

临近既有建筑桩基施工的振动影响及防护措施

周磊

江苏省地质矿产局第五地质大队，江苏徐州，221000；

摘要：临近既有建筑进行桩基施工时，振动问题直接关系到周边建筑的安全与结构完整性。本文从施工振动特征、土体与桩基类型、施工工艺及设备、建筑结构及空间条件等方面系统分析了振动产生的原因与影响机制。基于深入研究，提出施工顺序优化、低振动施工工艺、辅助支护、振动监控以及建筑加固等多维度防护策略。文章在技术细节与施工操作可行性上进行充分探讨，旨在提供兼顾施工效率与建筑安全的解决方案，为类似施工环境提供参考。

关键词：桩基施工振动；既有建筑安全；施工工艺控制；辅助支护措施；振动防护

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.036

引言

在城市密集建设环境下，桩基施工不可避免地影响周边既有建筑。施工振动产生的强度和传播路径与土体特性、桩型、施工方法及建筑结构紧密相关，对建筑安全、功能使用和居住环境产生直接影响。有效控制振动不仅关系到施工质量，也关系到社会责任与工程管理水平。研究如何科学安排施工顺序、选择低振动设备、实施辅助支护以及动态监测，能够在保证施工效率的同时，最大限度地降低对既有建筑的干扰。本文试图从振动源、传播条件和防护策略的综合视角，深入分析问题本质并提出可操作性方案。

1 施工振动影响的主要因素分析

1.1 土体与桩基类型的影响

振动特征最终由土层所决定。在不同土（砂土、粘土、填土及碎石土）的弹性模量、粘聚力（阻尼比）、层厚等参数所决定的振动位移幅值及频谱特性有明显的差异。砂性土层尤其是松砂会对高频率振波衰减较快，但对低频振动有着良好的传递性能，粘性土会出现滞后及共振现象；桩的形式对振动波型也是有明显的影响，如冲击性成桩或预制桩对地面瞬时产生一个比较高的振幅，在入桩后会有一连串的振动，振动的幅值较高但在较短的时间内持续，如旋挖桩的成桩方式，由于其是在对土层进行连续的挖掘及压入注浆液的过程中对桩体附近振动持续时间较长，但是其幅值较低，在同样宽度的土层附近会产生同样的影响，由于桩径、桩长、以及桩体与土体接触的不同对振波对土体及附近建筑物

实际影响的范围也会有所不同。

1.2 施工工艺及设备因素

施工方法及设备参数直接决定了振动源的强度及其参数特征。设备质量、能量释放途径、施工节奏、操作频率决定了各种振动谱的特征，而冲击打桩在打桩过程中只产生瞬时振动峰值，振动谱的高频成分显著；旋挖桩或静压桩等施工设备的振动谱特征表现为低频、时长持续振动，诱发建筑低频振动。而在桩基施工过程中，打桩的前后次序、打桩的间距以及施工时间会因打桩的不同工艺产生累积或消除的叠加效果。设备使用状况、振动隔振手段和降能量途径将会直接影响振动峰值的大小，这对施工单位制定保障施工人员安全管理和保护策略提出了直接要求。

1.3 建筑结构与距离条件的作用

周边建筑的结构形式和基础类型决定了振动敏感性。框架结构与砖混结构在振动响应模式上存在显著差异，框架结构对高频振动较为敏感，砖混结构易受低频累积振动影响。建筑高度、刚度和自振频率决定了共振风险，建筑越接近施工点，振动传递强度越高，但土体衰减和地基吸能特性也会对实际影响产生调节作用^[1]。建筑与桩基施工点的空间布置、间距及基础形式决定振动作用路径，同时影响防护措施的选择和施工控制策略的执行效果。

2 临近既有建筑桩基施工的振动影响及防护措施

2.1 合理布置施工顺序与工序间隔

施工顺序安排是规避施工振动影响的主要方法之一,施工顺序安排要从施工布局、桩型、土质及敏感建筑几方面进行。在施工布局方面,施工时对各施工区域进行详细划分,使桩基振动源与敏感建筑物之间保持一定距离,并对桩基施工位置、顺序进行调整,规避施工中振动叠加、集中连续振动对敏感建筑物的影响。确定施工顺序时,在工序间应考虑施工时间,又要考虑到施工中桩基的振动规律以及敏感建筑物振动对建筑的影响,高振动桩之间预留时间间隔,使建筑物在微观层面化解累积振动能量,避免因积累作用过大造成破坏。在确定施工顺序时,也要考虑到不同桩型施工的振动特性,如冲击桩在距敏感建筑较远处施工,而旋挖桩或静压桩施工可在敏感建筑物较近处施工。对施工节奏也要做好调整,连续的高强度施工,易形成累积振动峰值,间隔和交替施工降低土体振动传输幅值。施工顺序施工要具备技术性和实用性,结合现场土体测试、振动估算和建筑结构敏感性分析,形成修正施工顺序的办法,使施工顺序不单技术上合理还要做到实用,达到动态调整施工顺序的目的^[2]。要将施工顺序与工序间隔和其它防护措施结合统筹考虑,例如对振动监测体系和局部支护措施的配合,使施工顺序成为整套振动防控措施的核心点,使振动防控管理全面系统。合理施工顺序与工序间隔是技术问题更是对施工作业的施工安全、近地建筑完整以及施工责任的系统考虑,需在施工组织、技术设计、管理监控上形成闭口,实现施工效益和安全保护的平衡。

2.2 采用低振动施工工艺与设备

低振动施工作业工艺和施工作业机具选用直接决定振动源的强度及其对建筑物的传递强度,是低振动工程防护工作的重要环节。针对不同的桩基类型,应依据施工机理及土体适应性选择适用的施工作业工艺,如对于冲击桩可配备缓冲能量控制装置、减振锤或低频冲击设备来减小每一击时的打击能量,降低土体高频振动传递强度;对于旋挖桩可优化钻孔速度、切削刀角度和注浆压力来平衡钻进速度与振动强度,进而达到低幅振动连续性作业施工效果;对于静压桩,可增加导向支设,优化桩体入孔速度、施压节奏和施压力度,实现施压过程中的低振动施工等。针对不同的施工机具和设备,优选低振动特性和特点、带隔振装置和能量调节装置的机具设备,同时需要在施工前进行试验和数据比对,确保

在正常使用范围内使用;针对不同的施工作业工艺和施工作业机具,其参数优化是低振动工程施工工艺的核心操作环节,主要包括打桩频率、打桩速度、打桩节奏、机械的动力输出以及打桩振动控制策略,应根据施工现场土体条件和邻近建筑物敏感度具体制定施工参数,以确保施工过程中振动影响在可接受范围内。低振动工艺工程需包括设备的可靠技术特征,施工作业人员熟悉设备特性和施工节奏,能够在实施过程中根据振动控制的监测结果调整施工作业方式,形成一种动态控制体系^[3]。低振动施工还应当与施工工序、支护方式、振动监测一同实施,形成多级防护、立体防护方式,从源头实施振动控制,并从震动的传递过程中达到衰减和累加控制,为周边建筑物安全防护,将施工效率与建筑物的安全结合起来。

2.3 桩基施工辅助支护措施

辅助支护是指为了提升地基稳定、减小振动影响幅度和缩小敏感建筑的振动反应而采取的必要防护措施,辅之以桩基施工振动特性和敏感建筑特征选择合理的支护策略,主要包括临桩基加固措施、地基注浆处理、支撑体系和敏感点基础加固等。支撑体系或地基注浆处理主要是基于土层土体密度和阻尼系数的变化,以减小振动波速度,同时还可以提升敏感建筑的基底承载能力,使振动在土体中衰减,有效地降低其振动幅度;敏感建筑基础加固主要针对敏感建筑脆弱点设置钢筋、加固梁柱或加大基础等结构,提升敏感建筑的耐振能力和建筑整体的稳定性。支撑体系按照施工范围、振动传播方向以及敏感建筑分布综合考虑桩基施工环境、位置布置、支撑方案形式等进行力学构造,使支撑作用能够较好地约束敏感建筑结构,从而使敏感建筑结构的振动响应有较小的反应。辅支护措施也是在施工前期的勘察分析基础上结合振动预测对支护加固的合理应用,并在施工过程中按照监测信号的实时动态更新支护的强度和范围,最大限度发挥支护加固措施的预防作用^[4]。辅助支护措施所针对的影响不仅仅是施工期,也要关注于施工后建筑物长期性稳定的振动控制,保证建筑物的振动造成的累积效应在可控范围内。从整体趋势来看,辅助支护手段的路径就是把风险变成可控的状态,使抗震能力与结构与建筑和谐相处成为振动防治一体化的效果。

2.4 振动监测与施工动态调整

临近既有桩基施工的振动监测与动态调整,核心是通过施工动态性与科学监测结合,实现过程管理与风险可控。需在施工区域及周边重要建筑布设监测系统,依据土体条件、桩机模式及建筑敏感性设计多层级监测点,确保监测数据精准反映振动的空间分布与频率范围变化;监测项除振幅外,还需包含加速度、速度、频率,以区分高频冲击、低频累积及振动最大幅度。数据需精准及时采集,为管理人员处理振动变化、调整控制策略提供支撑。

动态调整策略强调施工与监测数据的联动,需根据监测结果调整施工节奏、工序、设备动力输出及打桩次数,减少振动峰值与累积效应;若某工序振动过量,可降低冲击能量周期或换用低振动设备。振动监测体系需与辅助支护、建筑加固措施协同,动态指导局部土体加固、支撑及基础加固,实现结构与土体同步保护。

同时,施工动态调整也是方案持续更新的过程,技术人员需建立高效数据分析与决策机制,推动振动控制从静态转向动态,维持土体振动动态平衡。长期监测数据可构建历史数据库,通过分析振动与土体响应变化,为后续工序提供数据支撑,指导工艺参数与工序优化。整体方案通过动态控制将振动风险转化为可控环节,形成施工与建筑保护的闭环,保障施工安全高效,为管理提供定量化、可持续依据^[5]。

2.5 周边建筑加固与防护技术

隔振与加固技术核心是通过强化结构性能,将桩基施工振动灾害转化为可预知可控风险。需根据建筑建造年代、结构类型(裙房、框架-剪力墙等)、基础形式(独立基础、桩基等)及振动敏感度分类施策:采取梁柱补强、墙体支撑、基础加固等措施提升整体刚度;对自振频率接近施工振动频率的建筑,通过基础注浆、设置短桩、加宽基础等加大刚度,改变振动传递路径以降低幅值;重点加固关键梁柱节点、承重墙体等构件,增强局部抗振能力。防护体系还包括外加防护与支撑缓冲装置,通过优化隔振系统阻尼特征实现建筑与施工点

的隔振状态。方案需整合加固原则、材料工艺、辅助支护与动态监测,结合低振动施工工艺、施工顺序及节奏调整,施工前经力学计算评估制定方案,过程中依据监测数据动态完善。方案需兼顾施工期安全与建筑长期稳定性,从振动源头、传递路径、结构端实施多层级防控,构建“风险可管、安全可控”的系统防护体系,保障既有建筑施工全程稳定。

3 结束语

近邻建筑施工振动相互作用由多因素决定,需要从桩基类别、施工机械、施工方式以及近邻建筑条件等角度综合考量,实施科学有效的施工安排与低振动作业方法、辅以加固支护与监测、加固近邻建筑等措施来保障施工作业在控制振动施工荷载范围之内,保证建筑安全与施工作业顺利实施。上述分析与方法针对施工单位而言,需要技术和施工作业与安全管理形成一个有机的整体系统,而非单一的技术选择及现场施工管理行为。本文提出了多视角分析方法与具体参考措施供城市化环境中桩基础施工利用,同时进一步阐释了施工与建筑之间的关系。

参考文献

- [1] 翟传鹏,李今保,张龙珠,等.既有建筑物桩基静载试验方法研究[J].建筑技术,2024,55(S01):156-158.
- [2] 王亚宁,刘淑宝,杨名冠,等.基于数值模拟回归的桩基对既有建筑影响分析[J].工业建筑,2023,53(S01):548-552.
- [3] 杨晓明.既有建筑锚杆静压桩基础加固设计[J].城市建筑,2024,21(22):220-224.
- [4] 练华洪.EPB/TBM双模盾构穿越既有敏感建筑物桩基的影响研究[J].铁道建筑技术,2023(5):155-158.
- [5] 张纹豪,汪鑫,寇君淑,等.地铁隧道下穿既有建筑桩基础的影响分析[J].北方建筑,2024,9(5):3-8.

作者简介:周磊(1990—),男,汉族,湖北省天门市,本科,中级工程师,研究方向为桩基施工。