

振動台を用いた高性能型高減衰ゴム支承（HDReX）の性能確認実験

日本鑄造(株) 正会員 ○山崎 信宏 日本鑄造(株) 非会員 平井 良典
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
京都大学 学生会員 談 雨晴 京都大学 正会員 五十嵐 晃

1. はじめに

筆者らは、特殊なゴム材料を使用し、従来の超高減衰ゴム支承（HDR-S）と比較して、減衰性能と温度依存性を向上させるとともに、ハードニングを低減させた高性能型高減衰ゴム支承（以下、HDReX）を開発した^{1),2)}など。本稿では、HDReXの動的挙動を確認するために実施した振動台実験について述べる。

2. 実験概要

試験体は、表1に示す振動台の性能³⁾を勘案しつつ、可能な限り形状の大きなHDReXを採用するため、平面寸法で加振X方向4,150mm×Y方向2,650mmの質量約6tのH形鋼を組合せた桁模型の上に、質量約4tの重錘を取付けた質量約10tの鋼製架台を、4隅に設置したHDReXにより弾性支持する構造とした。1基のHDReXに作用する鉛直荷重は25kN（面圧1.7N/mm²）程度となる。試験体全景を写真1、実験模型の概略図を図1に示す。写真1の桁模型4隅に示す番号は、支点番号である。加振方向は、写真1に示すX方向の水平1方向のみとした。供試体の寸法形状を図2、その諸元を表2に示す。実験で用いたHDReXは、事前にせん断ひずみ175%の基本特性試験を実施し、その性能を確認している。

3. 加振スケジュールと計測概要

加振スケジュールの抜粋を表3に示す。実験では、動的载荷によるHDReXの荷重-変形関係を確認する目的で正弦波による加振を行った後に、HDReXの地震時の挙動を確認する目的で、標準加速度波形⁴⁾による加振を行った。正弦波加振は、目標とするHDReXの振幅値と固有振動数から求めた加速度を波形として与えた。標準加速度波形を用いた実験では、予備の供試体を用いて複数の入力レベルでの実験を行ったのち、表3に示す加振を行った。供試体は、1つの加振・入力レベルの終了ごとに4基とも交換した。

実験では、HDReXに作用するX,Y,Z方向の力を三分力計、HDReXと桁模型の変位はレーザー変位計、そして振動台と桁模型の加速度は加速度計で計測した。供試体と三分力計の設置状況を写真2に示す。

表1 振動台の性能³⁾

テーブル	5m(X軸方向)×3m(Y軸方向)
加振方向	水平2軸(X,Y),垂直(Z),回転($\theta_x, \theta_y, \theta_z$)
駆動方式	電気・油圧サーボ方式
継手方式	静圧軸受方式
最大搭載質量	定格15tonf、最大30tonf
最大変位	水平(X): ±300mm, 水平(Y): ±250mm 垂直(Z): ±200mm
最大速度	水平(X),(Y),垂直(Z): ±150cm/s
最大加速度 (15tonf 戴荷時)	水平(X),(Y),垂直(Z): ±1G (無負荷時±1.5G)

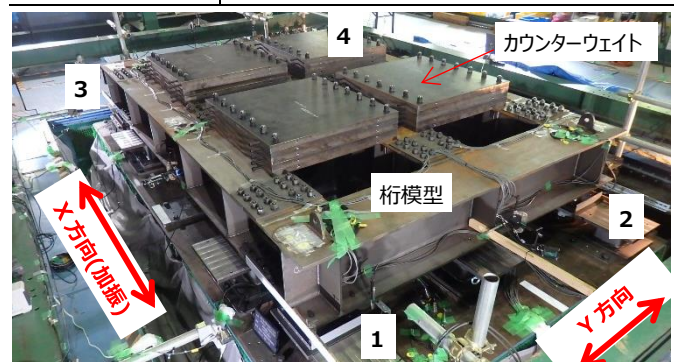


写真1 試験体全景

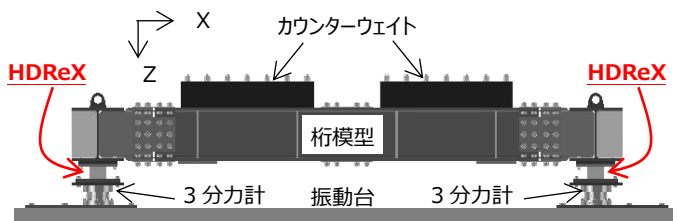


図1 実験模型の概略図

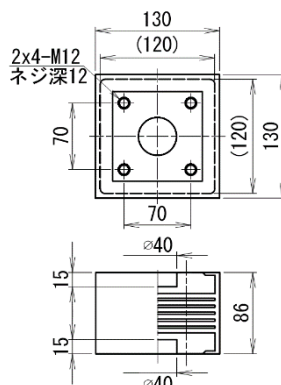


図2 供試体の寸法形状

表2 供試体の諸元

ゴム種	HDReX
供試体数と ゴム呼びG	28体(G12) 12体(G10)
平面寸法	□120mm
積層構造	5mm×6層
形状係数	S1=6, S2=4
上下鋼板	SM490A, t=22mm
内部鋼板	SS400, t=2.3mm

キーワード：高減衰ゴム，HDReX，動的挙動，等価減衰定数，振動台実験

連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町2番1号 日本鑄造(株)鋼構造技術部 TEL：044-355-5033

表3 加振スケジュールの抜粋

加振ケース	加振波名称	加振方向	入力レベル	時間倍率	ゴムG	
1	正弦波	X	2Hz,30mm	1.0	G12	
2	標準加速度波形	II-II-1	X	100%	1.0	G10
3		II-II-2	X	115%	1.0	G10
4		II-II-3	X	105%	1.0	G10
5		II-II-1	X	190%	0.5	G12
6		II-II-2	X	170%	0.5	G12
7	II-II-3	X	150%	0.5	G12	

表4 実験値の一覧 (支点2の最大値)

加振ケース	水平荷重(kN)		水平変位(mm)		せん断ひずみ(%)	
	正側	負側	正側	負側	正側	負側
1	30.0	-29.8	46.3	-46.7	154.3	-155.5
2	25.2	-24.1	33.6	-23.8	112.0	-79.3
3	31.4	-26.2	49.5	-41.4	165.0	-138.0
4	32.7	-19.2	49.5	-26.1	165.0	-87.0
5	38.2	-49.8	48.2	-60.7	160.7	-202.3
6	42.0	-34.3	53.3	-38.9	177.5	-129.7
7	25.5	-26.0	20.9	-28.5	69.7	-95.0

4. 実験結果

各支点での計測のうち、ここでは支点2のHDReXで得られた結果に着目して記す。

図3は、ケース1で得られた水平荷重-せん断ひずみ関係である。履歴曲線は、安定した形状を示している。応答せん断ひずみは、繰返し加振で徐々に増加し、最大値は-155.5%であった。そのときの等価減衰定数は24%であり、十分な減衰能力を有していることがわかった。図中には、最大応答せん断ひずみ155% (正負平均, 振幅 46.5mm) に対応する等価剛性の設計値 (0.609kN/mm) ⁹⁾を赤の破線で示している。実験結果から求めた等価剛性は0.633kN/mmであり、変位制御の一定振幅載荷で構築した設計値との評価は一概にできないものの、その比は1.04であった。なお加振中の面圧の変動は1.3~2.3N/mm²であり、事前の予測程度であった。

表4は、各加振で得られた実験値の一覧であり、図4~図6は、ケース5~7で得られた水平荷重-せん断ひずみ関係である。本実験の最大応答せん断ひずみは202% (ケース5) であり、大地震時でも安定した応答性状を示すことが伺える。ケース5~7の大変形時で求めた等価減衰定数は24~25%であり、十分な減衰能力を有することがわかった。

5. まとめ

本稿では、HDReXの動的挙動に着目して実施した振動台実験について述べた。別稿で、HDReXの設計バイリニアモデルを用いた解析結果との対比を示す。

参考文献

- 1) 影本 ほか：高減衰ゴム支承の減衰性能と構造物の地震応答低減効果の関係の討, 第39回地震工学研究発表会, 1460_1-7, 2019.10.
- 2) 齊藤 ほか：低温動的載荷実験による高減衰ゴム支承力学的特性の検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.74, No.4, I_765-I_776, 2018年.
- 3) 国立大学法人京都大学：「強震応答実験装置を用いた構造物の耐震性能把握手法の確立」Webサイト, <http://kyoyo.dpri.kyoto-u.ac.jp/index.html> (2022.3参照).
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 丸善, 平成29年11月.
- 5) 影本 ほか：高減衰ゴム支承HDReXの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77回年次学術講演会, I-167, 2021.9.

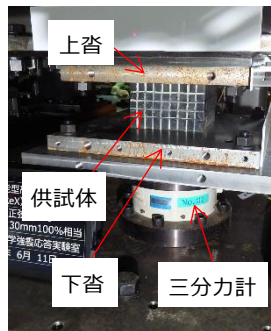


写真2 供試体と三分力計

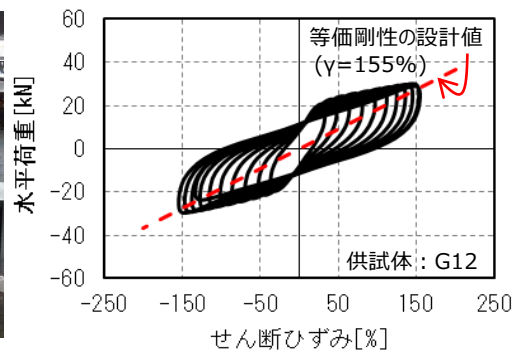


図3 ケース1 (正弦波加振)

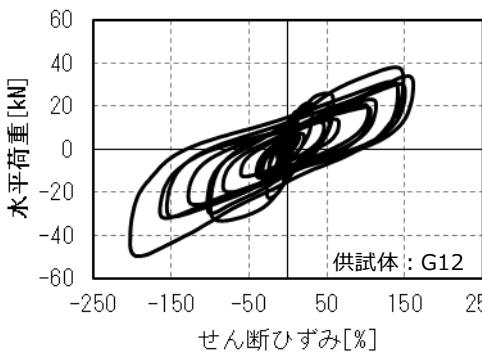


図4 ケース5 (II-II-1)

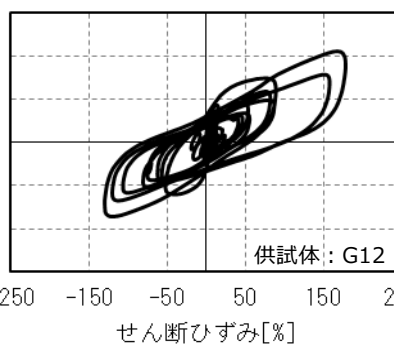


図5 ケース6 (II-II-2)

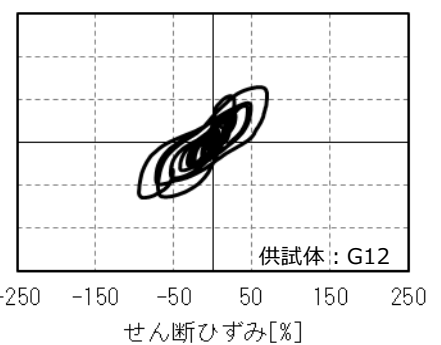


図6 ケース7 (II-II-3)