

装配式建筑预制桩施工质量控制及承载性能对比分析

杨亚宁

天津工勘检测技术发展有限公司 天津 300401

摘要: 本文聚焦装配式建筑预制桩,先阐述其类型与特点,按材料、截面形状、施工工艺分类介绍,并对比不同类型特点。接着剖析施工质量控制要点,涵盖施工前、中、后的质量控制。随后分析承载性能影响因素,包括地质条件、桩身参数、施工工艺。因此,通过理论分析、试验研究与数值模拟对比不同类型预制桩承载性能,从竖向、水平承载及变形特性等方面展开,为工程应用中材料、截面形状、施工工艺的选择提供科学依据

关键词: 装配式建筑; 预制桩; 施工质量控制; 承载性能; 对比分析

1 装配式建筑预制桩的类型与特点

1.1 预制桩的常见类型

1.1.1 按材料分类

按材料划分,装配式建筑预制桩主要包括混凝土预制桩、钢桩、木桩及组合式预制桩。混凝土预制桩应用最广泛,又可分为预应力混凝土管桩(PHC桩)、预应力混凝土方桩,具有强度高、耐久性好、成本适中的特点,适用于大部分工业与民用建筑;钢桩多为H型钢桩、钢管桩,承载力强、施工便捷,但易锈蚀,需做防腐处理,常用于高层建筑、桥梁等重载工程;木桩取材天然,成本低,但易腐烂、强度有限,仅适用于临时性建筑或地质条件较好的低层建筑;组合式预制桩如钢-混凝土组合桩,结合两种材料优势,可满足复杂工程需求,但造价较高,应用范围相对较窄。

1.1.2 按截面形状分类

按截面形状,预制桩可分为圆形桩、方形桩、矩形桩及异形桩。圆形桩以预应力混凝土管桩为代表,截面呈环形,受力均匀,抗剪性能好,沉桩时挤土效应较小,适合在软土地基中使用;方形桩截面为正方形,常见于混凝土方桩,制作工艺简单,与承台连接方便,但沉桩时阻力较大,易产生桩身裂缝;矩形桩截面长宽比不同,可根据受力需求调整,适用于水平荷载较大的工程,如基坑支护;异形桩如三角形桩、工字形桩,多为特殊工程定制,具有独特的受力性能,但制作与施工难度较大,应用较少。

1.1.3 按施工工艺分类

按施工工艺,预制桩可分为锤击桩、静压桩、振动桩及旋入桩。锤击桩通过桩锤冲击桩顶将桩沉入土中,施工速度快、设备简单,但施工噪音大、振动强,易对周边建筑造成影响,适用于空旷场地;静压桩依靠静压力将桩压入土层,无噪音、无振动,对环境友好,桩

身完整性保护好,但施工设备笨重,对场地承载力要求高,适合城市市区工程;振动桩利用振动器产生的振动使桩身周围土体液化,便于桩体沉入,施工效率高,但振动仍会对周边环境产生一定影响;旋入桩通过桩身旋转切削土体沉入,适用于砂层、卵石层等较硬地质,施工精度高,但设备复杂,成本较高^[1]。

1.2 不同类型预制桩的特点对比

不同类型预制桩在多维度呈现显著差异。从施工效率看,锤击桩与振动桩施工速度最快,单日可完成30-50根桩施工;静压桩次之,旋入桩因需旋转切削土体,效率最低。成本方面,木桩成本最低,但使用寿命短;混凝土预制桩性价比最高,单米造价约80-150元;钢桩成本最高,单米造价可达300-500元,还需额外投入防腐费用;组合式预制桩成本介于钢桩与混凝土预制桩之间。环境影响上,静压桩与旋入桩无噪音、低振动,符合绿色施工要求;锤击桩与振动桩噪音可达90-110分贝,振动易导致周边土体沉降,环境影响较大。适用地质方面,混凝土预制桩适用于黏性土、粉土等软土地基;钢桩可用于碎石土、岩层等硬质地基;木桩仅适用于浅层软土;组合式预制桩则能适应复杂地质条件,兼顾承载力与适应性需求。

2 装配式建筑预制桩施工质量控制要点

2.1 施工前的质量控制

施工前质量控制是预制桩施工质量的基础保障,需从多方面严格把控。首先,地质勘察需精准,需采用钻探、原位测试等方法,详细查明场地土层分布、厚度、承载力、地下水位等参数,避免因地质资料不准确导致桩型选型错误或桩长设计不合理。其次,图纸会审与施工方案审核至关重要,需组织设计、施工、监理等单位,审核桩位布置、桩型选择、沉桩工艺等内容,重点检查是否与地质条件匹配,对不合理之处及时优化;施

工方案需明确施工程序、质量标准、安全措施及应急预案,经审批后方可实施。再者,材料检验不可忽视,预制桩进场时需核出厂合格证、检测报告,外观检查桩身是否存在裂缝、露筋、蜂窝等缺陷,尺寸偏差需符合规范要求,同时按规定抽样进行抗压强度、抗弯性能检测;施工设备如桩机、桩锤、测量仪器等需检查性能状态,确保设备正常运行,测量仪器需经校准合格。另外,场地准备需到位,平整场地,清除障碍物,按设计要求铺设垫层或加固地基,确保桩机行驶与作业稳定,同时做好排水设施,避免场地积水影响施工。

2.2 施工过程中的质量控制

施工过程是预制桩质量形成的关键阶段,需全动态监控。桩位与垂直度控制是核心,施工前需按图纸精确放线,设置定位桩与水准点,沉桩时采用两台经纬仪从不同方向监测桩身垂直度,确保垂直度偏差不超过0.5%,若发现偏差,及时调整桩机位置或桩身角度,避免桩身倾斜导致承载力下降。沉桩过程监控需实时进行,根据地质条件与桩型确定沉桩速度,锤击桩需控制锤击力度与频率,避免过度锤击导致桩身断裂;静压桩需记录压桩力与桩身入土深度,确保达到设计终压力与桩长要求,同时观察桩身是否出现裂缝、变形,若出现异常,立即停止施工,分析原因并采取措施。接桩质量控制尤为重要,焊接接桩时需清理桩头铁锈、杂质,焊缝高度、宽度需符合规范,焊接后需冷却至规定温度方可继续沉桩;法兰接桩需确保法兰面平整,螺栓拧紧力矩达标,防止接桩处出现松动或断裂^[2]。桩身完整性监测可采用低应变动力测试,在沉桩过程中或沉桩后,对桩身进行检测,及时发现桩身裂缝、断桩等缺陷,以便采取补桩或加固措施。

2.3 施工后的质量控制

施工后质量控制是确保预制桩满足设计要求的重要环节。首先,桩身质量检测需全面,除施工过程中的低应变动力测试外,还需按规范要求抽取一定数量的桩进行高应变动力测试或静载试验,检验桩身完整性与单桩承载力。高应变动力测试可评估桩身结构完整性与单桩竖向抗压承载力,静载试验则能直接测得单桩竖向抗压承载力,结果更为准确可靠。其次,承载力检测需严格按标准执行,试验加载方式、加载速率、稳定标准等需符合规范要求,若检测结果不满足设计要求,需分析原因,如桩长不足、地质条件与勘察不符、施工工艺不当等,并采取相应措施,如补打桩、加深桩长、优化地基处理等。再者,桩顶标高与桩位偏差检查不可遗漏,测量桩顶实际标高与设计标高的偏差,确保偏差在允许范

围内;检查桩位偏差,对超出规范要求的桩位,需评估对结构受力的影响,必要时采取调整承台尺寸、增设锚杆等措施。此外,做好成品保护工作,避免后续施工对桩身造成碰撞、挤压,同时做好桩顶覆盖与排水,防止桩身锈蚀或受水侵蚀,确保预制桩长期稳定工作。

3 装配式建筑预制桩承载性能影响因素分析

3.1 地质条件因素

地质条件对预制桩承载性能影响显著。不同土层的力学性质差异较大,黏土层侧摩阻力较大,但承载力随深度增加变化较复杂;砂土层侧摩阻力和桩端阻力受密实度影响明显,密实砂土承载力高;碎石土层承载力强,但沉桩难度大。地下水位的高低会影响桩侧摩阻力,高地下水位可能降低桩侧摩阻力,同时增加浮力对桩的影响。地质构造如断层、褶皱等会导致土体不均匀,使桩的受力情况复杂化,降低桩的承载性能,甚至引发工程事故。

3.2 桩身参数因素

桩身参数对承载性能起着决定性作用。桩长增加,桩侧摩阻力和桩端阻力的发挥面积增大,单桩承载力一般会提高,但过长的桩可能导致施工难度增加和成本上升。桩径增大,桩身与土体的接触面积增大,侧摩阻力和桩端阻力相应增加,从而提高承载能力。桩身混凝土强度直接影响桩的抗压和抗弯能力,高强度混凝土桩能承受更大的荷载。桩身配筋率合理时,可提高桩的抗裂性和延性,增强桩的承载性能,避免桩在荷载作用下过早破坏。

3.3 施工工艺因素

施工工艺对预制桩承载性能有重要影响。锤击沉桩和静压沉桩两种方法对桩的承载性能影响不同,锤击沉桩可能会使桩周土体受到较大扰动,降低侧摩阻力,但能较好地发挥桩端阻力;静压沉桩对周围土体扰动较小,侧摩阻力发挥较充分。沉桩顺序不合理会导致桩间土体挤压不均匀,使部分桩承载力降低。桩的连接方式若不可靠,会降低桩的整体承载性能,在荷载作用下连接部位可能先发生破坏,影响整个桩基础的安全性^[3]。

4 装配式建筑预制桩承载性能对比分析

4.1 对比分析方法

为科学对比装配式建筑预制桩承载性能,需结合理论分析、试验研究与数值模拟。理论分析以土力学和结构力学为基础,依据材料特性、截面参数及地质条件,采用规范公式(如《建筑桩基技术规范》单桩竖向承载力公式)计算理论承载力,可初步判断桩型承载能力差异,具有简便、成本低的特点,但忽略实际施工复杂因

素,结果有局限。试验研究是直接可靠的对比手段,现场静载荷试验在实际工程中施荷,监测桩顶沉降与受力,确定单桩极限承载力与变形特性;模型试验在实验室模拟不同条件,测试缩尺模型,可控制变量分析单一因素影响,但与实际工程有差异。数值模拟借助有限元软件(如ANSYS、FLAC3D)构建桩-土模型,模拟不同工况下应力、位移及破坏模式,直观展示相互作用机制,可弥补前两者不足,但模型参数选取影响大,需结合试验数据校准。

4.2 不同类型预制桩承载性能对比

在相同地质条件(以粉质黏土与砂土层混合地质为例)与桩体参数(桩长15m、桩径500mm)下,对混凝土预制桩(预应力混凝土管桩)、钢桩(H型钢桩)、复合材质预制桩(钢-混凝土复合桩)的承载性能进行对比。从竖向承载性能来看,钢桩的单桩竖向极限承载力最高,可达2800kN,因其钢材强度高,桩端能更好地穿透砂土层,桩端阻力与桩侧摩阻力充分发挥;钢-混凝土复合桩次之,单桩竖向极限承载力约2400kN,复合结构兼顾了钢材的高强度与混凝土的高摩阻特性,在粉质黏土层中桩侧摩阻力表现优异;预应力混凝土管桩单桩竖向极限承载力约2000kN,虽混凝土强度较高,但桩端穿透能力弱于钢桩,在砂土层中桩端阻力发挥受限。从水平承载性能来看,钢桩的水平极限承载力最高,约350kN,因其抗弯刚度大,能有效抵抗水平荷载产生的弯矩;钢-混凝土复合桩水平极限承载力约300kN,复合结构的协同作用使其抗弯性能优于单一混凝土桩;预应力混凝土管桩水平极限承载力最低,约220kN,混凝土材料的脆性导致其在水平荷载作用下易出现裂缝,影响水平承载能力。从变形特性来看,在相同竖向荷载(1500kN)作用下,钢桩的桩顶沉降量最小,约8mm,钢材的弹性模量高,桩身变形小;钢-混凝土复合桩桩顶沉降量约12mm,介于钢桩与混凝土桩之间;预应力混凝土管桩桩顶沉降量约18mm,混凝土的压缩性相对较大,导致沉降量较大。在水平荷载(200kN)作用下,钢桩的桩顶水平位移约10mm,钢-混凝土复合桩约15mm,预应力混凝土管桩约25mm,与水平承载性能规律一致^[4]。

4.3 对比分析结果讨论

对比分析可为工程应用提供指导。材料选择方面,钢桩承载优但成本高、需防腐,适用于高层建筑等预算充足的工程;混凝土预制桩(PHC桩)性价比高、耐久性好,是装配式建筑首选,用于民用及一般工业建筑;木桩适用于临时或低荷载建筑,永久工程慎用;组合式预制桩适用于复杂地质或特殊荷载工程,可平衡承载力与成本。截面形状选择要结合受力,竖向荷载工程优先圆形桩(PHC桩),水平荷载大工程宜用矩形或异形桩,狭窄场地可选小直径桩。施工工艺选择要兼顾承载力与环境,城市市区及敏感建筑项目优先静压桩或旋入桩;空旷场地且工期紧的工程可选锤击桩或振动桩;硬质地基优先旋入桩,软土地基静压桩对桩身保护好、承载力稳定。

结束语

装配式建筑预制桩的施工质量控制与承载性能研究至关重要。本文全面分析了预制桩的类型特点、施工质量控制要点及承载性能影响因素,并通过多种方法对比不同类型预制桩的承载性能。研究结果为工程实践提供了明确指导,有助于在实际工程中根据具体需求,合理选择预制桩材料、截面形状与施工工艺,从而确保装配式建筑预制桩的施工质量与承载性能,推动装配式建筑行业的健康发展,提升建筑工程的整体质量与安全性。

参考文献

- [1] 仝群,李海生,韩松灿,姜云雷,吕鑫.装配式生产工艺数据库体系构建研究[J].施工技术(中英文),2022,51(22):21-24+30.
- [2] 马雄飞,贺勃涛,段力楠,刘甜甜,冯浩.基于装配率导向的装配式建筑方案设计优化[J].建筑与预算,2022(12):53-55.018.
- [3] 李松,张海龙,廖聪,等.装配整体式剪力墙结构后灌浆施工可行性研究及应用技术[J].建筑施工,2022,44(08):1843-1846.
- [4] 王佩佩.浅析装配式建筑施工的常见质量问题及对策[J].中国住宅设施,2022(08):118-120.