

探讨土木工程结构设计中的抗震研究

梁夏明

柳州市建筑设计科学研究院有限公司

摘要:随着我国城镇化进程的加快,建筑业已逐步成为拉动国民经济、推动社会发展的主要产业之一。土木工程结构设计是土木工程领域的一个重要组成部分,在工程实践中,需要不断地对其进行优化,以改善其总体受力状况,从而为工程施工提供更好的技术保证。因此,本课题拟从多个视角,结合实践,对土木工程结构设计中的抗震分析和加固方法进行研究,并对其合理的设计,提出相应的对策,以确保工程的稳定和安全,充分发挥其在土木工程中的应用价值。

关键词: 土木工程; 结构设计; 抗震设计

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.08.208

引言

在工程建设中,必须全面地考虑各方面的影响,才能更好地保证土木建筑的安全。当前,我国的建设项目正处于快速发展的阶段,对其结构设计的需求也越来越高,为了确保建筑的抗震能力,有必要加强其设计。传统的设计方案已不能适应当今社会的发展要求,必须对建筑结构的形式和方法进行不断的优化与创新,从而达到更加合理、科学、经济的目的,推动建筑业的健康可持续发展。

一、抗震性在土木工程结构设计中的重要意义

土木工程结构的地震响应及耐久设计对于保障建筑物的安全与稳定具有十分重要的意义。桥梁、公路、隧道等众多基础设施属于民用建筑,在施工时应保证其可靠度和服役年限。研究表明,改善结构的抗震性能,可以有效地提高结构的稳定性,减少地震对建筑物的破坏,延长建筑物的服役年限,获得最大的经济效益。

二、影响土木工程抗震性的因素

(一) 设计标准和规范

设计准则是决定其抗震性能的关键要素,它不仅涉及结构体系的选型、抗震设防目标的确定,也是防灾减灾工作的重要内容。随着我国城市化进程的加快,越来越多的高层建筑出现,这些建筑间的干涉问题也越来越突出,这就导致了地震动的空间分布特性发生了变化,这就给建筑工程的设计带来了很大的难度。根据各个区域的经济程度,在设计标准和规程中,所适用的场地条件、地震波的类型和频谱特征等都有自己的特征,因此,在具体的设计时,必须综合考虑各个方面的因素,才能保证工程的设计符合相应的要求。

(二) 结构类型和高度

不同种类、不同高度的建筑物在地震作用下会产生不同的反应模式,而在相同场地上的建筑物(结构),其抗震性能与其所处的振动环境有着紧密的联系。如:钢结构在地震作用下表现出更好的柔韧性,同时也表

现出更强的抗震能力。当地环境发生变化时(如地形起伏、地基特性等),建筑物会发生局部失稳,甚至坍塌。此外,高烈度区的多层框架-剪力墙组合结构,因其本身质量的不同,往往会造成结构的整体失效。所以,如何在满足工程要求的前提下,选择合适的地震动输入方向,就成了一个重要的研究课题。

三、优化土木工程结构设计中的抗震性能研究

(一) 优化抗震设计理念

土木工程结构抗震性能的优化要求将抗震设计思想贯穿于工程设计之中,并以此为基础,通过合理的设计,提升工程的整体抗震能力。传统的土木结构抗震设计思路多为刚体,仅按结构静态分析,未考虑结构与基础的共同作用、场地、地震动输入等多方面的影响。结果表明,在地震作用下,钢筋混凝土框架结构的抗震性能较差,极易引起结构的失效或坍塌。因此,优化的抗震设计思路应着眼于结构的延性设计,也就是在地震作用下,保留一定的变形能力,以达到减震的目的。具体来说,应该做到:一是强调整体性能。在土木建筑结构的设计中,必须重视整体性能的设计理念。即将各个部位的结构要素作为一个整体进行设计,在对各个组成部分的应力和相关关系进行分析的基础上,决定其能够承载的最大荷载,以此来选取适当的构件截面尺寸。实现了功能性的要求。以安全性、适用性和经济性为评价指标,并从施工质量、材料使用等多个角度来确保整个工程的高可靠性、高耐久性和可执行性。二是重视细节的营造。在抗震设计中,应加强节点构造,改善节点形式,加强节点连接,改善结构的延性,增强地震反应能力。通过在梁柱节点上增设抗剪节点,可以有效地减小小梁间柱间的相对位移。但在RC框架梁中,要考虑到梁端锚固区的设置及配筋,以保证结构的承载力。另外,还应注意板的抗裂性能。楼面作为框架结构的主要传力节点,一旦出现裂缝,将严重影响结构的内力传递。因此,在施工过程中,必须按照有关规范的要求,

对裂缝的宽度进行适当的设置，以保证层间楼板不会出现过大的水滑移，从而防止局部地区出现严重的破坏。第三，隔震减振技术的应用。被动控制以消能减震为目的，其原理是通过改变地震动路径来抑制和耗散层间振动。在工程实践中，必须充分考虑建筑自身的特点（如层数、层高）和场地条件（如地震动峰值）。其次，根据建筑物本身的特性及周边环境（如地理位置、周边环境、地形地貌、气候等），对其进行全面的评价，最后确定是否采用隔震技术。

（二）加强多重抗震防线设置

多重抗震防线是指在建筑结构的设计过程中，通过合理的加固、约束等措施，使之符合规范的要求。在基础的抗震措施设计中，应综合多种因素，以保证结构在地震作用下的整体工作性能，并对其进行有效的抗震设计。具体而言，有以下几个方面的内容：第一，施工现场情况。第二，分析了地基基础的类型、承载力和持力层厚度对上部荷载的影响。第三，对楼板的布置方式和梁板的配筋进行探讨。第四，砌体的选材，也就是砌体的强度等级和砌块的种类等。

在进行主体抗震设计时，除要对各种参数进行适当的选取外，还应采用合理的简化模型，使其能精确地反应真实状况，才能实现设计目标。比如：用反应谱方法，求出了一种框架结构系统在不同烈度下的水平位移。采用动态弹塑性有限元方法，对其进行多遇强震及大震激励下的结构加速反应进行数值模拟，并据此绘制结构中各个部分的内力时变曲线，以判定其满足相应规范的要求。若两者的数值相差不大，则说明系统是安全的。如果不符合，需要对相关的参数进行调整，并将原有的设计方案进行重组。

增设“二次地震”结构，即在已有 RC 框架梁（柱）上添加一定数量的型钢或设置低设防水准的粘滞阻尼器，构成新的“梁（柱）”，并按照传统的弹性理论进行抗震设计。具体的设计思路是：将新增的上部构件视为永久性结构，采用现有的框架梁（柱），在纵向上均匀布置多个钢腹板型粘滞阻尼器。并以此为基础，取代了原有的与相邻梁柱相连的剪力墙。其次，通过向新建筑施加一道周期 1s 的人造波，通过对每一层的波速和各层的剪切强度进行统计，得到每一层最大剪应力的范围和分布情况，进而判断结构有无局部破坏。当结构发生显著的局部不稳定时，应及时采取预防措施，以保证整体结构的安全稳定。在不设减震装置或不设减震措施的基础上，对其进行了加固处理，达到了现有建筑设计规范的要求。

隔震结构是一种新的结构体系，它能有效地解决高层结构的抗震性能和经济性能之间的矛盾。该结构由普

通隔震层、减震层、抗失稳支撑三层构成，以多个耗能单元组合而成，可有效降低上部结构荷载、减小地基沉降、增强结构刚度。设计抗震隔震支座时，必须注意：一是要尽可能选用延性好、承载能力高和变形性能好的材料；二是要适当增大隔震支座的尺寸，并使用高性能的橡胶制品。第三，选择合适的构造方式，并对铅芯橡皮垫的厚度进行计算。（如图1）

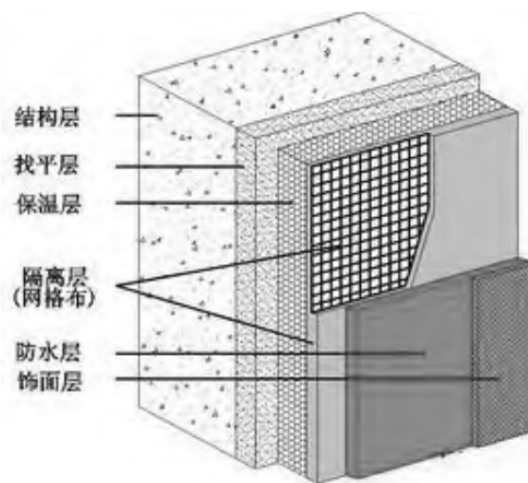


图1 防震隔离层

在此基础上，提出了一种新型的多道地震防御体系，即在一定程度上改善建筑物的抗震性能，保证了建筑物的安全。但是，在实际工程中，必须根据相关的规范来进行设计，而不能盲目地套用某一特定的做法。在此基础上，要结合工程实际进行具体分析，制订出一套科学、合理的实施计划，以确保项目执行的顺利进行。

（三）以抗震等级为依据进行抗震性设计

在土木建筑的实际设计中，首先要明确其抗震水平，然后按其设防目标来进行结构的设计。然而，现行抗震规范中未考虑地震动强度指标、缺乏基于性能化思路的抗震易损性计算方法、以及相关评估系统与规范等方面的不足。因此，设计者应在对场地土体性质、建筑类型和使用方式进行深入研究的基础上，提出适应不同区域特征的场地抗震设防水准评价方法，并提出与之相适应的建筑场地等级划分方案。在此基础上，通过适当的计算手段，确定相应烈度区的地震强度，并与现行规范相联系，提出相应的抗震措施。综合考虑建筑物的使用目的和所在区域的地震情况，确定所选的抗震设防水准能够满足工程的要求。

基础抗震措施就是在满足安全需求的同时，尽量减少工程造价的一种技术方法。在隔震设计中，隔震技术通过在上部结构和地基间增加一层隔震支座，可以有效地降低地震动对下部结构的影响。消能减振是指通过对建筑物进行一定程度的耗能，并通过其自身的弹塑变形

来吸收部分地震力,从而使主体结构免遭破坏。消能减振技术以大量应用的钢筋等刚性构件为“柔性”构件,通过改变构件截面尺寸、形状和布置方式,减小因刚度不足引起的额外内力,达到延性与阻尼协同,提升结构的承载力。因此,合理地选取阻尼比、屈服位移角、极限位移角和最大层间剪切力是非常必要的。在此基础上,提出了增大腹板高度、增大梁翼缘厚度、增加抗扭转钢筋和加强梁柱节点的构造措施。

结构抗震设计完成后,需对其进行结构的抗震性能评价,其中包含了结构的静力弹塑性与非线性响应两个方面,以决定是否要对其进行加固或修正。本项目拟从以下方面开展研究:首先,根据现行抗震设计规范规定的抗震设防烈度指数(PGA)的取值范围,即在地震作用下,需满足较大的最大加速度。其次,对各类抗震设防水准下建筑物所处的场地类型进行全面的分析,尤其是地震记录对建筑物可能产生的影响。第三,从经济上考虑,应尽可能选择经济可行的措施,例如增设剪力墙、增设钢架等。(如图2)同时,考虑到建筑周围的温度效应、日照变化、风速等因素,在不同的工作状态下,合理选择不同的荷载作用大小、方向和作用时间等。

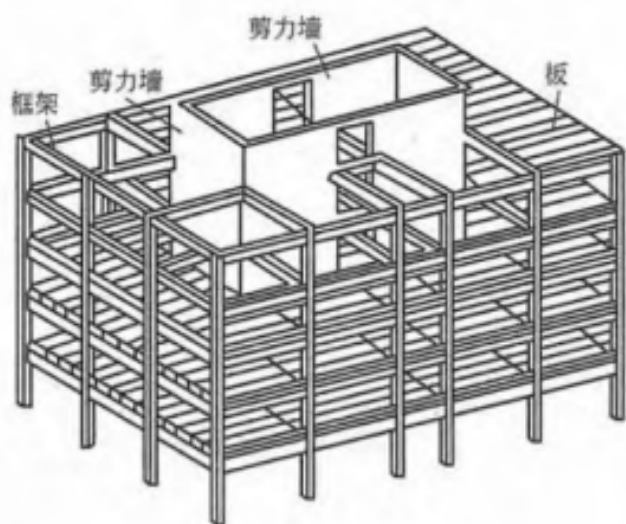


图2 剪力墙抗震设计

(四) 多层混凝土框架结构工程设计

在建筑结构的设计和计算中,应用最广泛的是三维造型软件和结构力学软件。采用CAD、CAE等方法对其进行选型和布局设计,而对其进行仿真分析,能够对不同工况下的受力情况进行仿真和分析。梁输入模型具有很强的普适性,但是其参数化水平不高。同时,该方法还引入了实体单元和剖分方法,使其在不影响计算精度的情况下,大大提高计算效率。但是,现有的钢筋混凝土组合楼盖结构设计方法,未能从本质上解决钢筋混

土组合楼盖结构中竖向变形过大、局部破坏严重、梁端剪切力过大等问题。为保证计算结果的准确性,需要将梁的刚度进行放大,并对其内力进行相应的调节。在分析板柱连接部位受剪承载力影响时,要考虑板柱连接部位受剪承载力的变化规律,这样才能保证分析结果的合理性和可靠性。为了防止梁柱节点处出现过大的塑性变形,需要在节点处配置一定数量的配箍,以增强其协调工作能力。一般梁的放大率为2.0,边墙梁的放大率为1.5,角钢的放大率为1.0。在跨度比大于3的情况下,通常取2~2.5,反之,则要根据实际条件进行调整。梁刚放大系数的增大,有利于提高边柱承载力。结果表明,随着跨高比的减小,腹板在屈服后的强度下降较快,但对结构的延性没有明显的影响。

通常,在6~8度地震作用下,为了确保结构的正常使用和安全,可以把它简化成一个弹性系统。当地震超过10度时,若无适当的构造措施,将出现“强柱弱梁”的破坏,导致房屋倒塌,造成重大工程事故。所以,合理地进行结构设计是十分必要的。在地震区,抗震设防烈度为9,11,12度以下时,可采用框剪组合形式。为了提高地震反应能力,对钢筋混凝土框架结构进行耗能减震设计。在选择抗震水平时,必须考虑以下几点:

(1) 结构是否符合现有规范要求;(2) 结构是否具有充分的承载与变形性能;是否具有足够的刚度,能够经受住较大的横向载荷;(3) 是否具有有良好的延性、剪切性能;(4) 抗侧移特性及其他动力学特性参量。在此基础上,提出了一种既经济又可靠的解决方案。

四、结语

综上所述,在保证安全性的前提下,应针对不同的用途、不同的结构类型,合理地确定其层数,并对其进行优化。在此基础上,分析了高层柱网、柱距、梁柱截面尺寸等对结构整体刚度和地震反应的影响。还因综合考虑施工中可能发生各种质量问题,如开裂、温度变化引起的变形等,保证了该项目的质量满足相应规范的要求。

参考文献

- [1] 陈朝周. 探讨土木工程结构设计中的抗震研究[J]. 全文版: 工程技术, 2016.
- [2] 王宝福. 土木工程结构设计中抗震性问题探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2016(12): 00251-00251.
- [3] 杨志超. 试析土木工程结构设计中的抗震研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(008): 1210.
- [4] 周志勇, 吴侯康. 探讨土木工程结构设计中的抗震研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2018.