

普通民用建筑基础隔震技术研究

赵蕴林

(四川理工学院建筑工程学院,四川 自贡 643000)

摘要:文章主要介绍了隔震设计与传统抗震设计的不同原理和减震效果,隔震基础的设计原则,特别是叠层橡胶支座的设计方案;最后以某建筑的具体设计和施工为实例对采用叠层橡胶支座的基础隔震设计进行相关总结,为基础隔震技术的普及和应用提供工程借鉴和参考的依据。

关键词:日本;基础隔震;叠层橡胶支座;隔震建筑;隔震设计;民用建筑

中图分类号:TU451.3

文献标识码:A

引言

由于地球进入第四个地震活跃期,从2008年的中国汶川地震到2011年刚发生的日本9级地震,如此大规模、高震级的地震在极短的时间内密集而快速的发生,使我们必须思考一种更有效的防震设计,将其应用在大量的普通民用建筑上,从抗震思路转变为隔震,以最大限度减轻地震造成的破坏。

传统抗震结构主要利用主体结构构件屈服后的塑性变形能和滞回耗能来耗散地震能量,这使得这些区域的耗能性能变得特别重要,而一旦由于某些因素导致这些区域产生问题,将严重影响到结构的抗震性能,产生严重破坏,由于破坏部位位于主要结构构件,其修复是很难进行的。而合理有效的抗震途径则是从根本上即从基础上采取措施隔断地震波传播的路径,减少地震波对上部结构的影响,即现代基础隔震措施,这是积极主动的抗震对策,这是抗震对策的重大突破和发展^[1]。

实际上隔震是通过某种装置将地震与结构隔开,其作用是减弱和改变地震动时结构作用的强度和方式,以此达到减少结构震动的目的。隔震方法主要有基底隔震和悬挂隔震两种^[2]。本文讨论的是基底隔震形式。隔震体系具有的明显优点:(1)明显有效地减轻结构的地震反应。从振动台地震模拟试验结果及美国、日本建造的隔震结构在地震中的强震记录得知,隔震体系的结构加速度反应只相当于传统结构(基础固定)加速度反

应的1/3—1/10。这种减震效果是一般传统抗震结构所望尘莫及的。从而能非常有效地保护结构物或内部设备在强地震冲击下免遭任何毁坏^[3];(2)确保安全。在地面剧烈震动时,上部结构仍能处于正常的弹性工作状态。这既适用于一般民用建筑结构,确保居民在强地震中的绝对安全,也适用于某些重要结构物和重要设备;(3)隔震措施简单明了。隔震涉及的对象从考虑整个结构物的复杂的不明确的抗震措施转变为只考虑隔震装置,简单明了。结构物本身与一般非地震区的做法无异,设计施工大大简化;(4)震后修复方便:地震后,只对隔震装置进行必要的检查更换。而无需考虑建筑结构物本身的修复,地震后可很快恢复正常生活或生产,这带来极明显的社会效益和经济效益。

基于上述优势,隔震技术必将得到更大的发展,在其今后的应用研究中,以提高隔震效果、降低造价为目标,为人类的防震减灾事业作出巨大的贡献,让更多的普通建筑拥有基础隔震技术的保护,得以抵御自然灾害的侵袭,保护人民生命财产的安全。

1 隔震基础的设计原则

在隔震基础的设计中,应通过对上部结构的整体特性、结构布置和结构刚度的分布等合理设置,控制结构在地震发生时的反应性能,达到减小地震反应的目的,一般需要遵循以下原则^[3]:

(1) 严格按照要求设计,合理设计的隔震建筑一般均

收稿日期:2011-03-31

作者简介:赵蕴林(1975-),女,四川富顺人,副教授,硕士,主要从事岩土和结构工程方面的研究。

3.2 采用基础隔震技术的可行性分析

福建省防震减灾指挥中心属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑(乙类建筑)。建筑设计方案为矩形规则体系长、宽、高分别为 38.0 m、20.0 m、38.0 m,建筑面积(包括地下室)近 100 000 m²,按《抗震规范》要求布置框架及抗震墙后,采用 SATWE 软件计算第一周期为 0.99 S。风荷载设计值约 200 0 KN 占结构总重力(约 200000 KN)1%。该工程建设场地类别为 III 类,持力层距地表约 20 余米,为卵石层,采用冲钻孔灌注桩。以上信点均满足了规范 12.1.3 条^[5]。因此,该工程采用隔震技术是可行的。

3.3 采用的隔震技术分析

该工程设有一层地下室,上部结构为较大开间的框架(抗震墙结构)。经比较分析,将隔震层设置于一层结构架板下,隔震层采用目前最为成熟的橡胶和薄钢板相间层叠组成的橡胶隔震支座,根据非隔震结构设计所得墙底力。结合规范对支座间距的要求配置 GZY600V4J 型支座 31 个,GZP800V4A 型支座 21 个。平面布置详见图 2。隔震层总水平刚度为 $K_1 = 704.2 \text{ KN/mm}$, $K_2 = 430.3 \text{ KN/mm}$ 。

按规范 12.2.2 条规定。采用弹塑性时程分析法对隔震前后结构的地震反应进行对比分析,地震动输入选用了 AL CENTYO 波的 NS 分量、天津宁河坡的南北分量、北京饭店记录的东西分量和 Pasadna 记录的 NS 分量等四条适合于 III 类场地使用的强震力速记录,四条记录输入得到的结构最大反应的平均值为:多遇地震下 X 向层剪力比最大为 27.59%,Y 向层剪力比最大为 33.53%,罕遇地震下 X 向层剪力比最大为 19.11%,Y 向层剪力比最大为 22.28%,最大层间剪力比 $33.53\% < 35\%$ 。按规范 12.2.5 条规定隔震层以上结构的地震作用计算可取水平向减震系数 ≤ 0.5 。福州地区水平地震影响系数最大值为 0.08,乘以地震力调震系数后,上部结构地震作用完全满足了规范关于最小地震力的要求。按规范对隔震结构构造措施的要求,丙类建筑在一定条件下可适当降低其构造措施,乙类则不明确,参照国外的一般做法,该工程隔震层以上结构仍按动共建筑提高一度设防要求确定各自的抗震等级,即框架为二级,剪力墙为一级,具体轴压比构造做法均按新规范要求控制。

3.4 隔震层设计

隔震层设计是一个反复选型、计算和优化的过程,理想的结果应该是在满足竖向承载力的前提下,尽可能地降低隔震层的水平刚度,以便建筑物的自振周期增大,提高隔震效果。但隔震层水平刚度的降低必然使隔

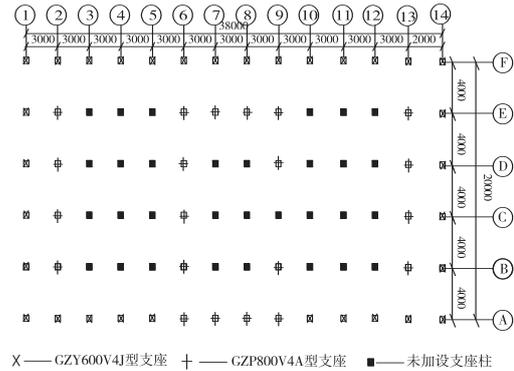


图 2 建筑结构平面及隔震支座布置图

震层在水平地震作用下位移增大,一定程度以后就会导致隔震层破坏。所以,隔震支座的选型是房屋隔震设计的关键。该工程因较大的高度及跨度,柱底力中较大的约 100 000 KN、边柱约 750 0 KN。经反复比较国内多种型号,选择 800V4A、600V4J 两种型号。此两种支座除提供充分大的竖向承载力外其水平刚度仅相当于 $\Phi 400$ 隔震支座,因此隔震层总水平刚度较低。减震作用时总水平位移量较大。普遍地震时水平位移约 100 mm。减震效果明显,水平向减震系数 0.5。

3.5 经济性分析

隔震建筑在振动性能和抗震安全性方面提高了建筑结构的附加价值。因此,与以往建筑比较时,应考虑附加价值进行综合评价。在考虑隔震建筑的造价时,不仅要考虑其初始造价,还要考虑其使用阶段期间遭受地震损坏的维修、重建、内部物品的损坏和经济损失,在此意义上,隔震建筑具有很好的经济性。

该工程采用隔震设计、隔震层以上结构地震力大为减小,在保证上部结构构造措施等同于不隔震时所要求的构造措施的情况下(安全度再度提高),上部结构造价略有降低,隔震设计比非隔震设计多出一隔震层,该部分造价约 90 万元,占土建总投资的 4.5%。考虑到该工程属地震时使用功能不能中断的乙类建筑,其社会意义更显重要。

3.6 施工要求

在施工过程中,应确保建筑隔震橡胶支座的安装精度,施工单位应严格按照要求预先确定合理的方案(图 3)确保施工质量,在安装过程中应注意:(1)隔震支座应水平安装在设计位置;(2)同一支座上的隔震器安装面的高差不宜大于 5 mm^[6];(3)安装面标高与设计标高的误差宜大于 5 mm;(4)如利用构件钢筋作为避雷线时,应使用柔性导线连接通过隔震层^[7];(5)施工时隔震支座外表面应有覆盖保护,完工后拆除;(6)隔震支座连接板和安装螺栓应采取防锈保护措施;(7)安装前应对

隔震支座安装面的水平度进行测量并记录;(8)施工过程中,应定期对隔震支座的竖向变形进行观测并记录;(9)完工后必须绘制隔震层竣工图,作为存档资料。



图3 叠层橡胶支座现场安装

4 结束语

应用橡胶隔震技术比传统的抗震技术更加安全、可靠和经济。传统的抗震技术主要特点是“抗”,建筑的基础和地基牢固地联结在一起,由于地震引起上部结构运动,当超过材料的承载力时就会使建筑物的装修、内部设备受到很大破坏;隔震技术通过隔震层发挥“隔”的作用,使上部结构与下部基础脱离,隔震层刚度小,可有效减少地震反应 70% - 90%,相当于降低地震烈度 1 - 2 度,并且节省工程造价 5% - 20%,被广泛应用于生命线工程、重点建设项目和普通房屋建筑,除新建工程外,还广泛应用于旧建筑物的改良加固。被认为是抗震技术的一次重大飞跃。目前,世界上有 20 多个国家已开始建筑物中使用橡胶支座隔震技术,日本、新西兰、美国、意大利和中国等应用实例较多。我国已有 300 多栋建筑物采用橡胶支座隔震。该技术优势有:

(1) 由于叠层橡胶垫隔震体系具有竖向承载力大、弹性复位功能强、隔震效果明显等性能优势,因此在设计中,对传统楼房的高度限值和安全距离等限制条件均

可适当放宽。

(2) 研究表明,叠层橡胶垫基础隔震体系上部结构的设防烈度可降低 1 - 2 度,且仍有较大的安全储量。

(3) 对整个隔震建筑的工程造价来讲,虽然隔震体系要增加一层隔震层,但和同类非隔震建筑相比,基本持平或略有降低。如果把地震时建筑结构的破坏、内部财产的损失、人员伤亡以及建筑物损坏造成的停工停产所带来的损失加起来,该基础隔震体系的经济效益和社会效益十分巨大,是一种极具推广和应用的高新技术。

(4) 在隔震结构中,为了真正实现上部结构与地面的“隔离”,还需注意一些关键部位的构造处理。如底层楼梯与主体结构的隔离处理,上下水、煤气、供暖及配管道穿越隔震层时的柔性化问题等,有一方面疏忽都会在地震中带来巨大的灾难。

(5) 除此之外,叠层橡胶垫基础隔震体系的隔震层对施工的要求是比较严格的。隔震层的位移不能受任何原因的干扰和约束,施工时不能损伤隔震器及其附件,并要求隔震器安置有较高的水平度,以确保地震时隔震层能发生水平位移并瞬时复位。

参考文献:

- [1] 周福霖. 高层建筑结构减震控制优化设计新体系[M]. 武汉: 武汉工业大学出版社, 2006.
- [2] 唐稼祥. 建筑结构基础隔震[M]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [3] 周锡元. 建筑结构的隔震、减振和振动控制[J]. 建筑结构学报, 2002(4): 112-113.
- [4] 张哲. 校舍抗震加固设计思路探讨[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2010, 23(3): 254-255.
- [5] GB50011-2010, 建筑抗震设计规范[S].
- [6] JG118-2000, 建筑隔震橡胶支座[S].
- [7] CECS 126:2001, 叠层橡胶支座隔震技术规程[S].

Primary Research of Base-isolation Technology of Ordinary Civilian Buildings

ZHAO Yun-lin

(School of Architecture Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: This article introduces the different theorems of isolation design and traditional anti-earthquake design, design principle about base-isolation, specially the design scheme of laminated rubber bearing. At last, it draws a conclusion about base-isolation design of laminated rubber bearing with a project's concrete design and construction, which can afford a basis for references of practical engineering.

Key words: base-isolation; laminated rubber bearing; isolation buildings; isolation design; civilian buildings