

软土超深基坑道路临边施工常见问题与应对策略

张 理

[上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海市 200125]

摘 要: 软土地区道路临边超深基坑受交通荷载的影响往往易被忽略,通过上海北横通道黄兴路井及机架段基坑监测数据验证了临边交通荷载的重要性。从场地布置、筹划和组织、围护施工、支撑和土方开挖、地下水控制等五个方面分析了道路临边超深基坑容易忽视的常见问题,探讨主要采取的策略如下:场地条件允许时,尽可能采用一次围挡。场地不足,多次翻交结合栈桥进行土方开挖;应及时备料,无法保证正常运输时,及时与交警部门对车辆疏导;考虑临边道路对围护墙插入深度、支护内力、成槽稳定的影响,建议超载按30 kPa计算,并加强泥浆管理;地下连续墙可采用水泥土搅拌桩进行槽壁加固,钻孔桩则可考虑钢护筒成桩。泥浆护壁时,建议泥浆的比重不小于1.25;空间受限时,地下连续墙接头可采用工字钢,墙缝止水建议采用MJS或RJP;利用时空效应,尽可能选用钢支撑,快挖快撑。重视钢支撑应力松弛,建议采用伺服控制系统。土方开挖时,建议临路侧留土台;采用止水帷幕隔断潜水与坑外的水力联系,尽可能隔断承压水,无法隔断时,建议隔水帷幕深入承压水层不小于9 m,且大于承压水层厚度的一半。

关键词: 软土地区;临边道路;超深基坑;常见问题;应对策略

中图分类号: U451

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)04-0226-04

Common Problems and Countermeasures in Construction of Ultra-deep Foundation Pit near Road in Soft Soil

ZHANG Li

[Shanghai Urban Construction Municipal (Group) Co., Ltd., Shanghai 200125, China]

Abstract: The influence of traffic load on the ultra-deep foundation pit near the road in soft soil area is often ignored. The importance of traffic loads near road is verified through the monitoring data of Huangxing Road Shaft and foundation pit in the machine frame section in Shanghai Beiheng Passageway. The common problems of ultra-deep foundation pit near road easily ignored are analyzed from five aspects of site layout, planning and organization, enclosure construction, support and earthwork excavation, and groundwater control. The main countermeasures are discussed. When the site conditions are allowed, one-time enclosure should be used as much as possible. Due to insufficient space, multiple excavations are carried out for enclosure construction with the trestle. Materials should be prepared in time. When the normal transportation cannot be guaranteed, the vehicles should be promptly guided by the traffic police department. Considering the impact on the insertion depth of the retaining wall, internal force of the support and stability of the groove near road, it is recommended to calculate the overload at 30 kPa and strengthen the mud management. The underground diaphragm wall could be reinforced with cement soil mixing piles. The drilled pile can be considered as steel shield pile. When the wall is protected with mud, it is recommended that the specific gravity of the mud is not less than 1.25. When the space is limited, I-steel could be used for the joint of underground diaphragm wall. MJS or RJP is recommended for water stop of wall seam. When the time and space effect is utilized, the steel support could be selected as much as possible, and quick excavation and quick support are highly recommended. It is paid attention to the relaxation of steel support stress, and it is recommended to use a servo control system. When the earthwork is excavated, it is recommended to leave a soil platform on the roadside. The water stop curtain is used to cut off the hydraulic connection between diving and the outside of the pit, and it is to cut off the confined water as far as possible. When it is hard to cut off, it is recommended that the water stop curtain penetrate into the confined water layer no less than 9 m and greater than half of the thickness of the confined water layer.

Keywords: soft soil areas; near roads; ultra-deep foundation pit; common problems; countermeasures

0 引 言

收稿日期: 2024-05-08

作者简介: 张理(1993—), 男, 本科, 工程师, 从事市政工程施工工作。

软土地区深基坑工程事故曾为建设者带来过惨

痛的教训,忽略地质和环境的特殊性往往需要付出高昂的代价。例如,2009年10月6日上海宝山大场镇改造西街地块新建家乐福及专业卖场工程东侧基坑发生围护桩“踢脚”破坏,导致守仁桥街一侧路面约长36 m、宽13 m路面发生严重塌陷,上水管、煤气管均被严重破坏,事故造成周边居民企业断水、断气、道路交通中断,严重影响居民生活及企业生产,造成较大经济损失和重大社会不良影响的严重质量事故^[1]。事后原因分析中,有一条重要设计原因即未考虑重载车辆频繁行驶的不利影响。

国内道路路边软土地区超深基坑工程施工和管理常见问题和策略的介绍甚少。沈玉涛^[2]用数值软件模拟了交通荷载对建筑基坑的影响;张兴周^[3]对杭州某基坑实测数据分析,在埋深0~3 m范围内,车辆交通荷载对基坑围护桩桩后土压力影响较大,最大情况下可使桩后土压力增加10%;王新^[4]探讨了软土条形深基坑交通重载下支护设计。

道路路边基坑工程存在的问题往往容易被人们所忽略,设计中常考虑20 kPa超载作为外部条件进行围护结构设计,施工中往往对围护施工、土方开挖、支撑架设、地下水控制等方面存在的问题预计不足。

通过剖析道路路边基坑工程设计与施工存在的问题,探讨应对的技术策略。借助北横通道黄兴路工作井基坑进行案例分析,以期引起行业内相关学者和工程技术人员的关注,类似工程可及时采取应对措施,规避工程重大风险。

1 常见问题

路边交通作为影响基坑工程的一项关键要素,在场地布置、施工组织与筹划、围护施工、支撑及土方开挖、地下水控制等工作开展时对基坑安全和质量控制可能产生不利影响。

(1) 场地布置

根据场地条件和交通需求明确施工总体场布时,往往对围护施工空间、大型设备占地、土方运输通道、抢险工作面等估计不足。

对于围护施工空间的估计,技术人员在考虑围护施工设备正常操作面的基础上,往往容易忽略导墙或导梁、槽壁加固、接缝止水、止水帷幕、冷缝补强、坑外承压水观测井(或回灌井)、坑外潜水观测井等辅助围护施工和土方开挖的工作内容。

除考虑成槽机、成桩机、止水帷幕设备、挖机、吊

机、土方车等停靠外,往往可能忽略设备进出场运输、设备回转半径、主要材料(如钢筋、混凝土、钢支撑等)运输等需要的空间。

除以上基坑工程正常施工需要的操作空间外,还容易忽视抢险工作面,主要包括坑外的注浆加固、坑内围护堵漏和抢险材料吊运、场地消防车进出、人员疏散等需要空间。

(2) 施工组织与筹划

路边道路交通状况往往多变,一旦发生产长时间拥堵,可能对基坑工程施工带来组织和筹划上的困难。例如土方无法运出场区,需要的商品混凝土不能及时运抵,甚至某些抢险设备和材料无法进场等。

(3) 围护施工

软土地区超深基坑通常采用地下连续围护,道路路边基坑的成槽稳定控制往往重视程度不够。成槽时设定的泥浆比重往往容易忽略交通荷载附加压力,泥浆护壁压力不足加大了槽壁坍塌的风险。另外,工程技术人员一般比较重视砂性土引起的槽壁坍塌风险,然而针对路边不确定振动荷载引起槽壁坍塌的风险往往预计不足,若未采取针对加强措施,可能带来道路塌陷、管线破裂、地墙鼓包等一系列问题。当凿除地墙鼓包时,机械振动又可能对路边道路下的压力管线造成不良影响,若发生压力水管破裂还会进一步危及基坑安全。

在地墙施工时,若泥浆外溢有可能造成路边道路环境污染,甚至引发交通事故,不确定情况仍可能危及围挡内作业安全。

(4) 支撑及土方开挖

道路路边基坑开挖时,相比常规基坑,钢支撑受振动荷载更容易松弛,预应力损失的概率更高。钢支撑一般直接撑在地墙,若固定措施不到位,加之受力不对称时,很容易滑落失效。另外,土方进行开挖时,分层分块往往容易忽视临道路侧的土台留置,导致基坑变形控制不利。

(5) 地下水控制

基坑工程地下水控制主要是潜水和承压水控制。在基坑开过程中,若围护墙存在渗漏水情况,坑内降潜水有可能导致坑外潜水位下降,危及道路安全运行。若围护墙具有隔断或遮拦承压水的作用,接缝张开导致水体连通,坑内泄压将难以达到效果,过度降压还有可能导致大面积地面沉降。

2 应对策略

2.1 场地布置

场地布置方面,针对围护施工空间问题,详细梳理围护施工所需要的分部分项工程,预计多种作业设备和人员所需要的施工空间。场地条件允许时,尽可能采用一次围挡进行基坑支护施工。场地不足,多次围挡多次翻交进行围护施工,结合栈桥进行支护施工。

地下墙施工时,建议地下连续墙外侧导墙翼面宽度不小于0.8 m,墙厚0.2 m。地下墙若采用水泥土搅拌桩作为止水帷幕,止水帷幕与外围挡控制间距根据设备型号确定,一边不小于3 m,另外一边不小于12 m。土方开挖阶段,开挖临边距离围挡距离考虑挖土机械作业和土方车通行,一般不小于8 m。非挖土侧临边距离围挡距离考虑人员通行、少量材料运输,建议不小于3 m。场地布置时,在基坑首尾要考虑土方车调头需要,有条件时可进一步考虑存车空间。

按照以上建议的围护施工和土方作业需求的空间围挡,基本上也能满足降水、监测、抢险工作面的需求。

2.2 施工组织与筹划

施工所需的大部分物料应提前进行准备,例如钢筋、型钢、止水带、抢险物资等。各项设备及配件、配料均也应在基坑工程之前准备妥当。施工前,摸清临边道路的交通规律,尽可能选择交通情况良好的时段进行土方和商品混凝土运输。当无法保证物料正常运输时,及时与交警部门对临边道路车辆疏导,以免因为交通拥堵导致工程无法正常开展作业。

2.3 围护施工

围护施工要充分考虑超载对成槽或成孔稳定、围护插入比、结构内力的影响,建议超载不小于30 kPa。

对于地下连续墙可采用水泥土搅拌桩进行槽壁加固,对于钻孔桩则可考虑钢护筒,槽壁加固或护筒的深度可根据地质条件至砂性土以下,建议不小于10 m。

地下连续墙或钻孔桩泥浆护壁时,建议泥浆的比重考虑超载的影响进行适当提高,建议不小于1.25。

地下连续墙墙缝止水通常采用旋喷桩,在临边道路时建议采用MJS或RJP,通过大直径喷射注浆保

证较好的搭接度。受限于空间限制,地下连续墙接头建议采用工字钢接头。

2.4 支撑及土方开挖

支撑选型根据受力计算、基坑特点、施工筹划三个方面考虑,当受力确实需要采用钢筋混凝土支撑时,建议同步考虑临时变形控制系统,例如滑降式钢支撑,目的控制混凝土养护期的基坑变形发展。若受力满足,首道撑以外的支撑建议选用钢支撑,尽可能利用时空效应,做到快挖快撑。

对于钢支撑,道路路边基坑应加强防脱落技术措施,地下连续墙内可预埋钢板,也可通过铰链与地下墙主筋进行拉结。此外,建议钢支撑采用伺服系统,可有效控制基坑的变形。

建议道路路边基坑加密考虑抽条和裙边加固,若采用搅拌桩加固时,应注意搅拌桩与围护墙间隙、冷缝处理,通常采用高压旋喷桩注浆填充。

土方开挖时,有条件的基坑可以考虑在临道路侧留置土台,滞缓土体变形。应严格遵循“分层分块、限时支撑”的原则,建议钢支撑架设时间不宜超过8 h。

2.5 地下水控制

潜水控制方面,封闭式降水,应采用帷幕隔断与坑外的水力联系,减少坑内降水对临边道路的影响。因此,隔水帷幕的止水效果一定要保证,必要时进一步补强。

承压水控制方面,能隔断的承压水层尽可能隔断,通过开挖前的泄压,消除承压水的危害。对于无法隔断的承压水层,建议隔水帷幕深入承压水层不小于9 m,且大于承压水层厚度的一半,最大限度遮拦坑内降承压水对抗外的影响。

3 案例分析

上海北横通道是国内首条城市核心区长大地下道路,其东段黄兴路工作井及机架段位于内环高架以东20 m,沿周家嘴路路中敷设。工作井基坑内径尺寸23 m×22 m,深26.9 m,围护采用1.2 m厚地下连续墙,竖向设置5道钢筋混凝土支撑和1道钢支撑。机架段基坑长110 m,宽16.5~15.7 m,深22.6~13.7 m,围护采用1.0 m厚地下连续墙,竖向设置2~3道钢筋混凝土支撑和2~3道钢支撑。

基坑涉及地层主要是①填土、②粉质黏土、③淤泥质粉质黏土、④淤泥质黏土、⑤淤泥质粉质黏土夹粉质黏土、⑥淤泥质黏土、黏土、粉质黏土、砂质粉土、粉砂、黏土

等,其中有 14 m 厚的软弱土层。地质分布见图 1。

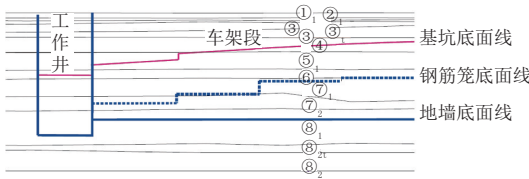


图 1 地质分布图

周家嘴路交通繁忙,用地总宽度最小约 60 m,除施工空间外,还需要布置最少 28 m 宽的社会交通空间。北侧围挡距离基坑地墙外皮 0.8 ~ 5 m,南侧围挡距离基坑地墙外皮 5 ~ 7.6 m。

在进行围护结构设计时,考虑临近道路和设备起吊等荷载,采用 30 kPa 超载进行计算。地基采用抽条+裙边的高压旋喷桩加固形式,裙边宽度 4 m,抽条宽 3 m(间距 10 m),深度均为坑下 4 m。

围护结构采用多次翻交施工,临道路侧进行了三轴搅拌桩槽壁加固,深度 11 m,同时提高护壁泥浆的比重至 1.25。

土方开挖严格执行“分块、分层”开挖,每层厚度不大于 2 m,每块长度不大于 12 m。在完成开挖后,及时架设钢支撑,并按照设计要求施加 80% 设计轴力的预应力。此外,采用钢铰链将钢支撑挂掉于地下连续墙主筋,预防钢支撑脱落。

施工期间,坚持“封闭帷幕、按需降水”。通过加长地下连续墙构造深度,隔断⑦层承压水,深入不透水层不小于 1 m。地下连续墙采用工字钢接头,临近道路侧补强 3 根超高压旋喷桩(RJP)品字形止水,搭接不小于 500 mm,深度不小于坑下 7 m。在开挖基坑前,按需将地下水位降至开挖面以下 1 m,随降随挖,不超挖不超降。施工场地布置见图 2。

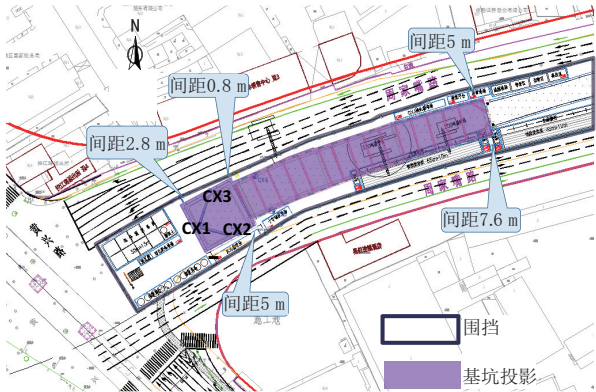


图 2 黄兴路井及机架段施工场地布置

根据测斜数据分析,无道路侧 CX1 监测孔最大侧向变形量约 45 mm,距离道路最近的北侧 CX2 监测孔最大侧向变形量约 50 mm,距离道路最近的南

侧 CX3 监测孔最大侧向变形量约 60 mm。CX1 变形量较小与洞门加固和没有社会交通超载有关,CX2 监测数据明显大于 CX3,社会交通荷载的持续影响,对基坑变形的影响较为明显,见图 3 至图 5。

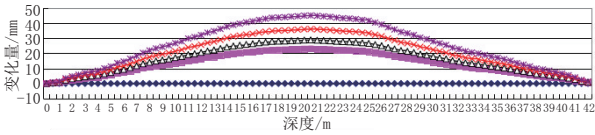


图 3 测斜孔 CX01 变形曲线图

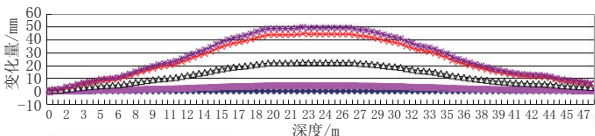


图 4 测斜孔 CX02 变形曲线图

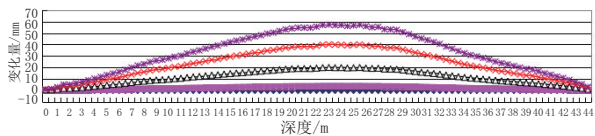


图 5 测斜孔 CX03 变形曲线图

4 结 语

软土地区道路临边超深基坑受交通荷载的影响往往易被忽略,结合工程案例验证了临边交通荷载的重要性。通过对场地布置、筹划和组织、围护施工、支撑和土方开挖、地下水控制等五个方面分析工程常见问题,探讨应对策略,形成主要结论如下。

(1)场布时,往往对围护施工空间、大型设备占地、土方运输通道、抢险工作面等估计不足。场地条件允许时,尽可能采用一次围挡。场地不足,多次翻交围挡进行围护施工,并结合栈桥进行土方开挖。

(2)往往容易忽略临边道路交通状况对基坑施工带来组织和筹划上的困难。应及时备料,无法保证正常运输时,及时与交警部门对车辆疏导。

(3)考虑临边道路对围护墙插入深度、支护内力、成槽稳定的影响,建议超载不小于 30 kPa 计算,并加强泥浆管理。

(4)地下连续墙可采取水泥土搅拌桩进行槽壁加固,钻孔桩则可考虑钢护筒成桩。泥浆护壁时,建议泥浆的比重不小于 1.25。

(5)空间受限时,地下连续墙接头可采用工字钢,墙缝止水建议采用 MJS 或 RJP。

(6)利用时空效应,尽可能选用钢支撑,快挖快(下转第 233 页)