

土木工程建筑结构设计问题及优化措施

李孟哲

艺城设计有限公司, 浙江 丽水 323000

[摘要]土木工程建筑结构设计直接影响工程的安全性、经济性和耐久性,在我国建筑结构设计中还存在着结构体系的选择不合理、荷载计算不准、抗震设计薄弱、地基基础和上部结构配合差、设计与施工分离、经济效益与安全性的矛盾等问题。针对这些问题的原因进行了阐述,并从改善结构体系的选择、重视抗震设计、准确进行计算、做好配合设计、实行一体化管理以及兼顾经济性和安全性方面提出了建议,希望对提高建筑结构设计的质量起到作用。

[关键词]土木工程; 结构设计; 抗震设计; 优化措施; 协同设计

DOI: 10.33142/ec.v9i2.19058

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Design Problems and Optimization Measures of Civil Engineering Building Structures

LI Mengzhe

Yicheng Design Co., Ltd., Lishui, Zhejiang, 323000, China

Abstract: The structural design of civil engineering buildings directly affects the safety, economy, and durability of the project. In the design of building structures in China, there are still problems such as unreasonable selection of structural systems, inaccurate load calculations, weak seismic design, poor coordination between foundation and superstructure, separation of design and construction, and contradictions between economic benefits and safety. The reasons for these problems were explained, and suggestions were put forward from the aspects of improving the selection of structural systems, emphasizing seismic design, accurately calculating, doing a good job in coordination design, implementing integrated management, and balancing economy and safety, hoping to play a role in improving the quality of building structural design.

Keywords: civil engineering; structural design; seismic design; optimization measures; co-design

引言

建筑结构设计是土木工程的重要组成部分,它的好坏直接影响建筑物的安全、适用以及经济性。伴随着我国的城市化进程不断加快以及建筑物的高度日益提高,使得结构设计所面临的各种情况越来越复杂,同时对其的要求也越来越高。但是在实际的工作当中,由于设计思想落后,计算不合理,各专业之间配合不够等原因造成的问题也屡见不鲜,不但会造成大量的资源浪费,还可能会带来严重的后果。所以总结分析建筑结构设计中的问题并提出合理的解决方案对于提高工程的设计质量有着十分重要的作用。

1 建筑结构设计中存在的主要问题及成因

1.1 结构体系选型不科学问题

结构体系选型是建筑结构设计第一道工序,它对建筑安全、经济以及使用均有着重要影响。但是目前一些设计人员在进行结构体系选型时缺乏整体考虑,往往是根据自己以往习惯或者经验来决定采用何种结构形式而不考虑建筑物实际用途以及所处环境等。如某些多层住宅楼,盲目采用框架结构而不顾其侧向刚度过小问题,在正常使用情况下会产生较大位移;另外一些大跨度公共建筑,则错误地使用剪力墙结构,使建筑不能满足功能要求。不同的

结构体系有不同的适用范围、抗震能力和经济性,在这方面有着很大的区别,框架结构只适合在非地震区不超过15层的建筑中使用,而剪力墙结构可以用于180m以下的小开间住宅和旅馆等,框架-剪力墙结构可用于170m以内的高层建筑,筒体结构则是抵抗水平作用最好的一种方式,它可以用于高度不超过300m的建筑,如果设计师对这一点不清楚,就无法合理的选择合适的结构方案^[1]。

1.2 荷载取值与结构计算偏差问题

荷载取值准确性以及结构计算准确性是保障结构安全基础,在实际工程应用过程中,荷载取值不合理以及计算误差普遍存在。一方面,一些设计师对活荷载不利布置考虑不足,简单地采用满布荷载进行计算而忽视可能产生最大内力最不利荷载组合;另一方面,风荷载、雪荷载等外界荷载取值一般直接采用规范最小值而不根据当地气候情况及周围环境加以调整。同时,计算简图与实际不符也会造成一定影响,比如将实际上半刚性节点简化为理想铰接或者刚接从而忽略节点位移对面整体结构内力分布造成影响。这些计算误差积累,有可能使结构某部分承载力不够而产生问题。

1.3 抗震设计薄弱问题

中国是地震多发国家,抗震设计是建筑设计的重要内

容。但是目前的抗震设计还存在不少问题。首先是一些设计师的概念设计不到位,在设计过程中过于相信计算软件而忽视“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”的设计理念,使得建筑物在遭受地震时不容易垮塌。其次是一些抗震措施落实不到位的情况,比如箍筋加密区不够长或者梁柱节点核心区配筋不足的现象较为普遍。第三是对非结构构件的考虑不够充分,比如说填充墙、幕墙、吊顶等非结构构件与主体结构之间的固定方式往往被忽略,在地震发生时容易掉落造成伤害。在钢筋混凝土框架结构中,梁柱的变形能力和变形是衡量结构位移大小的一个重要参数,而梁柱塑性铰转动能力和配筋率、配箍特征值以及轴压比之间有确定的关系,如果设计者不能很好地掌握这一关系而使钢筋配置不当,则会导致结构缺乏足够的延性。

1.4 地基基础与上部结构协同不足问题

地基基础与上部结构是相互关联、相互影响的整体,在实际工程中经常出现地基基础与上部结构分别进行设计、分别进行计算的情况。基础设计人员一般把上部结构简化成施加在基础上的荷载而不考虑上部结构刚度对基础的影响;同时在上部结构分析中通常假设基础是理想的刚体或者完全柔性,忽略基础沉降所产生的额外内力。这样就容易造成地基沉降计算结果不准或者由于地基不均匀沉降而导致上部结构承受过大二次应力。尤其是对软土地基、湿陷性黄土等地基,在地基与基础之间的影响更大,一旦处理不好,会造成墙体裂缝、倾斜、倒塌等情况发生。

1.5 设计与施工脱节问题

设计与施工是工程建设项目密切相关的两个方面,但是二者之间脱节现象一直存在。一方面,由于设计人员缺少施工经验,在施工方法、施工流程、模板支撑等方面考虑不够周全,造成图纸上的一些构造措施不能够在现场施工中实施;另一方面,施工方在图纸会审过程中只是关心工程量大小而忽视了对设计意图的理解,在进行设计变更时也不进行必要的技术分析。模板支架坍塌事故中绝大多数都是由于人的因素造成的,例如“钢管壁厚不够”,“立杆初始弯曲度较大”,“立杆超出顶层水平杆距离较长”,“扣件拧紧力矩不够”,“缺少水平剪刀撑”,“立杆基础不够坚实”等情况比较常见。这些问题不仅是施工粗放造成的,而且是设计忽视施工而产生。

1.6 设计经济性与安全性协调不足问题

经济性和安全性是结构设计中一对矛盾问题。目前设计上存在两个误区:一方面过分重视经济效益,人为降低钢材用量、混凝土用量等,甚至低于规范要求,给结构带来隐患;另一方面不惜代价进行过度设计,随意加大截面

尺寸,增加配筋率,造成极大浪费。主要是由于没有考虑全寿命期的成本。结构优化设计并不是指体积最小或者质量最轻,而是要在经济上合理分配各种资源^[2]。但是大多数设计只注重初始建设投资问题而忽视后续运维、翻新、拆除等方面一整条生命线所需花费,因此一些表面上看起来便宜的设计方案其实并不能降低整个使用寿命期间总体费用。

2 土木工程建筑结构设计优化措施

2.1 优化结构体系选择与整体布置

优化结构体系的选择应当根据建筑的功能要求进行,在满足结构受力的前提下,对比各种方案的成本以及施工难度等进行比较后选取最优方案。而在选择时应注意各种体系的特点:框架结构布置方便,但是抗侧能力较差;剪力墙结构抗侧能力强,但是开间受到限制;框架-剪力墙结构兼二者之长,适合高层建筑;而筒体结构是抵抗水平荷载最好的结构形式。利用变密度法及水平集方法进行拓扑优化设计,通过有限元模拟实现结构形状快速优化,同时通过改变材料密度分布及几何边界来达到减重的目的。设计时应根据建筑高度、设防烈度、场地条件等进行综合比选^[3]。

表1 不同结构体系技术经济比较

对比维度	框架结构	剪力墙结构	框架-剪力墙结构	筒体结构
适用高度	非地震区≤15层	≤180m	≤170m	≤300m
侧向刚度	较小	大	较大	最大
平面布置	灵活	受限	较灵活	灵活
结构自重	较轻	较重	中等	中等
抗震性能	较好	好	好	好
经济指标	较低	中等	中等	较高
适用范围	多层公共建筑	高层住宅	高层公共建筑	超高层建筑

2.2 强化抗震设计与结构延性设计

强化抗震设计要以“概念设计、计算设计、构造措施”三者统一为前提条件,在概念设计上必须做到“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”,使结构具有良好的耗能能力——即梁铰先于柱铰。而在计算设计上要依据所处地区烈度以及场地条件,选取合适抗震计算方法及地震作用,对于不规则建筑还要进行弹性时程分析及弹塑性位移校核。基于性能的两层次抗震优化设计方法,可以利用非线性计算得出梁柱塑性铰转动能力以及配筋率、配箍特征值、轴压比之间关系,再由虚功原理求得结构每层层间位移与梁柱截面尺寸、构造配筋间的关系式。这种方法可使抗震性能得到具体化。而在构造上,则需要满足一定要求以保证

结构中重要受力部位和节点具有足够延性。框架梁柱要保证有足够箍筋加密区长度和加密区配箍率,在梁柱节点核心区内要有足够箍筋;剪力墙要设置边缘构件以增强其受压区混凝土约束作用;对于容易产生应力集中位置如洞口附近或凹进处等地方也要适当增加钢筋布置。同时,应注意非承重构件的抗震设防,保证填充墙、幕墙等与主体结构有良好的连接,在地震中不会坠落造成伤害。

2.3 提高结构计算精度与复核机制

提高结构计算精度首先要保证荷载取值正确。设计人员要了解各种荷载所代表的实际含义以及其统计特性,在活荷载计算中要考虑最不利布置方式,在风荷载计算时要根据所在地区基本风压、地势条件及附近建筑物等因素对风荷载进行修正,在雪荷载计算中也要考虑到积雪分布不均对结构影响。其次,合理选取计算简图、计算方法也很关键。对一些较为复杂的结构可使用几种不同的力学模型由不同的程序进行比较计算以检验结果可靠程度;而对于一些节点较为复杂的部分,则可以通过有限元软件进行详细研究以便掌握其内部应力情况。同时建立良好的计算复核制度也是十分必要的。设计单位需执行“计算书-设计图纸-校审”的全过程管理,在此基础上加强荷载选取是否恰当、计算简图是否真实、计算成果是否达标等方面的检查工作;而对于超限高层建筑、大跨房屋及其他重大工程,则要请有关专家对其进行专门论证,以保证其设计方案的安全可靠;另外还要及时更新所使用的设计软件,使其计算核心能够适应新颁布的相关规定,防止由于设计软件过时而造成的误判。

2.4 加强地基基础与主体结构协同设计

加强地基基础与主体结构的设计配合,应当以全局观念为出发点,进行地基-基础-上部结构的整体计算。在进行相关计算过程中,需要考虑地基土的非线性以及基础刚度对上部结构内力的影响,同时还需要考虑上部结构刚度对基础沉降及内力的影响。对于软土地基、差异沉降控制严格项目,应采用考虑时间因素的固结沉降分析法,预测施工期间和使用期间沉降发展趋势。从施工方面而言,应适当布置沉降缝和后浇带,减少不均匀沉降带来的负面影响;对于超过一定长度建筑物,应设置温度收缩缝或者使用补偿收缩混凝土等办法来避免由于温度变化和干缩产

生的裂缝。另外,还应注意做好地质勘察与结构设计之间的沟通协调工作。设计人员要认真阅读并参考使用勘察报告,了解场地土层情况、地下水位高低以及地基承载力等情况,必要时可提出进一步勘察或者现场试验的要求,使设计有足够的依据。对于一些特殊土壤,例如湿陷性黄土、膨胀土、冻土等,由于它们具有不同的特点,在设计中需要针对这些特点进行相应处理以防止或减少地基下沉给建筑物带来的不利影响。

2.5 推进设计施工一体化管理模式

推进设计施工一体化管理是解决设计与施工脱节的有效手段,在组织方式上可以尝试实行工程总承包(EPC)的方式,由一个总包单位负责整体的设计、采购及施工工作,做到统一协调。在设计过程中让施工单位参与,从施工的角度出发对于施工方法、模板支撑、构件吊装、钢筋绑扎等方面提出建议,使设计更加符合施工现场的要求。在施工图设计中要考虑到施工的便利性,对于一些比较复杂的部位或者有特殊要求的做法要画出详图或者大样,甚至进行施工全生命周期的模拟,预知可能产生的问题并提前加以改进。借鉴道路工程已取得良好应用效果“容错设计”,在结构设计上充分考虑到施工过程中不可避免的人为失误,尽量避免或者降低这些失误对结构带来的不利影响^[4]。如对于“立杆初始弯曲程度大”“立杆超过顶层水平杆长度太长”的问题,可适当增加模板支架的安全余量以及合理布置立杆的位置等措施使结构在一定程度上受到施工影响后还能满足安全要求;另外还要做好设计交底和技术指导工作,设计人员要到现场去了解情况,发现问题要及时解决,结合具体情况做出相应变更以达到设计与施工协调一致的目的。

2.6 注重安全性、经济性与耐久性的综合优化

实现安全性、经济性和耐久性之间的平衡,需要树立全生命周期成本意识,在较长的时间尺度上评估不同方案优劣,在方案对比中,除了要比较初始建造成本外,还要考虑到后续维修、加固、改建甚至拆除的成本,选取具有最低全生命周期成本方案;而性能化设计优化目标是获得一个可靠、韧性好并且造价低廉建筑物,利用数值模拟技术、性能化设计理念以及优化方法,就可以得到经济效益最优化同时又满足功能要求结构。

表 2 结构优化设计综合效益对比

优化策略	初期造价	维护成本	耐久性	全生命周期成本	安全储备
传统设计	基准值	基准值	基准值	基准值	基准值
过度优化(片面降本)	↓8%~12%	↑15%~20%	↓20%~30%	↑5%~10%	↓15%~20%
适度优化(综合平衡)	↓3%~5%	↓10%~15%	↑10%~15%	↓8%~12%	↑5%~10%
耐久性优先	↑5%~8%	↓25%~30%	↑25%~35%	↓10%~15%	↑10%~15%

3 结语

土木工程建筑设计是一门综合复杂的工作,它要求多种学科的知识相互配合,同时还要考虑多个方面的要求。而在实际的设计过程中出现的一些问题如结构选型不合理、荷载计算错误、抗震设计薄弱、协同设计欠缺、施工脱节以及安全性和经济性的矛盾等,都有技术和管理两方面的成因。要克服这些困难就需要设计人员不断提高自身的能力水平,在掌握各种结构的特点及应用场合的基础上进行选择;要重视抗震的概念设计,保证结构有较好的延性和耗能能力;要注重地基基础和上部结构之间的联系,做到全局受力合理;要实行设计与施工相结合的方式,使设计易于实施;应该树立全生命周期成本观念,在保证安全的同时考虑经济性和耐久性等问题。这样才能使建筑设计水平得到提高,

给人们带来安全适用、经济合理、耐久可靠的房子。

[参考文献]

- [1]秦莹.土木工程建筑设计问题及优化措施的研究[J].建材发展导向,2024,22(7):62-64.
- [2]吴树明.土木工程建筑设计问题及优化措施[J].中国高新科技,2021(6):33-34.
- [3]尹永青.土木工程建筑设计存在的问题以及改进措施[J].砖瓦,2023(4):64-66.
- [4]魏巍.土木工程中住宅建筑设计思路[J].居舍,2024(28):102-105.

作者简介:李孟哲(1990.5—),毕业院校:内蒙古农业大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:艺城设计有限公司,职务:结构设计,职称级别:结构工程师。