

# 吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中的应用

张艳平

山东省潍坊市临朐县建筑业发展中心

**摘要:** 本文针对吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中应用进行分析研究。文章针对吊脚桩进行全面分析,分析既有地下结构基坑支护的特殊性,最后结合实践案例探讨吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中具体应用。

**关键词:** 吊脚桩; 既有地下结构; 基坑支护工程

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.038

基坑支护是现代建筑工程领域中的重点环节,支护工艺良好应用,有利于提升基坑稳定性,保证施工良好完成。而实际上,现代基坑支护施工过程中,如果基坑周边存在既有结构,将会给基坑支护造成影响,基坑支护施工困难,支护效果可能下降。在上述问题背景下,工程专家开始针对既有地下结构的基坑支护技术进行研究。经研究,将吊脚桩与既有地下结构形成结合,能够在满足基坑稳定性要求的同时优化基坑支护。

## 一、吊脚桩分析简要分析

### (一) 吊脚桩情况

吊脚桩是沉管灌注桩施工中出现的质量问题,该问题具体是指沉管灌注桩底部混凝土出现悬空情况或者桩底部混入泥沙造成底部土层松软状况,以上两种情况均会对沉管灌注桩的支撑力造成影响,不利于工程稳定。

### (二) 吊脚桩产生原因分析

研究发现,吊脚桩产生的主要原因是由于桩尖活瓣拔罐之时,自身未形成张开状态,从而导致在一定高度情况下,混凝土出现下落的情况,也造成不密实空隙。另外,如果预制混凝土桩尖质量不符合标准,强度未达标也将造成桩头尖部损坏,拔罐时形成的冲击力也将会造成振动和冲击,不利于整体施工,造成吊脚桩现象。

①预制加工的桩尖质量相对较差,容易形成吊脚桩问题。研究发现,沉管过程中,桩尖的强度不达标,会导致自身受到挤压后出现桩尖受损现象。振动拔管阶段,由于桩尖已经破损,极有可能导致桩尖无法拔出,而等到沉管拔出高度逐渐增加时,桩尖随之漏出,继而造成吊脚现象。

②沉管灌注桩桩体长度超标、活瓣桩体的周围土体包围过紧,拔管超过一定高度才能够打开,从而影响到沉管灌注桩施工,也会形成吊脚桩现象。

## 二、既有地下结构对基坑支护的影响分析

既有地下结构对基坑支护造成极大的影响,不利于基坑施工。其实,目前我国建筑工程逐渐增加,基坑工程也开始增加,基坑施工中遇到的情况越来越复杂,其实基坑周边存在既有地下结构的情况已经比较常见。但

是,如果基坑周边既有地下结构与基坑距离比较近,将会给基坑施工造成严重的影响。如,研究发现,既有地下结构给基坑支护造成的影响非常大。研究发现,传统基坑施工支护一般采用灌注桩支护方法,该方法需要足够的桩体施工和开挖空间。但是,如果基坑周边有既有地下结构,将会直接导致基坑结构变化,桩体施工空间将会被压缩,受到空间限制,支护桩难以施工,形成吊脚桩问题的概率也逐渐增加。

工程实践中也发现,吊脚桩和既有地下结构在基坑支护施工中形成特殊情况,造成施工成本高、工期延长、施工技术难度等问题,许多基坑工程在处理该问题时难以满足设计和施工要求,影响基坑施工质量。

## 三、吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中应用理论研究

吊脚桩与既有地下结构形成结合,对基坑支护施工造成影响。相关专家经过全面研究后提出,将吊脚桩与既有地下结构形成结合,应用于基坑支护施工当中,能够形成“变废为宝”,将问题转换为解决思路,继而提升基坑支护效果。

工程实践中提出,将吊脚桩、既有地下结构和基坑支护结构三者之间建立一定联系,利用基坑支护技术,利用基坑施工要点,实施全面的基坑管控,完成基坑施工技术管理,确保吊脚桩施工达到最佳效果,也能够提升吊脚桩施工质量。

工程中,将吊脚桩视为上部结构、将地下结构视为基坑支护体系的下部结构,最后根据基坑施工要求,基坑地质情况,设计中间部位的支护结果,从而形成三者之间的相互作用,构建外建和既有的基坑支护体系,提升基坑支护效率,保证基坑稳定。

## 四、实践应用案例探讨

### (一) 工程基本情况介绍

本文为确保研究具有实践性,针对某会议中心工程项目进行全面研究,该工程中,基坑深度为14m、基坑宽为208m、长度为480m、计算基坑面积已达99840m<sup>2</sup>。对基坑周边情况进行调查中发现,基坑南侧紧邻地下隧道,地铁线路隧道,东侧和西侧也都有地下隧道。因此,整个工程被区域被外侧隧道连接,基坑下部既有结构较多,给基坑支护造成影响。因此,本工程进行施工前,确定采用吊脚桩结合既有地下结构进行基坑支护施工,保证基坑支护达到稳定。

### (二) 水文地质资料采集

工程中,为合理设计吊脚桩结合既有地下结构基坑支护方案,本工程针对地质资料进行采集,以下是多项地质资料分析。

第一, 根据现场钻探地层揭露、原位测试及土工试验成果。根据本次勘察, 场地的覆盖层厚度50.20~55.60m, 拟建场地上覆土体主要为第四系全新统河流—湖沼沉积相粉质黏土、淤泥质粉质黏土、粉细砂; 其下为第四系上更新统河床相中粗砂混卵砾石为主。下伏基岩为白垩系上统浦口组泥岩等。按地基各土层的土工程特性划分土层。包括杂填土①, 黏质粉土填土①①, 砂质粉土②, 重粉质黏土②①, 粉砂②②, 黏土②③, 重粉质黏土③, 砂质粉土③①, 黏土③②, 粉砂③③, 砂质粉土④, 重粉质黏土④①, 粉细砂④②, 黏土④③, 重粉质黏土⑤, 砂质粉土⑤①, 黏土⑤②。

第二, 场区潜水含水层岩性主要为①层填土, 该层埋深浅, 厚度0.50~3.60m。承压水含水层岩性主要由②层~④层粉砂、中粗砂混卵砾石组成, 该层埋深约6.04~10.74m, 厚度2.88~20.66m。孔隙潜水主要补给来源为大气降水、地表水入渗、灌溉水回渗, 因区内地势平坦, 地下水径流比较滞缓, 水力坡度仅在千分之几至万分之几, 排泄方式以自然蒸发、向长江等地表水体排泄以及少量的人工开采为主; 承压水主要补给来源为上部孔隙潜水下渗和长江水的侧向渗流, 排泄方式以径流及向长江水体侧向渗流为主。

### (三) 工程重点难点

根据工程该情况以及地质调查, 确认本工程施工过程中, 地质情况相对复杂, 同时由于邻近多处既有结构, 导致施工也受到一定影响。以下是对本工程中的施工重点和难点进行分析。

第一, 工程的重点难点之一在于地基稳定性相对较差, 不利于地基综合施工, 造成地基施工质量差的问题, 最终影响到地建设。例如, 拟建基坑设计标高+1.56~+2.15m, 现地状地面高程+3.99~+5.89m。采用天然地基时, 拟建工程基底土层为②-2层淤泥质粉质黏土, 流塑, 高压缩性, 工程地质性能极差, 综合评价地基的稳定性差。横向上地基岩性、压缩性变化较大, 且淤泥质土为高压缩性土, 属不均匀地基。不均匀地基的情况给工程造成较为严重的影响, 容易导致基坑开挖或者支护不稳定。

第二, 周边地下环境复杂。通过上述研究也可以发现, 整个工程中, 三个方向存在地下既有结构, 并且对基坑支护的影响相对比较大, 严重影响到基坑建设。

### (四) 吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中的应用方案

根据工程实际情况总体研究, 设计吊脚桩结合既有地下结构的深基坑支护结构, 实现基坑支护, 提升基坑稳定性。对技术方案进行研究发现, 设计的支护体系主要包括支护桩、地下结构、地下支护结构以及中部支撑结构组成。其中, 支护桩预期周边土层可以直接坐落结构顶板之上形成固定; 而下部结构为地下与地下支护结构, 形成基坑下部的支撑力, 为基坑施工打好基础, 有利于基坑稳定; 中部连接结构采用地连梁和锚索结构组

成, 二者形成结合固定, 在中部发挥结构稳定作用, 形成结构综合施工, 稳定结构。整个基坑支护中, 与基坑结构线保持平衡设置护坡桩结构, 护坡桩桩顶冠梁和吊脚桩区域连接。再利用地脚梁与基坑支护桩桩角连接固定, 继而实现地脚梁与原地下结构连接, 实施精准连接管控。通过全方位的基坑支护, 提升基坑整体稳定性。另外, 该方法与传统基坑支护方法相比, 更适用于既有地下结构与吊脚桩同时存在的情况, 同时方便施工, 适合应用于多种工程。

整个工程中, 既有地下结构的支护结构也采用基坑支护, 根据既有地下结构实际情况, 设计桩间挂网施工技术。该技术应用的目的是实现吊脚桩裸露土层结构搭建, 并且实现混凝土垫层结合施工, 确保有效止水, 同时对原地下结构进行支护, 构建了混凝土垫层, 利用混凝土垫层的支护力, 优化结构稳定性。

根据总体方案, 继续细化吊脚桩结合既有地下结构的综合支护方案, 从确保基坑支护稳定。如, 上部利用混凝土面层与吊脚桩连接, 混凝土的凝结力使吊脚桩更加稳定, 防止出现施工稳定。另外, 中部地下结构的连梁和下部排桩结构形成联合, 锚杆和土钉相互连接, 最后采用空间钢架支护结构进行综合固定。

研究发现, 该根据工程实际情况设计的吊装栓+既有地下结构支护体系具有良好稳定性, 能够有效降低中部空间, 优化地下结构, 并且为确保整体稳定, 构建下部压力下的吊脚桩承担力, 从而提升基坑支护稳定性。

### (五) 关键技术分析

吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中应用, 上述工程中应用了多项关键技术, 设计技术方案, 实施综合管理, 才能够确保基坑支护稳定, 提升基坑支护质量, 达到基坑支护效果。实际上, 吊脚桩进行基坑支护施工的过程中, 还需要对多处关键技术进行管理。如, 根据上述方案, 提出该工程进行支护施工的关键技术。

第一, 吊脚桩结构在基坑支护工程中应用, 护坡桩技术我关键技术, 该技术主要完成基坑周边护坡, 并且与吊脚桩形成有效联系, 提升施工质量, 保证地脚桩连接达到最佳效果。实际上, 吊脚桩结构在进行施工的过程中, 已经开始融合施工, 并且总结施工效果。本项目中, 整个护坡桩工艺包括试成孔、成孔、钢筋笼制作、钢筋笼吊放、混凝土管桩等技术要点以下是对关键工艺要点进行分析。

①根据本工程桩成孔深度深、垂直度要求高这一特点, 针对性选择扭矩大、钻机稳、功率大的ZR220A型旋挖钻机, 配套钻杆选用高强度抗扭法兰连接钻杆。

②钢筋笼分节制作, 长度10m或12m, 主筋采用直螺纹连接的方式连接, 在保证连接质量的同时更加提高施工效率。同一截面内接头数量不应大于主筋总数的50%, 相邻接头应错开35倍主筋直径以上距离。钢筋笼垂直主筋之接头须能承受1.25倍钢筋极限拉力。机械连接接头的操作应符合《钢筋机械连接通用技术规程》

GJ107的有关规定；按钢筋笼翻样图要求的长度下料。另根据骨架长度，按尽量减少断头废料的原则断料；钢筋笼起吊时宜采用两点吊，主吊点位于笼顶，副吊点位于笼底以上约1/3笼长处。

③钢筋笼吊放入孔道之内，在进行施工的过程中，钢筋笼按照图纸进行吊放施工。整个施工期间，要求根据图纸要求设置钢筋笼伸长长度，并且超过帽梁中线：钢筋笼成品需要做好成品保护，吊放之设置保护层，确认保护层厚度达到合理之后，实施多项管理，保证各项施工达到最佳效果。

④混凝土浇筑。工程一柱一桩钻孔桩混凝土设计强度等级C40，一柱一桩桩身内插立柱钢管采用Φ800×20钢管，内填混凝土设计强度等级C40；施工采用商品砼，坍落度控制在18~22cm。选用10mm厚无缝钢管制作，内径250mm，底节尺寸定为7m，标准段每节2.5m，另有0.5m~1.0m长的辅助导管，导管采用丝扣连接，要求每节导管平直，定长偏差不超过管长的1%，内壁光滑平整、不变形，防止导管卡在钢筋笼上。接头采用快速螺旋接头并设置导向装置，防止挂住钢筋笼，导管按规定进行气密试验。气密试验按孔底水压的1.5倍进行，防止导管在混凝土浇筑过程中爆裂和漏水。导管安装后底口距离孔底0.5~0.8m为宜。混凝土施工时应进行坍落度测定，每根桩测定3次，在前后中间各测一次，须检查坍落度合格后才能放入漏斗。坍落度测试允许偏差在±20mm，或要求数值的1/3以内，取较小者。灌注水下混凝土时，导管和漏斗之间设置阀门关好，并将导管提高孔底30~40cm左右，然后将灌注漏斗和储料斗装满

混凝土之后方可打开阀门开始浇筑水下混凝土。在混凝土灌注过程中，实测量正在浇筑的混凝土面的标高，控制导管深最小不小于3m。混凝土灌注应连续进行不得中断。混凝土强度应比设计强度高一级进行配置。

第二，本工程吊脚桩与既有地下结构进行组合支护，其关键技术还包括地连梁和锚索连接关键技术，中部支撑结构的连接使整个支护体系具有稳定性，提升了中部核心力量，对于吊脚桩结构进行综合施工。二者连接采用锚索连接件进行固定，将二者连接后确认连接稳定性，稳定性良好，确认固定结构更加稳定。

**(六) 方案应用效果**

该工程中，采用地下既有结构与吊脚桩进行融合连接，同时配合其他桩体支护技术，完成整体支护施工。以下是对地下既有结构与吊脚桩相关技术应用效果进行分析。分析过程中，设定深基坑监测体系，主要针对基坑位移情况进行监测，确认基坑位移情况是否出现变动，根据位移量而确定施工稳定性。基坑内完成水平位移监测、锚固监测、沉降监测以及支撑轴力监测。深基坑结构进行监测的过程中，包括对深基坑及邻近结构变形监测，以下表1两项监测控制指标。根据最后检测数据显示，深基坑地下结构施工完成后，各部分结构均未出现异常变化。通过数据监测值是否代表，是否符合标准值，确认本次结合工艺应用是否良好，提升结构施工效果，保证各项基坑施工监测达到最佳效果。通过数据指标对比发现，变形控制值各项指标均在预警值范围之内，代表基坑稳定，也代表基坑支护应用良好。

表1 既有地下结构及邻近基坑变形控制指标

项目	预警值 / mm	报警值 / mm	实际值 / mm
既有地下竖向变形	2.1	2.4	1.0
既有地下结构横向变形	2.1	2.4	1.0
地下隧道出入口差异沉降	1.4	1.6	1.0
地下隧道出风亭差异沉降	1.4	1.6	1.0
地下道岔尖轨及基本轨剥离	0.4	0.8	0.3
既有地下结构变形速率	0.5mm / d	0.5mm / d	0.5mm / d
地下隧道导高及拉出变化值	±2mm	±2mm	±2mm

**结束语**

本文结合理论和实践，具体探讨吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中应用。通过实践案例总结发现，将二者结合，辅助设计护坡技术，有利于实现既有结构下的基坑施工，有利于提升施工质量，确保基坑支护稳定。

**参考文献**

[1] 齐翰, 王玉军, 侯文诗, 等. 吊脚桩结合既有地下结构在基坑支护工程中的应用[J]. 建筑技术, 2021, 052(005): 605-607.  
 [2] 邓超, 杜应平, 田朋飞. 逆作法墩式挡墙在土岩结合深基坑支护中的设计与应用[J]. 岩土工程技术, 2022(004): 036-036.

[3] 赵娟. 深基坑支护技术在建筑工程施工中的应用分析[J]. 道路与桥梁, 2022, 1(1): 31-33.  
 [4] 贾明杰. 桩墙组合型支护结构在软硬复合地层基坑的应用[J]. 工程建设与设计, 2021(5): 22-24.  
 [5] 陈思源. 建筑工程深基坑支护结构选型原则与应用[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2022(10): 0114-0117.  
 [6] 刘兴. 深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用探究[J]. 市场调查信息: 综合版, 2022(19): 00140-00142.  
 [7] 向苗, 徐亮, 王大庆. 超高层建筑施工中深基坑支护承压结构抗震效果分析[J]. 建筑施工, 2023, 45(1): 209-212.