

海外九度抗震设防型钢混凝土组合结构节点优化

张永祥

上海建工五建集团有限公司, 上海 200062

[摘要]型钢混凝土组合结构能够充分发挥混凝土与钢材的优势, 弥补彼此的缺点, 具有抗震性能好, 用钢量低等特点。对于海外九度抗震设防超高层建筑, 受海外材料运输条件制约, 钢结构工况受限前提, 利用 BIM 施工技术, 结合现场实际操作, 对组合结构施工节点进行优化, 降低施工难度的同时, 在一定程度上提高施工质量。

[关键词]型钢混凝土组合结构; BIM 技术; 施工节点优化; 海外 9 度抗震工程

DOI: 10.33142/sca.v7i6.12540

中图分类号: TU755

文献标识码: A

Optimization of Nodes in Overseas Seismic Fortification Steel-concrete Composite Structures

ZHANG Yongxiang

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200062, China

Abstract: Steel reinforced concrete composite structures can fully leverage the advantages of concrete and steel, compensate for each other's shortcomings, and have the characteristics of good seismic performance and low steel consumption. For overseas nine degree seismic fortification super high-rise buildings, under the constraint of overseas material transportation conditions and steel structure working conditions, BIM construction technology is used to optimize the construction nodes of composite structures in combination with on-site practical operations, reducing construction difficulty and improving construction quality to a certain extent.

Keywords: steel reinforced concrete composite structures; bim technology; optimization of construction nodes; overseas 9-degree seismic engineering

引言

随着近年来高层建筑的不断发展, 型钢混凝土组合结构在超高层建筑广泛应用。型钢混凝土组合结构充分发挥了混凝土抗压性能好, 钢材抗拉强度高、塑性好的优点, 两种材料协同互补、共同工作。型钢混凝土组合结构的结构延性相较普通钢筋混凝土结构明显提高, 尤其是腹式型钢更具有良好的抗震性能。

1 工程概况

我国抗震设防烈度达到 9 度地区主要分布在西部, 如四川西昌市、云南寻甸县、西藏当雄县等等, 高层建筑结构类型普遍以高度不超过 60m 的框架剪力墙结构为主, 超过 100m 的超高层建筑案例屈指可数。型钢混凝土组合结构在我国抗震设防烈度 9 度地区的超高层建筑应用缺少相应的工程案例积累。乌兹别克斯坦三座银行办公总部项目位于乌兹别克斯坦首都塔什干市, 塔什干市为中亚地区主要的经济和文化中心, 位于地中海-喜马拉雅地震带之上, 地壳活动相对频繁, 据记载当地近现代地震灾难最大一次为 1966 年 4 月 26 日塔什干地震, 震级 7.5 级, 震中位于塔什干市中心, 深度 3~8km, 地震导致塔什干 80% 的建筑物倒塌。

本工程建设地点位于塔什干新城 6 号地块, 该地块建设范围是工业建设商业股份银行、阿萨卡商业股份银行、阿洛卡商业股份银行的办公楼及中央地下停车场。建设用地面积 36576.9 m², 总建筑面积 225406 m², 三栋塔楼最高 33 层达 147m。根据本项目地勘报告, 设计采用中国规

范的抗震设防烈度 9 度, 基本地震加速度值为 0.40g, 设防地震分组为第三组。

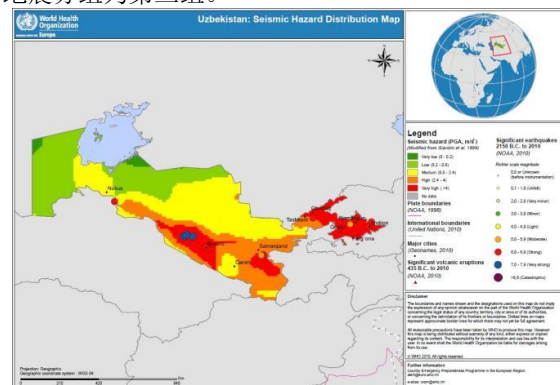


图 1 乌兹别克斯坦地震灾害分布图



图 2 结构框架三维图

本工程采用“型钢混凝土框架柱+钢筋混凝土框架梁+型钢混凝土核心筒+阻尼器”的消能减震结构体系。核心筒墙体在下部楼层设置了钢板,以提高墙体的抗剪承载力,增加构件延性。同时连梁采用钢骨连梁,以解决混凝土连梁的抗剪不足,中大震下提高连梁的耗能能力。本文主要针对本项目型钢混凝土组合结构在施工过程中的实际操作及节点优化展开论述。

2 型钢混凝土组合结构的特点

2.1 与传统钢筋混凝土相比

(1) 承载力高、截面小,钢筋混凝土构件受配筋率的限制,提高承载力的途径只能是加大截面尺寸,而组合结构可以设置较大的型钢,提高构件承载力,更能满足高层及超高层建筑设计的需要。

(2) 整体工作性能好,型钢骨架与外包混凝土形成整体,共同受力。

(3) 型钢混凝土组合结构施工进度快,工期短。

(4) 构件的延性好,抗震性能更优越,由于构件中型钢的作用,组合结构的延性远大于钢筋混凝土结构。

2.2 与钢结构相比

(1) 耐久性、耐火性均优于钢结构,型钢外包的混凝土,可取代钢结构所涂的防锈和防火涂料,混凝土蓄热能力强,耐久性能好。

(2) 型钢被混凝土包裹,其整体变形和局部变形均受到很强的约束,使得内部的型钢构件局部和整体稳定性得到很大程度的提高,钢材的强度得以充分发挥。除此之外,组合结构具有更大的刚度和阻尼,有利于控制结构的变形。

(3) 钢材能够节省 50%甚至更多。

3 施工节点优化设计

型钢混凝土组合结构有着诸多优点,且适用地震多发地带的超高层建筑,但由于主要框架结构依然存在较多的钢筋工程,若处理不当,将势必会造成型钢混凝土构件自身的钢筋连接困难,也会影响框架梁主筋连接到型钢混凝土构件的锚固,同时还会对梁柱节点部位的混凝土浇捣造成困难,最终导致型钢混凝土组合结构的刚度降低。

本工程在实际操作过程中,基于原设计图纸,利用 BIM 三维模型对型钢混凝土节点进行相应的可视化施工模拟,提前把控施工质量,规避了绝大部分的节点施工问题。后续在实际操作与钢筋放样过程中,对局部梁柱节点进行最后的施工前优化,确保施工过程满足设计及规范要求。

3.1 BIM 三维模型复杂节点深化

对于型钢混凝土组合结构,区别于普通钢筋混凝土结构的施工难点,首先便是混凝土梁与型钢柱墙相接的节点,混凝土梁内主筋锚入型钢竖向结构,由于主筋数量众多、锚固长度难保证等原因,参照《12SG904-1》的相关要求增加其他措施来保证梁柱节点之间的连接。

按要求,混凝土梁腰筋及二排筋在满足排布及锚固长度的情况下,在型钢混凝土柱墙内弯锚以保证连接锚固;上下

主筋若因为钢筋过密无法满足弯锚的情况下,需采用(1)设钢筋连接钢板,钢筋连接板与钢板墙或钢骨采用熔透焊接等强连接,钢筋与连接钢板焊接连接板厚度 20mm,焊接保证双面焊接 5d;(2)设钢筋接驳器,钢筋从接驳器接出后焊接或搭接贯通,接驳器与钢板墙或钢骨采用等强连接,其连接承载力不低于钢筋的承载力。钢筋连接钢板与钢筋接驳器必须在加工厂内与钢骨一同生产,以保证焊接质量。

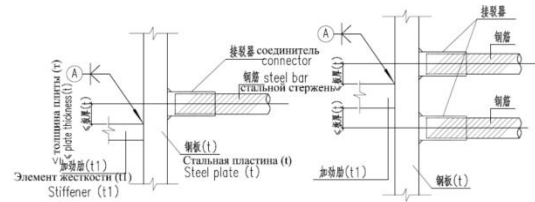


图3 接驳器与钢筋连接大样

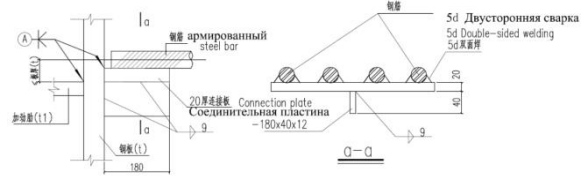


图4 钢板与钢筋搭接连接大样

由于本工程钢骨数量众多,且梁柱节点大多非正交,若单纯依靠钢结构深化生产,势必会出现连接板与接驳器的位置失准,导致现场施工被动调整的情况。故本项目利用 BIM 三维模型,土建钢筋放样深化配合钢结构深化设计,对梁柱节点进行 BIM 三维节点模拟。

在二维设计图纸上对所有梁柱节点进行初步复杂节点深化工作,结合 BIM 三维结构碰撞模拟,最大程度规避施工中可能出现的问题,根据以上处理原则,将连接板与钢筋接驳器定位在平面图与立面图上,每个接驳器的角度同样放出,最终形成 BIM 三维钢结构深化设计模型,并按模型进行生产加工,如图 5~10 所示;

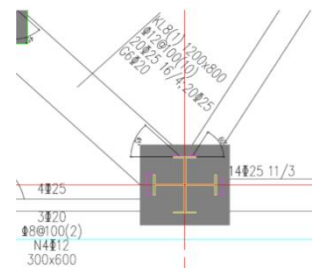


图5 钢筋深化放样平面图

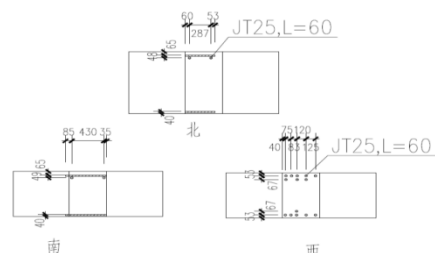


图6 钢筋深化放样立面图

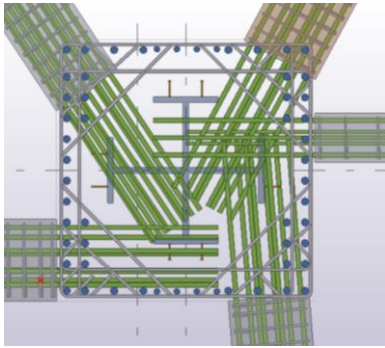


图7 BIM 三维结构碰撞模拟



图8 BIM 三维钢结构深化



图9 连接板与接驳器现场图片

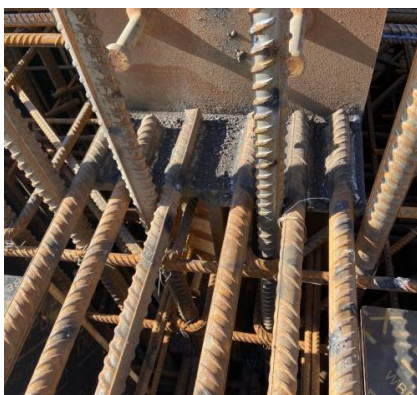


图10 主筋焊接连接板现场图片

3.2 梁柱主筋优化

在BIM 三维结构施工碰撞模拟过程中,由于增设的钢结构加劲板、钢筋连接板、钢筋接驳器等措施构件,设计过程未完全避让,出现了梁柱等节点的施工碰撞现象,梁柱主筋无法按照原图进行钢筋排布,或主筋间距过密,施工难度较大,如图11。

针对梁柱主筋排布不合理导致的施工碰撞情况,经与设计协商讨论,提出如下施工优化方案。(1)柱纵筋与型钢柱芯翼缘连接板碰撞等情况,将纵筋沿箍筋向两侧对称移动或移至外排,避开连接板或加劲板等构件,如图12;

(2)因结构梁柱节点区钢筋较密,导致无法按照设计指定钢筋排数摆放钢筋,则根据《16G101-1》相关规则摆放梁柱纵筋,如图13。

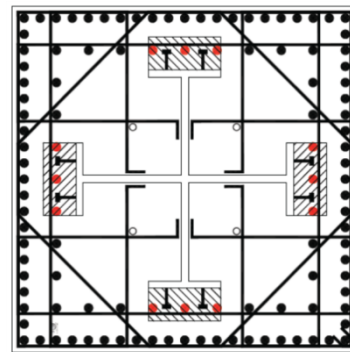


图11 柱纵筋碰撞连接板大样

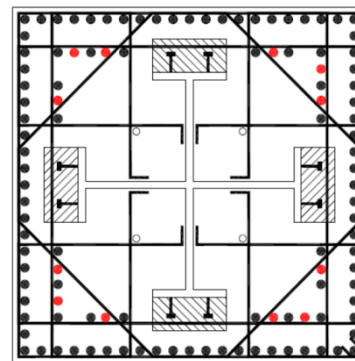


图12 柱纵筋避让连接板大样

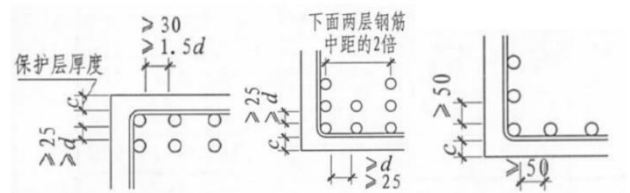


图13 梁柱纵筋排布规则

3.3 箍筋节点优化

本项目总计钢材逾 8000t, 钢材型号要求 Q390B/Q355D 等, 考虑塔什干当地钢材生产能力不足与供应型号不匹配等不利因素,本工程主要钢材均由国内生产运输至塔什干。国际采运受各方条件限制,故钢骨出厂装

箱长度平均 10m，即两个楼层形成一个单元。

在钢筋长度较长的前提下，箍筋从上至下穿过钢筋操作性低，也因为箍筋规格较大（最大 16mm），导致封闭箍筋无法从侧面安装，钢筋封闭箍筋的现场安装工作成为混凝土浇筑前的首要问题，需要对箍筋排布及做法进行优化调整。

针对钢柱外侧封闭箍筋，经与设计协商，参照《04SG523》相关规则，将箍筋分割成两个 U 形箍，现场焊接成封闭箍筋，单面焊接长度 10d。施工时注意焊接位置避开主筋；箍筋连接位置设置在柱中部，避开角部；箍筋上下焊接位置相互错开等要求，如图 14。

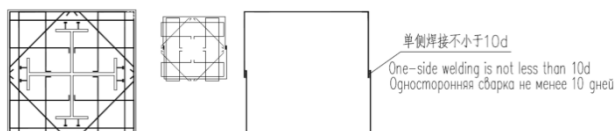


图 14 钢柱外侧封闭箍筋优化大样

4 结语

乌兹别克斯坦三座银行办公总部项目中型钢混凝土组合结构节点施工较为复杂，通过 BIM 模型可以提高节点各项参数的合理性与操作性。依托 BIM 技术模拟分析复杂节点的施工效果，结合相关图集对相关节点进行设计优化，遵循设计意图，保证施工质量，从而实现海外九度抗震设防型钢混凝土组合结构工程的资源优化，提质增效，改善工程效益。

[参考文献]

- [1]王月明. 谈型钢混凝土组合结构的运用和施工优化[J]. 《基层建设》, 2020(9):024.
 - [2]高翊轩,杨振宇. 基于 BIM 对型钢混凝土梁柱节点施工优化[J]. 《中国高新技术企业》, 2017(9):89.
 - [3]中国电子工程设计院. 型钢混凝土组合结构构造:04SG523[S]. 北京:中华人民共和国建设部, 2004:1-2.
 - [4]中国建筑标准设计研究院. 型钢混凝土结构施工钢筋排布规则与构造详图:12SG904-1[S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012:2-3.
 - [5]王少鹏,刘雁峰. 型钢混凝土组合结构梁柱节点钢筋施工技术[J]. 文化科学, 2018(12):189.
 - [6]张经伟. 型钢混凝土组合梁柱节点施工要点分析[J]. 市政工程, 2021(8):86.
 - [7]赵崇阳. 型钢混凝土结构梁柱节点连接技术[J]. 建筑科学, 2024(3):136.
 - [8]段雷. 型钢混凝土组合结构的梁柱节点施工质量控制[J]. 市政工程, 2021(9):51.
 - [9]郑晓春,钱高. 型钢混凝土组合结构的梁柱节点施工质量管控探讨[J]. 建筑设计及理论, 2023(4):78.
- 作者简介:张永祥(1971.1—), 毕业院校:西南科技大学, 所学专业:土木工程, 当前就职单位:上海建工五建集团, 职务:项目经理, 职称级别:中级。