

钢筋混凝土框架结构设计探讨

杨彦丽

九易庄宸科技(集团)股份有限公司 河北 石家庄 050000

摘要:在现代建筑行业中,钢筋混凝土框架结构因空间适应性强、施工成熟等优势,广泛应用于住宅、办公、商业等各类建筑。本文围绕钢筋混凝土框架结构设计展开探讨,阐述了其基本概念、组成、分类及其对应特点;明确了设计需遵循的原则;重点分析了框架结构的设计要点,涵盖荷载取值与组合、构件截面与配筋设计、结构布置与刚度控制、抗震设计。研究旨在为钢筋混凝土框架结构设计提供系统、贴合实际的技术参考,保障结构安全可靠与经济适用。

关键词: 钢筋混凝土; 框架结构; 设计要点

引言:在现代建筑中,钢筋混凝土框架结构因其空间灵活性、承载可靠性及造价经济性,成为各类建筑的重要选择。但实际工程中,因对结构受力特性理解不深、设计细节把控不足,常出现刚度分布不均、抗震措施不到位等问题,影响结构整体性能。本文从基础认知到设计原则,再到荷载、构件、刚度、抗震等核心设计要点,构建系统的技术分析框架,为工程设计人员提供实用参考。

1 钢筋混凝土框架结构概述

1.1 框架结构的概念

从定义来看,钢筋混凝土框架结构是指由钢筋混凝土梁、柱作为主要受力构件,通过节点刚接或铰接,共同构成的空间受力体系。在这一体系中,梁主要承担竖向荷载并将其传递至柱;柱则承接梁传递的荷载,同时承担水平荷载产生的作用力,最终将所有荷载传递至基础。节点作为梁与柱的连接关键,需确保二者之间力的有效传递,其构造设计直接影响整个框架结构的整体性与受力稳定性。

1.2 框架结构的分类与特点

钢筋混凝土框架结构可划分为以下多种类型(1)按层数划分,可分为多层框架结构与高层框架结构。多层框架结构的受力以竖向荷载为主导,水平荷载对结构的影响相对较小,结构整体刚度需求较低,构件截面尺寸通常较小;高层框架结构则因高度增加,水平荷载对结构的作用显著增强,结构需具备更高的抗侧移刚度,构件截面尺寸通常更大,且对节点的抗震性能要求更为严格。(2)按施工方法分为现浇整体式、装配式、装配整体式框架结构。现浇整体式框架结构整体性好,结构刚度大,抗震性能优越,但是工期长,模板消耗多;装配式框架结构梁、柱、板等承重构件工厂预制,现场

吊装、拼接,施工速度较快,模板消耗少,比较环保,但节点连接是关键,也是现场的薄弱环节,整体性和抗震性能也不如现浇式;装配整体式框架结构结合以上二者优点,承重构件工厂预制,节点区或叠合层后浇混凝土,使所有预制构件连成一体,既保证了结构的整体性和抗震性能,又提高了工业化程度和施工效率。(3)按节点的连接方式可分为刚接和铰接框架结构。其中刚接框架结构整体性好,抗侧刚度大;铰接框架结构的节点只能传递剪力和轴力,弯矩传递能力较弱,结构变形相对较大,稳定性差,实际工程中极少采用纯铰接的框架。综上所述,不同类型的框架结构在受力稳定性与适用场景上存在明显差异^[1]。本文主要聚焦于现浇式钢筋混凝土框架结构的分析研究。

2 钢筋混凝土框架结构设计原则

钢筋混凝土框架结构设计为平衡结构性能、成本与使用需求,应遵循以下四种原则:(1)安全性原则。设计中要严格按极限状态设计法,对承载能力极限状态和正常使用极限状态进行验算;同时重视结构整体性,通过优化传力路径、强化节点连接,确保荷载能有效传递至基础,避免局部薄弱部位率先破坏,尤其在抗震设计中,需满足“小震不坏、中震可修、大震不倒”的性能目标,提升结构抗灾能力。(2)经济性原则。设计时要优化构件截面尺寸与配筋量,避免过度设计导致材料浪费;结合建筑功能需求选择适配的结构布置形式,减少不必要的构件设置;同时考虑施工便利性,简化复杂构造,降低施工难度与工期成本,实现“安全与经济”的平衡。(3)适用性原则。设计要结合建筑平面布局、空间高度等要求,合理规划柱网与梁系布置,避免构件尺寸过大影响使用空间;同时控制结构在正常使用阶段的变形与裂缝,确保建筑内部装修、设备安装不受影响,

满足用户对空间舒适度与使用功能的需求。(4)规范性原则。严格遵循现行国家与行业规范,设计中荷载取值、材料性能参数、构件构造要求等,均需符合规范要求;同时关注规范更新动态,确保设计成果满足最新技术标准,避免因偏离规范导致结构安全隐患或设计成果无法通过审核^[2]。

3 钢筋混凝土框架结构设计要点

3.1 荷载取值与组合设计要点

荷载是框架结构设计的基础依据,实际设计中需精准把控取值标准与组合逻辑,确保荷载数据符合规范要求且贴合结构受力实际。(1)竖向荷载取值要点。竖向荷载包含永久荷载与可变荷载。永久荷载取值需结合材料密度与构件尺寸精准计算,混凝土自重按 25kN/m^3 取值(轻质混凝土需按实际密度调整),钢筋自重根据构件体积和配筋率计算后并入构件自重,同时需包含楼面面层、吊顶、墙体等附加荷载,附加荷载需依据建筑做法确定,严禁漏算或估算。可变荷载中,楼面活荷载要根据不同的建筑功能取值,且需按GB50009-2012 5.1.2条及附录C规定,根据结构构件的从属面积及建筑类别确定活荷载折减系数;屋面活荷载需区分上人与不上人,同时叠加屋面雪荷载,雪荷载按当地基本雪压与屋面形式系数计算,积雪分布系数结合屋面坡度确定,避免简化取值。另外,屋面有局部设备荷载时需考虑勿遗漏。(2)水平荷载取值要点。水平荷载主要为风荷载与地震作用。风荷载取值先确定当地基本风压,再依建筑体型确定体型系数;风荷载高度变化系数按建筑总高度与地面粗糙度类别(A、B、C、D类)选取,需注意高层建筑存在局部风场干扰时风压高度变化系数的调整。地震作用计算需先明确建筑所在地区抗震设防烈度、设计基本地震加速度与设计地震分组,再根据场地类别确定场地覆盖层厚度与等效剪切波速,进而确定地震影响系数最大值与特征周期;采用底部剪力法时,需准确计算结构总重力荷载代表值,且需考虑突出屋面结构的地震作用放大系数,但增大部分不应往下传递。(3)荷载组合要点。荷载组合按极限状态选取:承载能力极限状态采用基本组合与偶然组合,正常使用极限状态采用标准组合与准永久组合。基本组合中,永久荷载分项系数取1.3或1.0,可变荷载分项系数取1.5或0,需考虑可变荷载组合值系数;同时考虑风荷载与地震作用时,按地震作用组合计算,永久荷载分项系数1.3,地震作用分项系数1.4,风荷载分项系数1.5。

3.2 框架构件截面与配筋设计要点

框架梁、柱及节点的截面与配筋设计直接决定结构

承载能力,要严格遵循规范要求,把控截面尺寸选取与配筋细节。(1)框架梁设计要点。梁截面尺寸的确定:梁高宜取梁净跨的 $1/10\sim 1/15$,高宽比 ≤ 4 (矩形截面),避免过高浪费空间或过窄影响抗剪;梁宽宜与柱宽协调,通常 \geq 柱宽 $1/2$ 且 $\geq 200\text{mm}$ 。纵筋配置依弯矩计算结果确定,受拉纵筋配筋率控制在 $0.2\%\sim 2.5\%$ (HRB400钢筋),受压纵筋配筋率 $\geq 0.2\%$,抗震设计时梁端受拉纵筋配筋率 $\leq 2.5\%$ (实际工程中一般 $\leq 2.0\%$);纵筋锚固长度按混凝土强度等级与钢筋级别确定,满足受拉钢筋锚固长度 l_a 与抗震锚固长度 l_{aE} ,梁端纵筋伸入柱内需绕过柱角筋,直线段长度 $\geq 0.4l_{aE}$,弯折段长度 $\geq 15d$ 。箍筋配置依剪力计算结果确定,直径 $\geq 6\text{mm}$ (抗震设计 $\geq 8\text{mm}$),肢数按梁宽确定;箍筋间距 \leq 梁高 $1/4$ 且 $\leq 200\text{mm}$,抗震设计时梁端箍筋加密区间距不大于 100mm 、 $6d$ ($8d$)及 $h_b/4$ 三者的较小值,加密区长度按抗震等级确定。(2)框架柱设计要点:柱截面尺寸需满足轴压比要求;矩形柱截面边长不应小于 300mm ,圆柱直径不应小于 350mm ,且需与梁截面尺寸协调,避免过小导致梁端弯矩无法传递。纵向钢筋配筋率控制在 $0.6\%\sim 5.0\%$,每侧纵筋配筋率 $\geq 0.2\%$;纵筋直径 $\geq 12\text{mm}$,矩形柱根数 ≥ 4 根、圆柱 ≥ 6 根,间距 $\leq 300\text{mm}$ (柱截面 $> 400\text{mm}$ 时间距不宜大于 200mm)且纵筋净距 $\geq 50\text{mm}$ 。箍筋配置满足抗剪要求,直径 $\geq 6\text{mm}$,且 $> 1/4$ 纵筋直径,箍筋间距 ≤ 400 ,且 \leq 柱短边尺寸及 15 倍纵筋直径;抗震设计时柱端箍筋加密区长度取柱截面长边尺寸、柱净高 $1/6$ 与 500mm 中的最大值,加密区间距 $\leq 100\text{mm}$ 、 $6d$ ($8d$)(d 为纵筋直径),非加密区间距 \leq 加密区间距 2 倍且 $\leq 10d$ ($15d$, d 为纵筋直径)。(3)框架节点设计要点。节点核心区截面高度取验算方向柱截面高度 h_c ,宽度 b_j 按GB50010-2010第11.6.3条计算。核心区混凝土强度等级一般与柱相同;当梁、柱等级差超过两级时,可采用与梁同级但 \geq 柱强度 0.7 倍的约束混凝土,并配置附加钢筋。一级~三级抗震节点核心区,箍筋间距按框柱加密区的构造要求采用,体积配箍率 $\geq \rho_{v,\min}$,四级节点按构造配置。梁、柱纵筋锚固长度:非抗震 l_a ,抗震 l_{aE} ,梁下部纵筋非抗震亦应 $\geq l_a$ 。柱纵筋可在节点区采用机械连接或焊接,但应满足接头面积百分率、等级及位置要求。^[3]。

3.3 结构布置与刚度控制要点

结构布置要兼顾受力合理性与建筑功能需求,同时控制结构整体刚度,避免刚度失衡导致受力集中。(1)柱网布置要点。柱网依建筑平面尺寸与空间需求确定,跨度控制在合理范围,避免跨度过大导致梁截面与配筋

激增；柱网间距需均匀，同一方向跨度差异 $\leq 20\%$ ，防止刚度不均。柱的布置与建筑墙体、洞口协调，柱中心不与洞口边缘重合，柱边与洞口边距离 $\geq 200\text{mm}$ ，避免洞口削弱柱截面或导致偏心；同时需形成完整抗侧力体系，无孤立柱或局部无柱区域，确保水平荷载有效传递至基础。（2）梁系布置要点。梁系与柱网对应形成主次梁体系，主梁宜沿横向（抗侧力方向）布置，次梁与主梁正交或斜交布置，次梁两端支承于主梁或柱上，不得支撑在填充墙等非结构构件上。梁的布置尽量避免悬臂梁，一般悬臂长度 $\leq 1.5\text{m}$ ，悬挑较长时需验算并采取加强措施；设备、管道、风道等较大洞口应避开主梁，无法避开时在洞口两侧设托梁或加强梁，保证受力连续性。（3）刚度控制要点。结构整体刚度满足侧移限值：风荷载作用下，多高层框架顶点最大侧移与总高度比 $\leq 1/500$ ，层间最大侧移与层高比 $\leq 1/400$ ；地震作用下，弹性层间位移角限值按抗震等级确定。刚度分布需均匀，竖向刚度无突变，相邻楼层侧向刚度比（上层与下层） ≥ 0.7 ，底部三层 ≥ 0.8 ；平面刚度均匀，无刚度薄弱区域，局部缺失柱或梁截面过小处，需通过增大截面或调整布置弥补。

3.4 抗震设计专项要点

抗震设计要结合抗震等级与设防要求，落实概念设计与构造措施，提升结构抗震能力。（1）抗震概念设计要点。遵循“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”原则：强柱弱梁通过提高柱端弯矩设计值实现，确保梁端先出塑性铰；强剪弱弯通过调整构件剪力设计值实现，避免剪切先于受弯破坏；强节点弱构件通过加强节点核心区配筋与构造，确保节点承载力高于构件。结构抗侧力体系需完整，形成双向抗侧力框架，无单向框架；体型宜规则，避免凹凸不规则或楼板局部不连续，不规则时用防震缝分割为规则单元，缝宽按抗震等级确定。（2）构件抗震构造要点。框架梁抗震构造：控制梁端

纵筋配筋率，控制梁端受压区高度即满足梁端受压与受拉纵筋配筋率比。梁端箍筋加密区采用封闭式箍筋，末端做 135° 弯钩，平直段长度 $\geq 10d$ （ d 为箍筋直径）。框架柱抗震构造：控制轴压比，超限需设芯柱或采用型钢混凝土柱；柱纵筋抗震搭接长度 $l_{lE} = \zeta l_{aE}$ （ ζ 为修正系数），搭接位置避开柱端加密区，无法避开时搭接长度 $\times 1.2$ 。节点核心区抗震构造：确保箍筋体积配箍率，且不小于梁端加密区；核心区不设施工缝，混凝土连续浇筑确保密实。（3）场地与基础抗震要点。场地选择避开地震易发生滑坡、崩塌、液化区域，无法避开时需处理（如液化土层用振冲碎石桩或水泥土搅拌桩），处理后地基承载力满足要求。基础抗震设计需确保与上部结构连接可靠：柱下独立基础顶面设拉梁，拉梁与柱刚接传水平力；桩基承台设连系梁，覆盖整个承台区域确保桩基共同受力。基础埋置深度满足要求：天然地基上的箱型基础和筏形基础 \geq 建筑总高度 $1/15$ （岩石地基除外），桩基承台 $\geq 0.5\text{m}$ ，且埋于地下水位以上或采取抗浮措施^[4]。

结束语：本文系统梳理了钢筋混凝土框架结构的概述、设计原则与核心要点，从结构基础认知到具体设计操作，形成了较为完整的技术指引。其中荷载取值的精准性、构件设计的规范性、结构刚度的均匀性及抗震措施的全面性，是保障框架结构安全与经济的关键。

参考文献

- [1] 赖凤晨. 钢筋混凝土框架结构设计探讨[J]. 建材与装饰, 2024, 20(31): 46-48.
- [2] 李豫. 多层钢筋混凝土框架结构设计探讨[J]. 建材与装饰, 2021, 17(12): 108-109.
- [3] 刘海涛. 钢筋混凝土框架结构施工中节点连接技术的应用[J]. 价值工程, 2025, 44(18): 115-117.
- [4] 王石杰. 多层钢筋混凝土框架结构抗震设计探讨[J]. 城市情报, 2022(8): 205-207.