

某住宅户型改造结构加固设计

梁 添

广西万科企业管理有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要]广西某高层剪力墙结构住宅项目,其基础及地下室已完成结构施工。因市场变化,建设单位对未开发区域上部结构进行了调整,包括层数增加(由16~25层增至19~26层)、层高及户型布局优化。改造核心约束条件是不得破坏已完成的筏板基础及CFG桩地基处理,并确认既有地基承载力可满足改造后需求。文中系统阐述了针对改造需求的结构加固方案设计及分析过程,重点包括主要计算结果的对比、关键加固技术的具体做法,确保了基础承载力、冲切验算、基础配筋及构造要求等均得到满足。同时,文中探讨了荷载控制、新旧结构连接、材料匹配等关键原则的应用,并提出了若干优化方向,为类似改造工程提供参考。

[关键词]高层剪力墙结构;既有结构改造;筏板基础加固;新旧结构连接节点;碳纤维布加固;荷载控制

DOI: 10.33142/aem.v7i6.17025

中图分类号: TU2

文献标识码: A

Structural Reinforcement Design for the Renovation of a Certain Residential Unit

LIANG Tian

Guangxi Vanke Enterprise Management Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: The foundation and basement of a high-rise shear wall residential project in Guangxi have completed structural construction. Due to market changes, the construction unit has made adjustments to the upper structure of undeveloped areas, including increasing the number of floors (from 16~25 to 19~26), optimizing the floor height and layout of the units. The core constraint for the renovation is not to damage the completed raft foundation and CFG pile foundation treatment, and to confirm that the existing foundation bearing capacity can meet the requirements after the renovation. The article systematically elaborates on the design and analysis process of structural reinforcement schemes for renovation needs, with a focus on comparing the main calculation results and specific methods of key reinforcement technologies, ensuring that the foundation bearing capacity, punching calculation, foundation reinforcement, and structural requirements are all met. At the same time, the article explores the application of key principles such as load control, connection between new and old structures, and material matching, and proposes several optimization directions to provide reference for similar renovation projects.

Keywords: high-rise shear wall structure; existing structural renovation; raft foundation reinforcement; connecting nodes between old and new structures; carbon fiber cloth reinforcement; load control

1 工程概况

本改造项目位于广西南宁市,地块规划共18栋高层住宅楼,带两层地下室。项目于2023年完成至地下室顶板结构并实现地下室封闭。其中,13栋住宅已竣工验收并交付使用;剩余5栋住宅楼施工至地下室顶板后因故停工。现建设单位根据市场情况拟进行规划变更,针对停建的5栋楼,调整内容包括:减小户型面积、优化室内布局、增加建筑层数(即由原16~25层调整为19~26层)。

本工程主要设计参数如下:结构安全等级为二级;设计基准期50年;抗震设防烈度7度(.1g),设计地震分组第一组,场地类别Ⅱ类;基本风压 0.35kN/m^2 ,地面粗糙度C类^[1]。场地工程地质条件:上覆土层依次为第四系人工杂填土层、淤泥质粉质黏土、残积层硬塑红黏土、可塑红黏土;下伏基岩为石炭系中统灰岩。筏板基底位于可塑红黏土层,其天然地基承载力特征值 $f_{ak}=220\text{kPa}$ 。

调整前,所有楼栋均采用筏板基础。根据原设计,18

层及以下的建筑采用天然地基承载,18层以上地基采用CFG桩进行地基处理。地基承载力进行了深度修正^[2]:天然地基修正后承载力特征值较其天然承载力特征值提高 40kPa ;经CFG桩地基处理后的基底承载力特征值修正后较修正前提高 35kPa 。

2 结构改造原则

因地下室结构已施工,建筑方案调整需结合已施工部分进行,避免已建部分大拆大改。具体而言:①电梯井及楼梯间的剪力墙核心筒位置及尺寸不予调整,避免对地下室剪力墙拆改及二次开挖电梯基坑;②建筑平面尽量沿用原开间尺寸,避免因上部新增剪力墙落于基础位置后,导致基础冲切承载力不足。基于上述约束,结构改造需遵循以下原则:

(1) 荷载控制原则。其核心是确保改造后的总荷载(恒载+活载)不超过已建结构(特别是基础)的安全承载阈值。实现途径包括:通过材料选型(如外墙采用半混

凝土半砌体组合体系,兼顾防水性与降低恒载)和结构优化实现荷载合理分布;通过试算评估既有基础承载力储备,严格控制结构重心与基础中心的偏心距,避免基础承受过大偏心荷载;结合架空绿化层平面布置及地库顶板回填材料选择进行荷载重心调整。

(2) 抗震性能原则。户型调整后的结构布置需维持结构刚度分布的连续性和整体性,避免因局部改造形成抗震薄弱层或薄弱部位^[3]。抗震分析与加固重点在于:在新增剪力墙条件下,对已建的地下室剪力墙和框架进行整体抗震性能复核;确保新增墙体与已建结构形成有效的抗震整体;重点关注新旧结构连接区域的抗震性能。需严格控制结构竖向不规则性,例如避免底层结构转换。抗震分析应进行多方向地震输入计算,识别潜在薄弱层或薄弱部位并进行针对性补强^[4]。

(3) 节点处理原则。新旧结构连接节点的可靠性取决于界面传力机制与施工工艺。具体技术要求:植筋技术需保证足够的锚固深度和黏结强度^[4],避免界面滑移导致内力传递失效;焊接连接需控制热输入量,防止母材性能退化。节点设计必须遵循“强节点弱构件”原则^[3],确保连接区域的承载力高于相邻构件。对于地下工程节点,构造需适应狭窄空间条件。界面处理需重视耐久性,例如对暴露节点采用环氧涂层或阴极保护,延缓腐蚀介质侵蚀。此外,节点区域的应力集中问题需通过构造措施缓解,如加腋处理或增设加劲肋,确保应力平顺过渡。

(4) 材料匹配原则。加固材料的选择需满足与原结构的力学相容性和耐久性协同要求。具体应用:碳纤维布因其高强、轻质特性,适用于抗拉加固,可有效提升构件承载力而不显著增加自重;高性能灌浆料因其良好的流动性和微膨胀性,适用于小截面构件的密实填充,能有效补偿收缩。钢材优先选用低合金高强钢,并通过防腐涂层以延长服役寿命。界面黏结性能是材料应用的关键控制点:例如,碳纤维布需通过专用底胶与混凝土表面形成可靠化学黏结;灌浆料需与旧混凝土实现有效机械咬合。在耐久性方面,需充分评估并量化不同材料在当地环境作用下的性能退化规律(如碳纤维的紫外老化速率、钢材的腐蚀速率),确保加固体系与主体结构的设计寿命相匹配。

3 结构改造方案

(1) 墙柱加固方案。针对新旧墙柱轴线偏差及原截面轴压比不足问题,本方案优先采用扩大截面法提升既有墙柱承载力。具体措施如下:对轴压比超限的墙柱,结合地下大堂、车位、设备房布置空间,采用单侧或双侧扩大截面方式加固;新增混凝土强度等级较原结构提高一级;新旧界面需凿毛处理,凿毛深度 $\geq 6\text{mm}$,并按规范要求植入足够数量的剪力墙拉结筋,其直径、间距及锚固长度需满足规范要求^[4]。新增截面增大超过 50mm 时采用细石混凝土浇筑,增大 50mm 及以下时采用微膨胀灌浆料填充,

施工中确保振捣密实。加固施工前需搭设可靠的临时内支撑体系,并可考虑通过千斤顶预顶升技术控制既有结构应力释放,避免荷载重分布引发有害开裂。对于因塔楼布置调整需在地下室新建的墙体,需在地下室顶板相应位置开槽,并保证节点区混凝土强度与塔楼墙柱一致;开槽内设置满足搭接或机械连接要求的剪力墙贯通钢筋;新建墙体基础部位采用植筋法与既有筏板连接。

(2) 基础加固方案。既有地下室底板加固需遵循“不破坏防水层、不开凿底板”原则,采用基础面加厚与荷载分散相结合的综合策略。具体方案:对于筏板局部冲切承载力不足的墙柱根部区域,在相应墙柱四周增设抗冲切墙垛;墙垛厚度 $\geq 200\text{mm}$,内置双层双向钢筋网,钢筋网通过可靠植筋与原底板顶面连接形成整体,使得上部荷载能有效扩散并传递。采用基础面加厚方案的前提是仅筏板冲切承载力不满足要求。加厚层内拉结筋通过植筋与原底板连接;加厚层板面按计算增设抗冲切钢筋网片;原基础面需凿毛处理后方可浇筑新增层混凝土。新增板面加厚度以满足冲切验算为准;本方案采用有限元软件精确验算冲切应力分布,确保最不利位置冲切抗力设计值 ≥ 1.4 倍相应组合荷载效应设计值,并满足《建筑地基基础设计规范》^[5]第8.4.5条关于抗冲切安全系数 ≥ 2.0 的要求。需要说明的是,因筏板加厚措施非因原筏板底部受拉钢筋验算不足而采取,故加厚后的筏板底部区域不再验算最小配筋率要求^[6]。

(3) 梁加固方案。因户型调整导致地下室需新增墙柱,部分梁的受力路径随之改变,部分新增墙柱间需通过拉结梁重构传力体系。为减少对已建楼板的破坏,优先采用板底新增梁的方案。新增梁与既有墙柱的连接方式采用植筋连接或焊接;连接节点性质(刚接/铰接)的判定依据为:当既有墙厚 $\geq 300\text{mm}$ 且植筋锚固深度 $\geq 20d$ (d 为钢筋公称直径)时,按刚接节点设计,并需验算植筋抗拔力满足刚接要求的锚固力;若验算不满足刚接要求,则按铰接节点设计。对于新增混凝土梁与既有顶板底面间的填缝处理,需满足结构协同变形与荷载连续传递要求。填缝接缝界面应采用无收缩环氧砂浆填充,其材料弹性模量应与新旧混凝土弹性模量的比值控制在 $0.8\sim 1.2$ 范围内,以避免因温差应力导致界面剥离。具体施工步骤:施工前对既有顶板底面进行凿毛处理并涂刷环氧基界面剂,确保涂层厚度均匀且覆盖率 $\geq 95\%$;填缝厚度宜为 $20\sim 30\text{mm}$,采用压力注浆工艺(注浆压力 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$)分两阶段灌注(初凝后二次补浆以消除内部孔隙);填缝完成后需进行密实度检测及界面抗剪强度试验。此外,需考虑长期荷载作用下的徐变效应,要求填缝材料徐变系数 $\mu \leq 1.5$,且与混凝土徐变系数差值 $\Delta\mu \leq 0.3$,以保障协同变形协调性^[7]。对于因结构布局调整导致局部已建梁出现原有底筋数量不足或抗剪承载力不足时,为减少支模工作量及对已安装设备的影响,优先采用粘钢法加固。加固完成后,外露钢

板表面应涂装环氧富锌底漆与聚氨酯面漆体系,提升耐腐蚀性,并依据建筑的防火等级要求涂覆相应耐火极限的防火涂料^[8]。

(4) 楼板加固方案。因墙梁结构布置调整导致部分楼板支座条件变化,其内力需通过弯矩调幅与必要的加固措施协同解决。设计步骤:首先依据《混凝土结构设计规范》^[6]第 5.4 节进行塑性内力重分布计算,允许将支座负弯矩调幅幅度控制在 $\leq 30\%$,并相应增加跨中正弯矩配筋。鉴于原 ± 0.00 处标高的楼板为双层双向配筋,满足最小配筋率要求。因此,调幅后,若按调幅后弯矩计算的支座处负弯矩配筋需求小于楼板构造配筋量,则板面无需加固;否则,需采用板面粘贴碳纤维布等方法进行加固。对于板底区域:因可能增加支座导致板跨减小,需复调幅前计算所需钢筋是否小于等于已施工钢筋量;同时复核弯矩调幅后,既有原板底钢筋是否仍能包络调幅后的跨中计算弯矩需求。不满足则采用粘钢法或粘贴碳纤维布加固。

4 结论

本工程成功应对了建筑户型改变带来的挑战,在充分利用既有部分地下室结构的基础上,完成了全部地下室结构改造和新建上部结构的设计。通过将地下室新旧建筑连接处理与上部结构体系设计一体化考虑,制定并实施了以荷载控制、抗震性能提升、可靠节点连接及材料匹配为核心的加固方案,保证了整体结构的安全性和方案实施的经济性目标得以实现。具体而言:(1) 荷载控制有效:通过材料选型、结构优化及荷载重心调整,确保了改造后总荷载在既有基础承载力储备范围内,避免了基础破坏风险。

(2) 关键构件加固到位:针对墙柱轴压比不足、筏板冲切薄弱、梁承载力不足及楼板内力变化等问题,采用了扩大截面、增设抗冲切墙垛、粘钢、碳纤维布加固等针对性

措施,计算结果满足规范要求。(3) 新旧连接可靠:通过严格的植筋、焊接、界面处理及填缝工艺控制,确保了新旧结构连接节点的传力可靠性和长期耐久性。(4) 材料应用合理:根据加固部位及受力特点,合理选用了高强灌浆料、碳纤维布、低合金高强钢等材料,并考虑了其力学相容性与耐久性匹配。

本工程实践表明,所述加固方案与分析方法是可行且有效的,为类似高层剪力墙住宅的既有地下室顶板以上部分改造提供了有价值的参考。

[参考文献]

- [1] 建筑结构荷载规范:GB 50009-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 建筑地基基础设计规范:GB 50007-2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [3] 建筑抗震设计规范:GB 50011-2010[S].2016 年版,北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [4] 混凝土结构加固设计规范:GB 50367-2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [5] 建筑地基基础设计规范:GB 50007-2011 [S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [6] 混凝土结构设计规范:GB 50010-2010[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [7] 中国建筑科学研究院.混凝土结构构造手册(第五版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [8] 建筑设计防火规范:GB 50016-2014 (2018 年版)[S].北京:中国计划出版社,2018.

作者简介:梁添,毕业院校:同济大学,所学专业:土木工程,一级注册结构工程师,当前就职单位:广西万科企业管理有限公司,职务:结构设计管理。