

スプリング拘束型鉛プラグ入り高減衰積層ゴム支承の低温時ハイブリッド実験

埼玉大学 学生会員 ○寺地 慶造 埼玉大学 正会員 党 紀
川金コアテック 正会員 濱田 由記 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 京都大学 学生会員 談 雨晴

1. 研究の背景と目的

高減衰ゴム支承 (HDR) と鉛プラグ入りゴム支承 (LRB) は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、温度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、載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¹⁾。スプリング拘束型鉛プラグ入り高減衰積層ゴム支承 (SPR-S) は他のゴム支承に比べ特に高い履歴減衰能力を有している反面、その弾塑性力学と熱力学の連成を考慮されて研究が行われていない。本研究では、その効果を適切に評価するため、低温環境下におけるSPR-Sの静的繰り返し実験およびハイブリッド実験²⁾を行い、SPR-S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

実験に用いる供試体の設計図は図-1で示す。実験時は、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3層目に熱電対を挿入することで計測している。載荷条件として、温度が23℃、0℃、-20℃の3つの温度環境で、面圧が6N/mm²となる一定鉛直荷重を加えている。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載荷で各5サイクルを実施した。ハイブリッド実験では一定速度10mm/s載荷した。ハイブリッド実験に用いる構造モデルを図-2に示す。その構造モデルの諸元を表-1に示し、相似率が6としている。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。

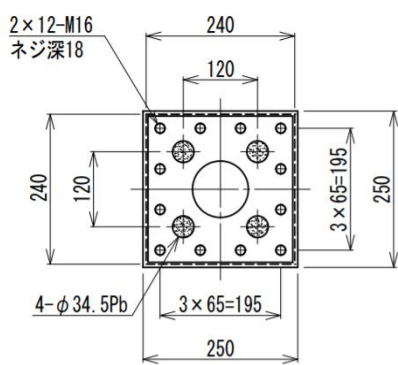


図-1 SPR-S供試体

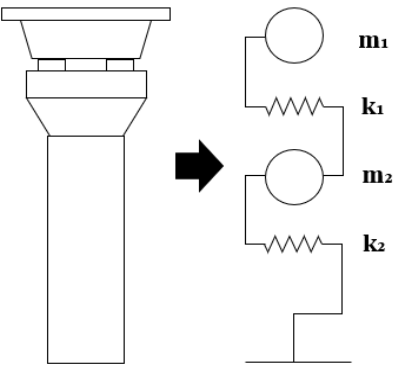


図-2 構造モデル

上部工質量 m_1	10156.41(ton)
橋脚質量 m_2	3385.469(ton)
ゴム支承初期剛性 K_1	376.32(kN/mm)
橋脚剛性 K_2	400(kN/mm)
減衰比 h	0.05
固有周期 T_1	1.047(s)

表-1 構造モデル諸元

3. 静的繰り返し実験結果

静的繰り返し実験で得られた復元力履歴からひずみ振幅ごとに、等価せん断剛性 G_e 、等価減衰定数が内部温度との関係を図-3, 4にプロットした。図-3より、内部温度が上昇すると G_e は減少する傾向が確認されているが、同じ振幅の実験結果の中でも雰囲気温度が異なる3つのグループの点が違う傾向を示していることも見られる。図-4に示すように、温度による等価減衰定数の変化に顕著な傾向は見られない。

4. ハイブリッド実験結果

図-5のSPR-Sの載荷雰囲気温度が異なる場合で得られた復元力履歴がみられる。温度が低いほどせん断応力が大きくなり、支承応答せん断ひずみが小さくなる結果となった。

キーワード 鉛プラグ入り高減衰ゴム支承, 静的繰り返し実験, 低温効果, ハイブリッド実験, 自己発熱
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

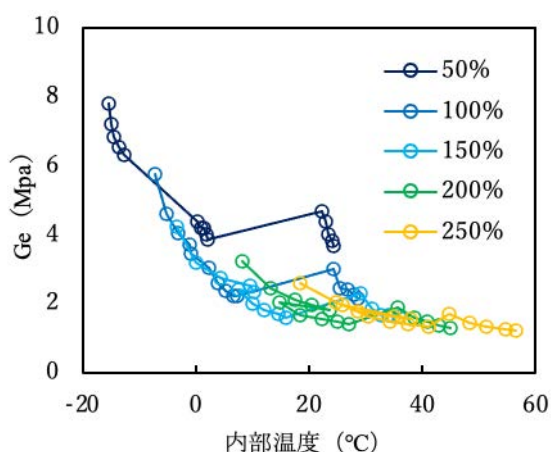
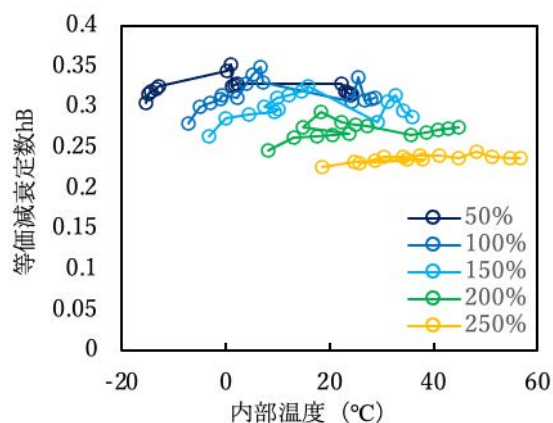
図-3 等価せん断剛性係数 G_e と内部温度

図-4 等価減衰定数と内部温度

正方向において、 0°C と -20°C の地震応答の差がほぼみられないが、負方向において、低温における応答変位が小さい傾向が明らかである。特に 0°C と 23°C の負方向の差が小さいことがわかる。

5. HDR-S と SPR-S の性能比較

ハイブリッド実験時のエネルギー吸収量を比較した図-6より、HDR-Sと比べて、常温時のSPR-Sのエネルギー吸収量が多い。設定温度 0°C 時は、SPR-Sのエネルギー吸収量は常温時 23°C の結果が小さいことがわかった。それによって、低温 -20°C 時は、SPR-Sのエネルギー散逸量はHDR-Sのエネルギー吸収量に対して176.2%で76.2%の差であった。以上のことより、SPR-SがHDR-Sに比べると、低温による地震エネルギー吸収量の差が小さいことがわかった。

6. 結論

- (1) 静的繰り返し実験の結果からSPR-Sの等価せん断弾性係数は、内部温度が高いほど減少する。等価減衰定数は、ひずみ率が高いほど減少する。
- (2) ハイブリッド実験の結果からSPR-Sは、温度が低いほどエネルギー吸収量が大きくなることが分かった。また低温時は剛性が高くなり橋脚の変位、加速度がともに上昇する。
- (3) HDR-SとSPR-Sの性能を比較したところSPR-Sの方が、エネルギー吸収量、等価減衰定数、等価剛性のどれも大きいことが分かった。エネルギー吸収量は、設定温度 -20°C の時の差は5.4%で、設定温度 23°C の時は76.2%で温度が低いほど差が小さい。

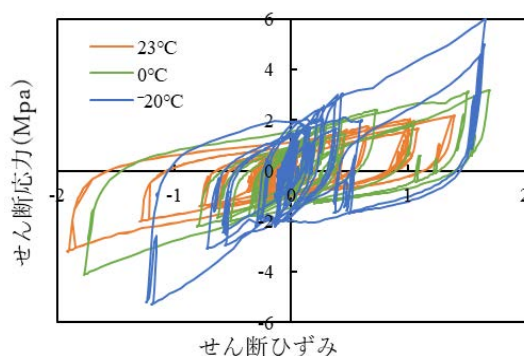


図-5 温度別SPR-Sの復元力履歴比較

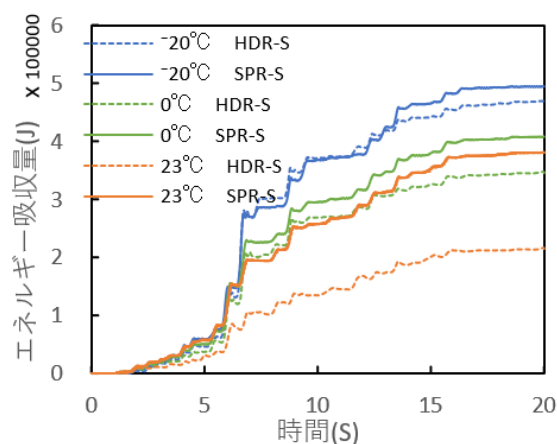


図-6 ゴム支承のエネルギー吸収量比較

参考文献

- (1) 奥井義昭・尾上修浩・佐藤京・今井隆：自己発熱を考慮した高減衰ゴム支承の温度依存特性, 土木学会論文 文集 A1, Vol73, No.1, 2017