

结构工程抗震设计与优化分析

金明学

中国煤炭科工集团北京华宇工程有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i2.4638

[摘要] 本文深度聚焦结构工程抗震设计与优化这一关键课题。开篇系统梳理抗震设计所依托的理论基础,涵盖地震学原理、结构动力学知识等,为后续分析筑牢根基。继而深入剖析设计流程中的关键环节,如场地选址评估、结构体系选型、抗震计算与分析等。在这一过程中,敏锐洞察现存问题,包括设计规范更新滞后、部分设计师对抗震概念理解不足等。针对这些问题,创新性地提出优化策略,例如加快规范更新频率、加强设计师专业培训等。本文旨在为显著提升结构工程抗震性能、切实保障建筑安全提供坚实理论支持与可行实践指导,全力助力结构工程领域在抗震设计方面持续突破,有效抵御地震灾害威胁。

[关键词] 结构工程; 抗震设计; 优化

中图分类号: TU754 **文献标识码:** A

Seismic Design and Optimization Analysis of Structural Engineering

Mingxue Jin

China Coal Science and Industry Corporation Beijing Huayu Engineering Co., Ltd

[Abstract] This article focuses deeply on the key issue of seismic design and optimization in structural engineering. The opening systematically outlines the theoretical basis on which seismic design relies, covering principles of seismology, knowledge of structural dynamics, etc., laying a solid foundation for subsequent analysis. Subsequently, in-depth analysis will be conducted on key stages in the design process, such as site selection evaluation, structural system selection, seismic calculation and analysis, etc. In this process, a keen insight was gained into existing problems, including lagging updates to design specifications and insufficient understanding of seismic concepts by some designers. Innovatively propose optimization strategies to address these issues, such as accelerating the frequency of standard updates and strengthening professional training for designers. This article aims to provide solid theoretical support and feasible practical guidance for significantly improving the seismic performance of structural engineering and effectively ensuring building safety, fully assisting the field of structural engineering in making continuous breakthroughs in seismic design and effectively resisting the threat of earthquake disasters.

[Key words] structural engineering; Seismic design; optimize

引言

地震作为一种极具破坏力的自然灾害,严重威胁着人类生命财产安全以及建筑结构的稳定性。在结构工程领域,科学合理的抗震设计是提高建筑结构抗震能力、降低地震灾害损失的关键举措。随着建筑行业的不断发展以及人们对建筑安全要求的日益提高,深入研究结构工程抗震设计与优化,对于推动建筑结构在地震频发环境下保持良好性能、实现建筑的可持续发展具有至关重要的现实意义,已成为当前结构工程领域的研究重点与热点。

1 结构工程抗震设计的理论基础

1.1 地震作用理论

地震作用是结构工程抗震设计需考虑的核心因素。地震发生时,地面运动产生的惯性力作用于建筑结构,引发结构振动。地震作用的大小与地震震级、场地条件、结构自振周期等密切相关。通过地震动参数,如地震加速度、速度和位移时程等,可定量描述地震作用对结构的影响。合理确定地震作用是进行抗震设计的基础,需综合运用地震学、动力学等多学科知识,采用合适的计算方法,如反应谱法、时程分析法等,以准确评估结构在地震作用下的响应^[1]。

1.2 结构抗震性能目标

明确结构抗震性能目标是抗震设计的重要依据。不同类型建筑因其使用功能、重要性程度不同,对结构抗震性能的要求也存在差异。一般而言,抗震性能目标涵盖结构在不同地震水准下的性能表现,如小震不坏、中震可修、大震不倒等。设计人员需根据建筑的具体情况,结合相关规范标准,合理设定抗震性能目标,确保结构在地震作用下既能保障人员安全,又能使结构损伤控制在可接受范围内,维持一定的使用功能,实现建筑全生命周期内的抗震可靠性。

1.3 抗震结构体系的力学特性

抗震结构体系的合理选择与力学特性密切相关。常见的抗震结构体系包括框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构等,每种结构体系具有独特的力学性能。框架结构具有较好的空间灵活性,但侧向刚度相对较小;剪力墙结构侧向刚度大,抗侧力能力强,但空间布置受一定限制;框架-剪力墙结构则结合两者优势,兼具较好的空间性能与抗侧力能力。设计时需深入了解各结构体系在地震作用下的受力特点、变形规律以及能量耗散机制等力学特性,根据建筑的功能需求、场地条件等因素,选择适宜的抗震结构体系,确保结构具备良好的抗震性能^[2]。

2 结构工程抗震设计流程与关键环节

2.1 场地勘察与地震安全性评价

场地勘察在抗震设计流程中占据着极为关键的首要地位。在开展抗震设计前,借助专业的地质勘察手段,能够全面且细致地获取场地的地质条件。涵盖对土层分布状况的精准掌握,明确不同土层的厚度、质地以及相互间的叠置关系;深入探究岩土性质,包括岩石的硬度、承载能力、压缩性等关键特性;精确测量地下水位的高低及其变化规律等信息。这些详实的地质资料对于精准判断场地的地震效应起着决定性作用。与此同时,进行严谨的地震安全性评价工作,依据科学的方法和丰富的数据,确定场地的地震动参数,像设计地震分组,其决定了场地所适用的地震反应谱特征周期,还有地震动峰值加速度,这直接关系到结构所承受的地震力大小。准确无误的场地勘察与地震安全性评价,堪称保障抗震设计科学性的坚实前提,能有力规避因对场地条件认知模糊而致使的设计失误,从源头为结构在地震作用下的稳定性提供可靠保障。

2.2 结构选型与布置

在建筑结构设计进程中,充分考量场地条件、建筑功能需求以及抗震性能目标,开展精准的结构选型与合理布置至关重要。场地条件涵盖地质状况、地形地貌等因素,会对结构类型的适配性产生影响;建筑功能需求则决定了空间布局与使用特性。合理的结构选型应当确保结构具备良好整体性,各部分紧密协作,传力路径清晰明确,且拥有足够的抗侧力能力,以抵御地震水平力的冲击。在结构布置环节,严格遵循规则性原则是关键,要极力规避结构平面和竖向布置的不规则情况,像扭转不规则会导致结构在地震时产生过大扭转效应,凹凸不规则易造成应力集中,这些不规则状况均会形成结构在地震作用下的薄弱部位。与此同时,精确设置结构构件的尺寸,使其承载能力与受力要求

相匹配,合理规划构件间距,保障空间利用与传力顺畅,精心设计连接方式,让结构构件在地震作用下能够协同工作,高效传递和抵抗地震力,全方位提高结构的抗震可靠性,为建筑安全筑牢根基。

2.3 抗震计算与分析

抗震计算与分析作为抗震设计的核心环节,在保障建筑结构安全方面发挥着举足轻重的作用。在这一关键步骤中,需审慎选用适配的计算模型与方法,从而精准对结构在地震作用下的内力和变形展开计算。当下,底部剪力法、振型分解反应谱法以及时程分析法是较为常用的手段。其中,底部剪力法适用于高度在40m以下、以剪切变形为主要特征,且质量和刚度沿建筑高度分布相对均匀的结构。因其计算相对简便,能快速估算结构所受地震力,故在符合条件的建筑中广泛应用。振型分解反应谱法则具有更广泛的适用性,可用于大多数建筑结构,能较为全面地考虑结构的动力特性。而时程分析法能通过输入实际地震波,更真实地反映结构在地震全过程中的动力响应,一般被应用于特别重要,如医院、学校,或结构形式复杂的建筑结构。通过这些抗震计算与分析,可得到结构在不同地震工况下详细的内力和变形结果,为后续结构构件的精准设计与严谨验算筑牢坚实依据,切实确保结构严格满足抗震设计要求,为建筑的抗震性能提供可靠保障^[3]。

2.4 结构构件设计与构造措施

依据抗震计算所产出的详细结果,有条不紊地开展结构构件的精准设计工作。在这一关键环节中,需要精确确定构件的截面尺寸,以及合理规划配筋率等关键参数。在构件设计过程中,不仅要确保结构构件严格满足承载能力方面的既定要求,更需着重聚焦于构件的延性与耗能,以此大幅提升结构整体的抗震性能。以框架结构为例,借助合理配置箍筋,优化其间距与直径,同时科学设置纵筋的数量和规格等构造手段,能够显著增强梁柱节点的延性。如此一来,当地震发生时,结构便能有序地产生塑性变形,高效地耗散地震所带来的巨大能量,从而有效规避脆性破坏情况的出现。与此同时,积极采取恰当的构造举措,像在砌体结构中合理设置圈梁,增强水平方向的连接与约束;在关键部位增设构造柱,强化竖向支撑与稳固性等,以此全方位增强结构的整体性和稳定性,切实保障结构在地震作用下的安全性,为建筑筑牢抗震防线。

3 当前结构工程抗震设计存在的问题

3.1 设计理念与方法的局限性

部分设计人员仍采用传统的抗震设计理念与方法,过于依赖规范中的经验公式和简化计算模型,对结构在复杂地震作用下的实际响应考虑不足。这种局限性导致设计结果可能无法真实反映结构的抗震性能,在面对强震等极端情况时,结构存在较大安全隐患。例如,传统设计方法对结构的非线性行为、高阶振型影响等方面的分析不够深入,难以准确评估结构在地震作用下的破坏机制和失效模式。

3.2 结构不规则带来的抗震风险

随着建筑功能多样化和建筑造型复杂化发展, 结构不规则现象日益增多。不规则结构在地震作用下易产生扭转效应、应力集中等问题, 导致结构局部受力过大, 抗震性能显著降低。然而, 在实际设计中, 由于对结构不规则性的认识不足或设计手段有限, 未能采取有效的抗震加强措施, 使得这些不规则结构在地震中面临较高的破坏风险。如一些建筑在平面布置上存在较大的凹凸不规则, 竖向存在刚度突变等情况, 增加了结构抗震设计的难度和不确定性。

3. 抗震设计与施工衔接不畅

抗震设计意图的有效实现依赖于施工过程的精准实施, 但在实际工程中, 抗震设计与施工之间常存在衔接不畅的问题。施工单位对设计图纸的理解偏差、施工工艺不符合设计要求以及施工质量控制不到位等, 都可能导致结构的实际抗震性能与设计预期存在较大差距。例如, 在钢筋混凝土结构施工中, 钢筋的锚固长度不足、混凝土浇筑质量缺陷等问题, 会削弱结构构件的承载能力和延性, 降低结构的抗震性能^[4]。

4 结构工程抗震设计的优化策略

4.1 引入先进的设计理念与方法

在建筑抗震设计领域, 积极引入基于性能的抗震设计理念意义重大。依据建筑的重要性等级以及实际使用功能, 需清晰明确具体且适宜的性能目标。比如, 对于医院、学校这类关乎公共安全与应急救援的重要建筑, 应设定更高标准的性能目标, 确保在地震中能持续提供关键服务。通过精细化的计算分析方法, 像非线性动力时程分析, 能够动态模拟结构在地震波作用下随时间的响应变化; Pushover分析则可评估结构在水平力逐渐增加时的性能状态, 全面考量结构在不同地震水准下的性能表现, 保证结构设计与预定性能要求精准契合。同时, 借助计算机辅助设计技术和先进的有限元分析软件, 构建更精准的结构模型。充分纳入材料非线性、几何非线性以及土-结构相互作用等复杂因素, 显著提高抗震设计的准确性与可靠性, 逼真模拟结构在地震作用下的真实响应, 从而为后续的优化设计提供坚实的科学依据。

4.2 合理控制结构不规则性

在建筑方案设计的阶段, 把结构的抗震要求纳入重点考量范畴极为必要。设计人员应秉持谨慎态度, 全力规避结构出现严重不规则的情况, 因为不规则结构在地震中易遭受更严重破坏。但倘若因建筑功能或设计理念等因素, 确实无法避免结构不规则时, 就必须采取行之有效的抗震加强手段。以平面不规则结构为例, 设置防震缝是一种常见做法, 能够将整体结构巧妙划分为多个规则的结构单元, 降低地震力传递的复杂性; 也可通过灵活调整结构布置, 比如合理增加剪力墙数量, 或者增添结构抗扭刚度, 像是加大边缘构件尺寸等, 来有效减小扭转效应。针对竖向不规则结构, 在刚度突变的关键部位设置加强层, 采用厚

板、斜撑等加强措施, 能显著增强结构的竖向承载能力与变形能力。此外, 积极运用先进的结构优化技术, 对不规则结构开展多目标优化设计, 在充分保障建筑功能得以实现以及满足美观需求的基础上, 尽可能提升结构的抗震性能, 为建筑的安全稳固筑牢根基。

4.3 加强抗震设计与施工的协同

为全面提升建筑结构在地震灾害中的可靠性, 建立健全抗震设计与施工的协同工作机制至关重要。设计单位与施工单位需强化沟通与协作, 形成紧密联动。在设计阶段, 设计人员不能仅着眼于理论层面的抗震规划, 更要深度结合施工实际, 充分考量施工的可行性。对于关键的抗震构造措施, 如梁柱节点的加固方式, 以及特殊施工工艺, 像抗震支撑的安装流程等, 都应进行细致入微的说明, 以确保施工单位能精准领会设计意图。施工单位在具体施工时, 必须严格遵循设计图纸与相关规范要求, 将每一个抗震设计细节落实到位, 强化施工质量把控。一旦在施工进程中察觉问题, 例如实际地质条件与设计预期有偏差等, 需及时与设计单位反馈, 双方共同协商解决方案。通过这种全方位、深层次的协同, 切实保障结构的抗震性能在施工中完美呈现, 极大提高结构的抗震可靠性^[5]。

5 结论

结构工程抗震设计是保障建筑安全、抵御地震灾害的关键环节。通过深入理解抗震设计的理论基础, 严格把控设计流程中的关键环节, 正视当前存在的问题并采取有效的优化策略, 能够显著提高结构工程的抗震性能。在未来的结构工程发展中, 随着科技的不断进步和研究的持续深入, 应不断引入新的设计理念、方法和技术, 加强设计与施工的协同创新, 持续优化结构工程抗震设计, 为建筑结构在地震灾害中的安全性能提供更坚实的保障, 推动结构工程领域在抗震设计方面不断迈向新的高度, 更好地服务于社会发展和人民生命财产安全。

【参考文献】

- [1]王红艳. 建筑结构工程在抗震设计中的探索及工程造价概预算[J]. 大众标准化, 2023, (14): 84-86.
- [2]吴江冷. 某多层复杂结构抗震设计[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(05): 113-116.
- [3]喻兆铭. 建筑结构抗震设计的作用及措施分析——以某超高层住宅建筑为例[J]. 房地产世界, 2023, (10): 166-168.
- [4]刘嘉杰. 刍议建筑设计中的抗震理念设计[J]. 低碳世界, 2021, 11(05): 122-123.
- [5]路彤. 建筑结构工程抗震设计的作用及措施[J]. 四川水泥, 2021, (03): 316-317.

作者简介:

金明学(1985—), 男, 朝鲜族, 辽宁省沈阳市人, 本科, 中级, 研究方向: 结构工程。