

高減衰ゴム支承の低温時ハイブリッド実験

埼玉大学	正会員	○党 紀	鹿島建設	正会員	柴野 祐介
川金コアテック	正会員	鶴野 禎史	川金コアテック	非会員	濱田 由記
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

1995年の兵庫県南部地震以降、性能に基づいた耐震設計法が導入され、橋梁がレベル2地震動、さらには直下型地震動（タイプ2地震動）に耐えるような構造が求められた。橋梁がレベル2地震動に耐えることが出来るようにするには免震支承を用いる事が有効であり、高減衰ゴム（HDR）支承は広く普及していった。高減衰ゴムはひずみ依存性、速度依存性、面圧依存性、温度依存性などの特性を有しているため、使用される条件を踏まえてこれらを適切に考慮してモデル化する必要がある。特に低温下で高減衰ゴム（HDR）支承は剛性が高くなり、内部温度に依存するため自己発熱も考慮しないことが示され⁽¹⁾、低温での挙動に関しては更なる研究が必要である。よって本研究では、高減衰ゴム（HDR）支承の静的繰り返し実験を行って、低温下での性能についての検討をすること、ハイブリッド実験を行って、低温下での地震応答及び減衰性能がどのように変化するかを検討することを主要な目的としている。また、Mullins 効果が有無の2パターンの実験を行い、温度と Mullins 効果の影響についても検討する。

2. 静的繰り返し実験結果

試験条件は、温度は 23℃、0℃、-20℃の3パターン、鉛直荷重は 6N/mm²、載荷速度は 10mm/s、実際のモデルとの相似率は 6 と設定した。用いる試験体の設計図は図-1 で示す。図-2 は構造モデルである。静的繰り返し実験の結果から、KH 法により同定した K_1 、 K_2 、 K_e から算出したせん断弾性係数を縦軸に、横軸を温度としてひずみごとにプロットしたのが図-3 である。ひずみが小さい時は、温度が低いほどせん断弾性係数が高くなっている。ひずみが大きい載荷になると、温度によるせん断弾性係数の変化が少ないが、これは繰り返し載荷により HDR が自己発熱をしている影響であると考えられる。

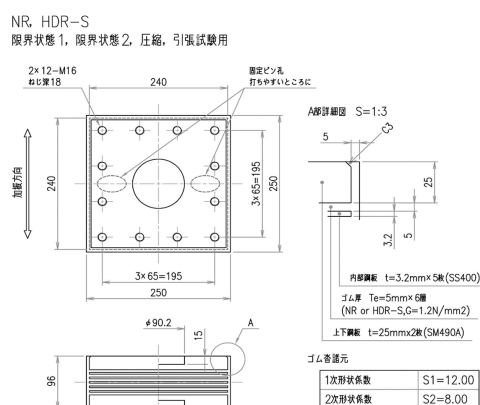


図-1 試験体設計図

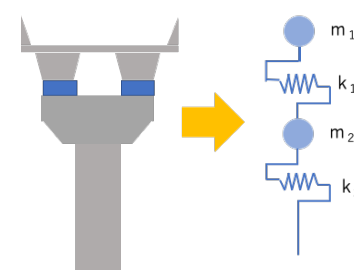


図-2 構造モデル

3. ハイブリッド実験結果

温度による地震応答の変化を見るために、23℃、0℃、-20℃でのグラフを一つにまとめて比較する。本論文では 23℃をオレンジ色、0℃を緑色、-20℃を青色で表わす事とする。図-4 は横軸せん断ひずみ、縦軸せん断応力（MPa）で表した HDR の復元力履歴である。

キーワード 高減衰ゴム支承, ハイブリッド実験, 低温時, 地震応答, 自己発熱, Mullins 効果

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

負方向の最大せん断ひずみは温度が下がるにつれて小さくなっていて、最大せん断応力は上がっている。正方向に関しては、23℃と比べて0℃、-20℃で最大せん断ひずみが大きくなり 2.0 あたりまで増加している。また、図-5 は橋脚の変位の時刻歴曲線を温度ごとにのせ比較したグラフである。温度が低いほど変位が大きくなっていて、これは载荷序盤から地震ピークまでで顕著に表れている。

4. Mullins 効果の影響

Mullins 効果が地震応答にどのように影響を与えるかを確認するために、初期载荷とすでに载荷を行なった試験体での二つの実験の比較を行った。Mullins 効果とはゴム材料に対して繰り返し負荷を与えた場合、応力及び剛性の低下が見られる現象である。23℃、-20℃では、初期载荷の場合に Mullins 効果により荷重が少し大きくなっていたが応答に顕著な違いは現れなかった。一方で、0℃では初期载荷での試験において最大荷重が大きかったが、0℃の初期载荷ではない実験では、熱電対が切れてしまったので、内部温度が 0℃に保たれていなかったためと考えられるので、再試験を行い再検討する必要がある。

5. 結論

- (1)静的繰り返し試験から、温度が低いほど HDR-S の剛性が高くなっている事がわかった。
- (2)ハイブリッド実験の結果より、低温であるほど HDR-S の負方向の荷重が上がり変位が小さくなった。一方で、正方向はピーク時の履歴曲線が低温であるほど大きくなる傾向が見られた。
- (3)温度が低温であるほど橋脚の変位・加速度は増加し、橋脚への負担が大きくなる事が確認できた。
- (4)Mullins 効果の影響は、20℃と-20℃では大きな影響はなかった。0℃の再試験を行い、検討する必要がある。

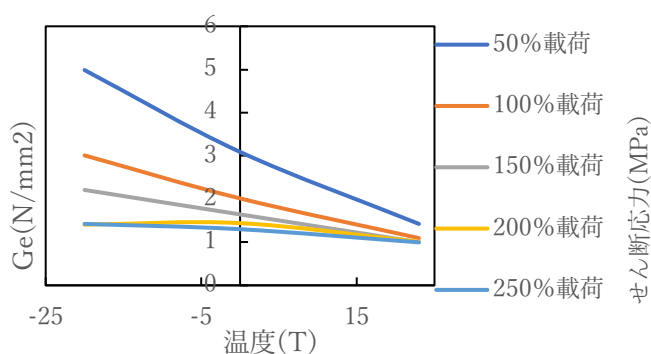


図-3 温度によるせん断弾性係数 G_e の変化

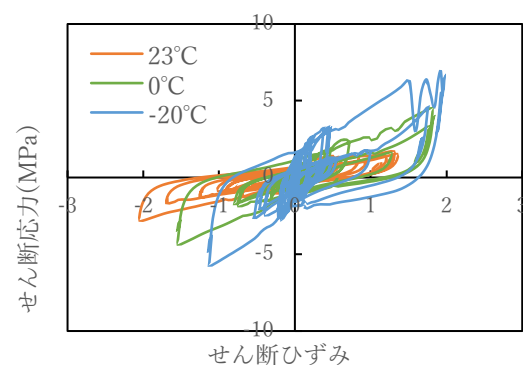


図-4 温度別の HDR 復元力履歴比較

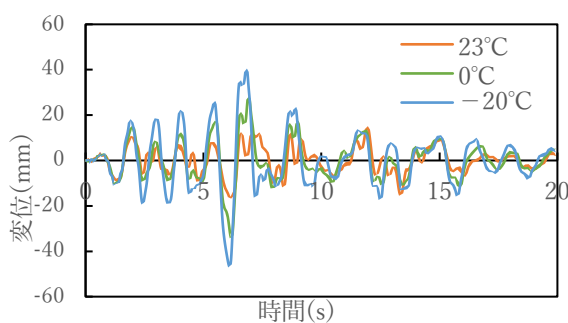


図-5 橋脚の温度別変位履歴曲線比較

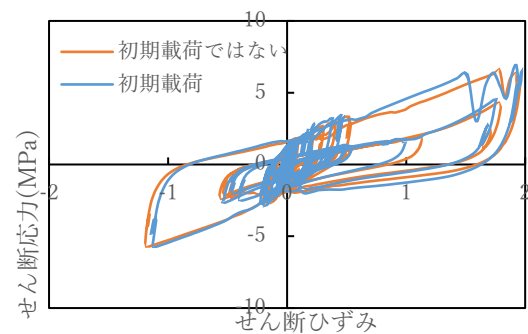


図-6 -20℃での初期载荷の影響の比較

参考文献

・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, 土木学会論文集 A1Vol173No. 1, 2017