

文章编号:1673-2049(2015)05-0025-07

橡胶隔震支座应用于村镇低矮砌体结构的 抗震性能及构造设计

王毅红¹, 靳娜¹, 孙艺嘉¹, 罗慧², 肖华宁³

(1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061; 2. 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530023; 3. 西安达盛隔震技术有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要:针对橡胶隔震支座在村镇低矮砌体结构中未被广泛应用的现状,设计一种新的安放橡胶隔震支座的方法。对比分析了采用该设计与采用传统隔震设计的上部结构的抗震性能及空间整体性,给出了隔震支座的布置原则和安放方法,设计了门洞口、室内外楼梯、管线等特殊部位的构造处理方案,提出了安装橡胶隔震支座的具体施工工艺及应注意的问题。结果表明:该设计方法用于低矮房屋中,造价低廉、施工工艺简单且隔震效果好;所提出的隔震设计可应用于村镇低矮砌体结构建筑。

关键词:橡胶隔震支座;村镇建筑;低矮砌体结构;抗震性能;施工工艺

中图分类号:TU241.4 **文献标志码:**A

Seismic Performance and Construction Design of Rubber Isolation Bearing Applied in Rural Low-rise Masonry Structure

WANG Yi-hong¹, JIN Na¹, SUN Yi-jia¹, LUO Hui², XIAO Hua-ning³

(1. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 2. Guangxi Electric Power Design Institute Co., Ltd, China Energy Construction Group, Nanning 530023, Guangxi, China; 3. Xi'an Dasheng Shock-insulation Technology Co., Ltd, Xi'an 710075, Shaanxi, China)

Abstract: In view of the situation that rubber isolation bearing was not widely used in rural low-rise masonry structure, a new installation method of rubber isolation bearing was designed. Seismic performance and integrity of superstructure adopting the design and traditional isolation design were compared and analyzed. The principles of isolation bearing arrangement and placing method were given. Construction schemes of the special parts, such as door opening, indoor and outdoor staircases and pipeline, etc. were proposed. The construction technology of installing rubber isolation bearing and the problems that should be keeping in mind were proposed. The results show that the design method has low costs, simply construction craft and better isolation effect by using the method in low-rise housing. The proposed isolation design can be applied to rural low-rise masonry structure building.

Key words: rubber isolation bearing; rural building; low-rise masonry structure; seismic performance; construction technology

收稿日期:2015-04-21

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAL06B00);陕西省工程建设地方标准编制项目(陕建函[2013]768号)

作者简介:王毅红(1955-),女,山东烟台人,教授,博士研究生导师,工学博士,E-mail:wangyh@chd.edu.cn.

0 引言

目前,有关橡胶隔震支座的应用主要集中于多高层建筑中,叠层橡胶隔震支座的力学性能、耐久性及防火等问题已有一些研究^[1-5],但将该种支座应用于村镇建筑隔震的研究较少^[6-7]。村镇低矮砌体结构应用叠层橡胶支座隔震技术中有大量的构造及施工方面的问题有待解决。传统的橡胶隔震支座一般设置于基础之上,一层地板之下^[8-11]。为了将上部隔震结构与下部非隔震结构完全隔开,需设置双梁单板及隔震沟^[12]。村镇建筑一般比较低矮,应用与多高层建筑同样的隔震构造经济性较差。本文提出将隔震层设计于室内地坪以上,隔震层上设托梁支承上部结构,不设一层地板和隔震沟,该种方案便于安装检查隔震装置且节约成本,其构造设计满足房屋的正常使用寿命要求且不影响隔震支座作用的发挥。专门用于低矮结构房屋的叠层橡胶隔震支座的隔震效果已得到证实^[13],本文主要解决这种隔震支座的构造设计问题。

1 隔震支座布置原则

根据对大量农村房屋的调研^[14-16],参考中国已有隔震建筑设计的相关规范及标准^[17-19],提出村镇低矮建筑隔震支座布置的原则。

1.1 隔震支座的平面布置

隔震支座的平面布置应满足承载力的要求,保证隔震支座在竖向能承担上部结构的所有荷载,同时要尽可能均匀、对称;隔震支座在房屋四角必须布置,纵横墙交接处等受力较大的位置一般均应布置,隔震支座的布置间距不宜大于 2.4 m,数量、规格应根据计算确定,布置应尽可能使上部结构的质心与隔震层的刚心重合,减小地震时的扭转效应。隔震支座水平方向的净间距 d 不应小于各隔震支座在罕遇地震下最大水平位移值的 1.2 倍。

1.2 隔震支座的剖面布置

对于多高层结构,隔震层上下设双梁单板及隔震沟,所提高的造价占建筑总造价的比例相对较小,但对于 1~3 层的村镇建筑,其提高的造价则占房屋总造价的比例较大。考虑到农村低矮建筑的经济性,提出将高度为 h 的隔震支座设置于下托梁之上(图 1),下托梁顶面标高为 0.050~0.100 m,梁顶设有 20~25 mm 厚防水砂浆防潮层,下托梁可同时兼作地圈梁。

为保证地震时上部结构与下部结构之间的相对

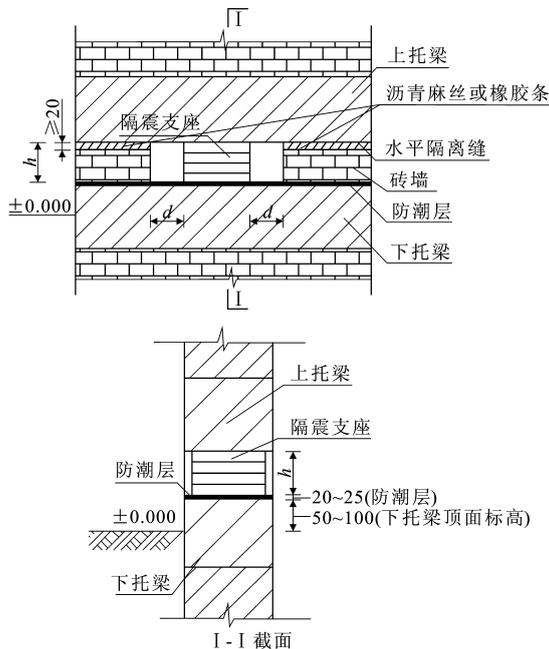


图 1 隔震支座剖面布置(单位:mm)

Fig. 1 Section Layout of Isolation Bearing (Unit:mm)

运动,上部结构与下部结构之间的竖向净空间距应考虑由多层橡胶的变形(徐变、温度变形、水平变形时的竖向沉降)以及施工误差来确定,一般不宜小于 20 mm。

2 传统隔震结构与地坪以上隔震结构空间整体性分析

与传统隔震结构相比,地坪以上隔震结构因隔震层位置的提高会对上部结构的空间整体性及抗震能力产生一定影响,为验证其上部结构是否满足要求,进行如下分析。

2.1 上部结构空间刚度及抗震能力分析

隔震后隔震层以上的砌体结构可近似看作一个刚体,在水平地震作用下做刚体平动,故其空间整体性和稳定性对隔震性能影响较大。传统隔震结构采用双梁单板体系[图 2(a)],与地坪以上隔震结构[图 2(b)]相比,隔震层上面多加了一层底板,增大了上部结构的侧向刚度;地坪以上隔震结构因将隔震层置于地坪以上,减小了上部结构一层高度,增加了其侧向刚度和整体稳定性。应用 SAP2000 对图 2 所示的 2 种简单结构进行计算,选取前 3 阶振型,求得结构刚度见表 1。

由表 1 可知,地坪以上隔震结构与传统隔震结构相比,上部结构刚度约降低 27%,扭转振型参与系数有所增大,说明扭转对缺少底板的上部结构影响稍有增大。因模型分析中未考虑门洞两侧滑移支

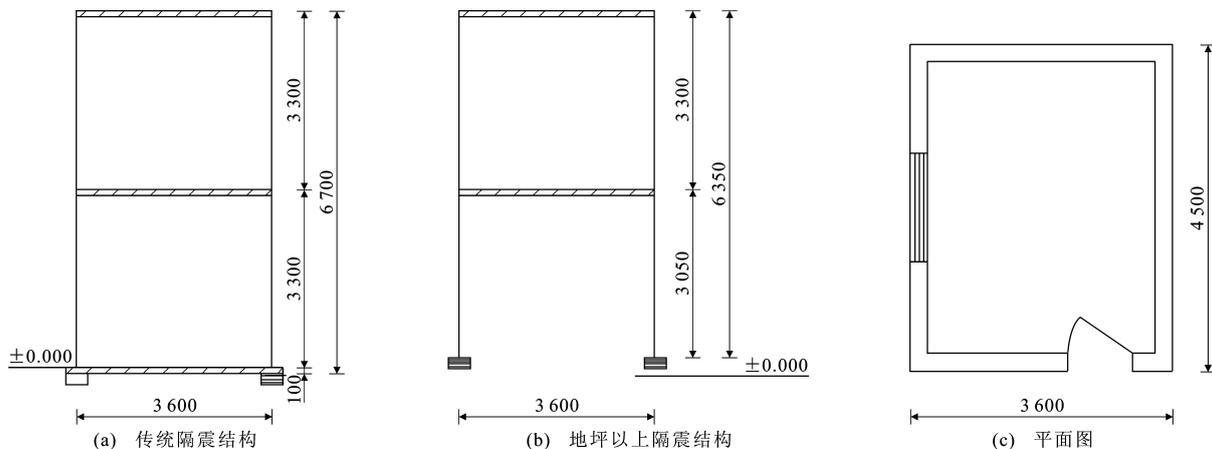


图 2 隔震结构简图(单位:mm)

Fig. 2 Diagrams of Isolation Structure (Unit:mm)

表 1 上部结构刚度

Tab. 1 Stiffness of Superstructure

阶次	传统隔震结构				地坪以上隔震结构				$\frac{K_2}{K_1}$
	质量/kg	周期/s	刚度 $K_1/$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$)	扭转参 与系数	质量/kg	周期/s	刚度 $K_2/$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$)	扭转参 与系数	
1	202 020	0.120 603	547 768.976 9	0.016 05	173 300	0.130 904	398 852.221 6	0.031 01	0.728 139 487
2		0.116 421	587 828.994 3	0.033 06		0.126 066	430 052.923 1	0.058 33	0.731 595 289
3		0.065 268	1 870 307.625 0	0.763 16		0.079 063	1 093 380.367 0	0.766 10	0.584 599 214

座对结构抗扭能力的提高,故实际中滑移支座的存
在会增大结构的摩擦力,减小扭转对结构的不利影响。

为验证上部结构的抗震能力是否满足要求,对
图 2 所示的 2 种简单结构用 PKPM 进行计算,结果
如表 2 所示,其中, g 为重力加速度。

分析表 2 中数据,在抗震设防烈度 8 度(0.2g)
地震作用下,传统隔震结构所受到的总水平地震力
为 82.61 kN,一层抗力与效应比为 2.01;地坪以上
隔震结构所受到的总水平地震力为 86.27 kN,一层
抗力与效应之比为 1.91,抗震能力虽不及传统隔震
结构,但均可满足抗震要求。

2.2 上部结构整体稳定性分析

根据《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011),
可对传统隔震结构与地坪以上隔震结构的整体稳定
性进行对比分析。对规范公式进行变换得到

$$\gamma_0(1.2S_{G2k} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n S_{Qik}) / (0.8S_{G1k}) \leq 1.0 \quad (1)$$

$$\gamma_0(1.35S_{G2k} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qik}) / (0.8S_{G1k}) \leq 1.0 \quad (2)$$

式中: γ_0 为结构重要性系数; γ_L 为结构构件的抗力
模型不定性系数; S_{Q1k} 为基本组合中起重要作用的
一个可变荷载标准值的效应; S_{Qik} 为第 i 个可变荷载
标准值效应; ψ_{ci} 为第 i 个可变荷载的组合值系数;
 S_{G1k} 为起有利作用的永久荷载标准值效应; S_{G2k} 为起
不利作用的永久荷载标准值效应。

对图 1 所示的简单传统隔震结构与地坪以上隔
震结构用上述公式进行计算,记式子左边为 Φ ,取式
(1),(2)的最不利结果如下:图 2(a)传统隔震结构
 $\Phi_a = 0.025$;图 2(b)地坪以上隔震结构 $\Phi_b = 0.026$ 。

由以上结果可知,隔震层设于地坪以上基本不
影响上部结构的整体稳定性。

3 隔震支座的构造设计

3.1 隔震支座的连接构造

隔震支座固定于上托梁与下托梁之间,必须能

表 2 抗震设防烈度 8 度(0.2g)作用下上部结构地震反应

Tab. 2 Earthquake Response of Superstructure Under Eight Degree Seismic Fortification Intensity (0.2g)

上部结构地震反应	总水平地震力/kN	一层地震力/kN	一层抗力与效应比	二层地震力/kN	二层抗力与效应比
传统隔震结构	82.61	52.75	2.01	29.86	3.14
地坪以上隔震结构	86.27	58.97	1.91	27.30	3.37

传递罕遇地震下支座的水平剪力,上托梁与下托梁之间的空隙可用与墙体材料相同的砖块进行填充,并预留不小于 20 mm 的水平通缝。待房屋建造完工,隔震支座竖向变形充分发展后,用沥青麻丝或橡胶条等柔性材料沿墙体内外边缘填充(仅填充墙体内外边缘 50 mm 左右),最后进行内外墙体的粉刷。根据隔震支座在墙体中的安放位置,可分为:墙段中部隔震支座、墙角隔震支座、丁字墙角隔震支座及十字墙角隔震支座,各种隔震支座平面布置示意如图 3 所示。

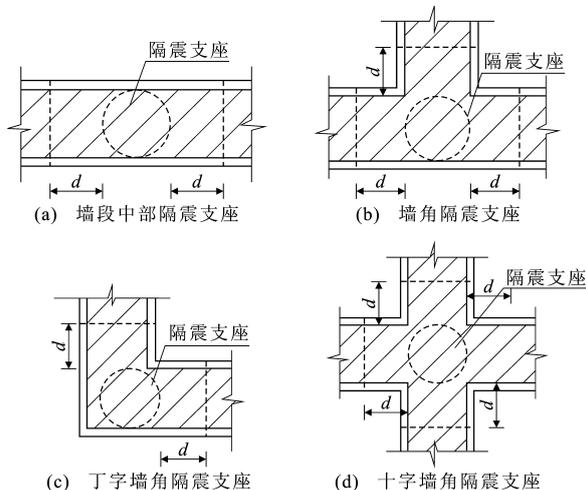


图 3 隔震支座平面布置示意

Fig. 3 Plane Layout Diagrams of Isolation Bearing

3.2 建筑物门洞口的构造设计

隔震层遇大门时,上托梁必须断开,为保证地震时大门与上部结构同步位移,门洞口有 2 种构造设计方案。

3.2.1 大门两侧设构造柱

在门两侧设构造柱(图 4),门固定于两侧构造柱上。浇筑上托梁时即在上托梁与门边构造柱交界处预留构造柱连接钢筋,先绑扎构造柱钢筋,砌筑大门两侧墙体,预留马牙槎,待墙体砌筑到大门顶部标高时,绑扎过梁钢筋,过梁钢筋与构造柱钢筋应可靠拉结。过梁钢筋应伸过构造柱中心线,采用 90°弯折锚固方式,弯折钢筋的长度不应小于 15d,然后支模,同时浇筑两侧构造柱及过梁;当构造柱与过梁一次整浇时,过梁可不伸入墙内,若采用预制过梁,过梁的支承长度不得小于 240 mm。门洞边设构造柱加强了洞口处的整体性,减小了中断上托梁对上部结构的不利影响。

3.2.2 大门两侧墙内加筋

在抗震设防烈度 7 度(0.1g)及 7 度以下地区,也可采用门洞口墙边加筋来减小上托梁中断的不利

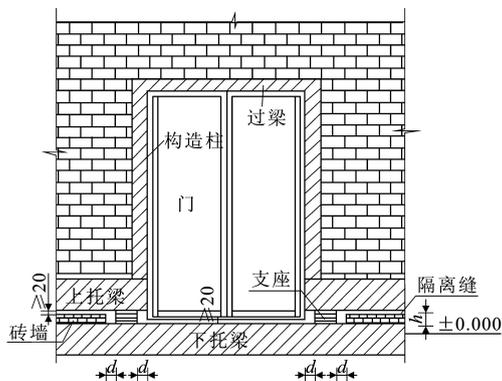


图 4 门边设构造柱(单位:mm)

Fig. 4 Construction Column on Door Edges (Unit:mm)

影响。此方案中门被固定于两边承重墙上(图 5),在门两侧墙内配置拉结钢筋,沿墙高每隔 500 mm 设置 2 根直径不小于 6 mm 的拉结钢筋,每边伸入墙内不宜小于 1 m,以提高门洞边墙体的整体性。

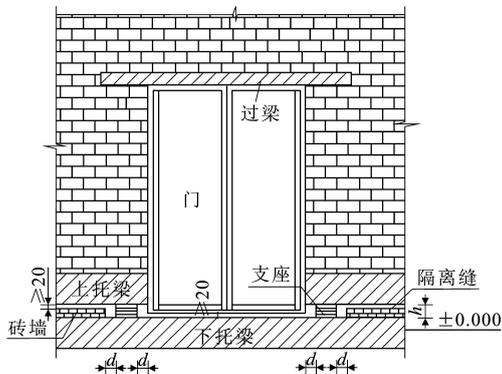


图 5 门两侧墙内加筋(单位:mm)

Fig. 5 Wall Reinforcement on Both Sides of Door (Unit:mm)

Sides of Door (Unit:mm)

3.3 楼梯构造设计

3.3.1 室内楼梯的构造设计

村镇低矮建筑的室内楼梯多靠墙设置,为保证地震时楼梯与上部隔震结构同步位移,可在隔震层遇楼梯的地方增设尺寸较小的橡胶隔震支座,隔震支座顶部标高宜与整个房屋的水平隔震层顶部标高位于同一水平线上,构造做法与前述隔震支座相同,设计中应注意楼梯从 ±0.000 起前 2 个踏步高度的变化。第 1 个踏步高度应从 ±0.000 起到隔震支座底部标高即 50~100 mm,第 1 个踏步的踏面作为楼梯隔震支座的滑移面;第 2 个踏步高度应不小于隔震支座高度加 50 mm,之后的踏步高度可均匀设置(图 6)。

楼梯处也可不设隔震支座,将楼梯在 ±0.000 处断开,断开处设 20 mm 厚白灰砂浆易裂层,各层休息平台和房屋主体结构可靠连接。

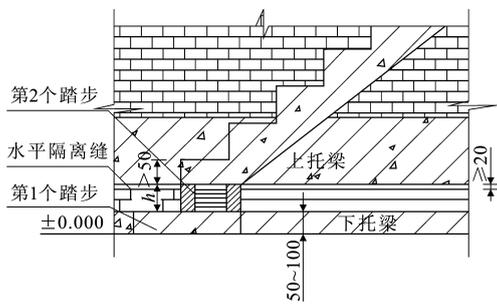


图 6 室内楼梯构造(单位:mm)

Fig. 6 Structure of Indoor Stair (Unit:mm)

3.3.2 室外楼梯的设计要求

根据室外楼梯与主体结构的分、合关系,可分 2 种情况进行设计。

(1)室外楼梯自成体系,与房屋主体结构完全分开。室外楼梯与主体结构之间预留距离不小于 d 的水平隔离缝,楼梯底梁、各层休息平台及平台梁不可插入墙里,保证地震时楼梯不影响主体结构的振动。

(2)室外楼梯与房屋主体结构连成一体,楼梯底梁、各层休息平台及平台梁与房屋主体结构可靠连接,在 ± 0.000 处设 20 mm 厚白灰砂浆易裂层,确保地震时室外楼梯与房屋主体结构的同步位移。

3.4 管线构造设计

管线构造设计与应用传统橡胶隔震支座建筑的设计一致,柔性段长度 L 不得小于 d ,下端的管道接头不得高于水平隔离缝。穿过隔震层的竖向管线应符合下列要求:

- (1)直径较小的柔性管线(如电气配线)在隔震层处应预留不小于 d 的伸展长度。
- (2)直径较大的管道在隔震层处宜采用柔性材料或柔性接头。
- (3)重要管道和可能泄露有害物质或可燃介质的管道在隔震层处应采用柔性接头。

3.5 隔震节点的密封及防水

3.5.1 隔震支座的防水

隔震支座可采用镀锌铁皮密封,铁皮边缘用玻璃胶封口,重点处理好镀锌铁皮与托梁交界处的防水问题,并用射钉紧密固定。橡胶隔震垫周围可采用柔性或脆性的密封材料密封,防止雨水侵入,如图 7 所示。

3.5.2 水平隔离缝的防水

水平隔离缝可用沥青麻丝或橡胶条等柔性材料密封,隔离缝周围应做防水处理。隔离缝上下防水高度为 150 mm 左右,防水处理面层厚度为 20~40

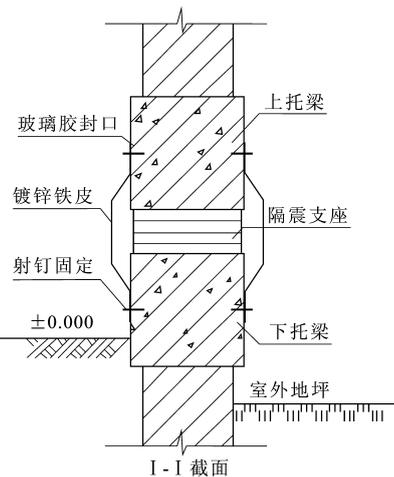
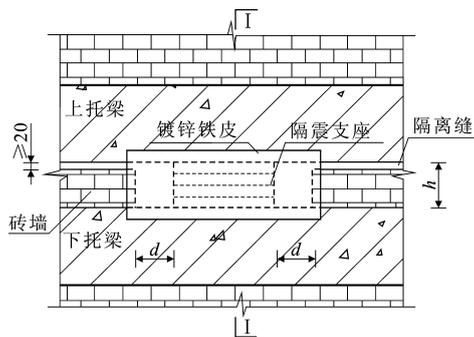


图 7 隔震支座密封图(单位:mm)

Fig. 7 Details of Isolation Bearing Seal (Unit:mm)

mm,具体构造做法见图 8。

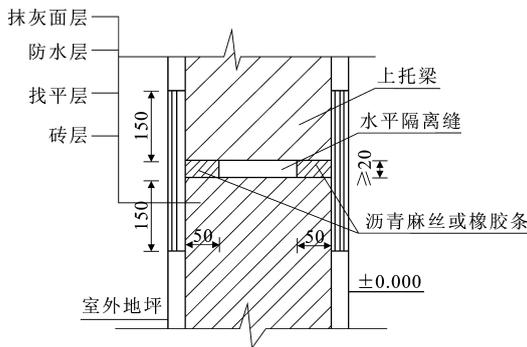


图 8 水平隔离缝防水图(单位:mm)

Fig. 8 Waterproofing Diagram of Horizontal Isolation Joint (Unit:mm)

4 隔震支座的施工

隔震支座安装的难点在于轴线位置的确定和平整度的要求,施工流程如图 9 所示。

施工过程中还应注意以下问题:

- (1)避免浇筑混凝土时对预埋件、主筋的碰撞,以防止轴线位置、平整度改变而影响安装质量。
- (2)固定隔震支座的螺栓时应两边同时对称拧紧,防止隔震支座连接板错位。

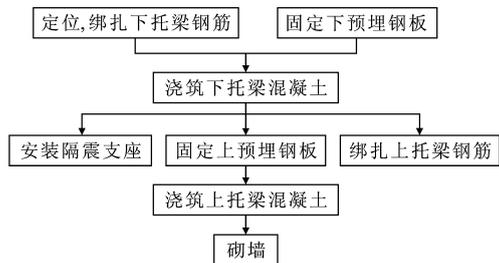


图9 安装隔震支座的施工流程

Fig. 9 Construction Flow of Installing Isolation Bearing

(3) 隔震支座安放后, 严禁压放重物、踩踏。

(4) 上托梁浇筑混凝土后, 保持上表面自然毛面状态, 以利于加大墙体与上托梁的粘结力。

(5) 隔震支座施工完毕后, 应用塑料布、玻璃丝布或薄木板等对其进行临时覆盖, 防止其在主体施工过程中受损。

(6) 对隔震支座外露螺栓和连接板应采取防锈保护措施, 可刷环氧富锌底漆 1 道, 环氧云铁中间漆 2 道, 氧化化聚乙烯面漆 2 道。

5 结语

(1) 本文提出一种完全不同于传统橡胶隔震支座的构造设计方案, 将隔震支座放在房屋 ± 0.000 以上, 并设计了配套的构造措施, 可用于村镇低矮砌体结构的隔震设计。

(2) 对比分析了地坪以上隔震房屋与传统隔震房屋上部结构的抗震性能及空间整体性, 均可满足要求。

(3) 门洞口处的整体性和楼梯与主体结构的构造方案是低矮砌体结构房屋隔震设计的关键问题。门洞口处可采用门边设构造柱或墙边加筋的方法来提高结构的整体性; 室内楼梯必须处理好 ± 0.000 处的滑移构造, 室外楼梯重点处理好与主体结构的分合关系。

(4) 水平隔离缝处的构造处理是保证房屋隔震效果和正常使用的关键。本文给出了水平隔离缝的防水构造和做法。

(5) 提出了村镇低矮砌体结构隔震房屋的隔震层施工流程、施工方法及应注意的问题, 为实际工程施工安装提供了可操作的方法。

(6) 前期的橡胶隔震支座的试验已研究了隔震支座的性能并证实了其隔震效果, 通过本文的构造设计研究, 得到了可实际应用于村镇低矮砌体结构的构造方案和施工工艺, 可将叠层橡胶支座的隔震技术推广应用于中国广大村镇地区。

参考文献:

References:

- [1] 马华, 北村春幸, 李振宝, 等. 隔震橡胶垫极限性能足尺试验结果与评价[J]. 世界地震工程, 2008, 24(1): 82-87.
MA Hua, KITAMURA H, LI Zhen-bao, et al. The Evaluation on the Full-scale Experimental Results of the Ultimate Performance of Rubber Bearings[J]. World Earthquake Engineering, 2008, 24(1): 82-87.
- [2] 刘文光, 庄学真, 周福霖, 等. 中国铅芯夹层橡胶隔震支座各种相关性能及长期性能研究[J]. 地震工程与工程振动, 2002, 22(1): 114-120.
LIU Wen-guang, ZHUANG Xue-zhen, ZHOU Fu-lin, et al. Dependence and Durability Properties of Chinese Lead Plug Rubber Bearings[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2002, 22(1): 114-120.
- [3] 王斌, 谭平, 徐凯, 等. 新型纤维增强工程塑料板夹层橡胶隔震支座的力学性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(增1): 187-191.
WANG Bin, TAN Ping, XU Kai, et al. Mechanical Performance Tests of a Novel Fiber-reinforced-plastic Plate Isolation Bearing[J]. China Civil Engineering Journal, 2012, 45(S1): 187-191.
- [4] 刘文光, 杨巧荣, 周福霖. 建筑用铅芯橡胶隔震支座的温度性能研究[J]. 世界地震工程, 2003, 19(2): 39-44.
LIU Wen-guang, YANG Qiao-rong, ZHOU Fu-lin. Temperature Properties of Lead Rubber Bearings for Building[J]. World Earthquake Engineering, 2003, 19(2): 39-44.
- [5] 朱玉华, 吕西林, 冯德民. 铅芯橡胶支座的性能试验对比研究[J]. 建筑结构, 2003, 33(8): 44-46.
ZHU Yu-hua, LU Xi-lin, FENG De-min. Performance Test of the Lead Rubber Bearing[J]. Building Structure, 2003, 33(8): 44-46.
- [6] 谭平, 徐凯, 王斌, 等. 基于新型简易隔震支座的村镇建筑隔震性能研究[J]. 土木工程学报, 2013, 46(5): 64-70.
TAN Ping, XU Kai, WANG Bin, et al. Performance Study of Isolated Rural Buildings Using Novel Simple Isolators[J]. China Civil Engineering Journal, 2013, 46(5): 64-70.
- [7] 王毅红, 张又超, 樊琨, 等. 村镇砌体结构叠层橡胶支座的隔震试验研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2014, 36(2): 15-20.
WANG Yi-hong, ZHANG You-chao, FAN Kun, et al. Isolation Performance Test of Laminated Rubber Isolator for Rural Masonry Structure[J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2014, 36(2): 15-

- 20.
- [8] 杨林,周锡元,苏幼坡,等.基础隔震建筑简化软碰撞保护与变刚度保护的对比分析[J].工程抗震与加固改造,2005,27(5):37-44.
YANG Lin, ZHOU Xi-yuan, SU You-po, et al. Contrastive Analysis of Simplified Soft-collision and Stiffness Variable Protection for Base Isolated Buildings [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2005, 27(5): 37-44.
- [9] 魏陆顺,周福霖,刘文光.组合基础隔震在建筑工程中的应用[J].地震工程与工程振动,2007,27(2):158-163.
WEI Lu-shun, ZHOU Fu-lin, LIU Wen-guang. Application of Combined Base Isolation to Buildings [J]. Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2007, 27(2): 158-163.
- [10] 李慧,刘迪,杜永峰.附设耗能装置的高层基础隔震建筑抗震性能研究[J].土木工程学报,2010,43(增1):276-281.
LI Hui, LIU Di, DU Yong-feng. Research on Seismic Performance of High-rise Isolated Building with Energy Dissipation Device [J]. China Civil Engineering Journal, 2010, 43(S1): 276-281.
- [11] 刘彦辉,杜永峰,周福霖,等.高层剪力墙复合基础隔震结构地震响应分析[J].工程力学,2011,28(7):143-150.
LIU Yan-hui, DU Yong-feng, ZHOU Fu-lin, et al. Seismic Response Analysis of Composite Base-isolated Tall Shear Wall Buildings [J]. Engineering Mechanics, 2011, 28(7): 143-150.
- [12] 党育,杜永峰,李慧.基础隔震结构设计及施工指南[M].北京:中国水利水电出版社,2007.
DANG Yu, DU Yong-feng, LI Hui. Structure Design and Construction Guide of Base Isolation Structure [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2007.
- [13] 李黎,王宗华,李天,等.村镇住宅基础隔震效果分析[J].郑州大学学报:工学版,2013,34(1):10-13.
LI Li, WANG Zong-hua, LI Tian, et al. Analysis of the Shock-isolation Rural Residential House [J]. Journal of Zhengzhou University: Engineering Science, 2013, 34(1): 10-13.
- [14] 王毅红,韩岗,卜永红,等.村镇既有砌体结构民居建筑抗震性能现状分析[J].建筑结构,2010,40(12):101-121.
WANG Yi-hong, HAN Gang, BU Yong-hong, et al. Existing Research on Seismic Behavior of Masonry Structure in Village Buildings [J]. Building Structure, 2010, 40(12): 101-121.
- [15] 谭平,周福霖.隔震技术的研究与工程应用[J].施工技术,2008,37(10):5-8,42.
TAN Ping, ZHOU Fu-lin. Research and Application of Seismic Isolation System for Civil Engineering Structures [J]. Construction Technology, 2008, 37(10): 5-8, 42.
- [16] 徐忠根,周福霖.高烈度区隔震砌体结构的抗震设计讨论[J].四川建筑科学研究,2006,32(2):105-107.
XU Zhong-gen, ZHOU Fu-lin. Seismic Design Discussion of Isolated Masonry Structures in High Seismic Intensity Area [J]. Building Science Research of Sichuan, 2006, 32(2): 105-107.
- [17] 徐忠根,周福霖,马玉宏.隔震层位置与隔震支座选型[J].世界地震工程,2010,26(1):105-108.
XU Zhong-gen, ZHOU Fu-lin, MA Yu-hong. Locations of Isolation System and Choice of Bearings [J]. World Earthquake Engineering, 2010, 26(1): 105-108.
- [18] 尚守平,姚菲,刘可.一种新型隔震层的构造及其振动台试验研究[J].土木工程学报,2011,44(2):36-41.
SHANG Shou-ping, YAO Fei, LIU Ke. Study of the Structure of a New Type of Isolation Layer and Shaking Table Test [J]. China Civil Engineering Journal, 2011, 44(2): 36-41.
- [19] CECS 126:2001,叠层橡胶支座隔震技术规程[S].
CECS 126:2001, Technology Procedures of the Laminated Rubber Bearing Isolation [S].