

考虑压应力作用高阻尼橡胶隔震支座力学性能研究

丁雪聪

广州大学

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6159

[摘要] 高阻尼橡胶隔震支座(HDRB)作为对环境友好的新型隔震支座,其在不同压应力作用下的滞回性能有重要的研究价值。本文通过500吨的压剪试验设备,得到中大型试件(HDRB-400和HDRB-500)在不同工况下的力学曲线,试验结果显示:相同压应力下,HDRB第一圈的滞回面积比后续几圈大,有明显的Mullins效应;随着压应力的增加,相同圈数的滞回面积和特征强度变小。本文对HDRB力学模型推导提供数据参考

[关键词] 高阻尼橡胶隔震支座; 竖向压应力; 足尺支座; 水平力学性能

中图分类号: TG824 文献标识码: A

Considering the action of compressive stress, the mechanical properties of high-damping rubber seismic isolation bearings are studied.

Xuecong Ding

Guangzhou University

[Abstract] As a new type of environment-friendly seismic isolation bearing, the hysteresis performance of high-damping rubber seismic isolation bearing (HDRB) under different compressive stresses has important research value. In this paper, the mechanical curves of medium and large specimens (HDRB-400 and HDRB-500) under different working conditions are obtained by using 500 tons of compressive shear test equipment, and the test results show that under the same compressive stress, the hysteresis area of the first turn of HDRB is larger than that of the subsequent cycles, and there is an obvious Mullins effect. As the compressive stress increases, the hysteresis area and characteristic strength of the same number of turns become smaller. This paper provides data reference for the derivation of HDRB mechanical model.

[Key words] High damping rubber seismic isolation bearing; foot-foot support; horizontal mechanical properties

引言

常用的隔震支座有:天然橡胶隔震支座(NRB)、铅芯橡胶隔震支座(LRB)和高阻尼橡胶隔震支座(HDRB)。HDRB凭借优秀的隔震性能和对环境友好的特点,在隔震结构上的使用愈发流行,对HDRB不同工况下滞回性能的研究也愈发重视。^[1]

目前国内外关于HDRB滞回性能试验研究的论文有:薛素铎等对直径对520mm和460mm的HDRB进行了压应力是6、12、18MPa的试验^[2];王建强等对直径为200mm的HDRB进行了压应力是3MPa、6MPa、9MPa、12MPa、15MPa和18MPa的试验,同样其考虑的支座尺寸较为单一且较小,与工程实际有一点出入,适用性不强^[3];魏威等对直径对700mm的HDRB进行了压应力是8、10、12MPa的试验,虽然其提出的本构模型能达到预期效果,但是其支座的尺寸选取过于单一,缺少说服力^[4];袁维娜等对直径为1500mm的大直径高阻尼橡胶支座的竖向压缩性能相关性、水平性能剪

应变相关性、试验构件数量较少,结果的规律性不强^[5]。

整理上述论文可知,部分论文选用的HDRB试件是缩尺模型,不能直观地反映HDRB的耗能性能;部分论文竖向压应力工况设置太少。本文选用足尺的HDRB作为试件,属于工程应用上的中大型支座,并且设置3组常见的压应力,研究在不同压应力作用下,HDRB遭受往复正弦加载后的滞回性能。

1 试验试件

根据本文的研究需要,并结合规范GB/T20688.3—2006^[6]和GB/T20688.2—2006^[7],制定了两种直径分别为400mm和500mm的HDRB。下文中使用HDRB-400和HDRB-500来命名区分。

本研究所采用的支座来自浙江震防科技股份有限公司制作。每种类型的HDRB有3个,以HDRB-400为例,三个支座分别用HDRB-400-A、HDRB-400-B和HDRB-400-C区分,HDRB-500同理。支座构造参数及规格型号见表1,支座的实物图见图1。



图1 支座实物图

表1 铅芯橡胶隔震支座参数

	单位	HDRB-400-A/B/C	HDRB-500-A/B/C
总直径	mm	500	600
橡胶外径	mm	400	500
橡胶层数	片	19	19
橡胶层厚	mm	3.9	4.9
橡胶总厚	mm	75.5	93
钢板直径	mm	400	500
钢板厚度	mm	20	20
钢板层数	片	18	18
中孔直径	mm	30	35
上表面积	mm ²	250000	360000
总高度	mm	165	187

2 试验设备

本文的试验设备采用广州大学工程抗震研究中心的500吨压剪试验机,如图2所示,该压剪机的最大水平加载力为1500kN;竖向作动器最大位移为1200mm,竖向作动速度1.2mm/s,最大竖向加载力为2800kN;水平作动器最大作动位移正、反向均为800mm;加载频率的范围为0.001~1.0Hz。



图2 试验设备

3 试验工况

根据《建筑橡胶支座》对HDRB进行滞回性能试验,具体工况见表2。其中设计压应力取12MPa,是乙类建筑的支座压应力限值,将设计压应力分别缩小33%和66%,即8和4MPa,分析压应力变化后HDRB的滞回曲线。此外,HDRB在耗能过程中会产生热量,每个工况完成后,需让试件静置半小时,使其恢复室温再进行下一个工况。

表2 铅芯橡胶隔震支座参数

工况	支座	竖向压应力 (MPa)	剪切变形	加载频率 (Hz)	加载波形	加载圈数
1	HDRB-400-A	12MPa	75.5 (100%)	0.01	正弦波	4
2	HDRB-400-B	8MPa	75.5 (100%)	0.01	正弦波	4
3	HDRB-400-C	4MPa	75.5 (100%)	0.01	正弦波	4
4	HDRB-500-A	12MPa	93 (100%)	0.01	正弦波	4
5	HDRB-500-B	8MPa	93 (100%)	0.01	正弦波	4
6	HDRB-500-C	4MPa	93 (100%)	0.01	正弦波	4

4 试验结果及分析

工况1~6的滞回曲线如图3~8所示。分析图3~5可知,HDRB-400第一圈的滞回面积明显大于后续的,说明HDRB跟LRB一样存在Mullins效应;对比每个工况的第三圈面积,发现压应力越大,滞回面积越大。该规律在HDRB-500上一致(见图6~8)。表3整理了每个工况第三圈耗能面积和特征强度的具体数值。

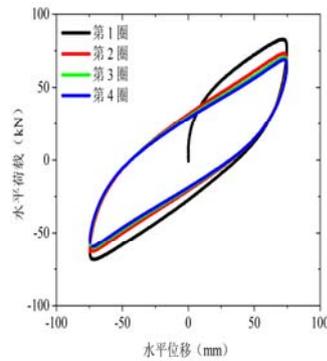


图3 HDRB-400-12MPa

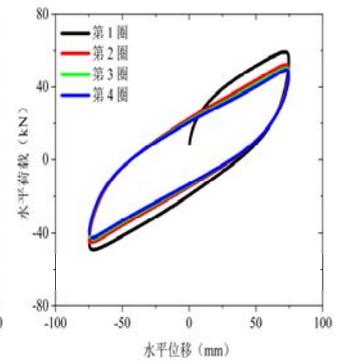


图4 HDRB-400-8MPa

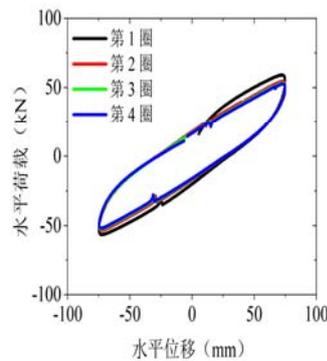


图5 HDRB-400-4MPa

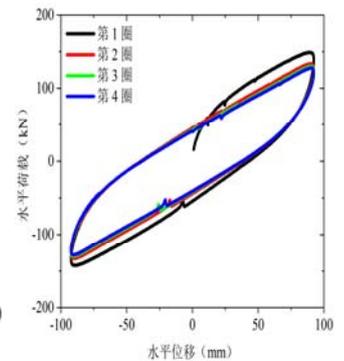


图6 HDRB-500-12MPa

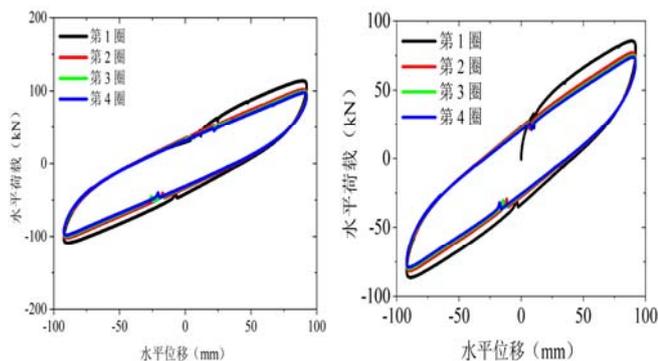


图7 HDRB-500-8MPa

图8 HDRB-500-4MPa

表3 不同压应力作用下耗能面积对比

工况	耗能面积 (kN·mm)	误差 (%)	特征强度 (kN)	(%)
1	6057.88		21.31	
2	4514.50	25.48	17.15	19.52
3	4357.55	3.48	15.27	10.96
4	14080.82		40.86	
5	10746.52	23.68	33.01	19.21
6	9743.52	9.33	30.05	8.97

分析表3可知：随着压应力变小，滞回面积间的误差越小；对于HDRB-400，压应力是12MPa的耗能面积与压应力是8MPa的误差高达25.48%，而压应力是8MPa的耗能面积与压应力是4MPa的误差只有3.48%，对于HDRB-500，压应力是12MPa的耗能面积与压应力是8MPa的误差高达23.68%，而压应力是8MPa的耗能面积与压应力是4MPa的误差只有9.33%；特征强度随压应力的增大而增大，且压应力越小特征强度间的误差越小，对于HDRB-400，压应力是12MPa的特征强度与压应力是8MPa的误差是19.52%，而压应力是8MPa的特征强度与压应力是4MPa的误差是10.96%，对于HDRB-500，压应力是12MPa的特征强度与压应力是8MPa的误差是

19.21%，而压应力是8MPa的特征强度与压应力是4MPa的误差是8.97%。

5 结论

研究不同压应力下HDRB耗能性能变化的规律，采用压剪试验设备，进行不同压应力下足尺HDRB的正弦往复加载试验，通过试验得到以下结论：

(1) 相同压应力作用下，HDRB第一圈的耗能面积明显大于后续圈数的，说明HDRB与LRB一样存在Mullins效应，且该效应在不同压应力作用下都存在；

(2) HDRB的滞回面积和特征强度随压应力的减小而减小，且随着压应力的减小，误差的幅度也逐渐减小。

【参考文献】

[1]李龙.高层建筑隔震结构体系分类与技术特点分析[J].建筑技术开发,2020,47(06):1-2.

[2]薛素铎,高佳玉,姜春环,等.高阻尼隔震橡胶支座力学性能试验研究[J].建筑结构,2020,50(21):71-75.

[3]王建强,张振洋,李政.高阻尼橡胶支座剪切性能压力相关性试验研究[J].铁道工程学报,2017,34(01):47-51+11.

[4]魏威,袁涌,谭平,等.考虑压力影响的高阻尼橡胶隔震支座速度相关性本构模型及其地震响应研究[J].土木工程学报,2020,53(02):23-32.

[5]袁维娜,魏德超,温文露,等.大直径高阻尼隔震橡胶支座力学性能的研究[J].橡胶工业,2020,67(05):371-375.

[6]GB/T20688.3—2006橡胶支座第3部分:建筑隔震橡胶支座[S].北京:中国标准出版社,2006.

[7]GB/T20688.2—2006橡胶支座第2部分:桥梁隔震橡胶支座[S].北京:中国标准出版社,2006.

作者简介:
丁雪聪(2000--),男,湖南邵阳人,研究生,学生,土木工程系,结构工程专业,抗震方向。