

基于现场试验与数值模拟的黏滞阻尼墙应用效能分析

张旭东¹ 程严严² 肖金雍¹ 杨杰¹

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

(2. 山东安特检测有限公司, 滨州 256500)

摘要:【目的】为克服传统抗震方法依赖结构件自身耗能、易导致建筑损伤与倒塌的被动性缺陷,以某图书馆的框架-剪力墙结构为工程案例,系统分析了黏滞阻尼墙技术在该实际建筑中的应用方法与效能。【方法】首先,该技术通过外部钢板(黏滞体容器)与内部钢板(阻抗板)的相对运动,将层间变形转化为能量耗散,并利用阻尼力与变形之间的滞回效应吸收振动能量,从而有效降低结构的动力响应;其次,通过试验分析了黏滞阻尼墙的滞回性能,并对主体结构进行了多遇地震下的弹性分析,以及在设防地震和罕遇地震下的弹塑性时程分析。【结果】结果表明,黏滞阻尼墙具有优良的滞回耗能能力,可为结构提供附加阻尼,显著消耗地震能量,有效提升建筑结构的抗震性能。研究成果对类似工程具有重要的理论价值和实践参考意义。

关键词: 抗震设计; 黏滞阻尼墙; 滞回效应; 时程分析; 建筑结构

中图分类号: TU352.1 **DOI:** 10.16579/j.issn.1001.9669.2026.03.015

0 引言

地震作为一种极具破坏性的自然灾害,严重威胁建筑结构安全。传统抗震方法主要依靠结构自身储存和消耗地震能量,但结构在地震中易受损甚至倒塌,不仅危及生命安全,还会造成巨大经济损失。因此,该法难以满足现代建筑对安全性与功能性的高要求。为弥补其不足,结构振动控制技术应运而生,提供了更为合理有效的抗震途径^[1]。该技术按控制策略分为被动控制、主动控制、半主动控制及混合控制4类,被动控制技术因造价低、构造简单、性能稳定且无需外部能量输入,在实际工程中应用广泛。被动控制技术的核心机制是通过耗能减震装置将地震输入能量引导至专门设置的耗能机构或元件中,通过吸收和耗散能量以保护主体结构^[2-3]。被动控制依赖各类耗能阻尼器或隔振支座实现减震。近年来,随着材料科学与工程技术的进步,阻尼器种类与性能显著提升,按材料类型主要包括金属屈服阻尼器、摩擦阻尼器、黏弹性阻尼器、黏性液体阻尼器及复合型阻尼器等。各类阻尼器在不同建筑结构中均表现出良好的减震效果,为提升抗震性能提供了重要技术支持^[4-6]。

黏滞阻尼墙作为一种新型耗能减震装置,近年来

在高层建筑和大跨度结构中得到了广泛应用。其通过黏滞体的阻尼效应将结构振动能量转化为热能耗散,从而有效降低结构的地震响应。与传统阻尼器相比,黏滞阻尼墙具有耗能效率高、安装方便、维护成本低等优势,尤其适用于对抗震性能要求较高的公共建筑^[7-10]。王海等^[11]以新疆乌鲁木齐市某高层建筑为背景,提出了黏滞阻尼墙减震体系的设防目标,并详细阐述了减震分析流程及阻尼墙布置原则,结果表明,该技术可显著改善高层建筑的抗震性能;姜德沙^[12]在上海某高校宿舍结构中合理布置黏滞阻尼墙,以消耗输入结构的地震能量,并采用有限元软件 Sausage 进行分析,结果显示结构在多遇地震反应谱下的总体指标满足规范与减震目标;毛华等^[13]对宛平剧院采用黏滞阻尼墙的阻尼方案与刚性方案进行了对比分析,利用 Perform-3D 软件进行罕遇地震弹塑性时程分析,结果证实黏滞阻尼墙在罕遇地震下能正常工作,耗能曲线饱满,结构性能满足要求。

本研究以某高校图书馆为工程背景,探讨黏滞阻尼墙的滞回性能及其在框架-剪力墙结构体系中的应用。首先,通过试验研究黏滞阻尼墙构件的滞回性能,进而采用有限元分析方法,研究其在地震、设防地震和罕遇地震作用下的减震性能。

收稿日期: 2025-09-11 修回日期: 2025-11-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(52375154, 52311530067)

作者简介: 张旭东,男,1987年生,安徽六安人,博士研究生;主要研究方向为结构抗震及健康监测;E-mail:zxd21006040@126.com。
杨杰(通信作者),男,1987年生,山东菏泽人,博士,教授,博士研究生导师;主要研究方向为重要装备强度、寿命及可靠性等;E-mail:yangjie@usst.edu.cn。

引用格式: 张旭东,程严严,肖金雍,等. 基于现场试验与数值模拟的黏滞阻尼墙应用效能分析[J]. 机械强度,2026,48(3):133-144.
ZHANG Xudong, CHENG Yanyan, XIAO Jinyong, et al. Analysis of the application effectiveness of viscous damping walls based on field testing and numerical simulation[J]. Journal of Mechanical Strength, 2026, 48(3): 133-144.



免费获取

1 黏滞阻尼墙滞回性能研究

1.1 试验试件

黏滞阻尼墙^[14]通过将建筑物振动时的层间变形转换为多个阻抗板的相对运动实现能量转换,利用阻尼力与变形之间的滞回效应吸收振动能量。其主要构成包括充满黏滞流体的外部钢板(黏滞体容器)和插入其中的内部钢板(剪切钢板),如图1所示。试验选用3种阻尼墙试件,其黏滞速度指数分别为0.40、0.45和0.50,阻尼系数均为70 kN/(mm/s)^α,具体参数如表1所示,其中VFW-2为实际工程所采用的类型。

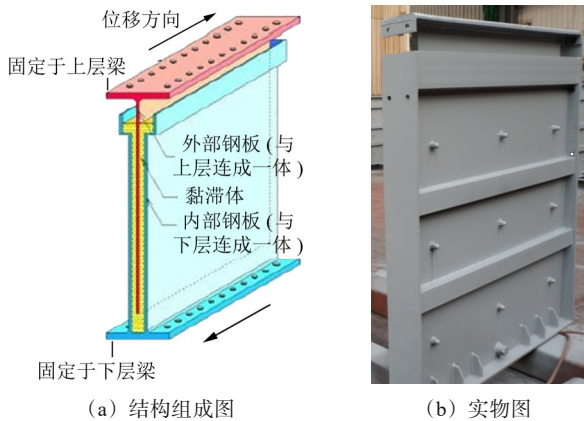


图1 黏滞阻尼墙结构组成及实物图

Fig. 1 Structural components and physical drawing of the viscous damped wall

表1 试件参数

Tab. 1 Parameters of the test specimen

试件编号	黏滞速度指数 α	阻尼系数 C /[kN/(mm/s) ^α]	阻尼力/kN	最大行程/mm
VFW-1	0.40	70	625	60
VFW-2	0.45	70	815	60
VFW-3	0.50	70	1 050	60

1.2 加载制度

滞回试验采用2 500 kN加载试验机,试验装置如图2所示。试验机作动器与剪切悬臂梁连接,黏滞阻尼墙上端通过螺栓与剪切悬臂梁固定,下端通过型钢梁与反力架连接,上、下端螺栓连接视为刚接。试验采用位移控制,施加正弦波加载,共加载5圈,各工况的位移幅度和加载频率如表2所示。试验在常温(20℃)下进行,并采取以下措施控制误差:①尽量减少螺栓孔连接间隙并使用硅脂润滑;②每工况结束后待阻尼墙冷却至室温再进行下次加载;③确保加载前作动器与连接板紧密贴合。试验取第3圈滞回曲线数据用于性能指标分析。

1.3 滞回曲线

不同黏滞速度指数试件的滞回曲线如图3~图5所示。试验结果表明:

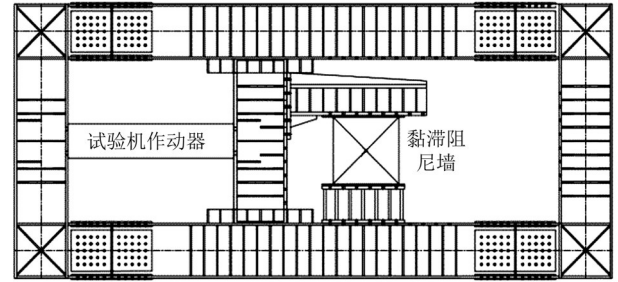


图2 试验装置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of test setup

表2 加载工况

Tab. 2 Load conditions

试件编号	工况	频率/Hz	倍数	位移/mm	最大速度/(mm/s)
VFW-1	1	0.500	0.1	5.00	15.70
	2	0.500	0.2	10.00	31.40
	3	0.500	0.5	25.00	78.50
	4	0.500	0.7	35.00	109.90
	5	0.500	1.0	50.00	157.00
	6	0.500	1.2	60.00	188.40
VFW-2	1	0.500	0.1	5.00	15.70
	2	0.500	0.2	10.00	31.40
	3	0.500	0.5	25.00	78.50
	4	0.500	0.7	35.00	109.90
	5	0.500	1.0	50.00	157.00
	6	0.500	1.2	60.00	188.40
VFW-3	1	0.500	0.1	5.00	15.70
	2	0.500	0.2	10.00	31.40
	3	0.500	0.5	25.00	78.50
	4	0.500	0.7	35.00	109.90
	5	0.500	1.0	50.00	157.00
	6	0.500	1.2	60.00	188.40

1)随剪切板运动速度提高,最大阻尼力增大,滞回曲线包围面积显著增加,表明该间隙式阻尼器为非线性速度型黏滞阻尼器。

2)对工况1和工况6进行对比分析,在频率相同的情况下,增大剪切板的位移,位移-阻尼力滞回曲线所形成的包围面积增大,耗能能力增强;对试件VFW-1~VFW-3进行对比分析可知,黏滞速度指数越大,阻尼墙阻尼力越大,耗能能力增强。

3)阻尼力最大值分布均匀,滞回曲线圆滑饱满、呈近似椭圆的矩形,无突变点,说明阻尼器结构设计合理,工作稳定,耗能效果良好。

1.4 阻尼系数及黏滞速度指数分析

黏滞阻尼墙阻尼力 F 的计算式为

$$F = CV^\alpha \quad (1)$$

式中, V 为最大速度。

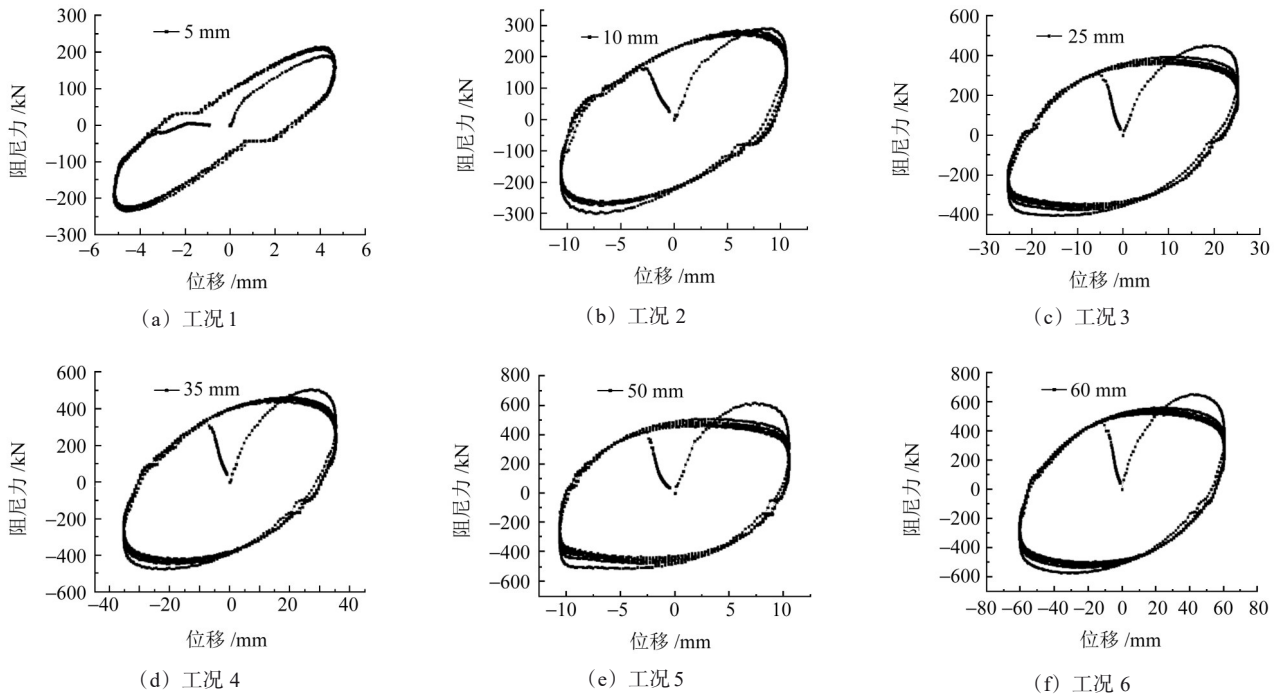


图3 VFW-1各工况滞回曲线

Fig. 3 Hysteresis curves of VFW-1 under various cases

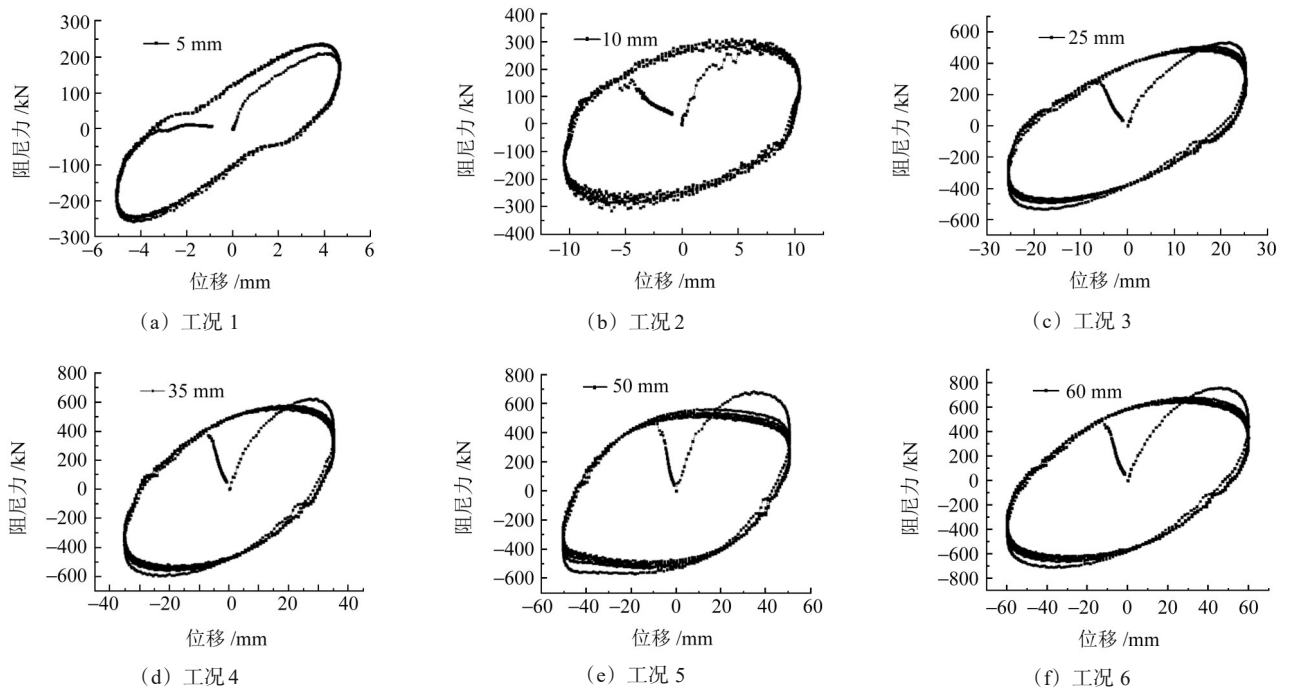


图4 VFW-2各工况滞回曲线

Fig. 4 Hysteresis curves of VFW-2 under various cases

对式(1)取对数,结合最大速度、阻尼力等试验结果,可通过最小二乘法拟合得到阻尼系数及黏滞速度指数,如表3所示。由表3可知,3种阻尼器试件的实测阻尼系数的试验拟合值与理论值的误差均在±2%以内,而黏滞速度指数的试验拟合值与理论值的误差均在±3%以内,验证了试验理论参数的可靠性。

2 减震设计阻尼墙配置方案

本工程为高校图书馆,抗震性能目标如下:多遇地震下,层间位移角限值为1/800,框架梁、柱、阻尼器及子结构保持弹性;设防地震下,层间位移角限值为1/400,梁、柱及子结构允许轻度损伤,阻尼器正常工作;罕遇地震下,层间位移角限值为1/150,梁、柱及子

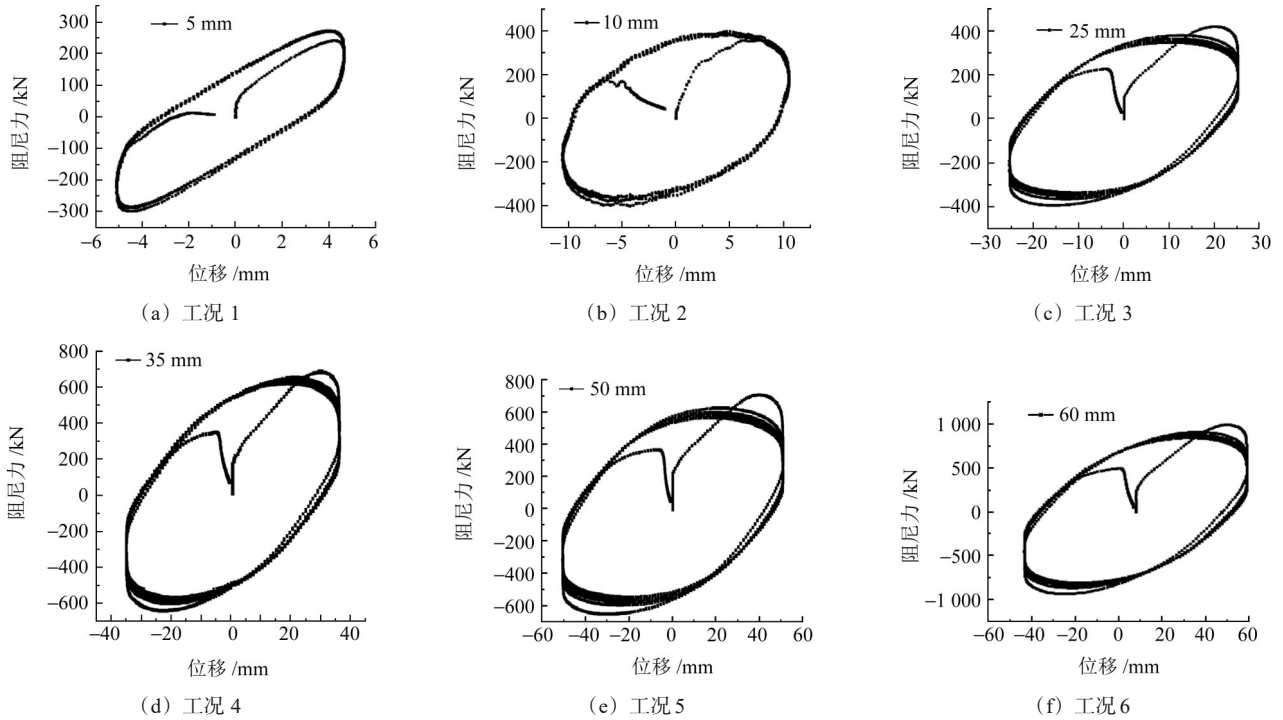


图5 VFW-3各工况滞回曲线

Fig. 5 Hysteresis curves of VFW-3 under various cases

表3 参数误差对比

Tab. 3 Error comparison of the parameters

编号	参数	试验值	理论值	误差/%
VFW-1	C	74.5	75	0.67
	α	0.41	0.40	-2.50
VFW-2	C	73.9	75	1.47
	α	0.45	0.45	0.00
VFW-3	C	74.3	75	0.93
	α	0.51	0.50	-2.00

结构允许中度损伤,阻尼器正常工作。根据国家标准 GB 50011—2010(2024年版)^[15]^[31-32]及建筑/结构图纸,阻尼墙按“靠中、对称”原则布置于第3~12层(F₃~F₁₂),沿结构2个主轴方向各设置20个,共40个。平面布置如图6所示,参数如表4所示。

表4 黏滞阻尼墙参数

Tab. 4 Parameters of the viscous damping wall

阻尼器编号	黏滞速度指数 α	阻尼系数 C/[kN/(mm/s) ^{α}]	阻力/kN	最大行程/mm	数量
JG-VFW	0.45	70	600	±60	40

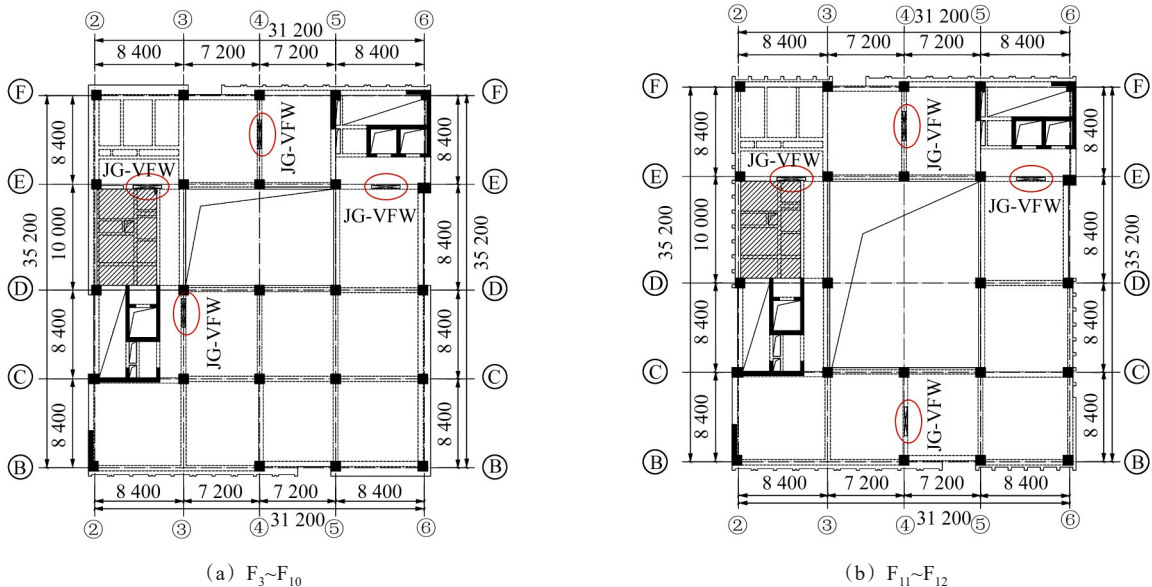


图6 黏滞阻尼墙平面布置图

Fig. 6 Plan layout of viscous damping walls

3 整体结构建模及其地震响应时程分析

3.1 小震作用下的结构响应分析

整体结构的三维模型如图 7 所示。时程分析选用满足国家标准 GB 50011—2010^{[15]31-32}的地震波(图 8)。水平地震作用下,地震持续时间为 $[0, t]$,结构反应的相对能量方程^[16]为

$$\int_0^t m\dot{x}^2 dt + \int_0^t Cx^2 dt + \int_0^t f_s x dt + \int_0^t f_d x dt = -\int_0^t m\ddot{x}_g x dt \quad (2)$$

式中, m 为结构的质量; f_s 为结构的滞变恢复力; f_d 为阻尼器的控制力。

式(2)可简写成:

$$E_i = E_v + E_c + E_s + E_d \quad (3)$$

式中, E_i 为相对输入能量, $E_i = -\int_0^t m\ddot{x}_g \dot{x} dt$, \ddot{x}_g 为地震地面运动加速度; E_v 为相对动能, $E_v = -\int_0^t m\dot{x}\ddot{x} dt$; E_c 为结

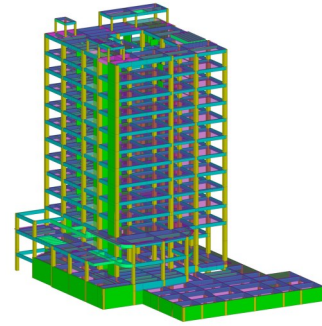
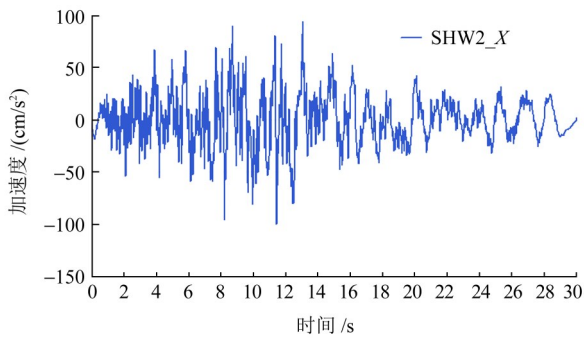


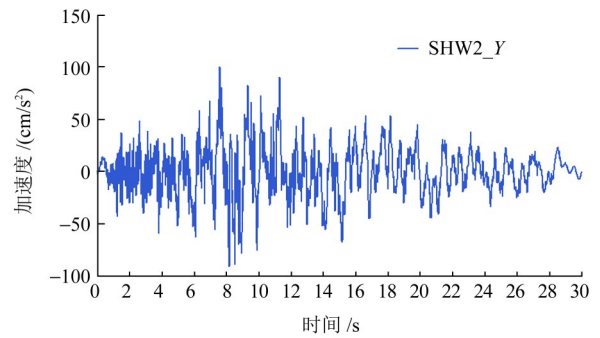
图 7 三维模型图

Fig. 7 Diagram of the 3D model

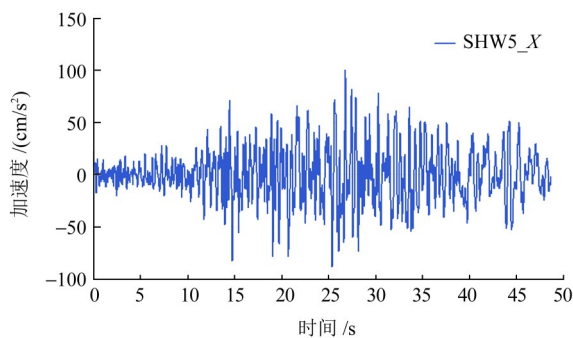
构黏滞阻尼耗能, $E_c = -\int_0^t Cx^2 dt$; E_s 为变形能, $E_s = \int_0^t f_s \dot{x} dt = E_k + E_h$, E_k 为弹性变形能, E_h 为滞回耗能; E_d 为阻尼器的耗能, $E_d = \int_0^t f_d \dot{x} dt$; x 、 \dot{x} 、 \ddot{x} 分别为质量相对于地面的位移、速度和加速度。



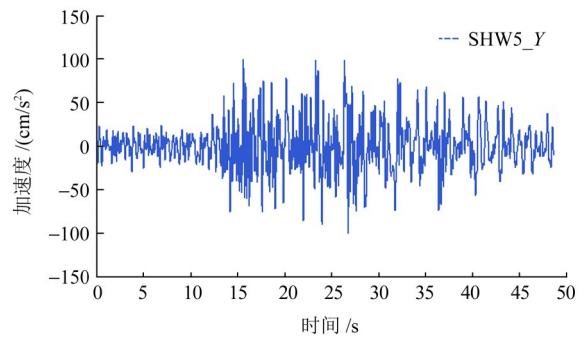
(a) 人工波 X向



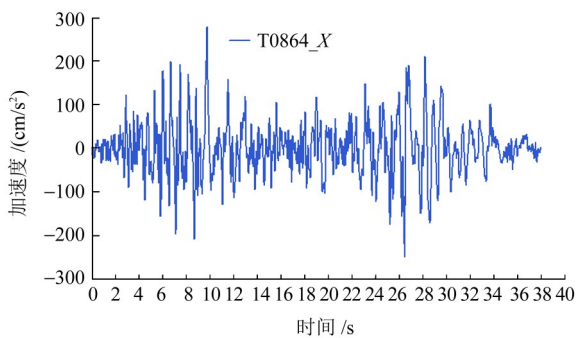
(b) 人工波 Y向



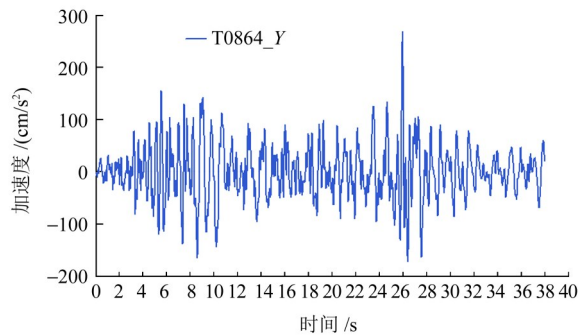
(c) 天然波 1X向



(d) 天然波 1Y向



(e) 天然波 2X向



(f) 天然波 2Y向

图 8 小震及中震地震波

Fig. 8 Seismic waves for small and moderate earthquakes

小震下地震波工况能量图如图9所示。由图9可知,小震下地震波的各能量分量占比,计算表明,小震

下阻尼器可为结构提供最小 1.53% 的附加阻尼比(表5)。

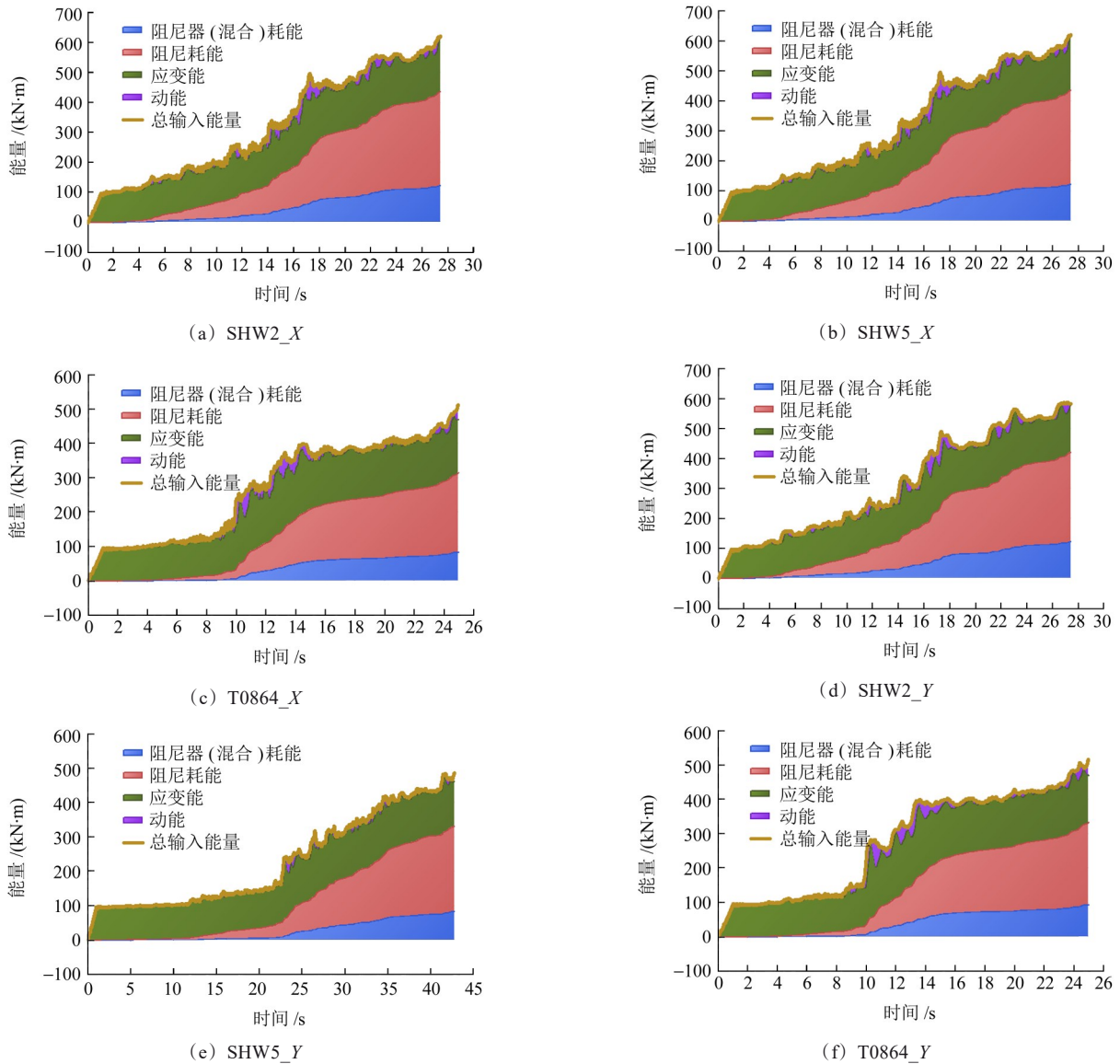


图9 小震下地震波工况能量图

Fig. 9 Energy diagrams under small earthquake conditions

表5 小震下黏滞阻尼墙提供的附加阻尼比

波名	X向	Y向
SHW2	1.97	2.06
SHW5	1.53	1.67
T0864	1.81	1.95

表6 中震下结构位移角

工况名	主方向	最大顶点位移/mm	最大层间位移角	位移角对应层号
SHW2_X	X	120.2	1/443	F ₆
SHW5_X	X	96.9	1/458	F ₁₂
T0864_X	X	115.7	1/444	F ₉
SHW2_Y	Y	112.5	1/443	F ₆
SHW5_Y	Y	81.4	1/594	F ₆
T0864_Y	Y	117.3	1/434	F ₉

3.2 中震作用下的结构响应分析

中震下结构最大层间位移角为 1/434(表6),满足 1/400 限值要求。由模型计算得到中震下地震波工况能量图如图10所示,采用能量法得到的附加阻尼比如表7所示。由表7可知,在中震下阻尼器最小可为结构提供 1.74% 的附加阻尼比。CECS 392—2014 规范^[17]第 5.4.4 节给出了基于应变的地震损坏等级判别

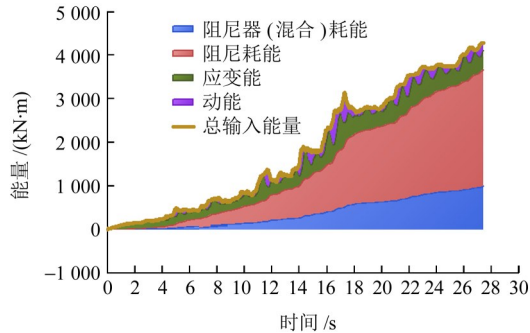
标准,构件损坏程度分为“无损坏、轻微损坏、轻度损坏、中度损坏、比较严重损坏、严重损坏”6个级别。显示中震下结构损伤情况的多工况包络框架梁、框架柱及剪力墙连梁的性能水平图如图11所示。由图11可知,中震下框架梁无损伤;框架柱 98.8% 未损坏,0.8%

的框架柱出现轻微破坏,0.4%的框架柱出现轻度破坏;剪力墙及连梁未发生损坏。满足中震情况下结构抗震设防性能的目标要求。

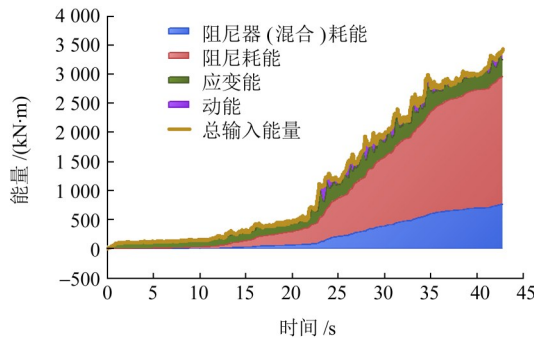
表 7 中震下黏滞阻尼墙提供的附加阻尼比

Tab. 7 Additional damping ratio provided by viscous damping walls under moderate earthquakes %

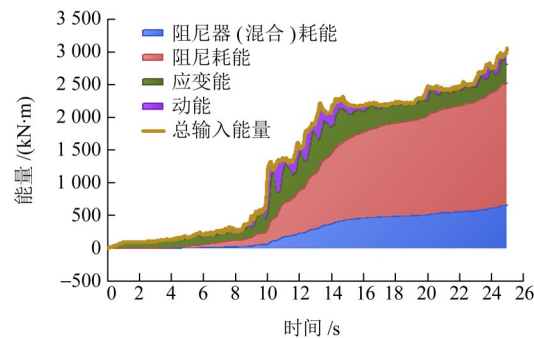
波名	X向	Y向
SHW2	1.83	1.78
SHW5	1.74	1.77
T0864	1.76	1.78



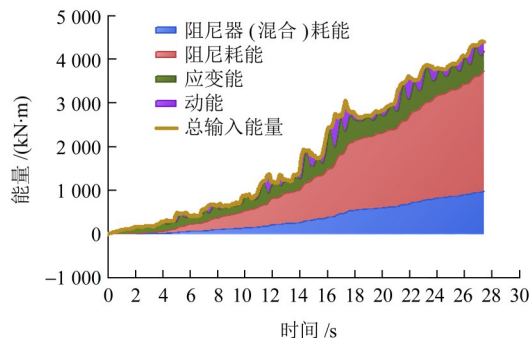
(a) SHW2_X



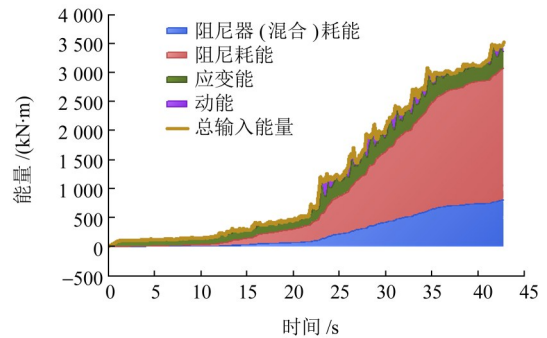
(b) SHW5_X



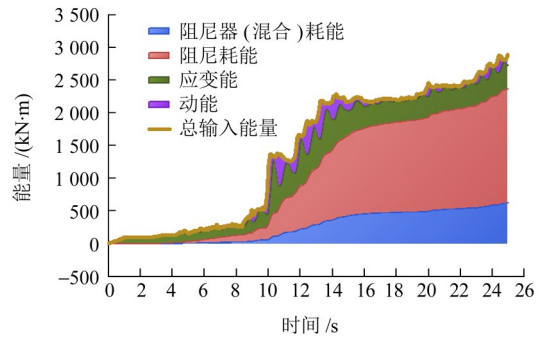
(c) T0864_X



(d) SHW2_Y



(e) SHW5_Y



(f) T0864_Y

图 10 中震下地震波工况能量图

Fig. 10 Energy diagrams under moderate earthquake conditions

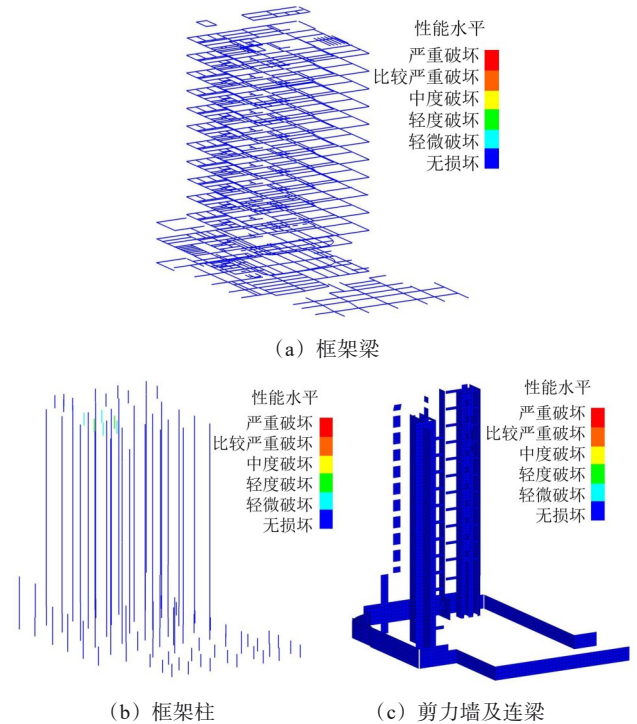


图 11 多工况包络性能水平图

Fig. 11 Envelope performance levels under multiple conditions

3.3 大震作用下的结构响应分析

大震下选用3条时程波,如图12所示。选波满足国家标准GB 50011—2010^[15]第5.1.4条规定。大震下结构的位移角情况如表8所示,结构在大震下最大层间位移角为1/173,满足大震下1/120的性能目标。在结构的主轴方向各选取1个黏滞阻尼墙进行分析,

图 13 所示为黏滞阻尼墙滞回曲线。由图 13 可知,力-变形曲线饱满,说明在大震下黏滞阻尼墙参与了耗能,有效降低了结构的相对位移。采用能量法考察大震下阻尼器为结构所附加的阻尼比,得到的大震地震波工况能量图如图 14 所示,得到的附加阻尼比结果如表 9 所示。由表 9 可知,可见本文设计的阻尼器在大震下可为结构提供最小 1.31% 的附加阻尼比。

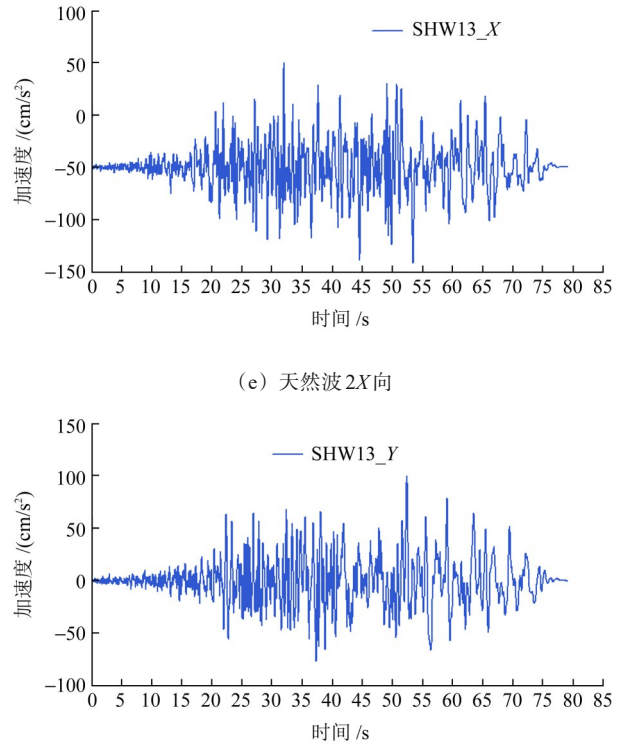
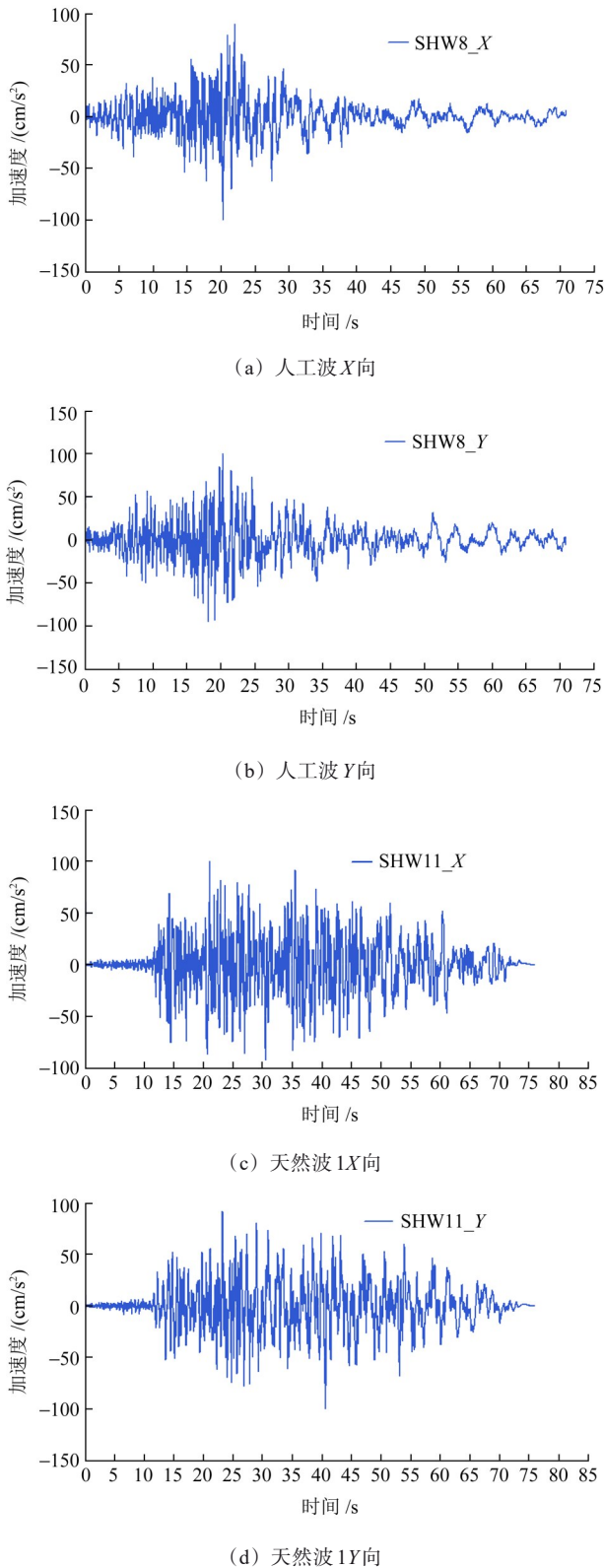


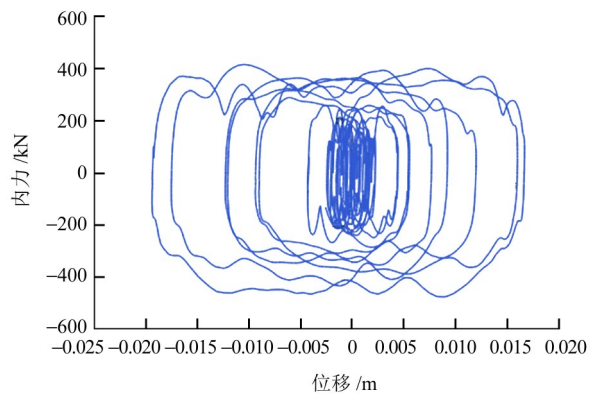
图 12 大震地震波

Fig. 12 Seismic waves for large earthquakes

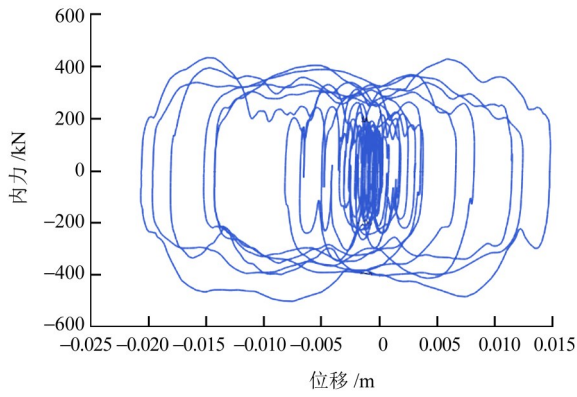
表 8 大震下结构位移角

Tab. 8 Structural displacement angles under large earthquakes

工况名	主方向	最大顶点位移/mm	最大层间位移角	位移角对应层号
SHW8_X	X	281.3	1/180	F ₇
SHW11_X	X	273.1	1/198	F ₅
SHW13_X	X	280.3	1/176	F ₄
SHW8_Y	Y	275.3	1/197	F ₇
SHW11_Y	Y	206.1	1/260	F ₃
SHW13_Y	Y	308.5	1/173	F ₈



注:该图为 3 号一般连接 V 向滞回曲线。V 向位移最大值为 16.7 mm,最小值为 -19.4 mm;V 向内力最大值为 417.3 kN,最小值为 -476.4 kN。



注:该图为23号一般连接W向滞回曲线。W向位移最大值为14.8 mm,最小值为-20.7 mm;W向内力最大值为438.4 kN,最小值为-510.8 kN。

(b) Y向

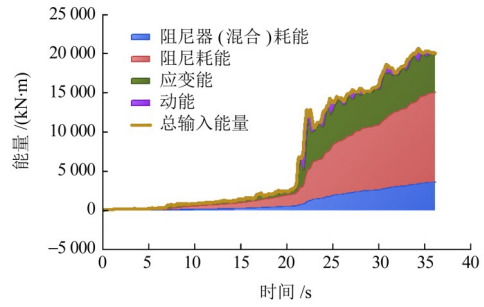
图 13 黏滞阻尼墙滞回曲线

Fig. 13 Hysteresis curves of viscous damping walls

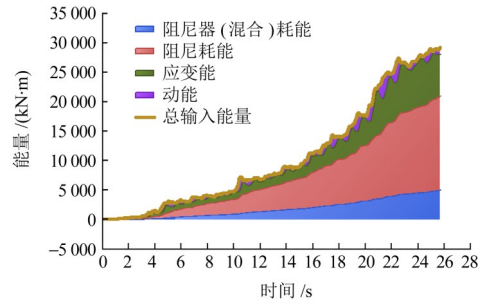
表 9 大震下黏滞阻尼墙提供的附加阻尼比

Tab. 9 Additional damping ratio provided by viscous damping walls under large earthquakes %

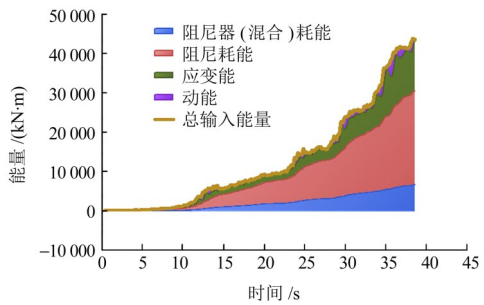
波名	X向	Y向
SHW8	1.39	1.57
SHW11	1.31	1.56
SHW13	1.38	1.40



(d) SHW8_Y



(e) SHW11_Y



(f) SHW13_Y

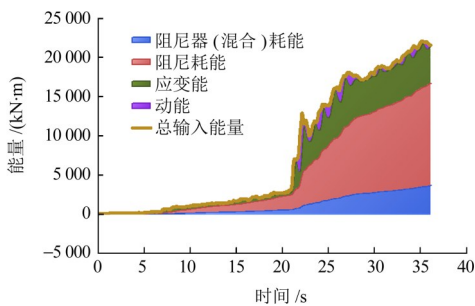
图 14 大震地震波工况能量图

Fig. 14 Energy diagrams under large earthquake conditions

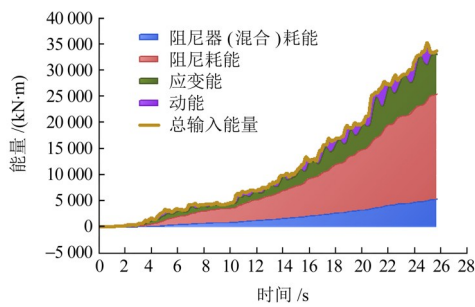
大震下结构损伤情况的多工况包络框架梁的性能水平图和经统计后构件的损伤分布如图 15(a)与图 15(b)所示。图 15 中,纵坐标下代表第 1 自震周期。由图 15 可知,大震下 64.6% 的框架梁未损坏,29.6% 框架梁发生轻微破坏,5.5% 框架梁为轻度破坏,0.2% 框架梁出现中度破坏。

多工况包络框架柱的性能水平图和经统计后构件的损伤分布如图 16(a)与图 16(b)所示。由图 16 可知,大震下 68.3% 的框架柱无损坏,29.6% 框架柱发生轻微破坏,11.7% 框架柱发生轻度破坏,4.8% 框架柱发生中度破坏。

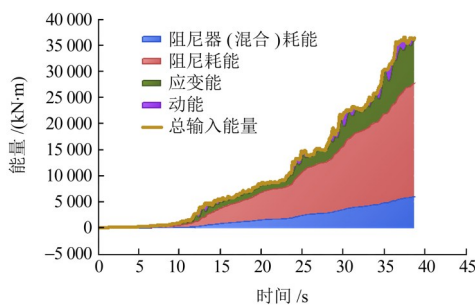
多工况包络剪力墙及连梁的性能水平图和经统计后构件的损伤分布如图 17(a)与图 17(b)所示。由图 17 可知,大震下 81.3% 的剪力墙及连梁无损坏,1.8% 剪力墙及连梁发生轻微破坏,3.7% 剪力墙及连梁发生轻度破坏,4.9% 剪力墙及连梁发生中度破坏,4.9% 剪力墙及连梁发生比较严重破坏,3.4% 剪力墙及连梁发生严重破坏。满足大震情况下结构抗震设



(a) SHW8_X



(b) SHW11_X



(c) SHW13_X

防性能的目标要求。

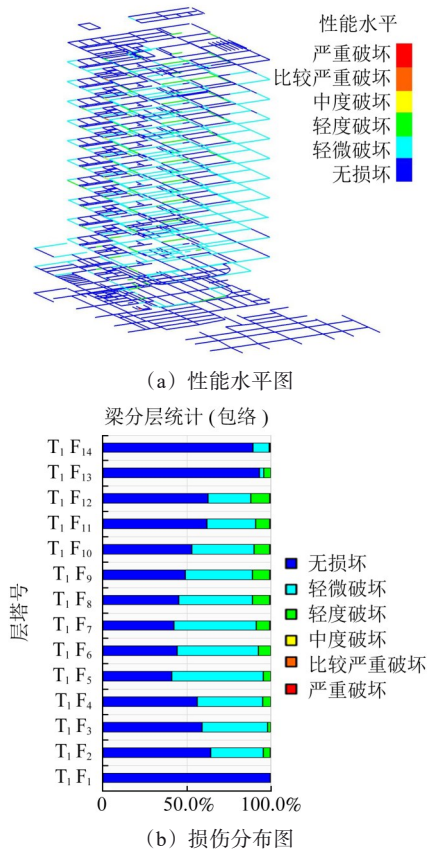


图 15 框架梁性能水平与损伤分布图

Fig. 15 Performance levels and damage distribution of beams

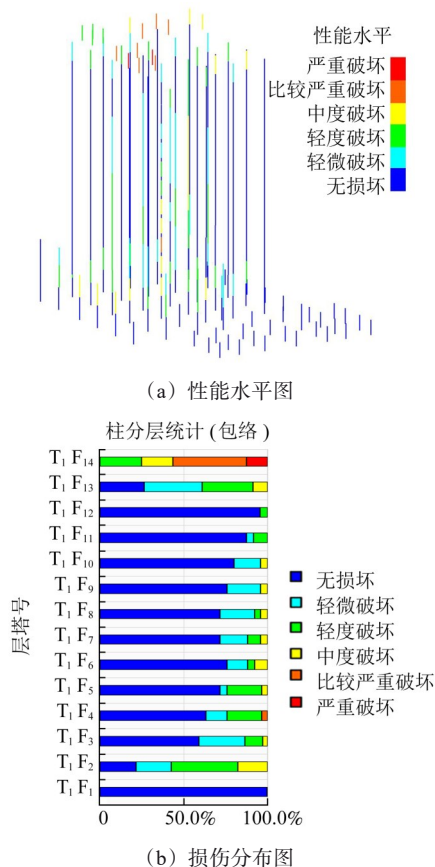


图 16 框架柱性能水平与损伤分布图

Fig. 16 Performance levels and damage distribution of columns

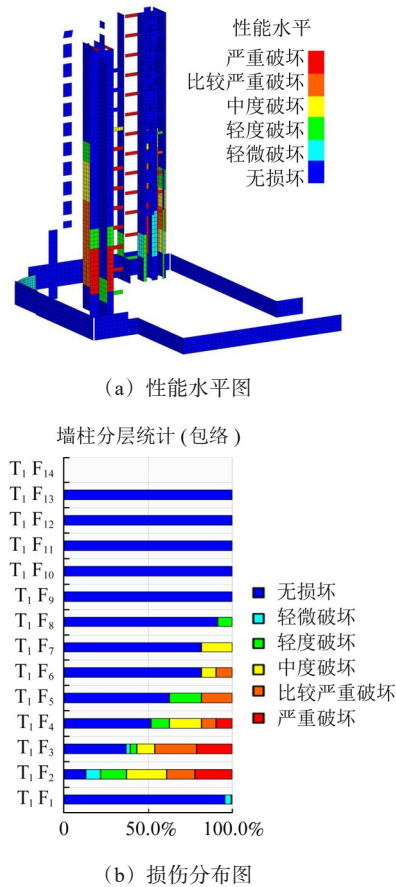


图 17 剪力墙及连梁性能水平和损伤分布图

Fig. 17 Performance levels and damage distribution of shear walls and coupling beams

子结构损伤情况如图 18 所示。由图 18 可知,从小震配筋模型导入的弹塑性模型,子结构在大震下为轻度损伤,可满足大震下中度损伤及以下的性能要求;此外考虑到子结构的重要性,对子结构采用中震不屈服包络及箍筋全长加密的加强措施。

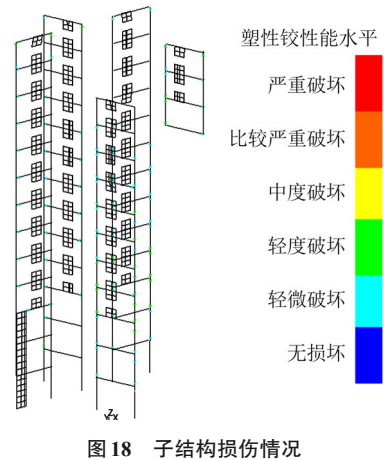


Fig. 18 Damage condition of substructures

4 结论

在某图书馆中应用了黏滞阻尼墙技术,通过试验分析了黏滞阻尼墙的滞回性能,并对主体结构进行了

多遇地震下的弹性分析,以及在设防地震和罕遇地震下的弹塑性时程分析。得到以下主要结论:

1)黏滞阻尼墙的黏滞速度指数越大,耗能能力越强;增大剪切板位移也可提升耗能性能。滞回曲线饱满,表明阻尼器具有良好的耗能减震效果。

2)设置黏滞阻尼墙后,小震、中震和大震下结构分别获得 1.53%、1.74% 和 1.31% 的最小附加阻尼比。中震和大震下的最大层间位移角分别为 1/434 和 1/173,均满足性能目标。

3)中震下结构基本处于弹性状态;大震下梁、柱满足中度损伤以内性能水准,剪力墙有效吸收地震能量,保障整体抗震性能,达到设防目标。

参考文献(References)

- [1] 罗元易,肖望强,任志行. 颗粒阻尼调谐质量阻尼器在 5G 通信塔横向振动抑制中的应用研究[J]. 机械强度,2025,47(5):90-101. LUO Yuanyi, XIAO Wangqiang, REN Zhixing. Research on the application of particle damping tuned mass damper in the lateral vibration suppression of 5G communication tower[J]. Journal of Mechanical Strength,2025,47(5):90-101. (In Chinese)
- [2] 杨朋超,薛松涛,谢丽宇. 消能减震建筑结构的附加有效阻尼比估计[J]. 建筑结构学报,2020,41(增刊1):341-348. YANG Pengchao, XUE Songtao, XIE Liyu. Estimation of additional effective damping ratio of building structures with energy dissipation and shock absorption[J]. Journal of Building Structures,2020,41(Suppl. 1):341-348. (In Chinese)
- [3] WANG X Y, XIE L L, CHONG X, et al. Influence of near-field pulse-like ground motions on seismic resilience of isolated reinforced concrete frame building [J]. Journal of Building Engineering,2024,95:110195.
- [4] DONG Y R, XU Z D, LI Q Q, et al. Tests and micro - macro cross-scale model of high-performance acrylate viscoelastic dampers used in structural resistance[J]. Journal of Structural Engineering, 2023,149(7):04023088.
- [5] 马俊峰,唐立平,迟圣威,等. 基于响应面法的剪力板阻尼器设计优化[J]. 机械强度,2021,43(1):152-158. MA Junfeng, TANG Liping, CHI Shengwei, et al. Design optimization of a shear panel damper based on the response surface method[J]. Journal of Mechanical Strength,2021,43(1):152-158. (In Chinese)
- [6] 陈博文,任文杰. 新型分阶段屈服金属阻尼器力学性能试验研究[J]. 地震工程与工程振动,2023,43(4):151-160. CHEN Bowen, REN Wenjie. Mechanical properties of novel multistage yielding metallic damper [J]. Earthquake Engineering and Engineering Dynamics,2023,43(4):151-160. (In Chinese)
- [7] 王江龙,高扬,赵冬,等. 高烈度区设置摩擦阻尼器等效刚度及减震结构附加阻尼比取值研究[J]. 工程抗震与加固改造,2024,46(3):26-33. WANG Jianglong, GAO Yang, ZHAO Dong, et al. Research on the equivalent stiffness of coupling beam damper and the value of additional damping ratio for seismic structures in high intensity zones [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2024,46(3):26-33. (In Chinese)
- [8] 钟会生,赵莞然,袁涌,等. 高耗能粘弹性阻尼器力学性能与减震效果研究[J]. 工程抗震与加固改造,2023,45(1):32-38. ZHONG Huisheng, ZHAO Wanran, YUAN Yong, et al. Mechanical properties and damping effect study of viscoelastic dampers with high energy dissipation [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2023,45(1):32-38. (In Chinese)
- [9] 蔡亦杰,许伟志,任俊奕,等. 分阶段耗能摩擦-金属复合型阻尼器试验研究[J]. 建筑结构学报,2023,44(增刊2):231-239. CAI Yijie, XU Weizhi, REN Junyi, et al. Experimental study on staged energy dissipation friction-metal composite damper [J]. Journal of Building Structures, 2023,44(Suppl. 2):231-239. (In Chinese)
- [10] 于静,贾福源,朱江,等. 浅析黏滞阻尼墙在某工程中的应用[J]. 建筑结构,2022,52(增刊1):954-960. YU Jing, JIA Fuyuan, ZHU Jiang, et al. Analysis on the application of viscous damping wall in a project[J]. Building Structure, 2022,52(Suppl. 1):954-960. (In Chinese)
- [11] 王海,张达生,温四清. 乌鲁木齐某办公楼消能减震设计[J]. 建筑结构,2023,53(增刊1):921-925. WANG Hai, ZHANG Dasheng, WEN Siqing. Energy dissipation design of an office building in Urumqi [J]. Building Structure, 2023,53(Suppl. 1):921-925. (In Chinese)
- [12] 姜德沙. 上海某高校学生公寓消能减震设计与分析[J]. 建筑结构,2023,53(增刊1):1012-1018. JIANG Desha. Design and analysis of energy dissipation and damping for student apartment in a university in Shanghai [J]. Building Structure,2023,53(Suppl. 1):1012-1018. (In Chinese)
- [13] 毛华,张涛,居炜. 宛平剧院结构设计及黏滞阻尼墙的应用[J]. 建筑结构,2022,52(12):80-85. MAO Hua, ZHANG Tao, JU Wei. Structural design and application of viscous damping wall in Wanping Theater [J]. Building Structure,2022,52(12):80-85. (In Chinese)
- [14] 周福霖,刘彦辉,郑文智,等. 我国结构隔震减震控制技术研究进展及其应用[J]. 建筑结构学报,2025,46(8):20-44. ZHOU Fulin, LIU Yanhui, ZHENG Wenzhi, et al. State-of-the-art review and applications on seismic isolation, energy dissipation, and vibration control for engineering structures in China [J]. Journal of Building Structures,2025,46(8):20-44. (In Chinese)
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑抗震设计标准(2024年版):GB/T 50011—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2024:31-32. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for seismic design of buildings (2024 edition): GB/T 50011—2010[S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2024:31-32. (In Chinese)

- [16] 周云,周福霖. 耗能减震体系的能量设计方法[J]. 世界地震工程,1997,13(4):7-13.
ZHOU Yun, ZHOU Fulin. Energy design method for energy-dissipating seismic systems [J]. World Earthquake Engineering, 1997, 13(4): 7-13. (In Chinese)
- [17] 中国工程建设标准化协会. 建筑结构抗倒塌设计规范:CECS 392—2014[S]. 北京:中国计划出版社,2015:27-30.
China Association for Engineering Construction Standardization. Code for anti-collapse design of building structures: CECS 392—2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2015: 27-30. (In Chinese)

Analysis of the application effectiveness of viscous damping walls based on field testing and numerical simulation

ZHANG Xudong¹ CHENG Yanyan² XIAO Jinyong¹ YANG Jie¹

(1. School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

(2. Shandong Ante Testing Co., Ltd., Binzhou 256500, China)

Abstract: [Objective] To address the passive drawbacks of traditional seismic resistance methods, which rely on the energy dissipation of structural components themselves and tend to cause building damage and collapse, the application methods and effectiveness of the viscous damping wall technology in a practical building were systematically analyzed, with the frame-shear wall structure of a certain library taken as an engineering case. [Methods] Firstly, through the relative movement between the external steel plate (viscous material container) and the internal steel plate (resistance plate), the interlayer deformation was converted into energy dissipation by this technology. Meanwhile, the hysteretic effect between damping force and deformation was utilized to absorb vibration energy, thereby effectively reducing the dynamic response of the structure. Secondly, the hysteretic performance of the viscous damping wall was analyzed through experiments, and the elastic analysis of the main structure under frequent earthquakes was conducted. In addition, the elastoplastic time-history analysis of the main structure under fortification earthquakes and rare earthquakes was also carried out. [Results] Results demonstrate that the viscous damping wall provides robust energy dissipation capacity and adds significant damping to the structure, substantially consuming seismic input and enhancing overall seismic performance. This research offers valuable theoretical insights and practical guidance for similar engineering applications.

Key words: Seismic design; Viscous damping wall; Hysteresis effect; Time-history analysis; Building structure

Corresponding author: YANG Jie, E-mail: yangjie@usst.edu.cn

Fund: National Natural Science Foundation of China (52375154, 52311530067)

Received: 2025-09-11 Revised: 2025-11-11

(编辑:刘欢欢)