

## 高性能型高減衰ゴム支承 (HDReX) の耐荷性能に関する実験的研究

住友理工(株) 正会員 ○中村 保之 住友理工(株) 非会員 竹ノ内 浩祐  
 日本鑄造(株) 正会員 山崎 信宏 日本鑄造(株) 正会員 朝倉 康信  
 京都大学 正会員 五十嵐 晃

## 1. はじめに

高性能型高減衰ゴム支承 (以下, HDReX) は, ①減衰性能の向上, ②低温時の温度依存性の低減, ③ハードニング低減の開発目標を, ポリマーの構造最適化, 各種配合材の開発により実現したものである。

筆者らは, 橋の耐震設計において動的解析による地震時の挙動を適切に評価するために, HDReX の力学的特性から設計用バイリニアモデルを構築し<sup>1)</sup>, 振動台実験によりモデルの妥当性確認を行っている。一方, 積層ゴム支承は, 道路橋支承便覧<sup>2)</sup>に示すゴム材料に求められる品質を有すること, 鋼板とゴムで構成された支承としての性能も確認することが必要とされる。

本研究では, 道路橋支承便覧に示す積層ゴム支承の特性検証試験のうち, 耐荷性能に関するせん断特性について確認を行ったので, その結果について報告する。

## 2. ゴム材料

道路橋支承便覧では, 高減衰ゴム支承は高い減衰能を持つようにジエン系ゴムに各種配合材を練り合わせた配合ゴムを用いたものとしている。また, ゴム材料は, ①ポリマーと化学成分, ②機械的性質, ③物理的性質の規格値を定めており, HDReX はこれらの規格値を満足するように配合設計している。表1に, 従来の高減衰ゴム支承 (HDR-S: 住友理工(株)製) と HDReX の材料試験結果を示す。

HDReX はハードニングを抑えたゴム材料である

表1 高減衰ゴム(G12)の材料規格と試験結果

項目	単位	高減衰ゴム規格値(G12)	測定値(G12)			
			HDReX	HDR-S		
機械的性質	破断伸び	%	550以上	810	670	
	引張強さ	N/mm <sup>2</sup>	10以上	11.5	15.6	
	圧縮永久ひずみ率	%	60以下	58	52	
物理的性質	老化性	25%伸長応力変化率	%	-10~+100	+21	+23
		伸び変化率	%	-50以上	-4	-7
	耐オゾン性	-	肉眼観察で き裂のないこと	き裂 なし	き裂 なし	
	耐水性(質量変化率)	%	10以下	±0	+1	
	耐寒性 (低温脆化温度)	-	-30℃以下 (寒冷地-40℃以下)	-62	-43	

試験条件は道路橋支承便覧(H30.12)に準拠

め, HDR-S に比べて破断伸びが大きく, 引張強さが小さい。また, 減衰性能を高めているため, 圧縮永久ひずみは大きくなる傾向である。

## 3. 特性検証試験

道路橋支承便覧では, 積層ゴム支承における限界状態の制限値等の前提としている特性を有することを確認することを定めている。特性検証試験は耐荷性能, 耐久性能, 各種依存性に分類されるが, ここでは耐荷性能(限界状態1~3)について報告する。

## 3.1 供試体

特性検証試験は表2に示す供試体を用いることが標準的とされている。本研究では比較対象として HDR-S (住友理工(株)製) についても試験を行った。

表2 供試体諸元

	供試体A	供試体B
試験の種類	限界状態1,2	限界状態3
平面寸法(mm)	240×240	400×400
ゴム一層厚(mm)	5	10
ゴム層数(層)	6	10
内部鋼板厚(mm)	3.2	4.5
一次形状係数	12.00	10.00
二次形状係数	8.00	4.00

## 3.2 試験条件と判定基準

限界状態1,2の試験条件を表3に示す。限界状態1は, 試験A→B→A, 試験A→C→Aの順序で行い, 免震支承の場合は, 試験Aにおいて5波目又は2~11波の二次剛性の平均値と6~11の各波の二次剛性の差が10%以内であり, かつ試験B,C前後での等価剛性の差が10%以内であれば, 安定した履歴挙動となり可逆性を有すると判定される。限界状態2も同様の順序で試験を行い, 免震支承の場合は, 試験Aにおいて1波目を除く2~6波目の等価減衰定数が設計値以上であれば, 安定したエネルギー吸収性能を有すると判定される。

次に限界状態3の試験条件を表4に示す。本試験は, 試験A→B→C→Dの順序で行い, せん断ひずみ300%に相当する水平変位が生じても繰返し作用によ

キーワード: HDReX, 高減衰ゴム, ハードニング, 耐荷性能, 限界状態

連絡先: 〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目1番地 住友理工(株) 化工品事業部 化工品技術部 TEL: 0568-77-1318

る履歴が得られることと、破断性状等を確認する。

表3 限界状態1,2の試験条件

試験名		試験A	試験B	試験C
温度		23±2℃		
試験変位	限界状態1	せん断ひずみ175%		
	限界状態2	せん断ひずみ250%		
鉛直荷重		面圧6.0N/mm <sup>2</sup> 相当	面圧24.0N/mm <sup>2</sup> 相当	引張-1.4N/mm <sup>2</sup> 相当
水平加振周期		2秒		
水平加振波形		正弦波または三角波		
水平加振回数	限界状態1	11回	1回	1回
	限界状態2	6回		

表4 限界状態3の試験条件

試験名		試験A	試験B	試験C	試験D
温度		23±2℃			
試験変位		せん断ひずみ 175%	せん断ひずみ 250%	せん断ひずみ 300%	破断または座屈が生じるまで変位を与える
初期鉛直荷重		面圧6.0N/mm <sup>2</sup> に相当する鉛直荷重			
水平加振周期		2秒		試験Bと 等しい速度	—
水平加振波形		正弦波または三角波			—
水平加振回数		5回の正負交番 繰返し載荷	6回の正負交番 繰返し載荷	2回の正負交番 繰返し載荷	単調載荷

## 4. 試験結果

### 4.1 限界状態1

試験A→B→Aの試験Aについて、図1に2～11波の二次剛性の平均値に対する各波の二次剛性の変化率を示す。二次剛性の変化は両ゴム種とも10%以内であるが、HDRexはHDR-Sに比べて変化が小さく11波目で6～7%の変化である。2回目の試験Aは1回目と比べて変化が小さくなり、履歴挙動が安定していることが分かる。

### 4.2 限界状態2

試験A→B→Aの試験Aについて、図2に2～6波目の等価減衰定数を示す。等価減衰定数の設計値は、HDRexが16.8%、HDR-Sが13.1%である。1回目の試験Aにおける6波目の等価減衰定数は、HDRexが20.7%、HDR-Sが16.5%であり、HDRexの方が高い減衰性能を有している。2回目の試験Aでは等価剛性の変化よりもエネルギー吸収量の変化が大きいため、等価減衰定数は1回目と比べて低下するが、設計値以上を保っており安定したエネルギー吸収性能を有している。

紙面の都合上、限界状態1,2とも試験A→B→Aのみ示すが、試験A→C→Aの場合も同様の傾向であり、試験B,Cによる大きな差はなかった。

### 4.3 限界状態3

限界状態3の試験結果として、図3に単調載荷(試験D)の結果を示す。試験速度は8mm/secである。HDRexの破断ひずみは448% (水平荷重1019kN)で、

HDR-Sは369% (水平荷重1228kN)であった。HDRexは400%付近から受圧面積の減少に伴う座屈の影響が発生し始め破断に至った。HDRexはHDR-Sに比べてハードニングが小さく、高い変形性能を有している。

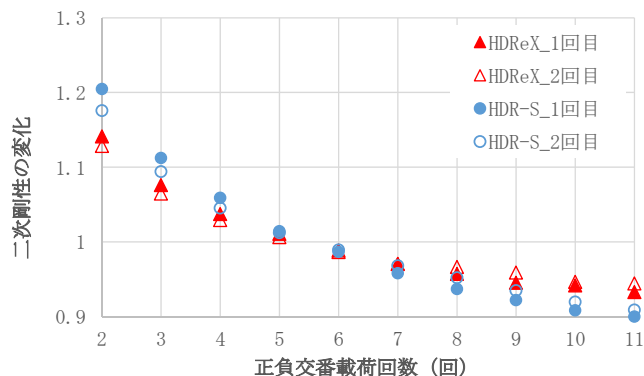


図1 二次剛性の変化 (G12 試験A)

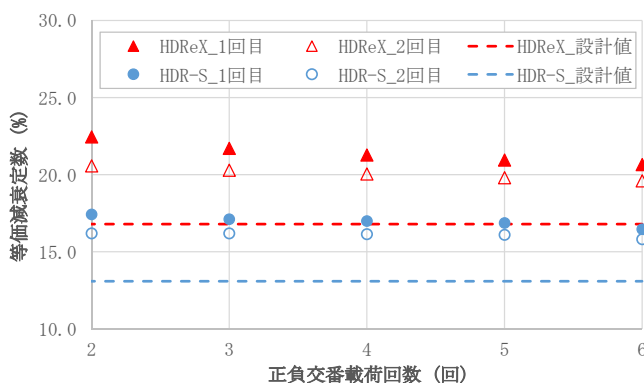


図2 等価減衰定数 (G12 試験A)

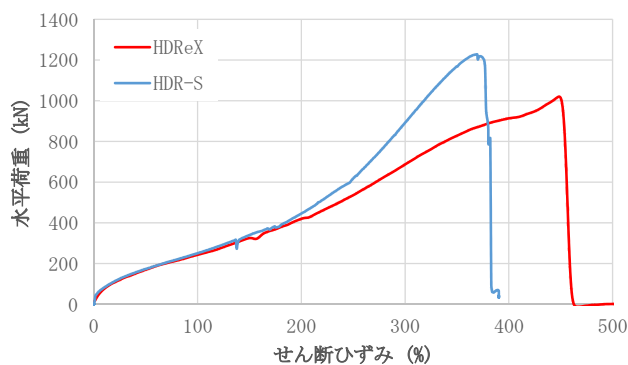


図3 単調載荷結果 (G12 試験D)

## 5. まとめ

本報では高機能型高減衰ゴム支承 (HDRex) の耐荷性能に関するせん断特性について確認した。なお、動的加振による設計モデルの妥当性確認については、稿を改め報告する。

### 参考文献

- 1) 影本直也ほか：高減衰ゴム支承 HDRex 動的照査用モデルの構築と地震応答評価への適用性の検討，土木学会第76回年次学術講演会，1-167。
- 2) 日本道路協会：道路橋支承便覧 (平成30年改訂版)，平成30年12月。