

地震安全社区建设与消能减震新技术

何雄科

(北京赛福思创科技有限公司, 北京 100190)

1 地震安全社区的涵义

地震安全社区是指在建筑抗震设防、开展防震减灾宣传教育、地震应急准备以及地震群测群防等方面工作较突出或具有一定规模的小区。建立地震安全社区以最大限度减少地震灾害损失为宗旨,以提高社区居民的防震减灾意识、增强应急避险能力为目标。

2010年大连市地震局首次提出地震安全社区建设的概念,通俗地讲,其目标是建设“震不倒”的房子,其基本内容可以概括为:通过隔震或消能减震等积极主动的抗震对策,使社区房屋的地震设防烈度高于本地区划图烈度;在每个用户单元设置安全岛;在社区规划中设置避难场所;建立社区地震应急队伍,配备应急装备和物品等。

2 地震安全社区建设的现状

2009年,大连市提出了建设“地震安全城市”的规划,2010年,大连市地震局联合企业、院校和协会等多方的力量,在西安路改造二期工程(永嘉尚品天城)开展地震安全社区建设。这为我国地震安全社区翻开了新的一页,即从规划设计阶段入手,将地震安全社区的理念贯彻于工程施工和后期社区管理的全过程,从抗震设防标准、避震疏散场所建设、应急指挥系统、应急救援队伍和宣传教育等方面全方位地提高社区的地震灾害防御能力。这从源头上保证了“地震安全社区”的房子是结实的,也为今后的城市规划建设,尤其是地震安全方面提供了示范和样板。

以前国内一些城市也同样提出过建设地震安全社区的想法,但其设计理念主要把投资应用在软环境上,包括社区内部志愿者地震应急知识的培训、避难场所设施的配置、逃生路线、应急救援的器材等,没有在最核心的房屋抗震能力方面投资,这和大连模式有着本质的差别。

我国是一个地震多发国家,在目前地震预报系统尚需改进的情况下,从震前预防到震时、震后救灾等一套体系的建设中,如何让我们居住的房屋和社区成为地震来袭时的“避风港”,则显得尤为重要。

把一个地震安全示范社区作为建设地震安全城市的切入点,通过典型成功案例的示范效应,以点带面,逐步渐进地推广延伸,最终提高整个城市的抗震设防水平、提升整体的防震减灾能力,是最大限度降低地震风险、确保百姓安全的最佳途径。大连地震安全社区的建设模式,开创了我国高层建筑抗震史的先河。

目前我国现有的地震安全社区建设没有统一的建设和

评价标准,各个省市根据各自的实际情况进行地震安全社区的探索研究和建设,建设水平有着较大的差距。为顺利推进全国地震安全社区工作的开展,2010年11月,“地震安全社区建设”标准研究项目正式启动,研究人员根据当前国内地震安全社区建设的现实需求,依托大连市“地震安全城市建设”这一系统工程及“地震安全示范社区”这一已开展的具体工作,并结合其他省市一些先进的经验和做法,开展相关标准和技术规范的研究,给出构建地震安全社区的基本标准,从规划设计、工程实施和后期社区管理等方面,给出建设地震安全社区的实施技术规范,并在试点城市开展地震安全示范社区的建设。

2012年,国家地震应急搜救中心与大连市地震局召开了“地震安全社区建设标准研究”专家研讨会,从硬件和软件两个方面探索了中国“地震安全社区”应该具备的基本条件。“地震安全社区”建设标准预计将于2014年出台,届时,我国将会有更多真正的地震安全社区。

大连地震安全示范社区建设经验已被推广至全国多个城市。近年来,先后有30多个省、市到大连“取经”。目前,河北唐山、湖北十堰等地正在按“大连模式”建设地震安全示范社区。

3 地震安全社区实例(图1)

(1) 大连永嘉尚品天城项目

国家首个地震安全示范社区——大连尚品天城国家级地震安全示范社区,合计16幢高层住宅,60万 m^2 ,本项目创造性地采用了钢滞变阻尼器-混凝土组合连梁系统,在较少增加成本的情况下,成功将结构抗震设防标准从7度提升到8度,为大连市地震局提出的地震安全社区概念提供了切实可行的技术支持。更重要的是阻尼器模块化构造,施工工序简单,震后可修复更换,建筑结构能快速恢复使用功能,这在高层建筑中是一大创举,得到了周福霖院士等国内知名建筑消能减震专家的高度评价。

(2) 唐山万科金域华府项目

在大连成功建造首个国家级地震安全示范社区以后,唐山万科集团借鉴大连模式的成功经验,开发了河北省首个地震安全社区——“金域华府”项目,该项目为4幢高层剪力墙住宅,建筑面积12万 m^2 ,结构原设防烈度为8度,采用钢滞变阻尼器-组合连梁耗能减震技术以后,成功将结构设防烈度提高到8.5度。

(3) 唐山兴盛许庄平改项目及凤凰世嘉项目

2幢高层住宅，合计10万 m^2 。

(4) 湖北十堰泰山·绿谷地震安全社区

一期7幢高层剪力墙住宅，建筑面积13万 m^2 。



图1 工程实例

4 建设地震安全社区的核心

地震安全社区建设的内容包括建筑的抗震设防、避震疏散场所的建设、应急指挥系统、应急救援队伍和宣传教育等诸多方面，可以概况为硬件和软件两个方面。以往的地震灾害现状表明，从根本上提高房屋的抗震性能是减轻地震灾害的最主要途径。因而地震安全社区建设的核心内容就是要全面提高房屋的抗震性能，建设“震不倒”的房子。在地震安全社区建设中，将当地的地震设防烈度视为抗震最低要求，通过一定的技术手段适当提高本地区房屋建筑的设防烈度是可行的，也是民众所期望的。

从国内外地震灾害对比可以看出，我国具有明显的“小震大害”的特点，这显示出我国在结构抗震学科与美、日等强国尚有很大差距。近几年，我国大中城市新增建筑以高层和超高层为主，然而我国现有的抗震设防水准与地震灾害的严峻形式相比还低得多，如果简单地提高抗震设防烈度会遇到方方面面的阻力。国内外历次震害现状表明，耗能减震技术能够显著提高结构抗震能力。因而，在地震安全社区建设中，采用耗能减震技术是提高房屋抗震能力的最佳措施。

5 技术手段

传统抗震技术的实现主要是通过“以硬碰硬”的方式，即通过提高结构本身的材料强度和整体刚度来抵抗地震作用。由于地震对结构的作用力往往很大，因此在可接受的造价下，只能依靠结构自身构件的塑性变形来耗散地震输入结构的能量，而塑性变形对于结构来讲其实是一种损伤，而且难以控制和修复。传统的抗震设计方法是要利用结构自身某些关键构件的延性耗能来减小地震作用，进而保护竖向承重构件，避免竖向构件过早进入塑性，这必须要做到结构各构件之间具有相对强弱的关系，才能增加结构的冗余度、提高结构的抗倒塌能力。

而采用耗能减震技术后，通过在结构物某些部位增设耗能（阻尼）减震器或耗能组件（图2），通过耗能阻尼器率先消耗地震能量，保护主体构件不受破坏，这种“以柔克刚”的方法是提高房屋抗震能力新的思路。



运抵现场的钢滞变阻尼器



安装在连梁的阻尼器
图2 阻尼器

针对剪力墙结构，采用钢滞变阻尼器-组合连梁耗能减震技术，则是结合高层剪力墙结构的以下特点（图3）：1）整体呈弯曲变形；2）上部结构层间变形大；3）墙体抗侧刚度大、连梁为整个结构的薄弱构件。

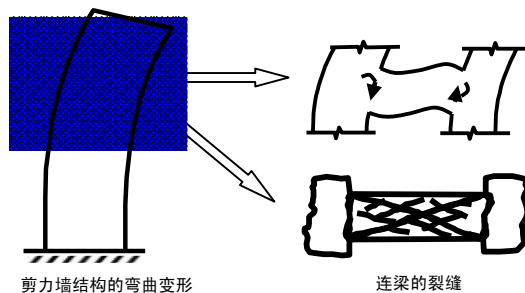


图3 剪力墙结构的变形及连梁的变形破坏模式

通过合理优化布置阻尼器，将钢滞变阻尼器和混凝土连梁组合成为新的组合连梁，使钢滞变阻尼器在参与工作的整个过程中，发挥两个方面的作用：

(1) 钢滞变阻尼器作为一种耗能装置，结合混凝土连梁为一体成为组合连梁，在地震发生时，连梁两端所受到剪力驱动阻尼器变形，充分利用钢材良好的塑性变形能力消耗地震能量，为结构提供附加阻尼，达到减震的目的（图4）。

(2) 将钢滞变阻尼器布置在剪力墙结构洞口连梁中，当阻尼器率先发生屈服时，在连梁处将形成塑性铰，使得组合连梁成为地震发生时的第一道抗震防线，有效避免剪力墙墙体出现破坏，从而使整体结构的屈服机制受控。

这样的措施将地震能量转移到组合连梁部位，通过阻尼



图4 组合连梁和传统连梁的性能对比

器变形耗能,有效保护结构主体构件,延缓或避免主体构件的破坏。相对传统结构设计的“硬抗”方法,消能减震技术则是采用“柔中带刚”的思路。

图5为钢滞变阻尼器屈服后的相对变形与作用力之间的关系。滞回圈的面积就是阻尼器在该循环消耗的能量,滞回圈越饱满、面积越大,说明阻尼器的塑性变形能力越好、耗能效果越强。当遭遇罕遇地震时,处于连梁跨中的钢滞变阻尼器首先进入塑性变形阶段,将对结构有害的地震能量吸收耗散,保全结构体系的其他构件,使结构可以“以柔克刚”,从而大大增强结构抗震能力。

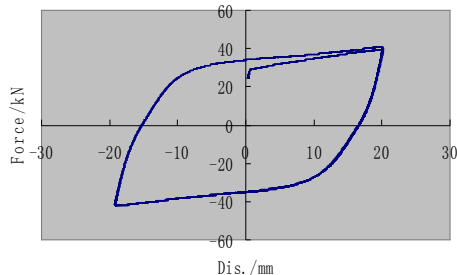


图5 钢滞变阻尼器的力-位移曲线

试验证明,设计安装钢滞变阻尼器后,能显著提升结构的耗能效果;通过合理地布设阻尼器位置及调整阻尼器参数,可以使阻尼器成为结构体系中率先屈服的构件,从而使结构出现相对安全并易于控制的屈服机制;通过阻尼器的率先屈服和耗能,在连梁和墙肢之间又为结构增加了一道新的有效的抗震防线。

6 经济性比较

建筑工程指的是建筑的主体工程,主要包括建筑物的主体结构、附属结构、地基等。具体来说,建筑工程主要包括以下分部工程:土石方工程、桩基及基坑支护工程、砌筑工程、混凝土及钢筋工程、模板工程、屋面工程、防水工程。还有措施项目:脚手架、大型垂直运输机械使用费、高层建筑超高费等。

一般来说,抗震设防烈度提高一度,楼房承受的水平荷载就相应提高一倍。建筑物建筑工程造价的增加主要体现在建筑材料的增加,如钢筋、混凝土等用量的增加,以及相应

的人工费与机械费的增加。

根据工程设计经验以及相关资料统计,当建筑物提高一个设防水准,从设防烈度6度提高到7度每平米的土建造价约提高10%(约200元),从7度提高到8度每平米的土建造价约提高15%(约300元),当从8度提高到8度半(0.30g)以及由8度半(0.30g)提高到9度时,每平米造价的增加大约在20%以上(约400元)。

而针对高层剪力墙结构,采用钢滞变阻尼器,运用钢滞变阻尼器-组合连梁消能减震技术,经结构计算分析,在适当楼层合理优化布置阻尼器,仅通过局部的改善措施,在不改变基础负担、不改变上部结构原有布局、不占用楼层使用空间的前提下,在抗震设防6度到8度区间使结构的抗震能力提高一度的目标增加的费用和按照传统“硬抗”措施提高半度所增加的费用相当(成本减半)。

以大连尚品天城社区为例,项目合计16栋高层住宅,总建筑面积50多万 m^2 。大连地区的原设防烈度为7度,在原结构7度设防的基础上,采用钢滞变阻尼器-组合连梁耗能减震技术,成功将结构抗震设防标准从7度提升到8度,整个项目在消能减震技术上净增加投资1亿元,虽然应用消能减震技术增加了成本,但由于结构整体抗震性能得到大幅提升,得到了广大客户的认可,创造了巨大的经济效益和社会效益。

7 社会效益

筹建地震安全社区,解决老百姓后顾之忧,是安民惠民的积善之举,也是提升地区形象和政府业绩的妥善之策。眼下正值全球强震多发时期,同时随着生活水平的不断提升,老百姓对居住安全的诉求空前高涨。有技术支撑、政府保障的新兴“地震安全社区”必定可以迅速得到广大老百姓的认可。大连首个国家级地震安全示范社区就是榜样和模板。在各方的大力支持下,旨在从房屋建筑抗震能力、避震疏散场所建设、应急指挥系统、应急救援队伍和宣传教育等若干方面全方位提高社区地震灾害防御能力的地震安全社区项目,将被授牌“国家级地震安全社区”。

8 结语

大连尚品天城项目应用本技术后,由于建筑抗震性能的提升,销售情况良好,创造了巨大的经济效益和社会效益,业主的项目理念得到了广东客户的认可。

2011年7月,全国人大副委员长路甬祥带队在大连召开防震减灾执法检查会,参观了大连尚品天城,号召在全国推广钢滞变阻尼器应用经验。

2013年全国震害防御工作会议上,大连地震安全示范社区建设再次获得中国地震局的肯定。中国地震局副局长赵和平说:“大连引领了地震安全示范社区的新方向,同时也为国家地震安全示范社区建设标准的确立提供了宝贵的经验,大连地震安全示范社区经验已走出大连,惠及全国。”