

某单向混凝土框架结构的加固改造

冒纯翔

上海苏科建筑科技发展有限公司

摘要：本文以上海一栋 80 年代初建造的 8 层单向混凝土框架办公楼为研究对象，该建筑原设计未考虑抗震设防，经抗震鉴定存在抗侧刚度不足、梁柱及楼板承载力欠缺、梁柱节点铰接、无箍筋加密区等抗震鉴定问题，按 7 度设防、后续工作年限 30 年、A 类建筑的要求开展加固设计。采用增大截面法加固框架梁柱并将节点铰接改刚接，结合碳纤维粘贴、灌浆补强等处理楼板缺陷，并明确新旧混凝土结合面施工关键措施。加固后结构指标和各构件性能均满足规范。

关键词：单向混凝土框架；抗震加固；增大截面法；节点改造；预应力多孔板

DOI： 10.65976/3078-8145.2026.02.018

1 工程概况

1.1 建筑概况

上海某办公楼建于 20 世纪八十年代初，为地上 8 层建筑，平面近似呈回形，中间设有天井（见图 1）。东西向总长为 21.6m，南北向总宽为 20.0m。房屋一层层高为 4.5m，二层~三层层高为 3.6m，四层~七层层高为 3.3m，八层层高为 3.75m，房屋总高度为 28.95m（室外地坪至檐口），室内外高差为 0.4m。房屋底层及电梯井道采用 100# 承重多孔砖和 25# 砂浆砌筑，二层以上为三孔砖和 50# 砂浆砌筑，电梯井墙厚 240mm，其余纵横墙为 200mm，隔墙为 120mm。各层楼面地坪主要为面砖，屋面为上人平屋面。

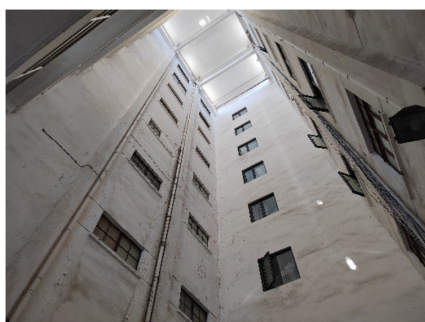


图 1 中间天井

1.2 结构概况

房屋为地上 8 层单向混凝土框架结构，框架南北横向跨度为 6.5m、7.0m，东西纵向柱距为 3.6m。框架柱截面尺寸多为 350mm × 400mm、350mm × 500mm、350mm × 600mm；南北向框架梁为花篮梁（花篮梁柱节点见图 2），截面尺寸为 200mm × 600mm，东西向连系梁截面尺寸为 180mm × 440mm。楼、屋面板采用 95mm 厚预应力多孔板 +40mm 厚钢筋混凝土整浇面层的做法。房屋采用梁板式筏形基础，柱下设有基

础梁，筏板底标高为 -1.7m。基础、梁和柱混凝土强度等级均为 200#（梁、柱实测混凝土龄期修正后强度推定值为 22.1MPa），钢筋强度等级均为 HPB235、HRB335。原设计未考虑抗震设防。二层结构平面布置原始图见图 3。

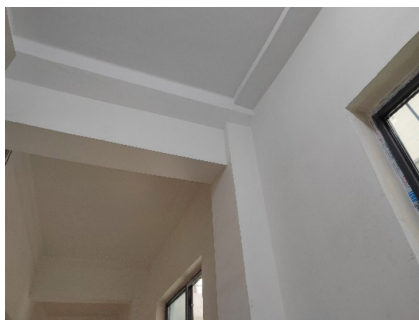


图 2 花篮梁柱节点

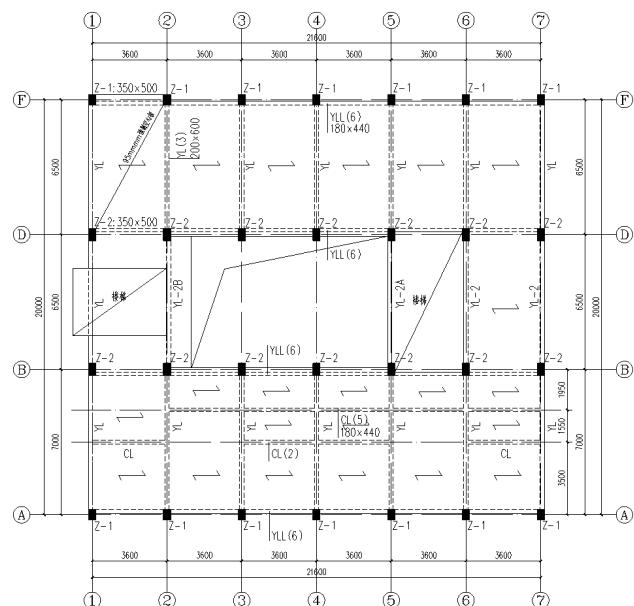


图 3 二层结构平面布置原始图

1.3 鉴定结果

由于计划对办公楼进行装修改造,为了解房屋现状质量和装修改造方案的可行性,由专业检测鉴定单位对房屋按抗震设防烈度为7度(0.1g)、标准设防类(丙类)、A类建筑(后续工作年限30年),进行了抗震鉴定。鉴定结果表明:1)房屋抗侧刚度不足,小震作用下,X向(1/332)和Y向(1/429)层间位移角不满足规范要求;2)房屋一层~四层部分框架柱抗压、抗剪承载力及轴压比不满足要求;3)框架梁普遍承载力不足;4)框架梁、柱均未设置箍筋加密区;5)局部楼板承载力不足。总体上,房屋主体结构不满足后续工作年限内的安全性和抗震性能要求,需对房屋整体进行抗震性能加固。

2 加固设计

结合专业检测鉴定单位鉴定结论和委托方需求,按后续工作年限30年,A类建筑;7度(0.1g),抗震等级二级,设计地震分组为第二组,标准设防类(丙类),4类场地土,特征周期0.90s进行抗震加固。

2.1 结构体系加固

房屋原为单向混凝土框架结构,结构X向和Y向抗侧刚度均不足,且多数框架梁、柱承载力不足。考虑现场实际情况、施工成本控制及技术方案等综合因素,对比分析多个改造方案,最终采用改造方案如下:

增大截面法加固混凝土梁、柱,一层~四层框架柱、二~屋面层框架梁和连系梁采用增大截面法加固;同时将连系梁和框架柱连接节点由铰接改为刚接。加固改造后,小震作用下,X向(1/559)和Y向(1/570)层间位移角均满足规范要求。

2.2 结构构件加固

2.2.1 钢筋混凝土框架柱增大截面加固

考虑钢筋混凝土框架柱为偏心受压构件,同时结合现场实际施工条件,一层~四层框架边柱采用增设钢筋混凝土三面围套(见图4),框架中柱采用四面围套(见图5)进行加固。选取一层3/B轴框架中柱进行加固设计,具体过程如下:

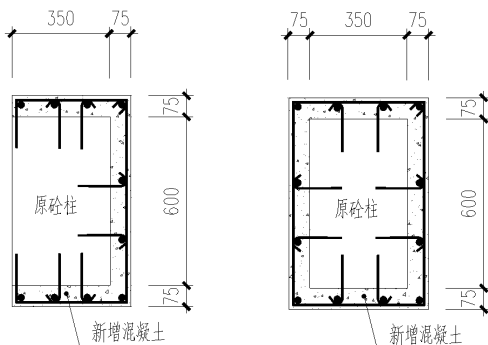


图4 边柱、角柱三面围套 图5 中柱四面围套

(1) 加固方法

采用钢筋混凝土四面围套加固,将原柱四周混凝土面凿毛。钻孔植入拉筋,四周新增纵筋和封闭式箍筋。新增混凝土采用喷射75mm厚C40细石混凝土。

(2) 加固计算

①基本假定: $N=2200\text{kN}$, $M_x=496\text{kN}\cdot\text{m}$; $b=500\text{mm}$, $h=750\text{mm}$, $h_{01}=565\text{mm}$, $h_0=715\text{mm}$, $f'_{y0}=300\text{N}/\text{mm}^2$, $A'_{s0}=A_{s0}=1384\text{mm}^2$, $f_{cc}=13.395\text{N}/\text{mm}^2$, $\alpha_1=1.0$

②计算过程: $e_0=225\text{mm}$, $e_a=25\text{mm}$, $e_i=250\text{mm}$, $e=553\text{mm}$, $e_i > 0.3h_0$, 为大偏心受压

$$\sigma_{s0} = \left(\frac{0.8h_{01}}{x} - 1 \right) E_s \varepsilon_{cu} = 660 \left(\frac{452}{x} - 1 \right) \quad (2.2.1-1)$$

$$\sigma_s = \left(\frac{0.8h_0}{x} - 1 \right) E_s \varepsilon_{cu} = 660 \left(\frac{572}{x} - 1 \right) \quad (2.2.1-2)$$

$$N e \leq \alpha_1 f_{cc} b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + 0.9 f_{y0} A'_s (h_0 - a'_s) + f_{y0} A'_{s0} (h_0 - a'_{s0}) - \sigma_{s0} A_s (a_{s0} - a_s)$$

即:

$$2200 \times 10^3 \times 553 = 1.0 \times 13.395 \times 500x \left(715 - \frac{x}{2} \right) + 0.9 \times 360 A'_s \times 680 + 300 \times 1384 \times 680 - 660 \times \left(\frac{452}{x} - 1 \right) \times 1384 \times 75 \quad (2.2.1-3)$$

$$N \leq \alpha_1 f_{cc} b x + 0.9 f_{y0} A'_s + f_{y0} A'_{s0} - \sigma_s A_s - \sigma_{s0} A_{s0}$$

即:

$$2200 \times 10^3 \leq 1.0 \times 13.395 \times 500x + 0.9 \times 360 A'_s + 300 \times 1384 - 660 \times \left(\frac{572}{x} - 1 \right) \times A_s - 660 \times \left(\frac{452}{x} - 1 \right) \times 1384 \quad (2.2.1-4)$$

由式(2.2.1-3)、(2.2.1-4)、 $A'_s=A_s$,得 $x=330\text{mm}$; $A'_s=A_s=820\text{mm}^2$,选用4C18。

(3) 构造要求

① 框架柱新增纵筋与原有基础连接

房屋采用梁板式筏形基础,根据鉴定报告和加固设计复核,原基础无需进行加固。新增框架柱纵筋采用植筋方式锚入原有基础梁内,锚固深度 $\geq 15d$,伸出基础可采用焊接、绑扎连接或机械连接与新增纵筋连接。

② 框架柱新增纵筋在楼盖处的锚固

框架柱新增纵筋需穿越中间楼层,中部钢筋遇到楼层框架梁时,可采用植筋方式锚入框架梁内(见图6);当框架梁内钢筋较多,与框架柱新增纵筋相碰时,在框架梁位置可采用绕梁而过的方式布置纵筋(见图7)。

③ 框架柱节点梁高范围内等代箍筋构造

框架柱节点梁高范围内,新增混凝土与原有框架

柱和框架梁的连接属于薄弱环节，为保证节点核心区约束，应设置等代箍筋。等代箍筋的构造形式通常采用以下做法，在梁腰钻孔穿箍筋并采用胶粘剂浆锚（见图 8），或采用膨胀螺栓固定角钢以焊接箍筋（见图 9）；等代箍筋设置的直径和间距可比加密区略大，总截面面积保持不变。

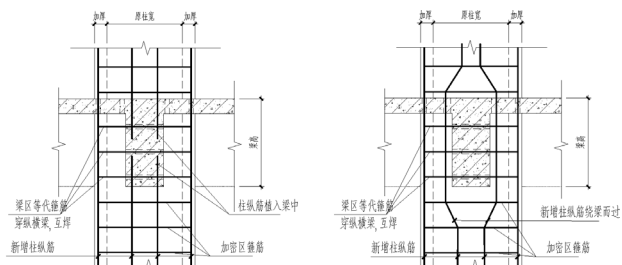


图 6 新增纵筋植入梁内 图 7 新增纵向钢筋绕梁而过

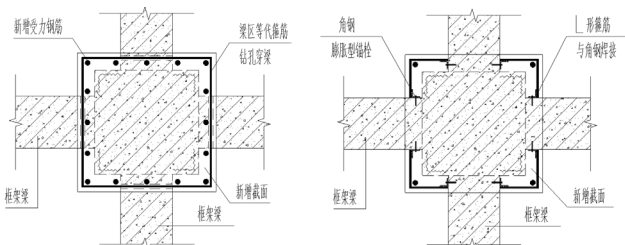


图 8 梁腰钻孔穿箍筋 图 9 角钢焊接箍筋

2.2.2 钢筋混凝土框架梁、连系梁增大截面加固

考虑钢筋混凝土框架梁正截面受弯和斜截面受剪承载力均不足，连系梁与框架柱连接节点为铰接连接，抗震不利。结合现场实际施工条件，二层~屋面层框架梁采用三面增大截面加固（见图 10）；连系梁采用双面增大截面加固（见图 11）。

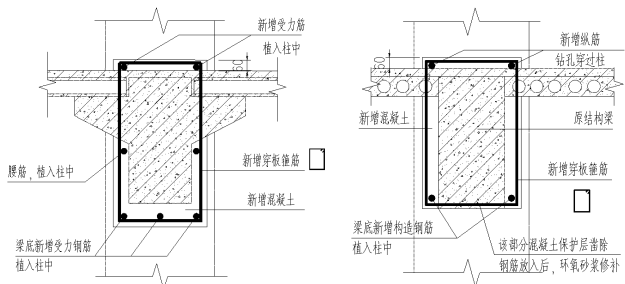


图 10 框架梁三面增大截面 图 11 连系梁双面增大截面

(1) 加固方法

框架梁采用三面增大截面，连系梁采用双面增大截面，将原结构梁混凝土面凿毛。新增纵筋、腰筋和封闭式箍筋。连系梁底部混凝土保护层凿除，待钢筋放入后，采用环氧砂浆修补。原框架梁两侧和底部分别采用喷射 75mm、100mm 厚 C40 细石混凝土；连系梁两侧分别采用喷射 75mm 厚 C40 细石混凝土。

(2) 构造要求

梁底、梁顶新增纵筋植入两侧柱内，锚固长度需

满足计算要求；新增穿板箍筋，穿透楼板，与梁顶、梁底钢筋形成封闭箍骨架；预应力多孔板穿孔部位采用高强无收缩灌浆料，其余穿孔位置采用胶粘剂灌注锚固。

2.2.3 钢筋混凝土连系梁和框架柱节点刚接加固

由于原钢筋混凝土连系梁和框架柱采用铰接连接方式，不符合框架结构双向刚接抗侧力体系和强节点弱构件的抗震核心原则。为使梁柱连接节点由铰接改为刚接，考虑两种加固方案。

方案一：考虑原框架柱混凝土强度较低，植筋锚固深度要求较高。对于框架中柱，新增连系梁纵筋钻孔穿过框架柱，中间节点梁筋在节点内直锚固。同时钻孔位置采用高强无收缩灌浆料锚固。

方案二：对于框架边柱、角柱，为保证植筋深度和锚固效果，可在柱单边增加 200mm 宽、高度同梁高的柱帽，新增混凝土强度为 C40。

2.2.4 预应力空心板加固

房屋楼、屋面板主要采用 95mm 厚预应力多孔板与板面整浇层结合的做法，主要跨度为 3.6m。原使用功能为办公，现业主将内部办公环境进行升级改造，部分区域楼面活荷载有所提高；同时部分楼板局部开设管洞。

综合考虑安全性、施工周期和经济成本，采取楼板补强加固措施。对局部承载力不足的板跨，采用板底粘贴碳纤维的加固方法。对于局部开设管洞的楼板，在开洞周边范围内的原空心板孔洞内灌注高强无收缩灌浆料来补偿板抗剪截面，同时在洞口周边粘贴碳纤维布补偿楼板开洞。

3 施工措施

钢筋混凝土梁柱增大截面施工时，应适当采取措施，提高新旧混凝土结合面的抗剪能力，主要措施如下：

(1) 旧混凝土结合面凿毛处理彻底剔除旧混凝土表面的酥松层、抹灰层及浮浆，凿至坚实骨料层，形成均匀粗糙面（表面凹凸度不小于 6mm），清除浮灰、油污与碎屑，保证界面机械咬合基础。

(2) 设置抗剪构造钢筋，在结合面植入抗剪锚筋或剪切销钉等措施，形成机械抗剪连接件，约束界面相对滑移，直接传递剪力，强化新旧混凝土协同工作性能。

(3) 涂刷专用界面处理剂在凿毛清理后的旧混凝土表面，均匀涂刷水泥基渗透结晶型界面剂、环氧界面胶或水泥净浆结合层，提升界面黏结强度与抗剪性能。

(4) 采用微膨胀混凝土浇筑新增大截面部分，

选用微膨胀细石混凝土(或灌浆料),浇筑时充分振捣密实,利用混凝土微膨胀特性消除界面收缩缝隙,可配置喇叭浇捣口,仔细振捣,保证结合面紧密贴合。

(5)浇筑后及时养护,养护期为 14d。避免因养护不及时,早期脱水及过早振动等引起的结合面黏结强度低,严重时造成结合面开裂。

4 结语

以该单向混凝土框架办公楼为实例,针对其抗侧刚度不足、梁柱及楼板承载力欠缺等问题,按 7 度抗震设防要求,采用增大截面法加固框架梁柱并优化节点连接,结合碳纤维粘贴、灌浆补强等措施处理楼板问题,同时严控新旧混凝土结合面施工工艺。加固后结构指标满足规范及后续工作年限 30 年的使用要求,验证了方案的合理性和经济性。本工程的加固设计与

施工技术,为同类老旧单向混凝土框架结构抗震加固改造,提供了切实可行的工程参考。

参考文献:

- [1] 刘清平,蒋首超,王静峰.装配式单向混凝土框架结构的改造加固技术[J].四川建筑科学研究,2005,31(4):48-50.
- [2] 吴奇隆,绳钦柱.房建工程框架结构节点区域加固设计方案研究[J].陶瓷,2025(12):193-196.
- [3] 混凝土结构加固设计规范[GB 50367-2013].北京:中国建筑工业出版社,2013-11-01 发布,2014-06-01 实施.
- [4] 梁为民,成磊,岳高伟.新旧混凝土锯齿界面参量对抗剪性能的影响机理[J].混凝土,2025(06).
- [5] 许化彬.水泥基无机黏结材料植筋黏结锚固性能研究[D].郑州:郑州大学,2005.