

# 结构设计中抗震性能的分析与提升

万武

恒天（江西）纺织设计院有限公司 江西南昌 330000

**【摘要】**本文聚焦于结构设计中的抗震性能，详细阐述了抗震性能的重要性以及相关分析方法与提升策略。通过对地震作用原理、结构抗震设计理论的探讨，结合实际案例与模拟分析，深入研究了结构形式、材料选择、构造措施等对抗震性能的影响。旨在为提高结构的抗震安全性提供理论支持与实践指导，促进结构设计中抗震性能的优化与提升。

**【关键词】**结构设计；抗震性能；分析方法；提升策略

Analysis and improvement of seismic performance in structural design

Wan Wu

Hengtian (Jiangxi) Textile Design Institute Co., LTD Nanchang, Jiangxi 330000

**【Abstract】** This paper focuses on the seismic performance in structural design, and expounds the importance of seismic performance and the relevant analysis methods and improvement strategies. Through the discussion of the seismic action principle and the structural seismic design theory, combined with the actual case and simulation analysis, the influence of the structural form, material selection and structural measures on the seismic performance has been studied deeply. It aims to provide theoretical support and practical guidance for improving the seismic safety of the structure, and promote the optimization and improvement of the seismic performance in the structural design.

**【Key words】** structural design; seismic performance; analysis method and improvement strategy

## 引言

地震是一种具有强大破坏力的自然灾害，给人类的生命和财产安全带来了巨大威胁。在建筑结构的设计中，抗震性能的优劣直接关系到建筑物在地震作用下的安全性和稳定性。随着社会的发展和科技的进步，人们对建筑物的抗震性能要求越来越高。因此，深入研究结构设计中抗震性能的分析与提升方法，具有重要的理论意义和实际应用价值。

## 一、地震作用原理与结构抗震设计理论

### （一）地震作用原理

地震是由于地壳运动、板块碰撞等原因引起的地球表面的振动。地震波分为体波和面波，体波包括纵波（P波）和横波（S波），面波包括瑞利波（R波）和洛夫波（L波）。纵波传播速度快，使建筑物产生上下振动；横波传播速度较慢，使建筑物产生水平振动；面波是体波在地表反射、折射形成的，其振幅大、周期长，对建筑物的破坏作用最大（见图1）。

### （二）结构抗震设计理论

结构抗震设计理论经历了从静力法、反应谱法到动力时程分析法的发展过程。静力法将地震作用简化为一个固定的水平力，作用于结构的重心处，这种方法简单但精度较低。反应谱法是根据大量地震记录统计得到的单质点体系地震反应与体系自振周期的关系曲线，通过将结构分解为多个单质点体系，计算结构在地震作用下的反应。动力时程分析法是直接输入地震波，通过数值模拟计算结构在地震作用下的动力响应，能够较为准确地反映结构的抗震性能，但计算量

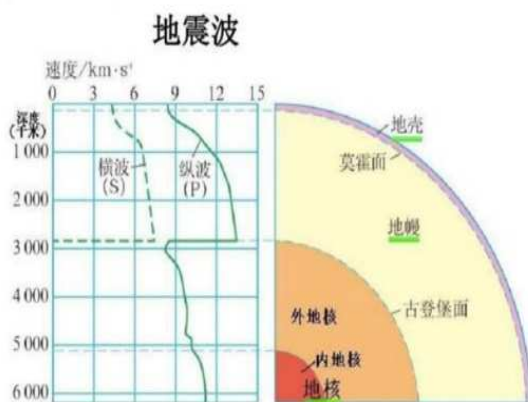


图1 地震波传播示意图

较大。

## 二、结构形式对抗震性能的影响

### (一) 框架结构

框架结构由梁和柱通过节点连接而成,具有空间布置灵活、施工方便等优点。在地震作用下,框架结构的梁柱节点容易产生塑性铰,通过塑性铰的变形来耗散地震能量。然而,框架结构的侧向刚度较小,在强震作用下容易产生较大的侧向位移,导致结构的破坏。

### (二) 剪力墙结构

剪力墙结构是由钢筋混凝土墙体组成的抗侧力结构体系,具有较大的侧向刚度和承载能力。在地震作用下,剪力墙能够有效地抵抗水平地震作用,减少结构的侧向位移。但是,剪力墙结构的空间布置不够灵活,自重较大,施工难度较大。

### (三) 框架剪力墙结构

框架剪力墙结构是由框架和剪力墙共同组成的结构体系,结合了框架结构和剪力墙结构的优点。在地震作用下,框架和剪力墙协同工作,共同抵抗地震作用。框架主要承担竖向荷载,剪力墙主要承担水平荷载,有效地提高了结构的抗震性能。

## 三、材料选择对抗震性能的影响

### (一) 钢材

钢材在建筑结构中是一种常用且关键的材料,对结构的抗震性能有着显著的影响。从强度方面来看,高强度的钢材能够为结构提供更强的承载能力。在地震作用下,结构需要承受来自不同方向的水平力和竖向力,高强度钢材制成的构件,如钢梁、钢柱等,能够更好地抵抗这些复杂的荷载组合。例如,在高层钢结构建筑中,使用高强度钢材可以减小构件的截面尺寸,在不增加结构自重的前提下,增强结构的整体刚度和承载能力,使其在地震作用下不易发生变形和破坏。钢材的塑性性能对于抗震至关重要。良好的塑性使得钢材在达到屈服强度后,能够产生较大的塑性变形而不立即断裂。这种塑性变形能力能够帮助结构吸收和耗散地震能量,避免结构在地震作用下突然脆性破坏。例如,在框架结构中,梁端形成塑性铰是结构抗震设计的一种常见机制,在地震过程中,梁端的钢材通过塑性变形来消耗能量,保护结构的主体

部分不受严重破坏。

### (二) 混凝土

混凝土是建筑结构中广泛应用的材料,其性能对结构抗震性能有着重要影响。

在强度方面,高强度混凝土可以提高结构的承载能力和抗侧力能力。在地震作用下,结构的柱、剪力墙等主要竖向和抗侧力构件需要承受较大的荷载,高强度混凝土可以使这些构件在相同截面尺寸下具有更高的抗压强度和抗剪强度,增强结构抵抗地震水平力的能力,减少构件在地震作用下的破坏程度。例如在高层建筑的底部加强区,采用高强度混凝土能够提高剪力墙和柱的承载能力,更好地抵抗地震作用。混凝土的变形能力对抗震性能也具有重要意义。良好的变形能力使得混凝土在地震作用下能够产生一定的塑性变形,吸收和耗散地震能量。通过合理的配合比设计和添加纤维等外加剂,可以提高混凝土的变形能力,使其在达到极限强度后仍能保持一定的承载能力,避免结构发生脆性破坏。例如,在抗震设计中采用高性能纤维增强混凝土,能够显著提高混凝土的延性和耗能能力,改善结构的抗震性能。

### (三) 组合材料

组合材料在现代建筑结构中应用日益广泛,对结构抗震性能的提升发挥着重要作用。钢混凝土组合结构是常见的组合形式之一。在这种结构中,钢材与混凝土协同工作,充分发挥各自的优势。例如,型钢混凝土结构中,型钢被包裹在混凝土内,混凝土可以有效防止型钢的局部屈曲,提高型钢的稳定性和承载能力;同时,型钢的存在可以显著增强混凝土的抗拉性能和变形能力,使结构在地震作用下具有更好的延性和耗能能力。在地震作用下,型钢混凝土柱能够承受较大的水平力和竖向力,通过钢材和混凝土的共同变形来消耗地震能量,减少结构的破坏。钢管混凝土结构也是一种性能优异的组合结构。将混凝土填充到钢管内形成的钢管混凝土柱,钢管对核心混凝土起到约束作用,大大提高了混凝土的抗压强度和延性;核心混凝土又可以防止钢管发生局部屈曲,提高钢管的稳定性和承载能力。在地震作用下,钢管混凝土柱表现出良好的抗震性能,具有较高的承载能力、变形能力和耗能能力。例如,在大跨度桥梁的桥墩和高层建筑的框架柱中采用钢管混凝土结构,能够有效地提高结构的抗震性能,保证结构在地震作用下的安全性。

## 四、构造措施对抗震性能的提升

### (一) 加强节点连接

节点在结构体系中起着至关重要的作用,是力传递和分配的关键部位。加强节点连接对于提升结构的抗震性能意义重大。

在钢结构中,焊接节点、螺栓连接节点等是常见的连接形式。对于焊接节点,焊接质量的优劣直接影响节点的强度和延性。在焊接过程中,要确保焊缝的尺寸、形状和质量符合设计要求,避免出现焊接缺陷如气孔、夹渣、裂纹等。同时,合理的焊接顺序和工艺可以减少焊接残余应力和变形,提高节点的承载能力和抗震性能。例如,采用对称焊接、分段退焊等方法,可以有效降低焊接过程中的残余应力。

螺栓连接节点的性能取决于螺栓的强度、数量、布置以及连接板的厚度和强度等因素。高强度螺栓连接具有施工方便、可拆卸、连接可靠等优点。在设计螺栓连接节点时,应根据受力情况合理确定螺栓的数量、直径和布置方式,确保节点在地震作用下能够可靠地传递内力。此外,还需要考虑螺栓的预紧力,适当的预紧力可以增加节点的刚度和摩擦力,提高节点的抗震性能。

在钢筋混凝土结构中,梁柱节点是结构的关键部位。在节点区,由于梁柱钢筋交汇,施工空间有限,混凝土浇筑质量往往难以保证。为了加强节点连接,需要合理配置节点区的钢筋。增加节点区箍筋的数量和直径,可以提高节点的抗剪强度和延性。同时,保证节点区混凝土的强度和密实性也是至关重要的。在施工过程中,应采取有效的措施,如控制混凝土的坍落度、加强振捣等,确保节点区混凝土的质量。

### (二) 设置抗震防线

设置多道抗震防线是提高结构抗震性能的重要措施。在地震作用下,第一道抗震防线首先承受地震作用并消耗部分能量,随后其他抗震防线依次发挥作用,共同抵抗地震。

第一道抗震防线应选择具有较好延性和耗能能力的结构构件或部件。例如,在框架剪力墙结构中,剪力墙可以作为第一道抗震防线。剪力墙具有较大的抗侧刚度和承载能

力,在地震作用初期能够有效地抵抗水平地震作用,吸收和消耗大量的地震能量。当剪力墙出现一定程度的损伤后,框架结构作为第二道抗震防线开始发挥作用,继续抵抗地震作用,保证结构不发生倒塌。

在框架结构中,可以通过合理设计梁、柱的强度比,使梁先于柱出现塑性铰,形成梁铰机制。梁铰机制可以使结构具有较好的延性和耗能能力,避免出现柱铰机制导致结构的突然倒塌。

### (三) 设置隔震和消能减震装置

设置隔震和消能减震装置是一种有效的提高结构抗震性能的方法。隔震装置通过在结构基础与上部结构之间设置柔性隔震层,延长结构的自振周期,避开地震的卓越周期,减少地震能量向上部结构的输入。常见的隔震装置有橡胶隔震支座、摩擦摆隔震支座等。橡胶隔震支座具有水平刚度小、竖向刚度大的特点,能够在水平方向提供较大的变形能力,有效地隔离地震波的传播。摩擦摆隔震支座则利用滑块在弧形滑道上的摩擦和摆动来消耗地震能量,同时延长结构的自振周期。消能减震装置通过在结构中设置阻尼器或耗能支撑等装置,在地震作用下通过装置的变形和摩擦来消耗地震能量,减小结构的地震响应。常见的消能减震装置有粘滞阻尼器、金属阻尼器、摩擦阻尼器等。粘滞阻尼器利用液体的粘滞阻力来耗散能量,具有良好的耗能性能和减震效果。金属阻尼器则通过金属材料的屈服变形来消耗能量,如屈曲约束支撑、防屈曲钢板剪力墙等。

## 五、总结

结构设计中的抗震性能分析与提升是保障建筑物在地震作用下安全的关键。通过对地震作用原理与结构抗震设计理论的深入理解,我们明确了抗震设计的基础。结构形式、材料选择和构造措施等因素对抗震性能有着显著的影响。在实际工程中,应根据建筑物的功能、高度、场地条件等因素,合理选择结构形式和材料,采取有效的构造措施,提高结构的抗震性能。

## 参考文献

- [1]王谦源,袁庆盟,林敏,王海龙.空场嗣后充填体稳定性分析与带式充填结构设计[J].矿业研究与开发,2024,44(06):26-33.
- [2]王东旭,齐华伟.超高层装配式建筑结构设计及抗震性能分析[J].住宅产业,2024,(05):51-53.
- [3]耿慧玲.基于地震工程的土木结构设计与抗震性能研究[J].建材发展导向,2024,22(10):46-48.
- [4]袁淑霞,裴龙瑶,齐文娇,吴松,张宇鹏,段育轩.钢板桩围堰结构设计及稳定性分析[J].科学技术与工程,2024,24(08):3155-3163.