来、免震構造の有効性が広く認識され、免震積層ゴム支承の橋やビルなどへの実際の建造物の幅広い利用が始まった。免震構造の実際のパフォーマンスは、積層ゴムの精確な評価に強く依存する。したがって、その力学的挙動を完全に理解した上で免震構造を設計することが重要である。免震は比較的新しい技術であり、ゴムの複雑な非線形挙動やその免震支承に関する研究は、今現在進行中である。ゴム材料や免震支承の複雑な非線形挙動に関する研究においては、熱力学を考慮に入れた力学モデルや破断挙動に対するモデルは未だ完全には確立されていないのが現状である。

この博士論文の目標は次に掲げる4部からなる；(1)ゴム材料の破断基準の確立、(2)免震ゴム支承の破壊基準の開発と有限要素解析による3次元破壊挙動のモデル化、(3)張力荷重下の支承内でのゴム破断の評価とモデル化、(4)高減衰ゴム材料の挙動の温度、振幅、速度依存性の評価と熱力学を融合した挙動のモデル化。

2軸、1軸、単純せん断試験を異なるゴム材料に対して、破断までの単調荷重によって行った。破断ひずみと伸張率は画像解析によって計測した。計測した破断データを用いてゴムの破断基準を展開し、さらにゴム材料の単調大変形挙動を表現する構成モデルを開発した。展開した材料破断基準を有限変形下の支承におけるゴムの破断の評価に適用した。提案したゴム材料の破断基準を積層ゴム支承の3次元有限要素モデルに適用し、支承の破壊試験によってその検証を行った。免震ゴム支承の安全評価のために破断基準を提案し、支承の破壊試験を解析することによって検証を行った。

高減衰ゴム材料の熱力学挙動を把握するために、繰り返しせん断試験を行った。試験は、外気温、荷重振幅、荷重周波数についてそれぞれ異なる条件において行った。また、赤外線カメラを用いた温度場計測システムを開発した。それにより、ゴムの力学的特性に対する温度効果、ひずみ速度効果（荷重周波数による効果）を定量的に把握した。最終的に、高減衰ゴム材料に対する熱力学的構成モデルを提案した。この構成モデルに基づき、ゴムの表面温度を評価するために対流型熱移動モデルを提案し、前述の実験結果によってモデルの検証を行った。