

低温環境下における新しい高減衰ゴム支承の力学特性に関する実験的研究

住友理工株式会社 正会員 ○中村 保之
北見工業大学 正会員 齊藤 剛彦
北見工業大学 正会員 山崎 智之

北見工業大学 学生会員 入江 駿亮
北見工業大学 正会員 宮森 保紀
住友理工株式会社 正会員 竹ノ内 浩祐

1. はじめに

ゴム支承は、平成7年兵庫県南部地震以降急速に普及し、橋梁の耐震性能を左右する重要な役割を担っている。このような中、減衰性能を有する免震ゴム支承の採用が増える一方で、その一つである高減衰ゴム支承の低温時に生じる硬化現象や減衰性能および終局限界性能への影響が懸念されるところである。

一般的に高減衰ゴムは材料の特性上、低温時の温度依存性が比較的大きいことが知られているが、筆者らはこの依存性を低減させ、かつハードニングの低減と減衰性能を向上させた高減衰ゴム支承（HDSReX）を開発している。本稿では、この開発材料に対して低温下における地震時の繰り返し载荷に対する力学特性および破壊までの力学特性について実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 実験設備

低温時の性能を正確に評価するために、北見工業大学の低温室内に設置した载荷装置（図-1）を使用した。

2.2 供試体

供試体を図-2に、供試体の諸元を表-1示す。ゴム種は、HDSReXの比較対象として住友理工(株)製の高減衰ゴム支承（HDS-S）と分散ゴム支承（NR）に対しても载荷実験を行なった。

2.3 载荷条件

本実験の载荷条件を表-2に示す。基準温度23℃での基本性能確認試験後に、-20℃および-30℃における地震時の繰り返し荷重に対する挙動を確認するために設計許容変位（せん断ひずみ250%）の繰返し载荷、更に支承部の機能が失われる状態に対する安全性が確保されていることを確認するため

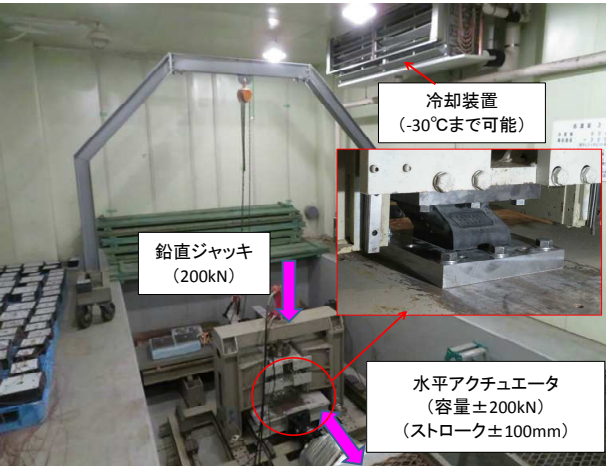


図-1 低温室内の载荷装置

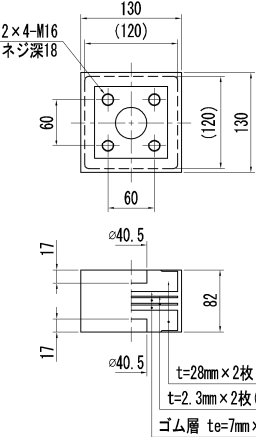


図-2 実験供試体

表-1 供試体諸元

ゴム種	HDSReX	HDS-S	NR
供試体数	2	1	1
ゴム呼びG	G12		
平面寸法	□120mm		
積層構造	7mm×3層=21mm		
形状係数	S1=4.29		
	S2=5.71		

※ 供試体数は各温度条件に対する個数を示す

表-2 载荷条件

载荷STEP	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
温度	23℃	-20℃, -30℃		
せん断ひずみ	175%	250%	300%	破断まで
加振回数	4or11回	6回	3回	1回
面圧	6MPa	6MPa	6MPa	6MPa
速度	0.5Hz	0.2Hz		8mm/s

※ NRの载荷STEP No. 1の载荷回数は4回とした

に、許容変位の1.2倍に相当する変位（せん断ひずみ300%）の繰返し载荷試験を行ない、最後に単調载荷による破断試験を行なった。また、各試験において供試体の内部温度を雰囲気温度に合わせるために、各試験のインターバルは24hr以上とした。

キーワード：高減衰ゴム支承，HDSReX，温度依存性，ハードニング

連絡先：〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目1番地 住友理工(株) Tel:0568-77-1318 Fax:0568-73-4160

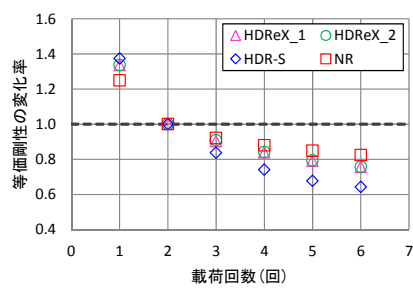


図-3 等価剛性とエネルギー吸収量の変化率 (250%, -20℃)

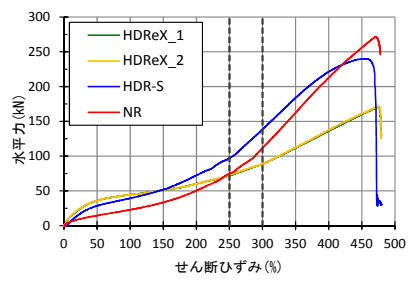
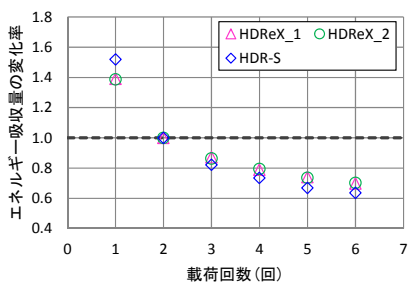


図-4 破断試験結果 (-20℃)

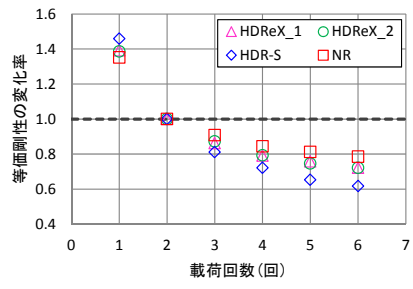


図-5 等価剛性とエネルギー吸収量の変化率 (250%, -30℃)

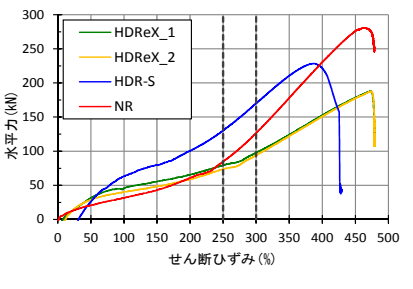
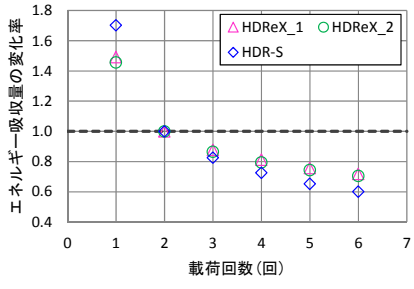


図-6 破断試験結果 (-30℃)

3. 実験結果

-20℃および-30℃における地震時の繰返し荷重に対する挙動を確認するために、等価剛性およびエネルギー吸収量の変化率を整理した。その結果を図-3, 5に示す。なお、1回目の履歴特性は初期载荷の影響により2回目以降と大きく異なるため、文献¹⁾に従い2回目の履歴特性を基準に6回目までの挙動を比較した。

2回目と6回目の等価剛性の変化率に着目すると、NRが最も小さくその変化率は-20℃で-18%、-30℃で-22%であった。一方、高減衰ゴムではHDR-Sの変化率が-20℃で-36%、-30℃で-38%であるのに対して、HDReXは-20℃で-24%、-30℃で-28%とHDR-Sに比べて等価剛性の変化率が小さくなった。

同様にエネルギー吸収量の変化率に着目すると、HDR-Sの変化率が-20℃で-37%、-30℃で-40%であるのに対して、HDReXは-20℃で-30%、-30℃で-29%とHDR-Sに比べてエネルギー吸収量の変化が小さくなった。

これらの結果より、新たに開発しているHDReXはHDR-Sに比べて载荷回数による変化率が小さく低温時の安定性に優れていることが確認できた。これは、温度依存性により生じる剛性差とハードニングの差によって発熱量が異なることが要因であると推測している。

次に、-20℃および-30℃における単調载荷によ

表-3 単調载荷時の水平力と破断ひずみ

	-20℃			-30℃		
	水平力		破断 ひずみ	水平力		破断 ひずみ
	250%時	300%時		250%時	300%時	
HDReX_1	72	88	破断せず	79	98	破断せず
HDReX_2	73	89	破断せず	74	94	破断せず
HDR-S	97	139	457%	130	170	359%
NR	75	112	破断せず	85	127	破断せず

※ “破断せず”とは、せん断ひずみ476%以上（試験機最大変位）を示す

る破断試験結果を図-4, 6に示す。全てのゴム種において破断ひずみが300%以上となり、許容変位に対して安全率が1.2倍以上であることを確認できた。また、NRとHDR-Sはせん断ひずみ175%付近からハードニングが生じ水平荷重が急増するが、新たなポリマー特性を持つHDReXは、せん断ひずみ250%付近まで水平荷重の急増はなく、それ以降のひずみ領域においても著しい増加は見られなかった。単調载荷時の水平力と破断ひずみを表-3に示すが、各ひずみ時の水平力はHDReXが最も小さいことが確認できた。

4. まとめ

本研究により、低温環境下における高減衰ゴム支承 (HDReX) の力学特性が確認できた。今後は、HDReXの非線形履歴特性のモデル化と初期载荷の特性の影響について検討を進める予定である。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012
2) 北海道土木技術会：北海道における鋼道路橋の設計および施工指針，2014