

# 建筑结构设计中的抗震结构设计分析

王桂英

山东省人民防空建筑设计院有限责任公司

**摘要：**作为建筑结构设计非常重要的内容，抗震设计水平直接影响建筑结构整体稳定性、安全性。设计人员只有保证建筑结构在刚度、强度、延度等多方面进行考虑分析，优化结构设计，才能保证建筑物在地震灾害发生时“大震不倒、中震可修、小震不坏”。为了提高建筑结构抗震设计水平，本文首先总结当前建筑结构设计常见的抵抗地震的方法，然后提出抗震结构设计原则，最后重点围绕建筑抗震设计措施和优化方法进行分析。希望本文可以起到抛砖引玉的作用。

**关键词：**建筑工程；结构设计；抗震设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.03.104

## 一、建筑抵抗地震的主要方法

### （一）抗震

当前抗震技术措施主要有以下几种：一是加强梁柱、剪力墙等承重构件的强度，使其满足抗震设防要求；二是要构件的韧性提高，使之在变形时不至于立即发生破坏；三是减少了混凝土的脆性，减轻房屋的破坏程度，以保证建筑物在地震作用下不会发生脱落<sup>[1]</sup>。

### （二）减震

减震装置是一种安装在建筑物内、主要作用是吸收地震能量的装置。当地震发生时，该装置可吸收并分散部分震动能量，有效地降低建筑物的变形及破坏程度。和抗震主要依靠结构内部构件的变形与破坏来吸收地震能量的方式相比，减震主要依靠阻尼器有效地消能，故与其他消能措施相比有很多优势。阻尼器可以有效地阻尼地震力，减小上部结构变形，保证结构的安全稳定。

### （三）隔震

为防止地震波向上传播，通常在基础与建筑之间设置软隔离层，使隔离层产生较大的变形。隔震层的作用就是将地震的冲击力隔离开来，保证地震的冲击力不会从地面传递到建筑物上。隔震层在外部振动作用下向外移动，底部触地，吸收冲击能量，这样建筑物上部结构的摇摆周期就会变长，只有较慢的平动，对主要构件、内部装饰及室内设施都能起到很好的保护作用。

## 二、建筑抗震结构设计的基本原则

### （一）建筑场地选择的基本原则

首先，选址时要充分考虑地质条件，选好地基对于提升建筑物稳定性发挥着重要的作用。设计者在选址时，应以地壳稳定及无地质灾害隐患为前提，根据当地地形地貌及地质特征，制订相应的抗震技术方案。其次，还要充分考虑不同区域、同一区域内不同单体建筑

之间可能存在的相互作用。工作人员要深入思考气候变化与自然災害的后果。一些自然灾害，如洪水、飓风、地震等，不仅会对建筑物造成严重破坏，而且还会给人们的生命安全带来隐患。受地理环境和人类活动等因素的影响，某些特殊地段也可能成为灾害区，如滑坡、崩塌等，给人民生命健康带来巨大的损失。因此，在进行建筑物抗震设计时，应综合考虑其所处的地理位置、自然灾害的发生频率和气候条件等多种因素，在设计阶段注重对建筑物的抗震性能的改善。最后，建筑物自身的稳定问题也应得到足够的重视。设计者有责任深入了解当地地质环境，确定建筑所在的地理位置，并针对不同建筑类型的具体要求，采取适当的加固措施。

### （二）建筑物体型的确定原则

首先，根据所处区域的地震条件确定建筑外形。地震发生后，往往造成巨大的人员伤亡和财产损失，在建筑设计中，必须充分考虑到地震的破坏程度及当地的环境条件。例如，在地震频发地区，宜选用具有良好抗震性能的规则体系<sup>[2]</sup>。其次，由于不同类型的建筑物对体型的要求不同，因此需要根据建筑物本身的特点选择适当的形式。例如，普通的民用建筑主要考虑的是使用功能、舒适度和安全等方面，而工业建筑则注重经济上的合理性。比如，在住宅、办公楼等建筑设计中，应该更加注重实用性和美学价值；对医院、学校而言，更需要宽敞的休憩空间及储藏空间。其次，要根据建筑的具体形式来确定其形体，它是指建筑在三维空间中的具体布局及其表现形式。例如，对于一些有一定高度和不规则平面的房子，可以采用倾斜或者折线的形式。在保证建筑外观美观的前提下，自由曲线造型的建筑形式必须满足抗震规范。同时，对影响建筑物使用功能的各种因素也要进行全面的比较。最后，在建筑体型设计中，应综合考虑工程造价、土地利用造价等方面的因素。在进行造价控制时，应根据经济承受能力，确定建筑面积的大致范围。

### （三）选择合理的抗震结构体系

第一，框架结构，它具有强度高、刚度好、施工方便等优点，是一种常用的抗震结构体系。在我国大多数城市，高层建筑均采用框架结构形式。框架结构主要由柱、梁、板三部分组成，它们之间由连接点组成统一的整体。框架柱采用钢筋混凝土浇注，采用型钢或钢绞索进行连接。该建筑结构尤其适用于大型商业和公共设施。框支式结构是一种常用的结构形式。第二，剪力墙结构。它因其受力明确、施工方便而被广泛采用。该装置具有优良的横向刚性，水平位移较小，整体稳定性

好。由于剪力墙与梁间柱间的剪力键连接,使其具有较高的承载能力。剪力墙一般设置在结构两侧或中心位置,其作用是提高结构体系的横向刚度、抗扭刚度,从而提高结构的抗震能力。同时,可减小地震作用下的内力和变形。这个建筑结构很合适。第三,框剪组合结构是将两者结合起来,形成一个完整的、互补的体系。该结构的延性好,抗侧构件的承载力高,耗能能力强。在保证结构强度、刚度的同时,也充分利用了混凝土墙体的抗震性能<sup>[3]</sup>。第四,钢筋混凝土核心筒结构。这是一种近些年新兴的空心矩形或者邻板式的结构形式,其稳定性强,在高层、超高层、商业综合体等建筑的抗震结构中有着良好的应用效果。

### 三、建筑抗震性能的关键影响因素

#### (一) 结构布局与刚度分布

采用合理的结构布置,可避免因地震作用引起结构局部破坏而引起的质量与刚度集中问题,合理的空间布局有利于提高结构整体的稳定与抗震性能。例如,长墙或窄墙结构易形成剪力墙,这种不均匀的刚度分布可能造成不同部位结构响应不一致,造成结构整体变形不协调、应力集中,加剧结构破坏风险。地震波的频散特性会使结构在一定程度上发生频率的改变,从而使结构的自振频率发生变化。一般情况下,柔性越大,共振周期越长,地震能量消耗越少,越易引起结构损伤。当结构阻尼较大时,参与反应的振型也较多。因此,合理分配各区域刚度,可有效减小结构柔度,降低自振周期,提高结构抗震性能。

#### (二) 结构柱、梁和墙的设计及配筋

结构柱、梁和墙肢的设计及配筋对结构抗震性能有重要影响。首先,在进行结构柱、梁、墙设计时,要根据实际受力变形情况,选择适当的尺寸及材料,使其既能满足规范要求,又能提高其抗震性能。在进行结构设计时,还应考虑各种荷载作用下结构内力的分布和位移的变化情况。其次,通过合理配筋,既可提高延性,又可减小刚度。

在进行结构柱设计时,应充分考虑其受力性能及变形性能。在设计过程中,要注意合理的截面形状及尺寸,还要考虑配筋方式、配筋尺寸、间距等,以保证柱的抗震性能。在计算中,应从混凝土强度等级、钢材屈服极限、构件承载能力等多个方面来考虑。在结构梁设计中,既要考虑梁的受力特点,又要考虑跨径的影响,合理设计配筋,以提高结构的延性与刚度,改善结构的抗震性能。在结构墙设计中,既要考虑其受力特点,又要注意配筋形式及厚度,以提高结构抗震性能。在设计中,应充分考虑配筋率、配筋高度、宽度及节点位置等因素的影响,适当增加柱的端部构造措施,以充分发挥其承载力。适当配筋可以提高墙体的延性与韧性,减少地震对墙体的破坏。

#### (三) 地质条件与地基设计

在地震波传播过程中,地基受水平及竖向荷载共同作用,其稳定与变形特性将直接影响到结构的抗震性能。

(1) 建筑物的抗震性能受场地条件影响较大。对于软土地基,由于其自身物理力学特性较差,在地震作用下易产生较大的变形,导致地基失稳,对建筑物结构产生不利影响。例如,当土层较脆或液化时,建筑物的抗震性能将大幅降低,易发生倾斜、沉降及破坏。若采用软黏土地基,地震时易发生房屋倒塌事故。因此,在选址、设计等各个阶段,均需对场地进行详细的勘察与评估,以确定最佳的地基型式,以提高建筑物的抗震性能。

(2) 在进行基础设计时,应根据具体地质情况及建筑结构的承载要求,选择合适的基础形式(浅基础、深基础或复合基础),并对基础的尺寸、深度及强度进行合理分配,以满足建筑抗震要求。对特殊条件下所采用的地基处理工艺也要进行细致的研究和论证,以保证施工质量达到规范和规范的要求。为了提高地基的抗震性能,必须采取相应的防护措施。

### 四、建筑结构抗震设计措施

#### (一) 场地、地基和建筑基础

##### 1. 场地选择

选择合适的场地可以有效地降低不良环境带来的隐患。例如,当地震发生时,有的区域可能引发滑坡、泥石流等多种地质灾害,严重影响建筑抗震性能,这些区域将被列为危险区。在山地或丘陵地区,由于地形比较复杂,需要考虑很多不利因素,例如坡度大、土质差等。在选址时,一定要事先避开可能产生不利影响或隐患的地段。

##### 2. 地基勘察

在进行场地岩土工程分析之前,工作人员应先了解场地的工程地质条件。首先,调查人员需要知道有没有不利的地质条件,比如软黏土和膨胀土,不良地质将严重影响工程质量与稳定性。工作人员可开展工程地质调查,查明软弱层的分布状况、性质,对可能出现的地质灾害和危害进行分析,为工程设计提供必要的依据。其次,研究勘察场地表土厚度。一般情况下,设计时应根据土层分布情况来确定覆盖层厚度。场地土壤对场地土体的影响很大,场地土层为坚实的基岩层,土层厚度越大,地震对建筑结构的损伤越大。

##### 3. 建筑基础选型

建筑施工中天然地基往往不能满足设计要求。为提高场地承载力,减小地震对场地的损害,在选址时必须考虑地基基础的选择。在高层建筑物中,通常采用各种基础结构,如桩基、条形基础和筏板基础。由于桩基础与基础的间距较大,在地震作用下,常发生桩身位移过大或桩身破坏。以桩基础为研究对象,将桩体打入天然土层中,既能起到夯实作用,又能形成坚实的持力层,

如基岩。因此，桩基础比天然地基夯实具有更稳定、更可靠的抗震性能。

## （二）隔震设计

地震活动由地下震源位置引起，由于上、下基础之间的差异沉降变形，会使下层结构产生振动或位移，从而影响到整个工程的安全稳定。传统的结构抗震设计方法主要集中在如何提高结构耗能以及提高结构的抗震性能上。隔震设计的核心思想是将隔震装置加到建筑物的地基上。这类器件一般为柔性连接，具有较大的塑性变形能力。当地震波作用在建筑物地基上时，隔震装置能吸收较大的能量，使之不向上部刚性结构传递。隔震技术是一种有效降低上部荷载对下部结构影响的有效措施，是一种安全有效的方法。作用一种典型的隔震装置，隔震橡胶支座在建筑遭受地震侵害时，能够将建筑物自震周期延长，将地震加速度消减50%-60%，达到有效的提高抗震性能的效果。

## （三）消震设计

消震设计主要是利用减震、消震等措施中和地震过程中对建筑物产生的能量，将地震所产生的负面影响尽可能地降低，其中阻尼器是十分常见的一种消震措施。建筑物在遭受地震侵害时，阻尼器可以促进建筑物朝着和地震震荡作用相反方向摆动，从而达到中和能量的目的。因此，选择适当的结构形式及参数，可以获得较好的减震效果。目前，抗震设计有多种技术途径，首先工作人员要把建筑结构看作一个整体，把整栋建筑看成几个相互独立的单元。比如上海大厦就采用了这种设计理念，它在大楼上部和上部采用了大体量的体量。为保证结构的安全性，可采用增大水平刚度的方法减小层间剪力。另外工作人员还可以将交叉对角线设计加入建筑物的支柱。

## （四）设计多道抗震防线

第一，建筑结构体系构造。建立多自由度体系模型，通过设置多个隔震支座、减震墙等措施，提高结构整体抗倒塌能力。如采用剪力墙、转换层等作为主要耗能构件，形成多层、多跨的连续梁式梁结构，可减小层间位移角，提高承载力。第二，保证建筑物在结构上保持简洁。针对非规则空间体，采用“点—轴”体系设计方法，将节点构造形式转变为具有一定抗震能力的实体单元或构件。在地震作用下，结构的传力路径必须明确、直接，这就要求结构的内力、计算模型、薄弱部位的确定和位移分析都比较容易掌握，为评估结构的抗震性能提供了可靠的依据。第三，提高结构刚度。对于多跨梁式楼盖而言，由于跨径较大，其横向受力更为明显，因此对其进行合理的设计是非常必要的。考虑到地震动具有双向作用，既要保证结构的抗震性能，又要保证平面主轴方向有足够的刚度和抗震能力。第四，保证结构的平衡与有序。建筑结构设计时，要保证结构与外形沿建筑物竖向均匀分布，避免传力路径、承载力及刚

度突变。均匀布局可使由分布质量产生的地震惯性力以更直接的方式传递，并协调结构的质量与刚度分布，限制了刚度与质量间的偏心率。

## （五）做好计算工作

第一，设计人员可以采用弹性法对建筑荷载、非荷载作用进行考虑分析，将计算结果准确性提高。第二，在非荷载计算过程中设计时要对其产生的内力影响进行分析，并对混凝土结构徐变问题进行分析。第三，抗震设计中应当尽量选择简化计算的方法，借助BIM等技术分析建筑物三维空间结构，对建筑物扭转效应进行分析，通过力学模型详细计算验证。第四，根据仿真模型细致地分析重力荷载对建筑结构刚度所产生的影响，并深入分析研究重力荷载产生的机理。第五，全面校核分析建筑结构整体稳定性和抗倾覆能力，深入分析各类数据信息，精确地进行结果计算，保证结构抗震性能可以满足实际需求，提前做好隐患问题的预防，为后续建筑施工作业顺利开展创造有利条件。

## （六）明确抗震设计的要求

在一般的使用规范中，工程结构与非结构构件必须保持良好状态，或最大限度地减少损伤。大震或多遇大震时，工程结构和非工程构件通常应同时进行设防。现行规范规定，只要符合工程结构要求，非结构性施工部位均可进行相应修缮。生命安全标准是针对人在生活、工作过程中所面临的最高风险，它既要考虑建筑本身的质量问题，又要满足人的生活需要和财产安全。基于生命安全原则，建筑物必须保持其稳定性，并保证其竖向承载力。在非结构部件损坏的情况下，应保证用户的生命安全。对于普通房屋来说，由于外部因素的作用，会产生变形和裂缝。根据防倒塌准则，当地震发生时，建筑物的主要结构不会倒塌，而可能受到破坏。根据抗冲性、抗冲性等标准，建筑不仅要有较好的抗冲击性能，而且要有良好的外部环境适应性<sup>[5]</sup>。

## 结语

目前，我国的隔震设计还存在许多不足之处，有待于进一步的改进。展望未来，各相关企业应不断研发新的隔震减震技术，全面优化已有技术手段，使其既能降低成本又能提高效率，同时又不影响抗震性能。

## 参考文献

- [1] 闫争科. 建筑工程结构设计中抗震问题分析[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(09): 19-20.
- [2] 李彩霞. 建筑结构设计抗震措施分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(09): 197-198.
- [3] 罗付强. 浅析建筑设计在建筑抗震设计中的重要性[J]. 江西建材, 2021, (04): 65+69.
- [4] 祁福军. 房屋建筑结构体系选型及抗震设计分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2021, (04): 184-185.
- [5] 路方. 高层建筑结构抗震设计分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(06): 206-207.