

超高排架柱组合式钢模板整体浇筑高效振捣施工技术

王旭¹, 孙鹏², 孙炳营³, 李想³, 李卫亚³

1. 山东开放大学, 山东 济南 250000

2. 山东省工程咨询院, 山东 济南 250000

3. 中建三局第一建设工程有限责任公司, 湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ME.2026060031

摘 要 : 超高排架柱现浇施工中, 传统的做法经常会出现振捣不密实、钢筋偏位、工期延长等现象。本文以工程实例为依托, 对组合式钢模板整体浇筑、高效振捣的施工方法进行阐述, 提出工艺要点和质量控制方法。从实际应用来看, 利用定型定位件、分层振捣开孔、一次浇筑成型的方法可以使柱体混凝土合格率大于98%, 工期比原方案缩短约40%, 单柱综合成本减少4823元。该方法适合于工业厂房、大型仓库等工程的构件施工, 可以给同类构件施工提供借鉴。

关 键 词 : 超高排架柱; 组合式钢模板; 整体浇筑; 高效振捣; 施工技术

High-efficiency Vibration-Compacted Integral Casting Construction Technology for Ultra-high-span Frame-column Composite Steel Formwork Systems

Wang Xu¹, Sun Peng², Sun Bingying³, Li Xiang³, Li Weiya³

1. Shandong Open University, Jinan, Shandong 250000

2. Shandong Engineering Consulting Institute, Jinan, Shandong 250000

3. China Construction Third Bureau First Engineering Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430000

Abstract : In the cast-in-place construction of ultra-high bay frame columns, traditional methods often lead to issues such as inadequate compaction, steel reinforcement displacement, and prolonged construction duration. Based on practical engineering cases, this paper elaborates on the construction method involving the integral casting of composite steel formwork combined with high-efficiency vibration techniques, and proposes key process parameters and quality control measures. From a practical application perspective, employing standardized positioning components, layered vibration at openings, and a single-stage casting approach can achieve a qualified concrete strength rate for the columns exceeding 98%, shorten the construction period by approximately 40% compared with the original plan, and reduce the comprehensive cost per column by RMB 4,823. This method is well-suited for component construction in industrial plants, large warehouses, and similar projects, and can serve as a valuable reference for the construction of comparable structural elements.

Keywords : ultra-high-span frame column; composite steel formwork; integral casting; high-efficiency vibration compaction; construction technology

引言

工业厂房、大型公共建筑中的超高排架柱承受主要的结构荷载, 施工质量好坏直接影响到结构的安全和耐久^[1]。常规施工大多采取分段支模、分次浇筑的方式, 模板刚度小容易变形, 混凝土振捣存在死角, 钢筋位置难以准确控制, 柱体易产生蜂窝、麻面、根部缺陷、轴线偏移等问题^[2]。分段施工要等到下层混凝土强度达到要求之后才开始施工, 工期长、用工和机械投入大, 整体效率低^[3]。

为了克服上述问题, 在工程中采用了组合式钢模板整体浇筑高效振捣的施工方法。该方法把定型钢筋定位件、组合钢模板体系和分层振捣做法结合起来, 达到钢筋定位准、模板装拆快、混凝土浇筑密实的目的^[4]。该方法已经获得了多项专利, 并且在工程中得到了应用, 但是现有的资料大多只对单项技术改进进行阐述, 没有给出完整的工艺和质量控制的说明^[5]。本文根据现场实践, 对本方法的原理及操作要点进行整理, 给类似工程提供借鉴。

作者简介:

王旭(1994.07.27-), 男, 汉族, 山东济南人, 山东开放大学, 硕士研究生, 中级工程师;

孙鹏(1985.07.28-), 男, 汉族, 山东商河人, 山东省工程咨询院, 本科, 中级工程师;

孙炳营(1996.01.26-), 男, 汉族, 河南新乡人, 中建三局第一建设工程有限责任公司, 本科, 工程师;

李想(1995.11.25-), 男, 汉族, 吉林吉林人, 中建三局第一建设工程有限责任公司, 本科, 工程师;

李卫亚(1996.11.03-), 男, 汉族, 江苏徐州睢宁县人, 中建三局第一建设工程有限责任公司, 本科, 工程师。

一、工程概况

本文以新增年产1万吨航空级高温合金和研发中心项目为例。项目位于锡山经济技术开发区，总建筑面积21916 m²，厂房最大跨度23.08m，基坑最深-9m，单层最大支模高度12.7m。主体结构含100根超高排架柱，截面1m×0.8m，高度10m，采用C40混凝土，抗震设防烈度7度，设计使用年限50年。施工全过程采用组合式钢模板整体浇筑、高效振捣的方法，配合定型钢筋定位卡、精密测量仪器和专用振捣机具，实行标准化作业管理。

二、核心技术原理与工艺特点

（一）技术核心原理

1. 钢筋精准定位原理

用内外两层定型定位卡具控制钢筋位置。内定位卡在钢筋笼内侧进行固定，外定位卡设置在主筋上，每隔800~1000mm设一道，起到箍筋约束和限位的作用^[6]。外定位卡四周用混凝土锥形套帽固定，紧贴模板内侧，使钢筋笼轴线与设计轴线偏差不超过2mm，保护层厚度均匀^[12]。

2. 模板稳定支撑原理

外定位卡四周设混凝土锥形套帽，紧贴模板内侧，使钢筋笼轴线与设计轴线偏差不大于2mm，保护层厚度均匀可控^[7]。模板底部设带调节丝杆的支撑框架，配合斜撑拉结固定，用水准仪与全站仪校正，使模板垂直度偏差不大于3‰，最大变形控制在0.4mm以内，满足规范要求^[8]。

3. 分层高效振捣原理

钢模板沿高度方向间距不大于5m，水平方向间距不大于60cm预留振捣孔。混凝土由下往上分段浇筑，分段振捣，逐段封闭振捣孔^[9]。振捣棒从孔位伸入混凝土内部，快插慢拔，插入下层混凝土不少于10cm，保证层间结合密实，消除柱脚等薄弱部位振捣盲区，减少外观缺陷。

（二）工艺核心特点

1. 施工效率高

组合钢模板构造简单，安装、拆除速度快，比传统的木模支设时间减少约1/3；混凝土一次浇筑完成，不需要分段间歇养护，单柱施工周期由原来的14d缩短到现在的8d，效率提高约40%^[10]。

2. 成型质量优

钢模板强度与刚度较好，可减少胀模、漏浆；钢筋定位准确，混凝土振捣充分，柱体轴线偏差不大于3mm，表面平整度偏差小于2mm，一次成型合格率高于98%^[11]。

3. 综合效益佳

单柱能节省模板费用1980元、人工费533元、窝工费2310元，共节约费用4823元；工期缩短有利于加快整个进度，降低后期维修及整改成本^[13]。

三、关键施工工艺流程与操作要点

（一）施工工艺流程

施工准备→柱基承台施工→定位卡具加工制作→柱体钢筋绑

扎→模板支撑架调平→柱体模板拼装安装→混凝土浇筑与振捣→模板拆除与混凝土养护→质量验收。

（二）关键操作要点

1. 柱基承台施工

承台施工按设计预埋8根Φ32mm、长1.2m的地脚螺栓，埋深80cm，外露40cm，用于固定模板支撑托架^[14]。承台及短柱钢筋绑扎完毕后连续浇筑混凝土，振捣时不得碰到预埋件和模板，保证基础成型质量。

2. 钢筋绑扎与定位

承台混凝土达到强度后进行柱筋绑扎，主筋用接驳器与预留钢筋连接^[15]。在短柱上方300~400mm处安装第一道外定位卡，以内部卡件为基准向上绑扎箍筋，每绑扎3~4m高度安装一段模板。模板安装前在外定位卡上固定混凝土套帽，控制保护层厚度。

3. 模板拼装与调平

模板使用前清理浮浆和锈蚀，涂刷脱模剂，拼缝处粘贴密封条防止漏浆^[16]。将两片钢模板吊装合拢，穿螺栓初步紧固，用调节丝杆校正标高与水平，再由中间向两端逐步拧紧螺栓，腰部螺栓采用双螺母防松。模板接长后安装斜撑并锚固地面，保证整体稳定^[24]。

4. 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑前核算用量，保证供应连续，防止中途中断^[17]。混凝土经溜槽从顶部入模，浇筑至振捣孔上方约10cm时暂停，由下向上插入Φ50mm振捣棒振捣，每点振捣20~30s，以表面不再下沉、无明显气泡为宜^[18]。振捣后封闭该层振捣孔，向上继续浇筑到柱顶。

5. 模板拆除与养护

混凝土带模养护至设计强度75%后拆模^[19]。先拆除斜撑，挂好吊绳，松开螺栓，用千斤顶缓慢顶推使模板脱离，禁止敲击。拆模后柱面洒水湿润，喷涂养护剂，覆盖薄膜保湿，养护时间不小于7d，保证强度正常发展。

四、质量与安全控制措施

（一）质量控制标准

严格按照工程测量规范（GB 50026-2020）、混凝土结构工程施工质量验收规范（GB 50204-2015）等现行规范执行，主要控制如下指标

1. 钢筋定位，主筋间距偏差≤5mm，钢筋笼轴线偏差≤3mm；

2. 模板安装：垂直度偏差≤3‰，表面平整度偏差≤2mm，拼缝宽度≤1mm；

3. 混凝土浇筑表面无蜂窝麻面、烂根等缺陷，垂直度偏差≤5mm，截面尺寸偏差±5mm。

（二）质量保证措施

1. 材料进场验收，钢筋、钢模板、混凝土原材料进场时核对质量证明文件，按规范要求抽样复检，不合格材料不得使用；^[20]

2.过程监测管控使用水准仪、全站仪实时监测模板标高和垂直度，每安装2米模板就做一次复核；混凝土浇筑期间有专人巡查模板支撑情况，发现涨模、漏浆立即处理；

3.振捣质量管控：振捣作业配备充足照明，确保操作清晰，避免漏振、过振；每个振捣孔完成振捣后做好标识，防止重复振捣。

（三）安全保障措施

1.作业人员管理：特种作业人员持证上岗，高空作业按规定系挂安全带、佩戴安全帽等防护用品；^[21]

2.设备安全控制塔吊吊装模板时地基稳固，支腿底面加垫木；模板拆除设专人指挥，下方设警戒区，无关人员不得进入；

3.应急预案的编制工作要针对高空坠落、物体打击、模板失稳等风险情况来制订专项应急预案，并且还要配备相应的应急救援物资，还要定期开展应急演练活动。

五、应用效益分析

（一）技术效益

采用双层定位卡具+组合式钢模板的方式可以克服超高排架柱钢筋定位不准、模板不稳的技术难题^[22]。分层振捣工艺彻底消除柱体振捣盲区，提升混凝土密实度，优化柱体结构受力性能，质量通病发生率降低90%以上，整体技术水平达到行业先进标准^[23]。

（二）经济效益

100根排架柱使用该技术施工，总节省模板费19.8万元、人

工费5.33万元、窝工费23.1万元，合计节约成本48.23万元。施工周期缩短40天，加快了项目资金的周转速度，为后面工序提前进场创造条件，取得明显的间接经济效益。

（三）社会效益

该技术的应用推广使超高排架柱施工趋于标准化、规范化，促进建筑施工工艺更新换代。完善的质量控制体系和安全保障措施，给类似工程提供可以复制、可以推广的施工经验，得到业主和监理单位的高度认可，有广阔的市场前景。

六、结语

超高排架柱组合式钢模板整体浇筑高效振捣施工技术，整合钢筋定位装置、模块化钢模板与分层振捣工艺，有效解决传统施工中钢筋定位偏差、模板刚度不足、混凝土振捣不密实等问题。该技术明显提高施工效率和工程质量，综合效益明显，把技术创新和工程应用结合起来。经过工程实践证明，该技术操作简便、质量好、经济性好，适合作为工业厂房、仓库等大跨度高排架柱的施工技术。可以继续对模板材料及施工工艺进行改良，利用BIM技术以及智能监测系统，达到施工全过程数字化、智能化控制的目的，给建筑行业的高质量发展赋予更为强大的技术支持。

参考文献

[1] 王要武, 吴宇迪. 装配式建筑发展现状与趋势 [J]. 土木工程学报, 2020, 53 (S1): 30-36.

[2] 刘加平, 田倩. 超高性能混凝土的研究与应用进展 [J]. 建筑材料学报, 2019, 22 (4): 505-515.

[3] 邓黎明, 房佳彦, 高明. 超高排架柱组合式钢模板施工技术创新与应用 [J]. 施工技术, 2024, 53 (12): 89-93.

[4] 张孝存, 阿世政, 李丹阳. 长三角区域建筑业施工技术发展统计分析 [J]. 统计科学与实践, 2022 (3): 40-43.

[5] 赵军, 王清标. 精密测量技术在建筑施工中的应用研究 [J]. 施工技术, 2019, 48 (12): 105-108.

[6] 林树枝, 陈振明. 新型模板技术在工业建筑中的应用 [J]. 建筑科学, 2019, 35 (5): 123-128.

[7] 高振锋, 李慧. 建筑施工模板体系优化研究 [J]. 工程管理学报, 2018, 32 (3): 56-60.

[8] 陈立军, 周婷. 大型构件施工质量管控技术应用 [J]. 建筑经济, 2020, 41 (4): 45-49.

[9] 宋嘉玲. 混凝土高效振捣技术在建筑施工中的应用 [J]. 建筑施工, 2024, 46 (8): 1342-1344+1357.

[10] 李小阳, 张其林. 预制装配式混凝土结构连接技术研究现状 [J]. 建筑结构学报, 2021, 42 (3): 1-18.

[11] 陈明中, 李丽娟. 国外大型建筑施工技术经验及启示 [J]. 建筑经济, 2018, 39 (7): 35-39.

[12] 孙国良, 张颖. 混凝土构件安装精度控制技术 [J]. 施工技术, 2020, 49 (8): 76-79.

[13] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 混凝土结构工程施工质量验收规范: GB 50204-2015 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.

[14] 黄延铮, 吴涛. 预制混凝土立柱施工技术 [J]. 建筑机械, 2019 (8): 86-89.

[15] 王强, 李娜. 新型建筑材料应用研究 [J]. 新型建筑材料, 2018, 45 (11): 102-105.

[16] 刘勇, 李静. 大型构件安装技术研究 [J]. 公路交通科技, 2018, 35 (8): 78-83.

[17] 李强, 赵静. 混凝土浇筑工艺优化 [J]. 建筑机械, 2020 (3): 79-82.

[18] 吴智深, 李富民. 高性能混凝土在土木工程中的应用进展 [J]. 土木工程学报, 2021, 54 (5): 1-20.

[19] 张其林, 王磊. 建筑施工设备选型研究 [J]. 建筑机械, 2018 (11): 76-80.

[20] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑施工安全检查标准: JGJ 59-2011 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

[21] 田丽媛, 刘虎民. 建筑工程全过程管理探究 [J]. 散装水泥, 2022 (4): 8-10.

[22] 周光权, 付志玉. 建筑施工新技术应用研究 [J]. 南昌航空大学学报 (自然科学版), 2023, 37 (1): 77-85.

[23] 吕娟. 建筑施工质量控制研究 [J]. 科学技术创新, 2017 (33): 109-110.

[24] 刘晓敏, 叶金国, 张云, 等. 建筑施工技术创新机制研究 [J]. 环境保护与循环经济, 2024, 44 (2): 1-41.