

基于BIM的超长超重钢结构构件吊装施工应用

林可¹ 梁伟怀¹ 史益军² 郑志健²

1. 中海建筑有限公司; 2. 上海凯云建筑工程咨询有限公司

摘要:上海市虹口区广中社区N080601、N080602单元059-2地块开发项目规划有住宅、商业综合区、商业办公楼、数据机房等,总建筑面积为275978m²,其中T5楼为多层钢结构框架。由于建筑功能的需要,结构跨度较大,层高较高,部分构件超长超重,现场施工存在困难,且屋顶层大梁吊装过程涉及高空拼装难以精确控制。针对上述问题,利用BIM技术对T5钢结构进行施工全过程三维模拟,保障现场施工安全,确保一次吊装成功。形成的基于BIM的超长超重钢结构构件吊装施工技术,可为类似工程提供参考。

关键词:超长超重; 钢结构; BIM; 吊装施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.06.029

一、引言

近年来,大跨钢结构在土木工程领域内所占的比例逐年增大^[1]。对于跨度较大的结构,存在超长超重构件,部分构件需要高空拼装,现场施工难度大,且吊装精度难以控制,吊装过程中的力学问题突出^{[2][3]},因而吊装施工是最为重要、难度最大的环节,直接影响了工程质量及安全^[4]。BIM技术的应用能够有效解决上述问题,利用BIM技术不仅可以实现建筑结构精细化三维建模,而且能够实现施工全过程的三维模拟,可以有效指导现场施工。此外,BIM技术为具体方案的选择落实提供了技术支撑,能够实现多维度集成化、信息化、协同化的平台构建,提升整体工作效率^[5]。

本文以实际钢结构工程为例,针对超长超重钢结构构件在吊装过程中的重难点进行分析,利用BIM技术实现了施工全过程三维模拟,保证了施工的质量和效率,可供后续类似工程参考。

二、工程概况

上海市虹口区广中社区N080601、N080602单元059-2地块开发项目T5楼,结构类型为多层钢结构框架,地下室设有一节型钢混凝土柱,地上结构体系有94根箱型钢柱,钢梁采用H型钢梁和箱型钢梁。T5钢结构轴测图如图1所示。T5涉及多个超长超重的钢结构梁柱构件,施工难度大,因此编写了专项施工方案,并使用BIM技术进行吊装施工方案的三维模拟,保障施工安全,确保一次吊装成功。

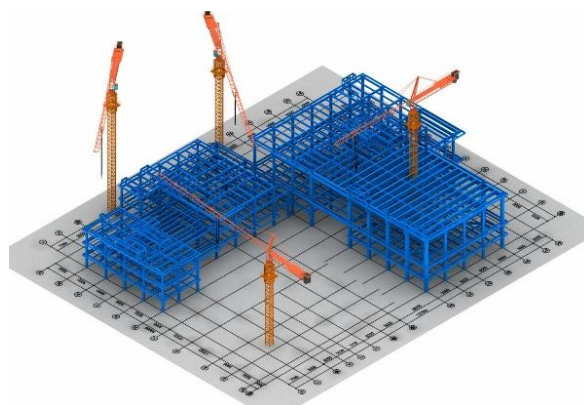


图1 T5整体结构轴测图

三、钢结构安装

施工总体顺序为:先地下室部分,再地上部分。T5楼钢结构塔吊吊装范围覆盖场区所有钢柱、钢梁,主要采用塔吊进行吊装,部分超重、超出塔吊吊装半径覆盖范围的,需要使用汽车吊配合进行吊装。

T5楼钢结构按照土建施工的先后顺序,拟分成3个区进行施工吊装,吊装顺序为:一区→二区→三区,按照先框架柱,再框架梁,后次钢梁的顺序依次进行吊装。

(一) 地下钢结构吊装

地下钢结构吊装主要是钢柱构件,其中KZ11-9.2吨、KZ10-7.8吨、KZ9-16.5吨超过塔吊的吊重范围,使用汽车吊站在栈桥上进行吊装。

KZ11-9.2吨、KZ10-7.8吨采用50吨吊车,主臂长:36.2米,吊装半径9米,吊装重量为10.9吨>9.2吨(含1.2安全系数),满足要求。

KZ9-16.5吨采用200吨吊车,主臂长:39.9米,吊装半径26米,吊装重量为18.3吨>16.5吨(含1.2安全系数),满足要求。

(二) 地上二层、三层钢柱吊装

通过对地上二层、三层构件计算分析,钢柱GKZ05-7.3吨、GKZ04-5.7吨超过塔吊的吊重范围,如图2所示,使用汽车吊站在消防通道上进行吊装,消防通道的混凝土强度达到设计强度100%,方可使用起重机进行吊装。GKZ06-12.8吨超过塔吊的吊重范围,使用汽车吊站在外围地面上进行吊装。另外,部分钢柱、钢梁不在塔吊覆盖范围的,使用汽车吊站在外围地面上进行吊装。

GKZ05-7.3吨、GKZ04-5.7吨采用50吨吊车，主臂长：36.2米，吊装半径12米，吊装重量为7.5吨>7.3吨（含1.2安全系数），满足要求。

GKZ06-12.8吨采用200吨吊车，主臂长：39.9米，吊装半径26米，吊装重量为18.3吨>12.8吨（含1.2安全系数），满足要求。

5-16/5-B~5-E轴钢梁RGKL303-14.65吨采用100吨吊车，主臂长：35.5米，吊装半径16.5米，吊装重量为14.7吨>14.65吨（含1.2安全系数），满足要求。

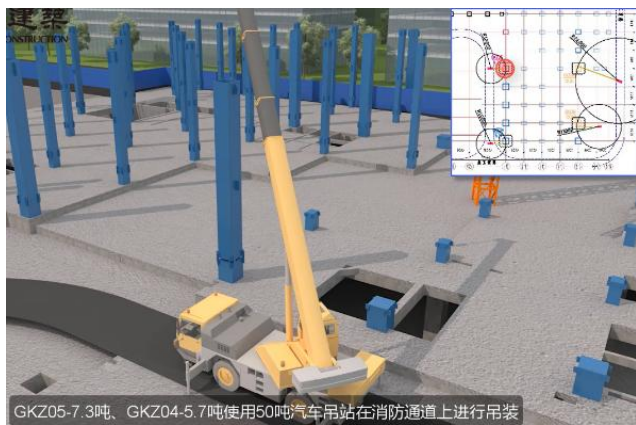


图2 钢柱GKZ05-7.3吨、GKZ04-5.7吨吊装模拟图

(三) 屋顶层钢柱吊装

通过对屋顶构件的计算分析，钢柱GKZ05-14.6吨、GKZ04-11.3吨超过塔吊的吊重范围，如图3所示，需要使用汽车吊站在消防通道上进行吊装，消防通道的混凝土强度达到设计强度100%，方可使用起重机进行吊装。由于GKZ06-25.5吨在5-16//5-E轴位置大吊机无法站位，故将此节钢柱分两段，每节柱约13吨。另外，部分钢柱、钢梁构件不在塔吊覆盖范围的，则使用汽车吊站在外围地面上进行吊装。

吊装5-10轴处的钢柱GKZ04-11.3吨采用50吨吊车，主臂长：30.4米，吊装半径9米，吊装重量为12.2吨>11.3吨（含1.2安全系数），满足要求。

钢柱GKZ05-14.6吨及钢梁RGKL404-13.61吨采用100吨吊车，主臂长：40米，吊装半径16米，吊装重量为15.1吨>14.6吨（含1.2安全系数），满足要求。

吊装5-16轴处的钢柱GKZ04-11.3吨采用200吨吊车，主臂长：52.71米，吊装半径26米，吊装重量为14.5吨>11.3吨（含1.2安全系数），满足要求。

5-16/5-E轴钢柱GKZ06-25.5吨（分两段）采用200吨吊车，主臂长：48.5米，吊装半径24米，吊装重量为16.5吨>13吨（含1.2安全系数），满足要求。

5-16/5-B轴钢柱GKZ06-25.5吨及钢柱GKZ04-11.3吨

采用100吨吊车，主臂长：26.5米，吊装半径11米，吊装重量为27.25吨>25.5吨（含1.2安全系数），满足要求。

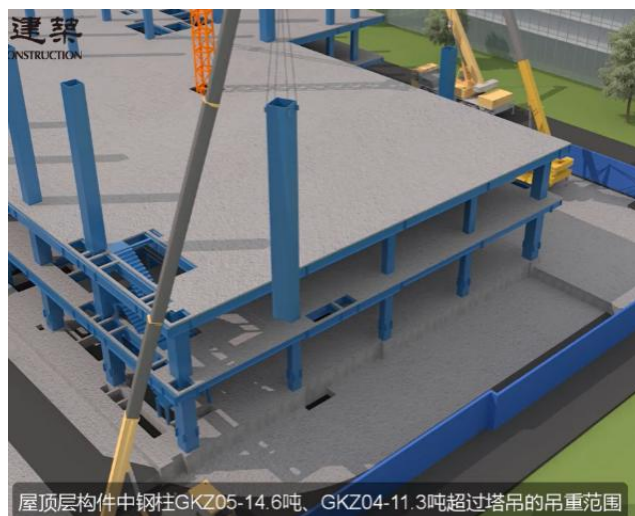


图3 钢柱GKZ05-14.6吨、GKZ04-11.3吨吊装模拟图

(四) 屋顶层钢梁吊装

屋顶层钢梁较重，超出吊重范围的钢梁需分段进行吊装。如表1所示，5-10~5-16/5-D轴，5-10~5-16/5-C轴钢梁RGKL406有2根，长度为36米，重量达27.39吨；5-10~5-16/5-B轴、5-10~5-16/5-E轴钢梁RGKL408有2根，长度36米，重量达27.39吨；5-10~5-16/(4-A/5-A)~5-F轴钢梁RGL403有10根，长度36米，重量达21.75吨；5-16/5-B~5-E轴钢梁RGKL403有1根，长度27米，重量达35.74吨；5-10/5-E~5-G轴钢梁RGKL404有1根，长度18米，重量达13.61吨；5-10~5-16/5-D轴上方钢梁RGL406有1根，长度36米，重量达28.32吨。

表1 屋顶钢梁重量表

序号	构件编号	数量	重量(吨)	备注
1	RGKL404	1	13.61	5-10/5-E~5-G轴
2	RGKL403	1	35.74	5-16/5-B~5-E轴(分两段)
3	RGKL406	2	27.19	5-10~5-16/5-D轴 5-10~5-16/5-C轴
4	RGKL408	2	27.39	5-10~5-16/5-B轴 5-10~5-16/5-E轴
5	RGL403	10	21.75	5-10~5-16/(4-A/5-A)~5-F轴
6	RGL406	1	28.32	5-10~5-16/5-D轴

钢梁RGKL406、RGKL408、RGL403共14根，跨度大，且构件较重，考虑运输长度，工厂将构件分成3段加工，如图4所示，现场施工搭设临时支撑架进行吊装。临时支撑架搭设下方需在楼板上铺设20mm钢板，待结构形成稳定的框架，再拆除临时支撑架。

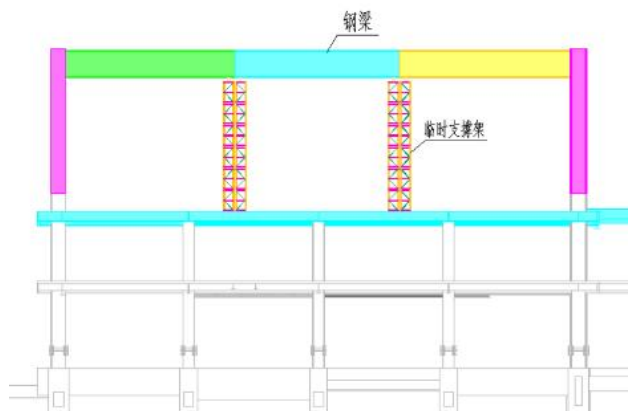


图4(a) 临时支撑示意图

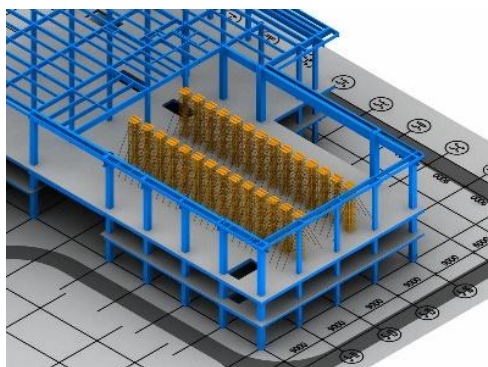


图4(b) 临时支撑模拟图

所有钢梁构件的对接拼接节点均为等强连接，采用坡口全熔透焊，焊缝质量等级为一级。根据设计要求，施工时对跨度 $\geq 9\text{m}$ 的钢梁，应按跨度的大小取跨度的 $1/1000\sim 3/1000$ 起拱。

为了确保高空定位的精度，本工程采用单夹板对接节点，腹板用高强度螺栓连接，翼板、腹板坡口全熔透焊（图5）。高强螺栓的设计预拉力值按《钢结构设计规范》（GB 50017-2017）的规定采用，高强螺栓连接钢材的摩擦面应进行抛丸处理，连接面摩擦系数必须符合设计要求。严格按照《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》（GB/T3632-2008）做好相应的试验检测。

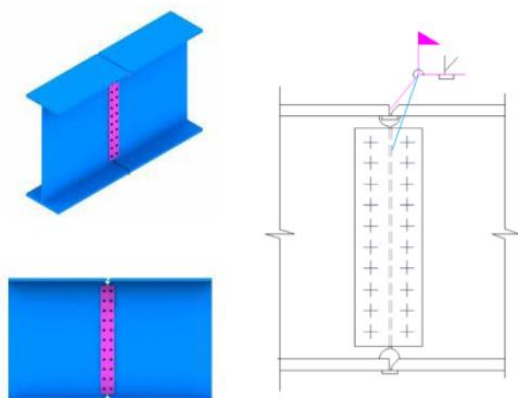


图5 钢梁对接节点（单夹板）

通过计算分析，钢梁RGKL403-35.74吨超过了塔吊的吊重范围，采用200吨吊车，主臂长：48.5米，吊装半径22米，吊装重量为18吨 >16.25 吨（含1.2安全系数），满足要求。

本工程T5钢结构采用钢框架结构体系，吊装顺序从下往上，先钢柱后钢梁，先主钢梁后次钢梁依次进行安装。屋顶钢结构由于构件超长、超重需要考虑分段吊装，高空拼装，设置临时支撑架，增加了施工难度。针对屋顶层大梁使用BIM技术实现了现场吊装3D全过程模拟。工艺流程如图6所示。

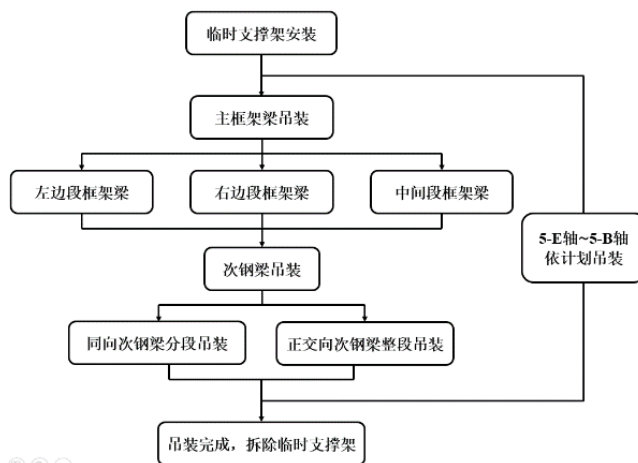


图6 屋顶层大梁吊装工艺流程图

五、结论

本文涉及的上海市虹口区广中社区N080601、N080602单元059-2地块开发项目T5楼，针对部分钢梁柱构件超长超重、现场施工难度大等问题，创新性的引入了BIM技术，实现了钢结构安装全过程三维模拟，有效指导现场施工，在保证施工安全的同时提升了施工效率、缩短了施工工期，并减少了施工全过程中的人力和资源的浪费，并可作为其他类似项目的参考。

参考文献

- [1]管品武, 冯浩琪, 梁岩, 余政. 大跨复杂斜撑钢结构施工全过程模拟分析[J]. 工业建筑, 2022, 52(1): 1-11.
- [2]陈明, 孙佳佳, 郑波. 某大跨度钢桁架屋盖结构提升施工分析[J]. 建筑结构, 2016, 46(23): 73-78.
- [3]郑海, 蒲建明, 章伟. 大跨度钢构件吊装及安装精度的控制论述[J]. 建筑结构, 2019, 49(S1): 339-342.
- [4]张茂永. 建筑钢结构工程吊装施工方案控制要点[J]. 冶金与材料, 2020, 40(5): 157-158.
- [5]黄瑞国. BIM技术在土木工程中的应用具体措施探讨[J]. 居舍, 2021(25): 55-56.