

高減衰積層ゴム支承の低温実時間ハイブリッド実験

埼玉大学 正会員 ○党 紀 川金コアテック 非会員 濱田 由記
 京都大学 学生会員 談 雨晴 埼玉大学 非会員 福澤 啓太
 川金コアテック 非会員 姫野 岳彦 京都大学 正会員 五十嵐 晃

1. 研究の背景と目的

高減衰ゴム支承（HDR-S）の力学的特性を把握するために多くの実験や研究が行われていて、ゴム材料の剛性や復元力特性は、速度、温度、载荷履歴に依存することが知られている。特に高減衰ゴム材料などに使われる場合、载荷とともに内部温度が上昇し、その復元力特性も変化することで、複雑な挙動を示している。本研究では低温下のより真実なHDR-Sの挙動を把握するためHDR-Sに対し実時間ハイブリッド実験を行い、その履歴特性、発熱、熱伝導による温度変動、地震応答への影響を検討する。

2. 実験条件

本研究ではHDR-Sに対する実験と事前研究としてSPR-Sに対する実験を行う。鉛直荷重は共に $6\text{N}/\text{mm}^2$ 、温度はHDR-Sは 23°C 、SPR-Sは 31°C 、SPR-Sは0.1, 0.5, 1.0の時間スケールを設ける。実際のモデルとの相似率は6と設定した。用いるHDR-Sを図-1、SPR-Sを図-2に示す。図-3は構造モデルである。

次にHDR-S供試体周りを断熱材で囲い内部に冷気を送ることで低温状態を保っている。内部温度は供試体ゴム1層目と3層目に熱電対を挿入することで計測している。载荷条件として、温度が 23°C 、 0°C 、 -20°C の3つの温度環境で、静的繰り返し実験ではせん断ひずみの振幅が50%, 100%, 150%, 200%, 250%となるように正負交番载荷で各5サイクルを実施した。5サイクル後、実験を一時停止し、冷やす時間（インターバル）を設けて、雰囲気温度に戻るまで待ち、その後次の振幅の実験を行う。

最後に、3種類温度条件の実時間ハイブリッド実験を実施した。入力地震動として、道路橋耐震設計のためのレベル2タイプ2、2種地盤上の設計地震動(JRT-NS)を用いた。

3. SPR-Sの実時間ハイブリッド実験の結果

実時間ハイブリッド実験は、高度な実験手法として、载荷するまでどのような地震応答と応答载荷がなされるかは未知であり、一定速度の载荷より緊急停止も間に合わないため、最初に時間比率を徐々に上げていく先行実験を行った。図-4, 5にHDR-SとSPR-Sの復元力履歴の比較を示す。復元力履歴は正方向では実時間のほうが大きい応答を示し、負方向では一定速度と実時間ではほぼ同じ最大応答が得られた。

4. インターバルされた準静的载荷実験の結果

準静的実験で得られた復元力履歴を図-6に示す。インターバルを設けた载荷(Int)では従来の連続载荷(Cont)より、振幅ごとに、温度を回復しており、得られた履歴パラメータでは所定された雰囲気温度における結果を反映できた。図に示すように、温度回復によって、より大きな剛性と切片荷重が得られている。

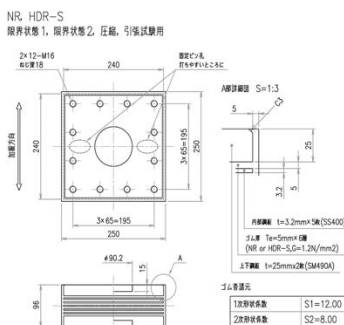


図-1 HDR-S供試体

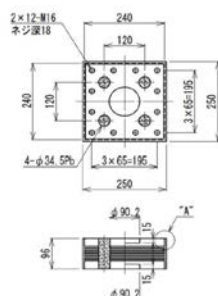


図-2 SPR-S供試体

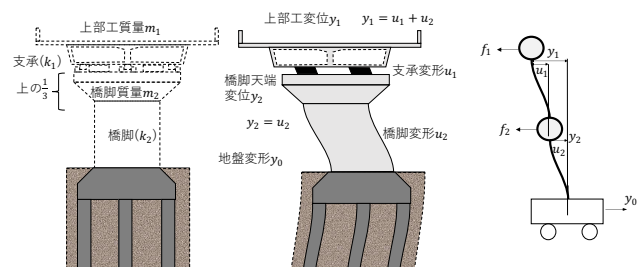


図-3 構造モデル

キーワード 高減衰ゴム支承, 低温, ハイブリッド実験, 自己発熱, 実時間

連絡先 〒330-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学理工学研究科 dangji@mail.saitama-u.ac.jp

5. HDR-Sの実時間ハイブリッド実験の結果

1倍速の実時間ハイブリッドを実施し、得られたゴム支承のひずみ-応力関係を図-7に示す。より早く载荷する実時間ハイブリッド実験の結果では、より大きな荷重とより小さい免震ゴム支承の応答が得られると予想していた。図に示しているように、予想と反し、実時間载荷の最大荷重は一定速度载荷より小さく、応答変位も大きくなった。この原因について、将来に詳細に説明する必要があるが、より早い载荷では内部温度が外部に散逸する効果が小さいことで内部温度がより高く上昇したことや、中間層のゴムがより温度の高い島が形成して、変形がより集中され、その結果は全体剛性が軟化した現象が生じたことなどの仮説が考えられる。その結果、低温時の免震ゴム支承の地震時応答挙動が予想より常温時との差が少なくなった。

6. 結論

常温において速度依存性によるSPR-SとHDR-Sの応答の変化は小さかった。常温においてSPR-Sを用いた橋脚の負担は実時間1.0倍速では増加した。またHDR-Sは明確な負担の変化は見られなかった。低温時におけるハイブリッド実験の荷重が一定速度载荷より小さく、常温時との応答の差も予想より少ない結果となった。

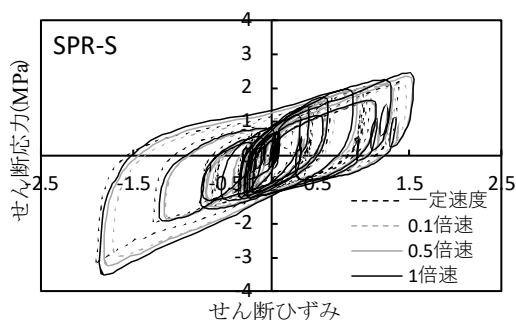


図-4 SPR-Sの復元力履歴の比較

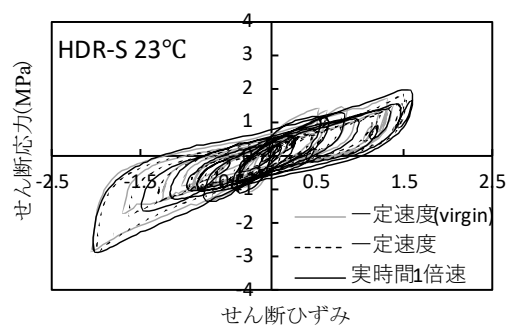


図-5 HDR-Sの復元力履歴の比較

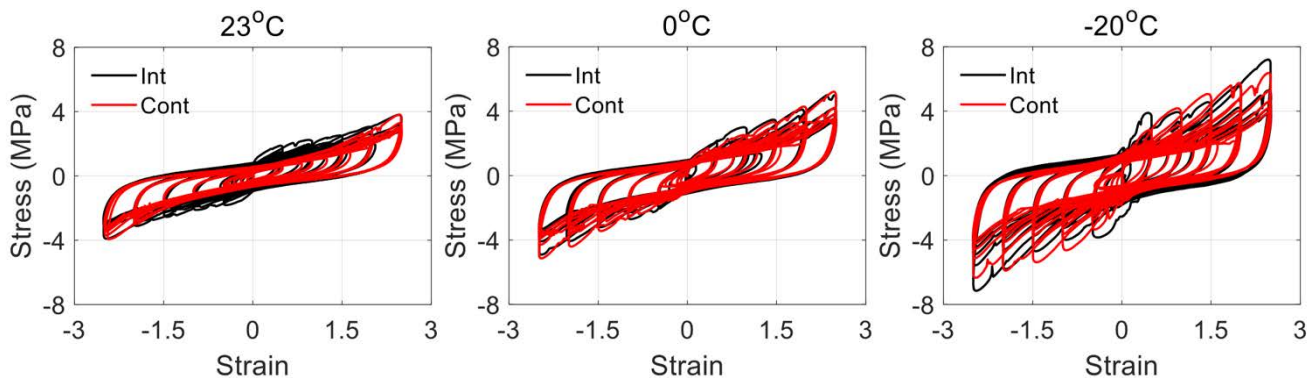


図-6 準静的载荷の結果

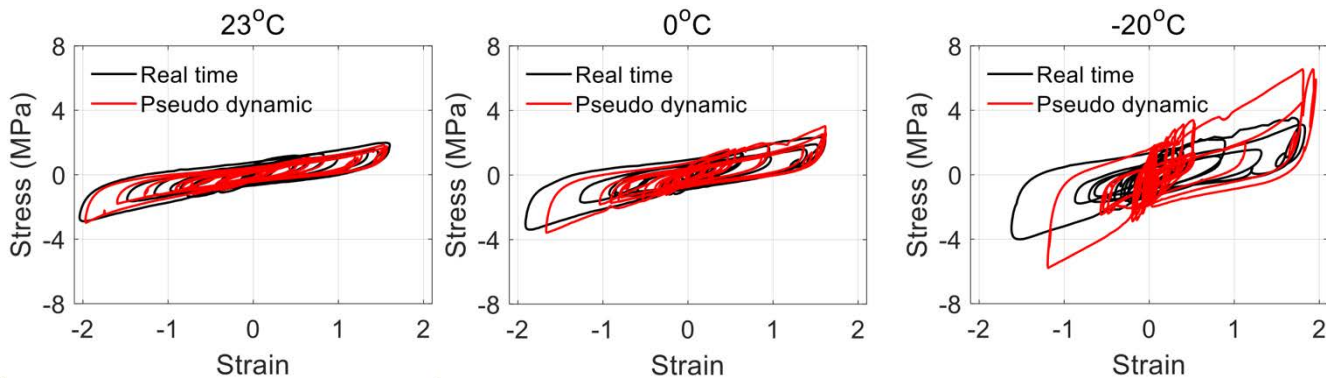


図-7 ハイブリッド実験の結果