

高层混凝土建筑结构抗震设计探讨

钱坤 高扬

中国五洲工程设计集团有限公司 北京 100053

摘要：随着城市化浪潮的迅猛推进，高层建筑如雨后春笋般在城市的天际线上挺立。在这一背景下，高层混凝土建筑结构的抗震设计显得至关重要。本文深入挖掘了高层混凝土建筑抗震设计的根本原则，审视了其中存在的主要问题，并提出了一系列针对性的优化策略。通过全面深入的分析与探讨，旨在为高层混凝土建筑抗震设计贡献有价值的参考与启示。

关键词：高层建筑；混凝土结构；抗震设计；优化策略

引言

在现代都市的繁华天际线中，高层建筑如雨后春笋般拔地而起，它们不仅是城市发展的象征，更承载着人们对安全与稳定的期盼。混凝土，这一塑造城市风貌的关键材料，其抗震设计的优劣直接关系到建筑的稳固与安全。本文将深入剖析高层混凝土建筑结构的抗震设计，致力于提升高层建筑的抗震性能，以坚不可摧之姿守护人们的生命与财产。

1 高层混凝土建筑结构抗震设计原则

高层混凝土建筑结构的抗震设计是确保建筑安全性的关键环节，需要遵循一系列重要的设计原则。这些原则包括协同原则、多防线原则、刚性原则、平衡原则和整体原则，下面将逐一详细阐述。（1）协同原则强调的是建筑结构中各个部分的相互配合与协作。在抗震设计中，这意味着各个构件和结构系统需要协同工作，以共同抵抗地震力的作用；例如，梁柱节点、剪力墙与楼板等结构元素需要紧密配合，确保在地震发生时能够共同分担和传递地震力，避免单点失效导致的整体结构破坏。（2）多防线原则是指通过设置多重抗震防线，提高建筑结构的冗余度和安全性。这一原则要求在设计中考虑多种可能的失效模式和地震波的传播路径，通过设置多道防线来确保建筑在地震中的稳定性；比如，在关键部位增加冗余支撑、设置多道剪力墙等措施，都可以提升建筑抵御地震破坏的能力。（3）刚性原则强调的是建筑结构的整体刚度。在抗震设计中，提高结构的刚度有助于减少地震作用下的变形和位移，从而降低结构破坏的风险；为了实现刚性原则，设计师通常会采用增大构件截面尺寸、优化节点设计等方法，以增强结构的整体刚度。（4）平衡原则是指在抗震设计中要追求结构在各个方向上的抗震能力平衡。这要求设计师充分考虑地震波可能来自不同方向的影响，确保建筑结构在各个方向

上都具有足够的抗震能力；通过合理的结构布局和构件设计，可以实现结构在多维地震作用下的平衡性。（5）整体原则强调的是建筑结构作为一个整体的抗震性能。在设计中，需要综合考虑建筑的整体布局、结构形式、材料选用等因素，以确保整个建筑在地震中能够保持稳定；整体原则的实现需要设计师具备全局观念，从整体上把握建筑结构的抗震性能^[1]。

2 高层混凝土建筑结构抗震设计存在的主要问题

2.1 结构刚度不足

高层混凝土建筑结构中的结构刚度不足是一个重要的抗震设计问题。（1）当高层建筑的结构刚度不足时，其在地震作用下的变形能力会受限。地震波传播过程中，建筑会受到水平和垂直方向的震动；如果结构刚度不够，建筑就无法有效抵抗这些震动产生的应力，导致楼层之间或者构件之间产生过大的相对位移。（2）结构刚度不足还会影响建筑的稳定性。在强震作用下，刚度不足的结构容易发生摇摆，甚至可能出现整体的倾覆，这种情况对于居住在高层建筑中的人们来说是极其危险的。（3）刚度不足也可能导致结构中的某些关键构件在地震中受到过度应力而破坏。例如，梁柱节点、剪力墙等关键部位如果刚度不足，就可能发生断裂或严重变形，进而影响整个建筑的安全性。

2.2 抗震构造措施不完善

抗震构造措施不完善是高层混凝土建筑结构抗震设计中一个亟待解决的问题，具体来说，当抗震构造措施不到位或缺失时，会对建筑的抗震能力产生严重影响。（1）抗震构造措施的缺失可能导致建筑的关键部位，如梁柱节点、剪力墙等，在地震中缺乏必要的加固和支撑，从而容易发生破坏。例如，如果梁柱节点的抗震构造措施不足，就可能发生在地震中产生裂缝或断裂，进而影响整个建筑的稳定性。（2）抗震构造措施的不完善还会

影响建筑的整体抗震性能。建筑中的各个部分是相互关联的,如果某些部位的抗震构造措施不到位,就可能对整个建筑的抗震能力造成不良影响。比如,如果建筑中的某些承重墙或支撑结构没有得到有效的抗震加固,就可能在地震中导致严重的结构破坏。

2.3 地基基础处理不当

地基基础处理不当是高层混凝土建筑结构抗震设计中一个严重的问题,地基作为建筑物的根本,承载着整个建筑的重量,并将其传递到更深的土层中,当地基基础处理不当时,会引发一系列问题,严重影响建筑的抗震性能。(1)地基处理不当可能导致地基承载力不足。如果地基土壤未经充分夯实或加固处理,土壤承载力不足,建筑在地震时容易产生不均匀沉降,这种沉降不仅会导致建筑结构的扭曲变形,还可能使建筑的承重构件承受额外的应力,进而影响建筑的稳定性和安全性。

(2)地基基础处理不当还可能引发地基滑移问题。在地震波的作用下,地基土壤可能产生液化现象,导致地基失稳;如果地基基础没有采取有效的防滑移措施,建筑可能会在地震中发生水平位移,严重威胁建筑的安全^[2]。

2.4 缺乏有效的耗能减震措施

缺乏有效的耗能减震措施是高层混凝土建筑结构抗震设计中一个显著的问题,耗能减震技术作为一种先进的抗震设计手段,其重要性不容忽视;但在实际设计中,一些高层建筑却未能充分利用这一技术,导致在地震发生时建筑容易受到更大的破坏。(1)没有有效的耗能减震措施,当地震波冲击建筑时,建筑结构将直接承受地震的全部能量,而无法通过耗能装置来分散或吸收这部分能量。这会导致建筑结构的应力集中,增加结构破坏的风险,特别是在强震作用下,缺乏耗能减震措施的建筑更容易出现严重的结构损伤。(2)没有有效的耗能减震措施还会影响建筑的耐久性。地震不仅会对建筑结构造成即时的破坏,还会在结构中积累残余应力,加速材料的疲劳和老化;而耗能减震措施能够有效地减少这种残余应力的产生,延长建筑的使用寿命。

3 高层混凝土建筑结构抗震设计的优化策略

3.1 增强结构刚度

(1)合理布置剪力墙是一种非常有效的方法。剪力墙由钢筋混凝土构成,具有较高的抗侧刚度和承载能力,能够有效地抵抗地震引起的水平力。通过合理布置剪力墙,可以显著提高建筑的整体刚度,减小地震时的层间位移,保护主体结构不受损伤。(2)增加梁柱截面尺寸也是提升结构刚度的重要手段。梁柱是建筑结构中的主要承重构件,其截面尺寸的大小直接影响到结构的

承载能力和刚度;通过增大梁柱截面尺寸,可以提高其抗弯刚度和抗压能力,从而更好地抵御地震力的作用。

(3)设计师还可以采用其他构造措施来增强结构刚度。例如,通过设置圈梁、构造柱等构造措施,可以提高建筑的整体性和刚度;通过加强楼板与墙体的连接,可以确保水平地震力能够有效传递,避免应力集中和破坏。

(4)在增强结构刚度的同时,也要考虑建筑的经济性和施工可行性。过高的刚度要求可能会导致建筑成本的增加和施工难度的提升,于是,设计师需要在满足抗震性能要求的前提下,寻求刚度与经济性、施工性之间的平衡^[3]。

3.2 完善抗震构造措施

(1)设置抗震缝是一项重要的抗震构造措施。抗震缝的作用在于将大型建筑划分为若干较小的独立抗震单元,以减少地震时因建筑体量过大而产生的巨大内力;通过合理设置抗震缝,可以确保每个抗震单元都具有相对独立的抗震能力,从而降低整体结构在地震中的破坏风险;抗震缝还可以防止因地震引起的结构裂缝扩展到整个建筑,保护建筑的完整性。(2)加强节点连接也是提高建筑抗震性能的关键环节。节点是建筑结构中各个构件的连接点,其强度和稳定性对于整个结构的抗震能力至关重要;通过加强节点连接的设计和施工,可以确保节点在地震中能够承受更大的应力和变形,从而防止结构在地震中发生整体或局部破坏;可以采用增加节点连接板厚度、使用高强度螺栓等方式来加强节点连接。

(3)完善抗震构造措施还包括对关键部位进行特别加固。例如,对于建筑中容易受到地震破坏的构件或部位,如墙角、楼梯间等,可以采取增加配筋、使用纤维增强材料等方式进行加固,以提高其抗震能力。

3.3 优化地基基础设计

(1)优化地基基础设计需要依据详尽的地质勘察资料。这些资料能够提供关于地质构造、土壤特性、地下水位等关键信息,有助于工程师准确评估地基的承载能力和稳定性。基于这些信息,工程师可以选择最适合的地基类型,如天然地基、桩基或复合地基,以确保建筑在各种地质条件下的安全。(2)合理的地基处理方法对于提高地基的抗震性能至关重要。例如,在软土地基上,可以采用预压法、振冲碎石桩法等方法来提高地基的承载力;对于岩石地基,则可能需要采取爆破或切削等方式进行处理。这些方法的选择应根据具体地质条件和建筑要求进行,以确保地基在地震时具有足够的稳定性和承载力。(3)地基与上部结构的相互作用也是优化地基基础设计时需要考虑的重要因素。当地震波传播到地基时,地基与上部结构会形成一个复杂的动力相互作用

用系统。因而，在地基基础设计中，需要充分考虑这种相互作用，以确保建筑在地震中的整体稳定性。（4）优化地基基础设计还需要注重施工质量和监控。地基基础施工质量的优劣直接影响到建筑的抗震性能；于是，在施工过程中，应严格按照设计要求进行施工，并加强质量监控，确保地基基础的施工质量符合抗震设计要求。

3.4 应用耗能减震技术

（1）耗能减震技术的核心思想是将地震输入的能量通过特定的耗能装置进行转换和消耗，以保护主体结构不受损伤。这些耗能装置，如阻尼器和耗能支撑，在建筑受到地震冲击时，能够通过自身的变形或摩擦来吸收地震能量，并将其转化为热能等形式耗散掉。这种能量转换和消耗的过程，大大降低了地震对建筑结构的影响。（2）在实际应用中，阻尼器是一种广泛使用的耗能减震装置。根据其工作原理，阻尼器可以分为多种类型，如粘滞阻尼器、摩擦阻尼器和金属阻尼器等；这些阻尼器在地震时能够提供额外的阻尼力，从而减小建筑结构的振动幅度和加速度，保护结构免受破坏。（3）耗能支撑也是一种重要的耗能减震装置。耗能支撑通常安装在建筑结构的关键部位，如梁柱节点等；在地震时，耗能支撑能够通过自身的塑性变形来吸收地震能量，从而保护主体结构不受损伤；与阻尼器相比，耗能支撑具有结构简单、安装方便等优点。（4）在应用耗能减震技术时，需要综合考虑多种因素，如建筑结构的特点、地震烈度、场地条件等。通过合理的设计和选型，可以确保耗能减震装置在地震中发挥最大的效能。同时，还应注意耗能减震装置与主体结构的协同工作，以确保整个建筑系统的稳定性和安全性^[4]。

3.5 加强抗震设计审查和验收

（1）抗震设计审查是保障高层建筑抗震安全的第一道防线。审查过程中，需要对建筑结构的抗震设计进行全面细致的评估，确保其符合相关的抗震设计规范和标准；这包括对建筑结构的抗震设防烈度、抗震构造措施、地基基础设计等方面的严格审查。只有通过严格的

审查，才能确保抗震设计的合理性和有效性，从而提高建筑的抗震安全性能。（2）验收工作是确保抗震设计措施得以有效实施的最后一道关卡。在验收过程中，需要对建筑结构的抗震构造措施、耗能减震装置等抗震设施进行详细的检查和测试；这些设施的性能和质量直接关系到建筑的抗震能力。通过严格的验收，可以及时发现和纠正抗震设施存在的问题和不足，确保其能够在地震中发挥应有的作用。（3）为了加强抗震设计审查和验收工作，需要建立完善的审查和验收机制。这包括制定明确的审查和验收标准、组建专业的审查和验收团队、采用先进的测试和检测技术等措施。还需要加强对抗震设计审查和验收工作的监督和管理，确保其公正、客观、科学地进行。（4）加强抗震设计审查和验收工作还需要注重相关人员的培训和教育。通过提高审查和验收人员的专业水平，可以更加准确地评估建筑结构的抗震性能，及时发现和纠正存在的问题；也可以促进抗震设计技术的不断创新和发展，提高高层建筑的抗震安全性能。

结语

高层混凝土建筑结构的抗震设计，如同巧夺天工的匠心独运，既需深思熟虑的细致规划，也离不开科技创新的坚实支撑。通过恪守抗震设计的金科玉律，攻克重重难关，并实施一系列精妙的优化措施，我们能够大幅提升高层建筑的稳固性与安全系数。展望未来，高层建筑的设计必将更加注重抗震性能，守护人们的生命与财产安全，共筑美好家园。

参考文献

- [1]刘泽民.考虑抗震组合的反应位移法计算模型研究[J].国防交通工程与技术,2020,18(2):14-16.
- [2]葛月珍.应用Pushover分析方法对FRP筋混凝土结构抗震性能设计的分析[J].住宅与房地产,2020(3):87.
- [3]王守玉.某超限超高层建筑结构抗震设计若干问题研究[J].江苏建筑,2020(S2):12-15.
- [4]黄传道.抗震设计在房屋建筑设计中的应用探究[J].科技创新导报,2021,16(31):155-156.