

建筑结构设计中的抗震结构设计研究

徐召飞

宜昌华创勘察建筑设计有限责任公司

摘 要：地震对于建筑物有着巨大的破坏力，抗震结构设计已然成为建筑领域的关键课题，抗震结构设计能显著提升建筑安全性，捍卫人民生命财产安全，有力推动行业可持续发展。本文研究了建筑结构设计中的抗震结构设计，在依循“小震不坏、中震可修、大震不倒”的准则基础上，通过延性设计强化结构抗震能力。文章阐述了多种设计方法，可运用先进模型软件予以细致分析、优化体系，还可采用隔减震技术、强化节点连接、科学合理选材，并将性能化理念贯穿设计全过程，同时分析了建筑构件悬挂隔震等关键技术与重要方法，如耐震框架与抗震墙的创新组合等，期望本文的研究能为相关人员提供参考。

关键词：建筑结构设计；抗震结构设计；地震作用；建筑安全

引言

抗震结构设计能增强建筑在地震时的稳定性，减少地震引发的破坏及损失，在保障人民生命财产安全与维护社会稳定方面发挥了重要的作用。一方面，从社会整体来审视，它有助于减少因地震形成的各类次生灾害，让城市功能能够正常维持运转；另一方面，从经济维度剖析，其能防止因建筑坍塌产生的巨额经济损失，进而减轻灾后重建给社会经济带来的沉重负担。所以，对抗震结构设计于建筑结构设计中的相关研究加以开展，是提升建筑安全性、促进建筑领域可持续发展的必要举措。

1 建筑结构设计中的抗震结构设计的基本原理

1.1 抗震设计的基本准则与目标

抗震设计需要遵循“小震不坏、中震可修、大震不倒”的基本准则，该准则明确了建筑在不同地震烈度下的性能需求，在保障人民生命财产安全同时，尽力降低地震对建筑物的损害度，并维持建筑基本使用功能以此减少经济损失。在经受常见的轻微地震时建筑物能维持弹性状态，结构大体完好无损，无需要修复便能正常利用，即做到小震不坏；而当处于中等强度地震影响下，结构有可能进入弹塑性工作状态，不过震后只需要通常性修复，整体结构不会因局部破损受到严重影响，进而能恢复使用功能，这是中震可修；至于罕遇的强烈地震发生时，尽管建筑物可能遭受重创，但仍可保持整体稳定性，避免出现整体垮塌或局部坍塌情况，由此可为人员疏散预留充足时间，防止大规模人员伤亡现象产生，此即大震不倒。抗震设计务必要综合考虑地震特性、场地条件以及结构的抗震性能等多方面因素，凭借恰当设计方法及构造措施让建筑结构受地震作用时有充足承载力、变形能力及耗

能能力。

1.2 延性设计的原理与作用

延性设计作为一种设计方法，凭借对结构构件强度与变形能力予以合理配置，使结构在地震影响下借助非弹性变形来耗散能量，以此提升结构抗震性能。结构遭受地震时，延性设计允许结构在部分部位生成塑性铰等非弹性变形区，前提是这些区域需要具备足够延性，能在大变形状况下持续承载且吸收地震能量，避免脆性破坏，保证结构整体的稳定性和安全性^[1]。延性设计在耗能方面，塑性变形区凭借反复变形和恢复过程，可将地震输入的动能转化为热能和声能等耗散掉，减轻结构地震响应。从内力分布调整分析，结构部分构件进入塑性状态会改变内力分布，内力能够重新调整，未屈服构件会分担更多内力，从而规避局部应力集中引发整体结构破坏的可能。从结构整体稳定性提升分析，延性佳的结构在地震下能维持较好整体性，即便局部构件受损，也不易致使结构整体坍塌，结构抵御地震灾害能力由此增强。

2 建筑结构设计中的抗震结构设计的方法与策略

2.1 建筑结构抗震分析技术

在建筑结构抗震分析领域，建筑工程师需要综合运用多种先进技术，其中，运用 SAP2000、ETABS、ANSYS 等先进计算模型与软件工具来处理复杂结构模型以及地震加载条件，能为抗震分析提供精确动态响应数据。从动力学分析，对于高层建筑等复杂结构，要详细考虑结构的质量、刚度及阻尼特性，所以需要进行时程分析和反应谱分析，以此评估在地震作用下的动态响应。时程分析可用于考虑复杂地震波，进而更精确模拟建筑的非线性动态响应，而反应谱分析利用地震反应谱曲线，简化分析过程，适用于线性结构

的分析。在静力学分析方面,建筑工程师采用等效静力法对建筑结构展开初步设计,给结构的刚度和强度设计提供相应依据。与此同时,借助云计算与大数据技术分析处理海量的地震数据及建筑结构数据,更全面把握地震作用下建筑结构的性能和特点。

2.2 抗震结构技术

在抗震结构技术领域,建筑设计者需要采取多种策略以有效提升建筑的抗震性能。建筑所使用的结构体系应合理优化,要依据建筑的使用功能、高度以及地理位置等元素,在框架结构、剪力墙结构、筒体结构还有框架—剪力墙结构等形式中做出科学选用,以此让结构整体的刚度与稳定性能够增强,使其具备有力抵抗地震各类作用力的能力。隔震与减震技术的应用方面,可在建筑物的基础和上部结构之间设置橡胶支座、黏性隔震材料、粘滞阻尼器等隔震支座或减震装置,如此便能显著提高建筑物的抗震能力,可令地震能量对建筑物的直接影响力大幅降低。例如,部分高层建筑在采用减震技术后,结构振动能够减少大约40%~50%,运用隔震技术的建筑,地震加速度更能降低60%以上^[2]。不仅如此,也需要强化节点和连接的设计,要确保节点拥有足够的强度以及延性,使其可以经受住地震时复杂的应力与变形,所以焊接、螺栓连接等可靠的连接方式和构造措施应被采用。另外,建筑材料的合理选择方面,要运用高强度混凝土、高强度钢材以及复合材料等高性能建筑材料,此类材料有助于结构抗压、抗剪和延展性的提高,进而使建筑具备更强大的抗震韧性。

2.3 建筑构件悬挂隔震技术

建筑构件悬挂隔震技术是有效的抗震手段之一,实施需要历经多道程序。确定隔震部位及构件时,需要依建筑结构特色与抗震需求进行,如可将楼板、非承重墙这类构件予以悬挂,使其与主体结构间安装隔震装置,如此才能达成隔震目的。在隔震装置的选取上,常包括橡胶隔振支座、摩擦滑动隔震支座和粘弹性隔震支座等,这些隔震装置会于地震发生时产生弹性形变,进而吸收地震能量来隔离地震波。另外,安装过程要注重精度与质量,必须严格按设计要求操作,保证隔振装置同悬挂构件、主体结构连接得牢固可靠。与此同时,还应对悬挂隔震系统展开性能测试和评估,对其隔震效果、耐久性这些性能指标仔细查验,促使其在地震中正常发挥作用。

2.4 控制扭转技术

建筑结构在地震作用下易产生扭转效应,所以需要采取对应的策略来加以控制。优化建筑平面布置是

可行之法,规则对称的平面形状可减少扭转效应,因而建筑的平面设计要避免凹凸不规则或形状复杂多变,且结构设计中要把质量分布布置均匀并让抗侧力构件对称布置,以此减小偏心距来降低该效应。除此之外,薄弱部位的抗震设计也不容忽视,如结构中易产生较大扭转效应的薄弱楼层与角部等位置,需要适当增加构件截面尺寸、提高配筋率以及设置抗震墙或交叉支撑等来强化这些部位的抗扭刚度与承载能力。而高层建筑采用筒体结构、框架—核心筒结构等抗震性能更优的结构体系也能有效抵抗地震扭转效应,因为这些结构体系有高抗扭刚度与整体稳定性。同时在分析计算阶段,要运用先进软件与方法精确模拟结构在地震下的扭转响应,考虑扭转耦联效应来全面评估结构抗震性能,并依照评估结果优化设计以符合抗震要求。

2.5 框架节点抗震施工技术

施工前需要依据设计要求和规范精准进行节点钢筋配置与连接设计,需要保证钢筋品种、规格、数量以及锚固长度皆符合国家标准。施工中运用合理焊接工艺及连接方式,以低氢型焊接材料控制焊接电流、电压和速度等参数,以此保证焊接质量与节点连接强度。与此同时加强节点区域的混凝土浇筑和振捣工作,确保混凝土的密实性及强度以避蜂窝、麻面等质量缺陷。在框架节点处科学设置必要抗震构造措施,如设置加密区箍筋、强化钢筋机械锚固等来提高节点抗剪和抗弯能力。施工完毕要对框架节点严格进行质量检测验收,利用无损检测技术检测节点焊接质量和内部缺陷进而确保节点抗震性能达到设计要求。另外需要重视对施工人员的技术培训和管理,以增强他们的抗震施工意识和操作技能来保证此施工技术有效落地^[3]。

3 建筑结构设计提升抗震性能的关键方法

3.1 耐震框架与抗震墙的组合

在建筑结构设计领域,设计人员需要明白耐震框架与抗震墙的合理组合对提升抗震性能的重要性。以设计耐震框架为例,要让具备足够延性,可凭借控制柱轴压比在0.7以内,同时采用多肢配筋且进行强柱弱梁的设计,如此便能保证梁端先形成塑性铰,有效避免柱端有破坏情况出现,增强框架整体性。至于抗震墙,设计人员要优化其间距,如多层建筑的抗震墙最大间距不可超过25m,高层则不超过15m,优化间距可保证结构侧向刚度分布均匀,扭转效应也会相应减少,还需要设置跨度与高度比 ≥ 2 的连梁来增强耗能能力和抗剪性能。另外,设计人员若采用新型混凝土剪力墙框架结构可在剪力墙内配置由型钢和钢筋网片组合而成的“工”字形抗侧力构件,墙体抗变形能

力将显著提高,延性随之增强,结构的抗震性能便能提升,该结构也易于工业化建造及实施抗震加固,

3.2 软弱层与强柱设计优化

在建筑结构设计,软弱层的处理需要准确识别结构中的薄弱楼层,如大底盘多塔楼建筑的转换层便常为抗震薄弱层需要着重加强。弹塑性时程分析作为有效手段可考虑结构在地震作用下的非线性响应以及P- Δ 效应,依据其分析结果能采取系列措施增强软弱层性能。例如在侧向刚度方面将软弱层的侧向刚度比控制在 ≥ 0.5 ,以此保证结构在水平力作用下的稳定性,另外加强框架柱的强度和延性也极为必要。一方面可凭借设置双柱或采用型钢混凝土柱等方式提高柱的承载能力,另一方面需要在设计中严格控制柱轴压比 ≤ 0.6 且确保箍筋配置量满足 $\geq 0.6\%$ 和 $\geq$ 四肢箍等要求,增强柱的抗剪能力和变形能力。强柱设计重点在于运用高延性和高强度的柱结构体系,例如型钢混凝土柱、钢管混凝土柱等,此类结构体系能在地震时有效吸收和耗散能量^[4]。同时优化节点区的构造方面,可以采用牛腿式节点或设置暗柱,可使节点区的承载力高于连接构件的承载力。当地震发生时柱子可维持弹性状态或仅出现能修复的损伤,进而避免建筑因柱的破坏而整体倒塌。凭借优化软弱层和强柱设计,建筑结构的抗震性能将显著提升,这能保障建筑在地震等自然灾害前的安全性和可靠性以及人们的生命财产安全。

3.3 高性能混凝土与钢材的应用

在结构设计过程中,设计师可对核心筒、框架柱、框支柱以及剪力墙等关键部位直接采用C60以上强度等级的高性能混凝土,此操作虽能适当提高轴压比限值,但需要同时提高配筋率以改善构件性能。针对超高层建筑的外框筒柱,设计师可利用超高性能混凝土(UHPC)包覆钢管组合柱的方式,借由该方式充分发挥UHPC超高抗压、抗折强度以及钢管高延性的优势,进而达成构件的高强高延且兼具抗疲劳、抗爆裂等特性,最终实现对结构抗连续倒塌能力的提升。至于钢材部分,采用Q460、Q390等高强度钢材制作梁柱构件,能够有效提高结构自振频率并减小地震作用效应。并且为提高关键构件的变形性能,可运用添加微量元素V、Ti的微合金化技术,借由该技术细化晶粒,改善钢材强韧性,或可采用控轧控冷工艺,凭借利用 $\gamma-\gamma$

转化和贝氏体组织来使钢材在较高强度下依旧保持良好的韧性,以此增强结构在地震中的抗变形能力。

3.4 结构维护与抗震加固

既有建筑的结构维护与抗震加固中,基于性能的抗震设计与抗震加固方法应用广泛,它以结构的细致抗震性能评估为核心,需要综合考虑结构的实际使用状况、材料老化程度及地震危险性分析结果,而后制定出有针对性的加固方案,以此确保加固后的结构在不同设防水平下均能达成预期性能目标。例如中震下主体结构基本无损,大震时结构虽有损伤但不倒塌且易修复。加固技术方面,碳纤维布加固技术能有效运用,在梁柱表面粘贴碳纤维布可提高构件的抗弯、抗剪承载力和延性,该技术施工便捷也基本不增加结构自重,但防火和耐久性问题需要加以注意。型钢外粘加固法需在构件表面粘贴型钢,通过型钢和原构件的协同作用来提高构件的承载力和延性,并在型钢表面涂抹防火材料满足防火要求,粘钢加固、加大截面加固等方法也可供选择^[5]。

4 结语

抗震结构设计方法发展至今已具备较高的水平,它通过多维度策略协同的方式显著提升建筑抗震性能。随着计算技术、新型材料以及BIM与抗震设计不断融合,会促使抗震结构设计迈向全新台阶。智能监测系统和抗震结构的融合日益紧密,该系统能实时监测建筑于地震中的响应情况,同时完成损伤评估,进而为后续的维护加固工作提供坚实科学支撑。未来抗震结构设计发展能有力推动建筑抗震领域不断进步,为人民生命财产安全筑牢防线。

参考文献:

- [1] 陈少杰,方苏婷.建筑结构设计中的抗震结构设计[J].城市建设理论研究(电子版),2023(2):62-64.
- [2] 刘良斌.建筑结构设计中的抗震结构设计[J].中国住宅设施,2022(2):22-24.
- [3] 陈庆敏.建筑结构设计中的抗震设计研究[J].建筑技术开发,2020,47(23):17-18.
- [4] 张馨怡,张正霞,樊依玲.抗震结构设计理念在建筑结构设计中的有效运用探究[J].城市住宅,2020,27(6):253-254.
- [5] 赵振东.建筑结构设计抗震设计分析[J].建材与装饰,2020(18):104-106.