

房屋建筑结构设计中的抗震设计

王东阳 鲍楠

西安航天神舟建筑设计院有限公司 陕西 西安 710000

摘要：地震作为一种突发的自然灾害，对人类生命和财产安全构成严重威胁；为了有效应对地震灾害，抗震设计成为建筑结构设计不可或缺的一部分。本文旨在深入探讨抗震设计的基础理论，分析不同房屋建筑结构的抗震性能，介绍地震作用的计算方法和结构抗震验算内容，并提出有效的抗震设计构造措施。通过本文的研究，期望为建筑结构抗震设计提供理论支持和实践指导，提升建筑结构的抗震能力，减少地震灾害造成的损失。

关键词：房屋建筑；结构设计；抗震设计

引言：当今时代，我国建筑行业发展迅速，房屋建筑工程施工量不断增加，满足了人们的基本生活需求，提升了居住条件和生活质量。然而，在建筑设计中，抗震结构设计至关重要，它关乎建筑工程的功能与安全，若设计不当，可能埋下严重的安全隐患；因此，为满足建筑工程的实际需求，必须对抗震结构设计进行深入分析。在确保建筑工程效果的同时，要充分发挥抗震结构设计的功能，不仅保障建筑的正常使用，更要在地震等意外情况下，确保人民生命财产的安全。

1 抗震设计的基础理论

1.1 地震的基础知识

地震是地球内部运动导致的地表震动，主要由板块间挤压碰撞引发，天然地震分为构造地震、火山地震和陷落地震，其中构造地震最为普遍，占全球地震90%以上，破坏力极大。地震发生突然，难以预测，震级是衡量地震大小的指标，震级越大，释放能量越多，破坏力越强。地震烈度则反映地震对各地的影响程度，一次地震震级唯一，烈度因地而异，烈度受震源深度、震中距等因素影响，震中区烈度最高，破坏最重，随距离增加逐渐降低；地震时产生地震波，包括纵波和横波^[1]。纵波传播快但震感弱，表现为上下颠簸，横波传播稍慢但震感强烈，能造成巨大摇晃，对建筑构成威胁；了解地震基础知识，对抗震设计和防灾减灾至关重要，有助于我们应对地震灾害，保护生命财产安全。

1.2 抗震设计的基本原理

抗震设计遵循多重原理，旨在确保建筑安全。（1）结构稳定性原理要求建筑结构能承受地震荷载，保持刚度适中，既稳定又能适度变形，节约能力原理则强调在保证安全性的同时，减少材料消耗，通过合理选择结构提高抗震能力。（2）整体性原理要求建筑整体结构稳定，形成系统，迅速传递地震荷载，弹性原理强调结构

应具备弹性，能积极响应地震，通过设计和材料选择确保弹性变形。（3）破坏模式控制原理通过合理结构和配置，控制破坏模式，防止局部破坏蔓延，抗震能力调整原则根据地震等级和建筑物用途，调整结构抗震能力，满足需求。（4）安全余度原理考虑地震荷载不确定性，为结构设置安全余度，通过提高抗震承载能力、加强薄弱环节等，确保结构在地震中的安全。

2 房屋建筑结构选型

2.1 砌体结构

砌体结构，以砖、砌块等为主要承重构件，因就地取材便、施工简、成本低，在多地广受欢迎。但其抗震性能相对较弱，源于砌体材料抗拉、抗剪强度低，整体性差，地震时，水平力作用易使墙体开裂、倒塌，既影响美观和使用，又可能丧失结构稳定性，严重时甚至完全倒塌，造成重大损失。为提升砌体结构抗震性能，需采取构造措施；其中，设置构造柱和圈梁是两种常见方法，构造柱，即在墙体中设竖向钢筋混凝土柱，增强墙体整体性和稳定性；圈梁，则在墙体顶部或底部设水平钢筋混凝土梁，将墙体水平连接成整体，提高抗震能力。

2.2 框架结构

框架结构是由梁、柱通过节点连接形成的一种骨架结构形式，这种结构形式空间布置灵活，可以满足不同建筑功能的需求，因此在现代建筑中得到了广泛应用。在抗震性能方面，框架结构具有一定的延性，能够吸收和耗散一部分地震能量；然而，框架结构的侧向刚度相对较小，这在地震作用下可能导致较大的侧向变形。框架结构的破坏主要集中在梁、柱节点和构件端部^[2]。节点是框架结构中的关键部位，其连接强度直接影响着整个结构的稳定性；在地震作用下，节点可能因受力过大而发生破坏，导致梁、柱之间的连接失效。此外，构件端部也可能因应力集中而发生破坏；通过增大截面尺寸和

增加配筋量,可以提高梁、柱的承载能力和延性;还需要加强节点的构造设计,确保节点具有足够的连接强度和刚度。

2.3 剪力墙结构

剪力墙结构是利用钢筋混凝土墙体作为主要抗侧力构件的一种结构形式,这种结构形式具有较大的侧向刚度和承载能力,能够有效抵抗水平地震作用。在地震作用下,剪力墙结构的变形较小,能够保持结构的整体稳定性;剪力墙结构的破坏形式主要为墙体的剪切破坏和弯曲破坏。剪切破坏是由于墙体在水平地震作用下受到剪切力作用而发生的破坏形式,主要表现为墙体出现斜裂缝,弯曲破坏则是由于墙体在水平地震作用下受到弯矩作用而发生的破坏形式,主要表现为墙体出现水平裂缝或弯曲变形。通过增大墙肢长度和厚度,可以提高墙体的承载能力和刚度;还需要加强边缘构件的设计,确保边缘构件具有足够的承载能力和延性。

2.4 框架-剪力墙结构

框架-剪力墙结构,巧妙融合了框架与剪力墙两大结构的优点,既具备框架结构的空間灵活性,又拥有剪力墙结构的强大侧向刚度。在地震来袭时,框架与剪力墙紧密协作,共同抵御水平荷载的侵袭,展现出卓越的抗震性能,有效吸收并耗散地震能量;然而,要确保框架与剪力墙的协同作战,关键在于合理设计二者的刚度比例。若框架刚度过大,剪力墙刚度不足,地震时框架将承受过多水平荷载,可能导致框架受损;反之,若剪力墙刚度过大,框架刚度不足,剪力墙则将承受过多压力,同样可能遭到破坏。因此,在设计框架-剪力墙结构时,必须深思熟虑,确保框架与剪力墙的刚度比例恰到好处;还要加强框架与剪力墙之间的连接设计,确保连接部位既坚固又可靠,具备足够的承载能力和刚度,共同构筑起一道坚不可摧的抗震防线。

3 房屋建筑结构抗震设计的计算方法

3.1 地震作用计算方法

3.1.1 底部剪力法

底部剪力法,作为一种简化的地震作用计算方法,在建筑结构抗震设计中具有其独特的应用价值。该方法主要适用于那些高度不超过40米、以剪切变形为主导,并且质量和刚度沿高度方向分布相对均匀的结构类型,同时也适用于那些近似于单质点体系的结构;在具体应用时,底部剪力法将复杂的建筑结构等效为一个简化的单质点体系,这一过程大大简化了计算过程。通过计算结构底部所承受的总水平地震作用,我们可以得到一个整体的地震力估值。

3.1.2 振型分解反应谱法

振型分解反应谱法是一种较为精确的地震作用计算方法,适用于大多数建筑结构;该方法利用结构的振型分解原理,将多自由度体系的地震反应分解为各个振型的地震反应,然后通过一定的组合方法得到结构的总地震反应。(1)通过求解结构的特征方程,得到结构的自振频率和振型。(2)根据地震反应谱曲线,确定各振型对应的地震影响系数,计算出各振型的地震作用。(3)采用平方和开方(SRSS)法或完全二次型组合(CQC)法等组合方法,将各振型的地震作用效应进行组合,得到结构的总地震作用效应。

3.1.3 时程分析法

时程分析法是一种直接动力分析法,通过输入实际地震记录或人工模拟的地震波,对结构进行动力时程分析,得到结构在整个地震过程中的位移、速度、加速度反应和内力变化。时程分析法能够考虑地震动的频谱特性、持时和幅值等因素对结构反应的影响,是一种较为精确的抗震分析方法。在进行时程分析时,应选择合适的地震波,地震波的数量不少于两条实际地震记录和一条人工模拟地震波;并应根据结构的重要性和抗震设防要求,确定合适的地震波峰值加速度^[3]。时程分析法计算工作量较大,通常用于重要建筑结构、复杂高层建筑结构以及抗震设防要求较高的结构的抗震分析。

3.2 结构抗震验算

3.2.1 强度验算

在建筑结构抗震设计中,强度验算是确保结构安全性的关键环节,当地震发生时,建筑结构会受到巨大的地震作用力,这时,构件的强度就显得尤为重要。强度验算的核心原则是,结构在地震作用下,其各个构件的截面承载力必须大于地震作用所产生的内力;这意味着,设计师在进行结构设计时,需要准确计算地震作用下构件所承受的内力,并确保构件的截面尺寸、配筋等能够满足这些内力的承载要求。通过强度验算,我们可以评估结构在地震作用下的安全性能,及时发现并解决潜在的安全隐患,这是确保建筑结构在地震中能够保持稳定、保障人民生命财产安全的重要措施。

3.2.2 变形验算

结构在地震作用下的变形验算同样重要,过大的变形会导致结构构件的破坏、非结构构件的损坏以及人员的伤亡。变形验算主要包括层间位移角验算和顶点位移验算。层间位移角是指相邻两层楼盖之间的相对水平位移与层高之比,规范对不同类型的结构规定了相应的层间位移角限值。例如,对于钢筋混凝土框架结构,弹

性层间位移角限值为 $1/550$ ，弹塑性层间位移角限值为 $1/50$ 。顶点位移验算则是控制结构在地震作用下的整体侧移，确保结构的稳定性。

3.2.3 结构扭转效应验算

在地震作用下，由于结构的平面布置不规则或质量、刚度分布不均匀，会产生扭转效应，导致结构的某些部位受力增大，增加结构的破坏风险。因此，对于平面不规则的结构，需要进行扭转效应验算；扭转效应验算通常通过计算结构的扭转周期比和楼层的最大弹性水平位移（或层间位移）与该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的比值来进行控制。规范规定，结构的扭转周期比不应大于 0.9 （A级高度高层建筑）或 0.85 （B级高度高层建筑、混合结构高层建筑及复杂高层建筑），楼层的最大弹性水平位移（或层间位移）与该楼层两端弹性水平位移（或层间位移）平均值的比值不宜大于 1.2 ，当超过 1.2 时，应进行专门研究和论证。

4 抗震设计的构造措施

4.1 圈梁与构造柱的设置

4.1.1 圈梁的作用与设置要求

圈梁是沿建筑物外墙、内纵墙和部分内横墙设置的连续封闭的梁，在抗震设计中，圈梁的作用主要有：增强房屋的整体刚度，防止由于地基不均匀沉降或较大振动荷载等对房屋引起的不利影响。与构造柱一起形成空间骨架，提高砌体结构的抗震性能，约束墙体裂缝的开展，提高墙体的稳定性。圈梁应设置在楼盖和屋盖处，宜连续地设在同一水平面上，并形成封闭状。当圈梁被门窗洞口截断时，应在洞口上部增设相同截面的附加圈梁，对于多层砌体房屋，圈梁的设置要求根据建筑层数和抗震设防烈度的不同而有所差异。例如，对于6、7度设防的多层砌体房屋，屋盖处及每层楼盖处均应设置圈梁；对于8度设防的多层砌体房屋，屋盖处及每层楼盖处均应设置圈梁，且屋盖处圈梁应沿所有横墙设置。

4.1.2 构造柱的作用与设置要求

构造柱是砌体房屋中按构造配筋并后浇混凝土的柱体，其与圈梁协同作用，旨在增强砌体结构的整体性和延性，提升抗震能力，防止或延缓墙体地震开裂和倒塌。构造柱应布置在房屋四角、楼梯间及电梯间四角、错层纵横墙交接处、大洞口两侧等关键部位；其设置要求随建筑层数和抗震设防烈度调整^[4]。例如，6、7度设防

的多层砌体房屋，层数超4层时，所有纵横墙交接处及楼梯间四角均需设构造柱；8度设防则层数超3层时即需设置，构造柱与墙体连接需符合规范，应沿墙高每隔 500mm 设 $2\phi 6$ 拉结钢筋，每边伸入墙内不小于 1m 。构造柱基础可不必单独设置，但需伸入室外地面下 500mm ，或与埋深小于 500mm 的基础圈梁相连，确保结构整体稳固。

4.2 防震缝的设置

防震缝的设置是建筑结构抗震设计中的一项重要措施，其设置应综合考虑建筑的平面形状、立面高差、结构类型以及地震设防烈度等多重因素。具体而言，当建筑平面形状较为复杂，存在较长的突出部分时，为防止地震时突出部分与主体结构产生过大应力而破坏，应在突出部分的端部设置防震缝。并且，若建筑立面高差超过 6m ，或建筑内部存在错层且错层楼板高差较大，也应在高差变化处设置防震缝，以减缓地震对结构的影响。此外，当建筑结构类型不同，如框架结构与砌体结构相接时，也应在结构类型变化处设置防震缝，以确保各结构单元在地震作用下能独立变形。防震缝的宽度需根据建筑高度、结构类型和地震设防烈度合理确定，以满足地震时两侧结构单元不发生碰撞的要求。

结语：综上所述，改善房屋建筑结构的抗震性能，是减轻地震灾害影响、确保使用安全的重要举措；房屋，作为人们日常生活的避风港，其结构抗震设计的重要性无需多言。通过深入剖析抗震设计的基本理论框架与实践方法，才能把握实际抗震设计工作中的核心技术环节与关键点。以期能够成为工程师与设计师们的宝贵参考，为他们在提升建筑结构抗震能力的道路上提供有力借鉴，共同为守护人民生命财产安全、构建更加坚固安全的居住环境贡献智慧与力量。

参考文献

- [1]宋海燕.谈抗震设计在房屋建筑设计中的应用[J].山西建筑,2020,039(027):38-39.
- [2]李金果,李伟建.抗震设计在房屋建筑设计中的应用研究[J].四川水泥,2020,(012):35-35.
- [3]肖凯峰.简述抗震设计在房屋建筑设计中的应用[J].城市建筑,2020,17(05):153-154.
- [4]王炼.抗震设计在房屋建筑设计中的应用[J].工程技术研究,2021,6(04):205-206.