

型钢混凝土预应力梁施工技术及质量控制措施

王甫祥

正太集团有限公司, 湖北 武汉 430023

[摘要] 结合武汉南国中心二期项目大跨度、大截面、型钢混凝土预应力梁工程的逆作法施工实例, 介绍了为保证工程实体质量, 对型钢梁制作安装、高支模、混凝土浇筑、后张法预应力施工技术和质量控制措施。

[关键词] 型钢混凝土预应力梁; 后张法; 有粘结预应力; 控制措施

DOI: 10.33142/ec.v2i9.699

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Construction Technology and Quality Control Measures of Steel Reinforced Concrete Prestressed Beams

WANG Fuxiang

Zhengtai Group Co., Ltd., Hubei Wuhan, 430023 China

Abstract: In order to ensure the quality of the project, the construction and installation of the type steel beam, the high formwork and the concrete pouring are introduced in connection with the construction example of the reverse construction of the large-span, large-section and section steel concrete pre-stressed beam project of the Phase II project of the Wuhan South China Center. Post-tensioned prestressing construction technology and quality control measures.

Keywords: Steel reinforced concrete prestressed beams; Post-tensioning method; Bonded prestress; Control measures

型钢混凝土预应力梁, 顾名思义是既具有混凝土预应力梁又具有型钢混凝土梁的特点, 因而在高层建筑、桥梁结构等大跨度、超重载、对构件截面尺寸有严格要求以及抗震要求高的建筑有着非常广阔的应用前景。本文结合武汉南国中心二期工程实例, 探讨型钢混凝土预应力梁施工中钢结构及后张法预应力施工的技术和质量控制措施。

1 工程概况

南国中心二期工程项目总建筑面积约 30 万 m^2 , 采用逆作法施工。其中地上建筑面积 20 万 m^2 , 地下三层总面积 10 万 m^2 , 商业广场屋顶及地下室顶板设计有七条型钢预应力梁, 型钢截面 1400mm \times 300mm, 梁最大跨度 38 米、最小跨度 18 米, 梁截面最大为 1800mm \times 1000mm、最小 1400mm \times 700mm; 混凝土设计强度等级为 C40, 预应力梁设计四束预应力筋, 每束预应力筋有 8 根直径为 15.2 低松弛 (II 级松弛) 钢绞线组成 (见图 1), 采用后张法有粘结预应力混凝土技术。

整个预应力筋重量约 10 吨, 采用 1 \times 7 ϕ 15.2, $f_{ptk}=1860\text{Mpa}$, 预应力筋截面积 $A_s=140\text{mm}^2$ 的钢绞线, 张拉端及固定端采用 YJV15、1860Mpa 级夹片式锚具, 张拉采用一端张拉的方式 (分级加荷), 张拉控制应力 $\sigma_{con}=0.75f_{ptk}=1395\text{N/mm}^2$ 。

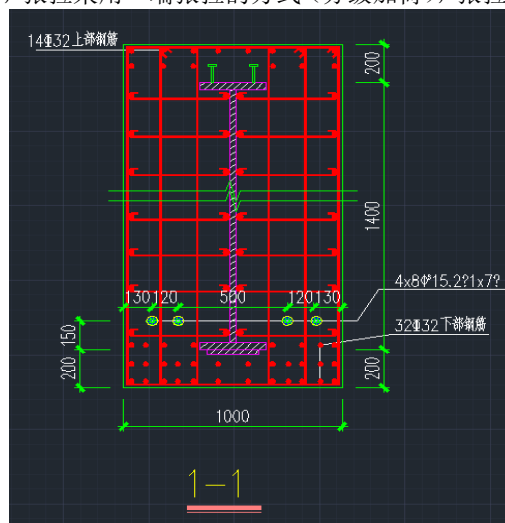


图 1

2 工程特点

2.1 梁的跨度大：跨度超过 18m，最长跨度达 38m，模板支撑属于超限模板支撑系统，需编制专项施工方案并需要进行专家论证。

2.2 梁的截面大：最大截面为 1800mm×1000mm。

2.3 屋面梁的吊装难度大：通过咨询专家意见进行方案比选，最终决定采用自制专用吊具作为平衡杆进行分节吊装。

2.4 采用有粘结后张法预应力施工：不需要张拉台座，生产灵活；加强施工各个环节的质量控制，提高结构的安全性和耐久性。

3 型钢梁施工质量控制措施

3.1 事前控制措施

组织图纸会审，对“错、漏、碰、缺”等问题协同设计单位解决并进行图纸深化；设计单位对设计意图和施工关键控制点交底；对钢结构施工单位资质进行审查，同时组织现场考察并出具考察报告；审查专项施工方案是否满足规范及强制性条文的规定；检查特种作业人员资质证书，做到人证合一。

针对工程特点编制钢结构施工监理实施细则；把好进场原材料的质量关，尤其是Φ25、Φ32 高强 HPB 500 热轧带肋钢筋原材料和型钢梁（柱）所用 30mm、20mm 厚钢板等原材料；腹板及翼缘板连接处理：焊缝的施工要求；梁柱钢筋与型钢骨架交接处的处理；混凝土施工要求；支模架的搭设和型钢骨架的吊装等。

3.2 原材料质量控制措施

审查原材料的出厂合格证、检测报告；审查钢材抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫磷含量的是否符合设计要求，对于进口原材料应根据要求进行商检和复验；检查原材料的外观和表面质量是否有明显的超标缺陷或变质情况并对材料进行见证取样。

3.3 钢梁制作安装过程质量控制措施

钢梁、钢柱委托专业钢结构加工厂生产，完成成品后运抵施工现场。吊装过程中需重点检查：定位控制、吊装机械和操作人员的选择、吊点的设置、吊装位置的安全维护设施及型钢梁的焊接。

型钢梁拼接位置在型钢梁的 1/3 跨处焊接，翼缘板焊缝用全熔透的坡口焊缝，即腹板、翼缘板采用 V 型坡口加垫板全焊透焊缝连接。质量控制首先核查施焊人员是否持证上岗；焊接完成后按设计和验收规范的要求进行外观质量检查；在型钢梁隐蔽前，焊缝经超声波探伤检测合格才进入下道工序施工。

钢骨柱安装：钢骨柱每单根重量为 3650 kg 左右，现场 QTZ 7013 塔吊能够承担吊装工作。先按埋设的预埋铁板上划好钢柱就位中心线吊装钢骨柱，并在钢骨柱上同样划好中心线，确定无误后用塔吊起吊就位，经纬仪校正垂直，电焊点牢。就位后进行二次校正，待平面、垂直度确认无误后进行电焊固定，焊缝沿钢柱四周满焊。

型钢梁安装：型钢梁根据设计分段在工厂制作，塔吊盲区单根型钢梁最大重量约 2800 kg，现场采用 50 t 汽车吊进行现场吊装，屋面梁采用自制专用吊具作为平衡杆进行分节吊装。吊装前搭设满堂脚手架并经验收，满足承载力要求，脚手板满铺，沿四周设防护栏杆；柱顶划好十字红线，梁尺寸，连接编号已复核并弹好中心线等。

3.4 梁柱节点质量控制

型钢混凝土梁除型钢外，底部还配有 32 根Φ32、上部有 14 根Φ32 的 HRB 500 热轧带肋钢筋。实际施工中要求绘制梁柱节点详图，以避免梁柱钢筋与预应力筋、锚具“打架”。根据《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》的要求，梁底筋穿过钢骨柱翼缘后，除了水平方向 $\geq 0.4L$ 正外还要弯折 15d，也就是说大直径高强钢筋既要穿过钢骨柱翼缘又要向上弯折以满足构造要求。施工难度较大，根据型钢混凝土施工实际情况，经设计同意，对梁、柱节点进行优化处理，大大降低了施工难度，保证了工期。

3.5 抗剪栓钉的质量控制

检查抗剪栓钉的规格、型号、尺寸、间距是否与设计相符，抗剪栓钉焊脚是否饱满，有无根部收缩、咬边、弧坑裂纹等缺陷。

4 超限模板支撑

按照住建部 2018 年 37 号令编制专项方案组织专家论证。

超限区模板支撑基础做如下处理：原土夯实后浇筑 150mm 厚 C20 砼，四周设 300*300 的排水沟，每隔 30m 设Φ1.0m，

深 1.0m 的集水井；立杆下垫 300×50×400mm 的通长木板。

支撑系统模板采用 15mm 厚胶合板，40×80mm 木枋，和 48×3.0mm 钢管和扣件。梁模板支撑架（构造）及搭设步骤：首先弹梁、板立杆中心线（立杆间距），先梁后板；梁立杆按计算间距从中间向两端柱分，不足间距的放在柱边，最边立杆离垂直梁边 300mm，梁两侧立杆离梁边 300mm，梁底带顶托立杆根数按计算确定，剪刀撑按 JGJ162-2016 规范 6.2.4 条设置；水平杆每步纵横向水平杆必须拉通，采用对接扣件连接，水平对接接头位置必须错开，接头位置要求见图 2。

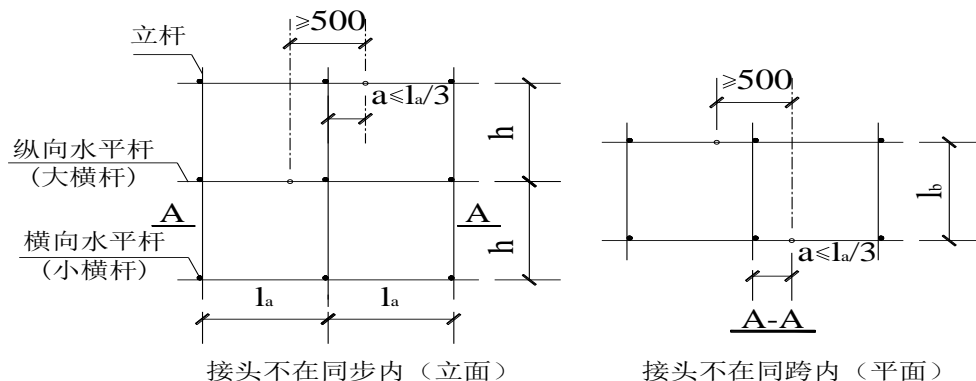


图 2

《混凝土结构施工及验收规范》(GB50204—2015) 中规定施工起拱范围 1‰—3‰，结构设计中要求跨度大于 15m 的梁按 2.5‰起拱。因此，在型钢梁制作过程中，要按设计要求进行弧形起拱，起拱的高度现场安装时进行复测。

5 混凝土浇筑

在混凝土浇筑过程中，主要考虑配合比、塌落度，保证混凝土的和易性，以及在振捣过程中梁底及预应力孔道处混凝土的密实度等因素。

型钢砼预应力梁内既有型钢又有波纹管，容易造成浇筑不密实。因此，在混凝土要从梁顶两侧入仓分层浇筑，每层厚度不超过 400mm，采用插片振捣器或小直径棒头的进行振捣。振捣过程不能损坏波纹管。

6 后张法预应力质量控制措施

本工程预应力筋采用 1×7 钢绞线的型式，施工流程见图 3。

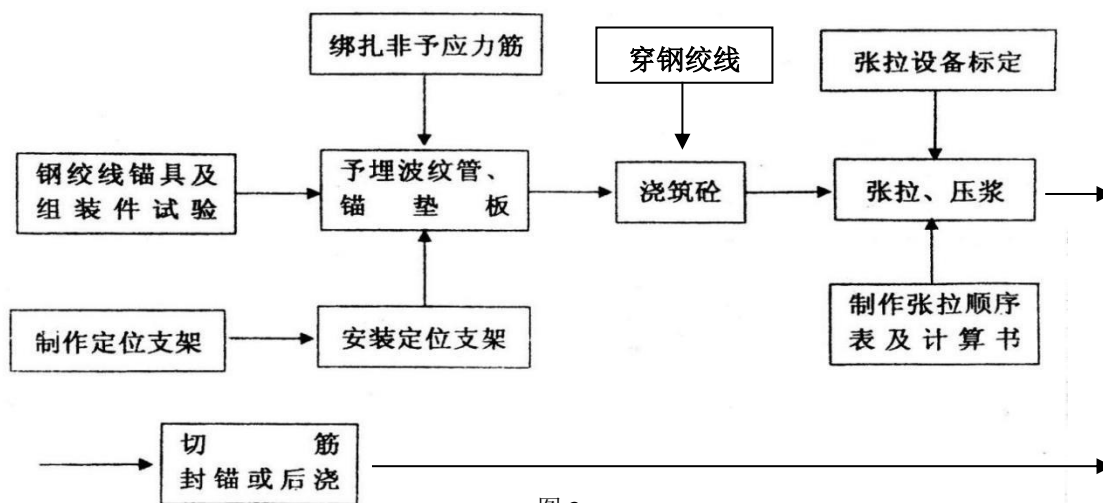


图 3

6.1 原材料、张拉机具及构配件质量控制

钢绞线、锚具、金属波纹管及灌浆用水泥等进场时检查出厂合格证、出厂检测报告，同时还应进行力学性能复试，预应力钢丝的外观质量，应逐盘检查。钢丝表面不得有油污、氧化铁皮、裂纹或机械损伤。锚具还应进行静载性能试验，金属波纹管还应进行径向刚度及抗渗漏性能复试，灌浆用水泥应采用普通硅酸盐水泥。张拉机具设备及仪器仪表应提供出厂合格证明文件，并应经检测机构进行标定，标定的期限不超过半年。

6.2 金属波纹管安装质量控制

根据曲线图进行放样，计算出沿梁长度方向的每米矢高，以控制金属波纹管安装的形状及预应力筋的长度。金属波纹管连接处采用大一号的同类型波纹管连接，接头管长度 200—300cm，采取措施用钢筋架固定波纹管防止偏位（见图 4），同时要避免被电焊火花烧伤。



图 4

6.3 预应力筋编束、穿束质量控制

预应力筋采用后穿束法进行施工，钢绞线下料时应采用切割机进行切割，严禁用电焊切割。穿束前将钢绞线的端头用胶布裹紧（见图 5），穿束时要轻推、轻抽、轻转，避免损坏波纹管。



图 5

6.4 预应力筋张拉质量控制

砼强度达到设计强度的 90%以上时方可进行张拉，张拉时专业分包单位技术负责人必须到场指导施工，张拉时采用张拉力和预应力筋伸长值双控，即检查记录分级加载应力值及张拉伸长值，实际伸长值与理论伸长值相差以 $\pm 6\%$ 为准。同时，还应测量梁的反拱值及钢绞线的回缩值。张拉完成后 30 天后拆除底模，并测量梁的挠度值。

张拉端及锚固端采用 QMV15、1860MPa 级夹片式锚具，锚固体系是由多孔夹片锚具、锚垫板（铸铁喇叭管、锚座）、螺旋筋等组成（见图 6）。这种锚具是在一块多孔的锚板上，利用每个锥形孔装一副夹片，夹持一根钢绞线。其优点是任何一根钢绞线锚固失效，都不会引起整体锚固失效。

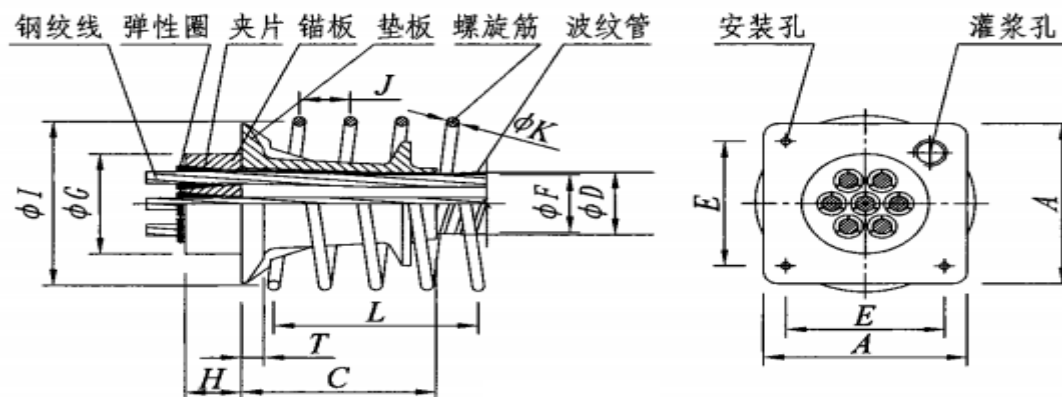


图 6

张拉过程中, 多孔夹片要均匀打紧并保持外露部分长度大致相同, 锚环与锚板要对中, 千斤顶上的工具锚孔要与待张拉端的锚孔位置保持一致, 保证张拉力作用线和孔道中心线重合(见图7)。采用分级加荷张拉: $0 \rightarrow 0.1 \sigma_{con} \rightarrow 0.5 \sigma_{con} \rightarrow 1.0 \sigma_{con} \rightarrow 1.03 \sigma_{con}$ 持荷 3min, 持荷 3min 后即可缓慢卸荷, 不得猛回; 张拉应力控制在 $0.75 f_{tpk}$, 即 1396N/mm^2 。



图 7

6.5 注浆及封锚质量控制

孔道注浆可对预应力筋进行保护, 并可减少预应力筋的松弛损失约 10%—30%。注浆前首先检查注浆机(采用 SQ45-3 型)、水泥标号、配合比、流动性等指标是否满足设计及规范规定的要求; 其次, 检查水泥浆拌制后 3h 的泌水率不大于 3%, 泌水应能在 24h 内全部重新被水泥浆吸收; 水泥浆自拌制到压入孔道的延续时间控制在 30—45min, 保证水泥浆连续供应且注浆压力不超过 1Mpa, 最后, 见证取样留置试块, 检查 28d 的标养试块强度。



图 8

封锚应在孔道注入的水泥浆达到一定强度后进行(见图8), 以防止锚具锈蚀和遭受其它机械损伤情况的发生。割除预应力筋外露超过 50mm 部分, 并将端头钢绞线分散后, 按设计图尺寸进行 C40 微膨胀砼浇筑封锚。

7 结语

通过实践证明, 大截面、大跨度有粘结预应力型钢混凝土梁的成功应用, 可有效减小梁截面尺寸, 减少钢筋、混凝土的用量, 降低工程造价。在质量控制方面, 首先要严把原材料进场质量关; 其次, 重点进行过程质量控制, 特别是钢结构吊装、梁柱节点、超规超限模板支撑及预应力张拉过程的质量控制, 强化过程质量验收制度; 最后, 收集整理过程资料。

[参考文献]

- [1]韩宁等. 型钢混凝土在大跨度悬臂梁结构中的应用[J]. 建筑技术, 2012(03).
- [2]龙绍章. 型钢混凝土—预应力梁施工技术[J]. 四川建筑, 2015(2): 181—183.
- [3]陈拥军等. 超高层型钢混凝土结构的关键施工技术研究及质量控制[J]. 工程质量, 2016(04).

作者简介: 王甫祥(1981.8—), 男, 汉族, 湖北武汉, 硕士, 注册一级建造师、安全工程师, 现就职于正太集团有限公司, 担任武汉分公司技术部长兼南国中心二期项目项目经理。