

多桩承台钢筋采用型钢组合支撑设计与有限元分析

王乐威

湖南建工集团有限公司 湖南 长沙 410004

【摘要】：针对超高层多桩承台钢筋支撑采用型钢组合支撑体系进行设计及描述，并采用有限元法论证其方案的合理性和安全性，阐述了工艺流程及技术难点。通过实践证明，采用型钢组合支撑作为承台钢筋受力支撑体系能够有效的保证了施工的安全性及钢筋绑扎位置的精确性，具有提高质量、操作方便、施工速度快块的经济效益。

【关键词】：多桩承台；型钢组合支撑；有限元法

Design and finite element analysis of multi pile cap reinforced with section steel composite support

Lewei Wang

Hunan Construction Engineering Group Co., Ltd. Hunan Changsha 410004

Abstract: For the super high-rise multi pile cap reinforcement support, the section steel composite support system is designed and described, the rationality and safety of the scheme are demonstrated by finite element method, and the process flow and technical difficulties are described. Through practice, it is proved that the use of section steel combined support as the bearing platform reinforcement stress support system can effectively ensure the safety of construction and the accuracy of reinforcement binding position, and has the economic benefits of improving quality, convenient operation and construction speed.

Keywords: multi pile cap; Section steel combined support; Finite element method

1 引言

摩天大楼往往是一个城市的地标名片,也是一个城市经济活力的风向标。随着城市化的进一步发展,越来越多的建筑不断刷新着城市天际线,同样也刺激着超高层建筑的技术革新。万丈高楼平地起,一砖一瓦皆根基,超高层核心筒基础作为超高层建筑第一个技术难关,在施工过程尤为重要。常规核心筒基础为多个大型桩基础组合成为一个多桩承台,承台厚度基本上都达到了2.5m-5m左右,钢筋为多层排列布设。因此,在施工过程中如何能够满足按照原设计将多层钢筋固定在合理的位置上,也确保绑扎过程不发生失稳而导致的坍塌事故是施工过程的控制难点。常规筏形基础中采用钢筋“几”字形马镫筋或钢管脚手架作为支撑方式,由于该方式刚度不够、设置数量较多且难以保证承台钢筋准确位置。根据经济比选及设计优化,决定采用型钢组合支撑体系作为该多桩承台钢筋支撑方案,从而满足设计要求确保施工过程安全稳固。

2 工程概况

该项目位于长沙市中心某超高层,由3层地下室组成,其中1#栋主楼为49层塔楼。塔楼建筑最高点为215.4m,钢筋混凝土框架-核心筒结构。塔楼核心筒多桩承台由13个直径4m桩组成,承台为规则五边形,厚度3.5m,面积657m²。多桩承台钢筋共分8排,每排均为双层双向钢筋,由下至上分别为:下皮第一、二排都为双层双向通长 $\Phi 32@180$;第三排为剪力墙底部下排加强钢筋,沿剪力墙方向为21 $\Phi 32$ (间距150mm),垂直剪力墙方向为 $\Phi 16@300$;第四、五排都为双层双向通长 $\Phi 20@200$,第六排为剪力墙底部上排加强钢筋,沿剪力墙方

向为21 $\Phi 32$ (间距150mm),垂直剪力墙方向为 $\Phi 16@300$;上皮第七、八排都为双层双向通长 $\Phi 32@180$ 。多桩承台总钢筋量约425t。

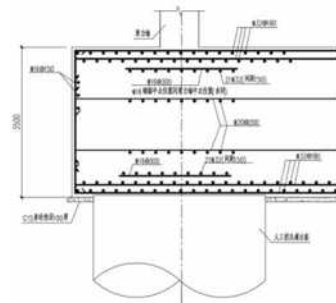


图1 核心筒多桩承台配筋图

3 支架选型

根据常规方案必选及本工程的特点,本工程多桩承台钢筋支架选用焊接型钢支架系统,其主要有以下优势:

- (1) 支撑强度大。同传统的焊接钢筋支架相比较,型钢支架刚度大、承载力高,能够承受较大的钢筋自重及施工荷载,而不产生大的变形,从而保证受力钢筋位置和施工质量。
- (2) 施工方便。型钢支架加工、安装比较方便,支架的安装质量易保证。
- (3) 降低工程成本。按照多桩承台上皮钢筋自重及施工荷载计算,相同荷载下,钢筋支架的钢材用量比型钢支架的钢材用量大,型钢支架的工程成本要明显低于钢筋支架。
- (4) 支架占用空间小。在超高层建筑中,同样的多桩承

台厚度及配筋设计,若采用钢筋支架,支架构件的密集程度大于型钢支架,占用多桩承台钢筋作业面,给钢筋施工带来困难。

4 支撑体系设计

多桩承台钢筋支架采用 10#槽钢作为立柱,纵横间距 2000mm(局部根据承台斜向边逐步调小),立柱下端立于多桩承台混凝土垫层之上,下端垫 5mm 厚短钢板(200×200mm)。

立柱顶部焊接 8#槽钢作为承受承台上皮钢筋重量及施工荷载的横梁,沿垂直于多桩承台上皮最下排下层钢筋(由下至上第七排下层钢筋)方向布置。横梁间距 2000mm(局部调小),横梁上口位置为承台上皮最下排下层钢筋下皮。槽钢横梁沿南北向通长设置,槽钢顶面标高为多桩承台混凝土顶标高向下 185mm(钢筋保护层厚度 50mm+该部位上层钢筋叠加直径之和)。横梁上垂直于横梁方向的钢筋与立柱交接处焊接,以加强整体稳定性。长度不足的 10#槽钢采用对接接长后使用。

将承台中部两排钢筋(由下至上第四、五排钢筋)纵横向与立柱交界处焊接固定,形成井字形框架,保证型钢支架整体稳定,承台中部两排的其余钢筋绑扎在井字框架上。

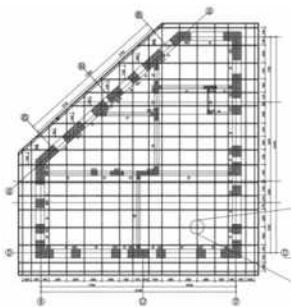


图 2 核心筒多桩承台型钢支撑平面布置图

5 主要技术要点

5.1 具体施工流程

多桩承台型钢支架、钢筋加工→型钢支架放线→型钢支架底部钢板、立柱安放与焊接→下皮 2 排钢筋(第一、二排钢筋)绑扎→绑扎剪力墙底部下排加强钢筋(第三排钢筋)→绑扎剪力墙插筋→绑扎多桩承台中部各排钢筋(第四、五排钢筋)→绑扎剪力墙底部上排加强钢筋(第六排钢筋)→在立柱顶部安装、焊接 8#槽钢横梁→绑扎多桩承台上皮 2 排钢筋(第七、八排钢筋)。

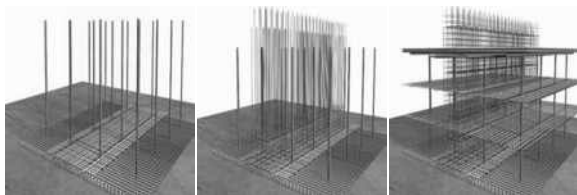


图 3 BIM 模型安装模拟图

5.2 焊接质量控制

(1) 立柱底部与短钢板焊接为满焊,焊缝要均匀、饱满,

立柱安装时必须要求横平竖直,拉线控制,安装时先临时点焊固定,整排位置复核完毕,再满焊固定。立柱底部及中部纵向焊接钢筋已维持整体稳定。

(2) 在加工切割横梁型钢时着重控制切割后型钢横断面垂直度,无毛刺,型钢的接长断面焊接同截面、同心且满焊。

(3) 承台中部 2 排钢筋纵横向与各排立柱交接处焊接,形成井字形框架,保证型钢支架整体稳定,承台中部 2 排的其余钢筋绑扎在井字框架上。焊缝满足规范要求且现场控制焊缝长度,型钢范围内全部满焊,使井字框架既能承受其上绑扎的钢筋的重量,同时又起到加强型钢支架整体稳定性的作用。



图 4 核心筒多桩承台型钢支撑安装现场图

6 有限元法分析

6.1 建模说明

多桩承台厚度为 3.5m,钢筋支撑架采用槽钢搭设。立柱采用[10 槽钢,其具体尺寸为:高 100mm,腿宽 48mm,腰厚 5.3mm,平均腿厚 8.5mm;支撑顶部 2 排钢筋的水平型钢梁采用[8 槽钢,其具体尺寸为:高 80mm,腿宽 43mm,腰厚 5.0mm,平均腿厚 8.0mm。中间 2 排钢筋的支撑设置方法为将纵横向与立柱交接处钢筋焊接在槽钢立柱上。钢筋支撑架不仅要承受被支撑钢筋的重力作用,还要承受施工荷载(如混凝土浇筑侧向推移力),钢筋和型钢构件将产生平动内力和弯曲内力,因此在有限元 ANSYS 软件模型的建立过程中选用 BEAM188 单元来模拟钢筋。该单元为 3D 线性有限应变梁,节点自由度共六个:3 个平动自由度和 3 个转动自由度,如有需要也可增加翘曲自由度。

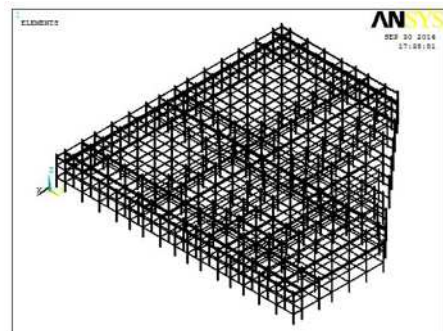


图 5 有限元模型示意图

6.2 材料属性

根据设计图纸, 钢筋主筋材料为 HRB400。所用钢筋的弹性模量为 210Gpa, 密度为 $7.85 \times 10\text{g/cm}^3$, 泊松比为 0.3。槽钢的弹性模量为 200Gpa, 密度为 $7.85 \times 10\text{g/cm}^3$, 泊松比为 0.3。

6.3 边界条件

在有限元模型中约束型钢柱底部节点的 3 个平动自由度和 3 个转动自由度。型钢梁与型钢柱、型钢柱与普通钢筋之间的连接方式为焊接, 在焊接点约束 3 个平动自由度和 3 个转动自由度。

6.4 荷载设计

被支撑的钢筋以线荷载的形式加载到支撑杆(普通钢筋或水平型钢梁), 中间 2 排双层双向钢筋引起的线荷载均为 0.49298N/mm, 顶部 2 排钢筋引起的线荷载为 1.40225N/mm, 剪力墙底部上排加强钢筋引起的线荷载为 0.68885N/mm。施工人员及设备引起的荷载标准值为 1 N/mm, 材料堆放荷载标准值为 2.78 N/mm (考虑每件钢筋 2.5t, 间隔 1.95m 放置)。

6.5 仿真结果

(1) 最大应力及应变。经计算, 结构位移最大值为 13.1171mm, 位于由东往西数第二榀型钢架中由南往北数第 4、5 根型钢柱之间的第三排下层(由下往上)钢筋中点(南北向), 极限应力也出现在结构位移最大点, 其中最大拉应力为 199.691Mpa < 360Mpa (HRB400 钢筋的设计最大拉应力), 最小压应力为 -198.407Mpa, $|-198.407\text{Mpa}| < |-360\text{Mpa}|$ (HRB400 钢筋的设计最大压应力绝对值)。由此可知结构的强度满足要求。

(2) 稳定性分析。此处采用失稳临界荷载来判断结构是否失稳, 而失稳临界荷载则由 ANSYS 特征值屈曲分析得到。经计算, 结构一阶失稳荷载为 $31.1\text{N/mm} > 2.1\text{N/mm}$ (顶层钢筋重力及施工荷载), 可知结构在施工过程中不会发生失稳。

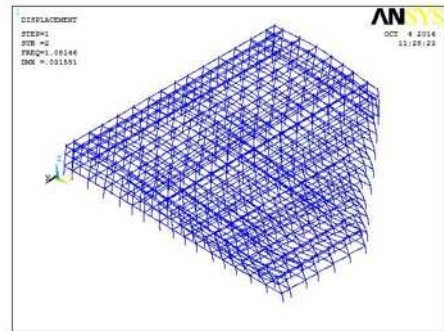


图 8 结构一阶失稳模态示意图

7 结语

通过有限元法分析, 证明其方案的合理性及安全性, 并经过现场实际证明, 超高层中多桩承台采用型钢组合支撑作为承台钢筋受力支撑体系能够有效的保证了施工的安全性及钢筋绑扎位置的精确性, 具有提高质量、操作方便、施工速度快的经济效益。同时也为基础机电预埋、冷凝水管敷设固定提供了便利, 具有可行性高、实用性强的特点, 对类似项目提供经验。

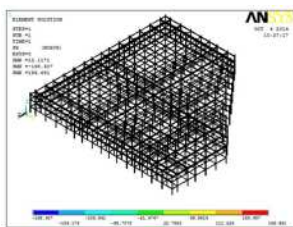


图 6 轴向应力云图

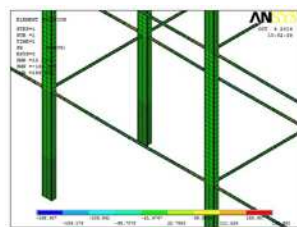


图 7 应力和位移极值点出现位置图

参考文献:

- [1] GB50017-2017. 钢结构设计标准[S].
- [2] 杨俊才. 超高层筏板钢筋采用型钢支撑施工技术[J]. 山西建筑, 2015, 41(13): 66-68.
- [3] 周广京. 超厚筏板基础钢筋支撑体系分析与应用[J]. 江西建材, 2016(11): 56+128.
- [4] 柯子平, 杨红岩, 于海申. 深基坑超厚底板钢筋支撑体系设计及施工技术[J]. 施工技术, 2017, 46(S1): 88-90.