高层建筑结构的稳定性与安全性评估

马凯彬
华电重工股份有限公司　北京　100160

摘　要：随着城市化进程的加快，高层建筑对城市景观的影响越来越大。但是高层建筑结构稳定性和安全性也越来越突出，给人民生命财产安全带来了潜在威胁。为提升高层建筑安全性能及使用寿命，对高层建筑结构稳定性及安全性评价方法及策略进行论述。结合理论分析及实践案例对结构稳定性及安全性等基本概念，影响因素以及评估方法进行说明。研究表明高层建筑结构稳定性及安全性评估非常重要，直接影响着建筑物正常使用及人民生命财产安全。

关键词：高层建筑；结构稳定性；安全性评估；基础设计；结构形式与体系

引言

伴随着城市化进程加快，高层建筑对城市景观的影响越来越大。这些建筑不但是一个城市的标志性建筑，而且还是人们居住，工作，交往的重要地方。但是高层建筑结构稳定性和安全性也逐渐突出，给人民生命财产安全带来了潜在威胁。所以高层建筑结构稳定性和安全性评价已成为当前急需解决的课题。结构稳定性，安全性是高层建筑设计，施工过程的核心内容。稳定性主要关心建筑物在各种外力作用下的平衡能力，而安全性则涉及建筑物在各种自然灾害和意外事故中的抗灾能力[1]。这两方面因素直接关系着建筑是否能够正常使用，关系着人民群众生命财产安全。本文就高层建筑结构稳定性及安全性问题展开了深入的研究，期望能为高层建筑设计，施工及运行提供理论支持及实践指导，从而促进我国高层建筑行业良性发展，确保人们生命财产安全。

1 高层建筑结构稳定性分析

1.1 结构稳定性基本概念

结构稳定性就是结构在外界各种作用力作用下能保持原来平衡状态。对高层建筑来说，其结构的稳定性是非常重要的，由于高层建筑受到风载，地震以及其他外界作用力的作用，较易出现侧向位移和失稳的情况。结构稳定性分析主要是对结构受多种外部作用力作用时的稳定性能进行评价，从而为优化设计，安全评估以及寿命预测等奠定基础。一方面是对结构进行静力稳定性评价，也就是对其进行长期静载作用[2]；另一方面也要对结构进行动力稳定性评价，也就是对结构受振动，冲击等动态影响时的稳定性进行评价。动力稳定性对高层建筑特别重要，这是由于高层建筑受到风载和地震等动力作用时反应比较显著。

1.2 高层建筑结构稳定性影响因素

高层建筑结构稳定性受诸多因素影响，涉及到基础设计，结构形式及体系和施工质量控制。首先，基础设计对于高层建筑结构的稳定性起着决定作用。坚实的基础能有效地将建筑的重量转移至下层土壤中，抵御外界作用力、如风、地震等。二是结构形式和体系对高层建筑结构的稳定性也有很大的影响。不同结构形式及系统，其稳定性及对外部力的抵抗能力是不一样的[3]。如框架结构受侧向力时可能较易产生侧移，剪力墙结构抗侧力能力较好。最后是施工质量控制对于高层建筑结构稳定性同样具有显著作用。材料质量，施工工艺和质量检测在施工中与结构稳定性有关。优质施工可确保结构几何形状及受力状态正确，增强其稳定性。

1.3 结构稳定性评估方法

高层建筑结构稳定性评价对于保障建筑安全至关重要。评估方法有静力分析法，动力分析法及概率分析法。

静力分析法作为结构稳定性评价的一种基本手段，它主要考虑了结构在恒定载荷及外部作用力作用下所产生的反应。通过构造结构平衡方程可对其位移和应力进行解算，进而对其稳定性进行评价。静力分析法具有计算方便、适合多数结构分析等优点。

动力分析法充分考虑结构动态特性并通过对其振动方程进行分析以评价其稳定性。动力分析法可以综合考虑结构阻尼和非线性，为稳定性提供更为精确的评价[4]。主要用于分析结构在地震，风荷载等动力作用下的反应，有助于发现结构的薄弱部位和潜在失稳模式。

概率分析法以概率论为理论基础，对结构稳定性进行评价。综合考虑其结构不确定性及风险因素，并利用概率模型评价其安全性能。概率分析法可以考虑多种不确定性因素并提供更为全面的稳定性评价。事实上，除孤立地应用三种方法外，还可综合运用各种方法综合评价高层建筑结构稳定性，以保证其安全性能。

1.4 提高结构稳定性的措施与建议

为使高层建筑结构更加稳定，可采取如下措施及建议。首先，加强基础设计。依据地质勘察结果选取适宜的基础类型及材料以保证其具有足够承载力及稳定性。对于地质条件比较复杂或者土壤承载力不够时，应当采取基础加固等技术措施。二是优化结构形式和制度。根据建筑功能与需要选择适当结构形式与系统。同时通过优化结构布置减小了侧移及应力集中现象。三是提升施工质量。严格按照施工规范及技术要求进行，保证材料质量，施工工艺及质量检测等。加强对施工人员的训练与教育，增强其技术水平与安全意识。最后是强化监控与养护。对高层建筑结构稳定性实施长期监控，发现异常。发现问题要及时进行维修或者加强处理，避免问题扩大范围。

2 高层建筑结构安全性评估

2.1 结构安全性基本概念

所谓结构安全性，就是结构能经受住可能发生的一切作用并能维持所需要的整体稳定，而又能满足正常设计，施工及正常使用情况下的要求。对高层建筑来说，其结构的安全性是非常重要的，由于高层建筑受到外界多种作用力的作用，比较容易出现破坏或者倒塌的情况[5]。对结构安全性进行评价，主要是为了对其在多种外部作用力作用下进行安全性能评价，从而为其优化设计，安全评估以及寿命预测等工作奠定基础。结构安全性评价时需考虑强度，刚度，耐久性和抗灾能力几个因素。

2.2 高层建筑结构安全性影响因素

高层建筑结构安全性受很多因素影响，主要有抗震性能，抗风性能，耐久性和耐火性能等。首先，抗震性能在高层建筑结构安全性评价中占有举足轻重的地位。地震是常见自然灾害之一，它对于高层建筑结构具有巨大破坏力。高层建筑抗震性能主要由诸多因素决定，设计与建造过程中要充分考虑地震作用并采取有效抗震措施。其次抗风性能对高层建筑结构的安全性也有很大的影响。强风作用在高层建筑结构上会引起风压，风压会使结构出现振动，疲劳或者失稳[6]。尤其对高层建筑悬挑部分及高层部分稳定性有很大影响。另外耐久性和耐火性能对高层建筑结构的安全性有重要影响。高层建筑具有较长使用寿命，所以结构耐久性非常关键。与此同时，高层建筑人烟稠密、火灾风险大，其结构耐火性能是一个不可忽视的影响因素。

2.3 结构安全性评估方法

高层建筑结构安全性评价对于保障建筑安全至关重要。评估的方法有风险评估法，有限元分析法和结构可靠度分析法。

风险评估法以概率论为理论基础，对结构安全性进行评价。它是通过评估结构可能受到的各种作用力以及它们所受到的概率来计算结构受到各种作用力时失效的概率以及风险等级。风险评估法可以考虑多种不确定性因素并提供更为全面的安全性评估。适合复杂结构、不确定性大的场合，能给决策者提供更加可靠的安全性能信息。

有限元分析方法是一种数值分析方法，它通过将结构离散成有限个小单元，建立数学模型并进行数值计算，从而模拟结构的真实反应[7]。采用有限元分析的方法，考虑了结构几何形状，材料特性，边界条件，分析评价了结构受各种作用力时的反应。可找出结构薄弱环节及潜在隐患，从而为优化设计及加固结构奠定基础。

结构可靠度分析法以可靠度指标为基础，对结构安全性进行评价。它是通过构造结构可靠度模型来计算分析各种工况下可靠度指标。结构可靠度分析法能全面地考虑其强度，刚度和稳定性，为可靠性评估提供更为精确的依据。在实践中，通常会利用多种手段相结合来综合评价高层建筑结构安全性，以保证建筑安全使用。

2.4 提高结构安全性的措施与建议

为使高层建筑结构更可靠，可采取如下措施及建议。一是强化抗震设计，设计与施工过程中要充分考虑地震作用，并采取有效措施进行抗震，例如对结构抗震节点进行加固以及增设阻尼器。二是要提高抗风能力，高层建筑易受风载作用，所以要采取有效措施进行抗风，例如优化建筑物布置，增设抗风构件。三是增强耐久性与耐火性能，要选用耐久性良好的材料和采取适当的防护措施，例如涂防腐材料和建立防火隔离。四是强化监控与维修，对高层建筑结构进行长期监控，发现异常[8]。最后是新技术与智能化管理的普及，运用现代科技手段及时发现可能存在的隐患并提出改进意见。

3 高层建筑结构的稳定性与安全性评估实践案例

3.1 案例一：某沿海城市高层住宅的稳定性与安全性评估

沿海城市高层住宅这一特殊建筑类型在结构稳定性和安全性评价方面有着重要的实践意义。下面结合沿海城市高层住宅结构稳定性和安全性评价实践案例进行分析。

某沿海城市的高层住宅坐落在台风多发的地区，建筑高度80米，共25层。该楼为钢筋混凝土框架-剪力墙构造体系，地基为桩基。评估小组对此高层住宅结构的稳定性和安全性作了综合评价。评估小组从建筑物结构形式及基础设计开始。评估小组对建筑物结构布置，构件连接及基础设计等进行了分析，得出建筑物结构形式及

基础设计均能满足承载力及稳定性的要求。然后评估小组对此高层住宅进行静力分析。通过构建有限元模型对各种工况下建筑物的位移，应力及其他参数进行计算与分析。评估小组认为建筑物正常运行时位移及应力都处于安全范围；极端工况时，建筑物位移、应力稍有超过安全范围，但是仍然能够满足结构的安全性。另外，评估小组对这座高层住宅进行动力分析。通过构建振动模型来模拟分析建筑物在各种地震中的反应。评估小组认为，高层住宅抗震性能达到设计要求，但是仍然存在安全隐患。

鉴于上述评价结果，评估小组建议：加强建筑物结构加固处理，提高建筑物承载力及稳定性；增强建筑物抗风措施如增设阻尼器；定期对结构进行检查和维修，以保证建筑物正常使用及安全。

3.2 案例二：某山地城市高层写字楼的稳定性与安全性评估

山地城市高层写字楼和沿海城市高层住宅虽属不同类型，但对它们进行结构稳定性和安全性评估也有相同的现实指导意义。下面以山地城市高层写字楼结构稳定性和安全性评价为例进行实践。

某山地城市高层写字楼地处山区，建筑高度70米，共20层。大楼为钢筋混凝土框架结构体系、地基为桩基。评估小组对此高层写字楼结构的稳定性和安全性做出综合评价。评估小组也使用类似办法来审查建筑物结构形式及基础设计，并开展静力和动力分析。评估小组在上述分析基础上得出结论：建筑物结构形式及基础设计均能满足承载力及稳定性的要求；正常运行条件下建筑物位移与应力都处于安全范围之内；极端工况时，建筑物位移、应力稍有超过安全范围，但是仍然能够满足结构的安全性；本高层写字楼抗震性能达到设计要求。

针对上述评价结果并结合山地地形带来的改造难度，评估小组建议：定期开展结构检查与养护，保证建筑物正常使用与安全；介绍了一种智能监测技术来实时监测结构是否存在潜在安全隐患；建立应急预案确保快速反应。

4 结语

本论文针对高层建筑结构稳定性和安全性评价问题展开深入的研究。结合理论分析及实践案例对结构稳定性及安全性等基本概念，影响因素以及评估方法进行说明。研究表明高层建筑结构稳定性及安全性评估非常关键，直接影响建筑物正常使用及人民生命财产安全。展望未来，在高层建筑结构越来越复杂多样的情况下，结构的稳定性及安全性评估也会面临着较大的挑战。今后研究应该进一步重视新型结构形式，复合材料，智能监测技术的开发，并不断改进评估理论与方法。同时要加强有关法规、标准的制订和实施，增强产业规范性、安全性。经过不断研究及实践经验积累，高层建筑结构稳定性及安全性会得到较好保证，促进建筑业持续发展。

参考文献

[1]中华人民共和国国家标准.GB 50009-2012.建筑结构荷载规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[2]周云,臧晓伟.高层建筑结构的稳定性与安全性评估[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.

[3]李国胜.高层建筑结构构造与设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.

[4]王光远.工程结构可靠性与安全性评估[M].北京:科学出版社,2003.

[5]刘洪涛,叶义华,等.高层建筑结构抗震设计与安全性评估[M].上海:同济大学出版社,2016.

[6]张志强,王倩.基于有限元分析的高层建筑结构稳定性评估[J].建筑结构学报,2017,38(5):15-21.

[7]李宁.基于可靠度理论的高层建筑结构稳定性评估方法研究[D].北京:北京交通大学,2019.

[8]陈国栋.高层建筑结构抗震设计中的几个问题及措施[J].城市建设理论研究(电子版),2020(5):54-55.