

软土地基深基坑拉森钢板桩支护关键技术研究

——以北洋泾路为例

施伟东

(上海浦东新区天佑市政有限公司,上海市 201204)

摘要: 依托上海市北洋泾路扩建工程,重点研究了软土地基深基坑采用拉森钢板桩作为基坑围护的关键技术和安全管理措施。根据工程所处的地质条件和支护方案,总结了软土地基深基坑拉森钢板桩支护施工的难点。结合支护施工方案,分析了拉森钢板桩施工的关键技术,并在此基础上提出了施工控制技术参数和相应的安全保障措施,为拉森钢板桩在软土地基深基坑支护中的应用提供借鉴与参考。

关键词: 软土地基;深基坑;拉森钢板桩;施工关键技术;安全保障措施

中图分类号: TU473

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)07-0165-05

0 引言

江浙沪长三角地区遍布河道,软土地基众多,而市政工程中的雨水管道沟槽开挖相比其他市政地下管线,具有开挖深、支护难的特点^[1-2],同时软土地基深基坑沟槽开挖往往会受到高地下水位和深层软基的影响^[3-5],这都对软土地基深基坑开挖和支护工程提出了更为严苛的要求。一方面,软土地基在进行深基坑开挖时要保证基坑的安全性;另一方面要采取合理有效的措施对基坑支护变形进行及时观测,确保后续施工过程的顺利开展。

软土地基深基坑开挖要求支护工程具备一定的止水能力,确保支护工程的安全^[6]。而拉森钢板桩之间能够通过相互扣紧提升咬合力,具备一定的止水能力,适用于4~7 m的软土深基坑^[7-8]。根据截面形状,可将拉森钢板桩分为U形、W形和Z形,市政工程通常选用U形截面。拉森钢板桩在具备槽钢优点的基础上,材料强度有一定的提升,具有高效、止水效果好、绿色、环保等特点,在深基坑支护工程中应用广泛^[9-11]。在规范和施工手册中对拉森钢板桩施工的工法有一定的介绍,但均不够细致,在一定程度上阻碍了该技术的应用和推广。

本文依托上海市北洋泾路扩建工程实例,在对工程所处的自然地理环境充分勘察的基础上,对软土地基深基坑拉森钢板桩支护的关键技术进行研究。

究,分析了拉森钢板桩支护施工的难点和要点,并在此基础上提出了拉森钢板桩支护工程施工过程中的安全保护措施。

1 工程概况

北洋泾路扩建工程实施范围南起张杨路(桩号K0+000),北至浦东大道(桩号K0+940),衔接上海市东西通道(浦东段)拓建工程;张杨路、博山路、定水路、栖山路交叉口纳入本工程,浦东大道交叉口划归东西通道工程。本次在现有断面基础上向西拓宽,断面拓宽至45 m,工程全长约940 m,工程建成后将进一步提升上海市东西通道拓建工程的通行能力。

拟建场地属长江三角洲入海口东南前缘的滨海平原地貌类型。勘察报告所揭露的50.40 m深度范围内的地层均属第四纪全新世和上更新世滨海平原型沉积土层,主要由黏性土、粉性土和砂土组成。土层自上而下可分为6大层11个亚层,其中①层为近代人工堆填;②~⑤层为第四纪全新世Q4沉积层;⑦层为第四纪上更新世Q3沉积层。各区段土层构成与分布情况、工程性质特征及基槽稳定计算参数建议值见表1。

污水管道基坑开挖最大深度6.07 m,沟槽宽度为2.00 m;设计采用400 mm×170 mm U型钢小齿口拉森钢板桩,设置2道内支撑。支撑采用 $\phi 180$ mm×7 mm钢管,支撑中心绝对标高分别为+3.870 m、+1.200 m,钢板桩桩底绝对标高为-7.630 m,在坑内区域采用厚度为3 m的旋喷加固。管沟槽支撑方案平面图见图1,沟槽管道基坑围护剖面图见图2。

收稿日期: 2023-01-03

作者简介: 施伟东(1974—),男,工程师,从事市政工程施工和综合养护的管理工作。

表 1 各区段土层构成与分布情况、工程性质特征及基槽稳定计算参数建议值

层序	土层名称	重度	直剪固快(峰值)		室内渗透试验	
		$\gamma_0 / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	C / kPa	$\varphi / (^{\circ})$	$K_v / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$K_h / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
②	粉质黏土(层厚 1.78 m)	18.2	13	24	1.4×10^{-6}	2.58×10^{-6}
③ ₁	淤泥质粉质黏土(层厚 1.32 m)	17.7	9	26	6.74×10^{-7}	3.69×10^{-6}
③ ₂	砂质粉土(层厚 6.25 m)	18.6	2	36	5.59×10^{-5}	9.16×10^{-5}
③ ₃	淤泥质粉质黏土(层厚 3.31 m)	17.8	9	26	5.32×10^{-7}	1.21×10^{-6}
④	淤泥质黏土(层厚 6.67 m)	16.7	11	9	5.32×10^{-7}	1.21×10^{-6}

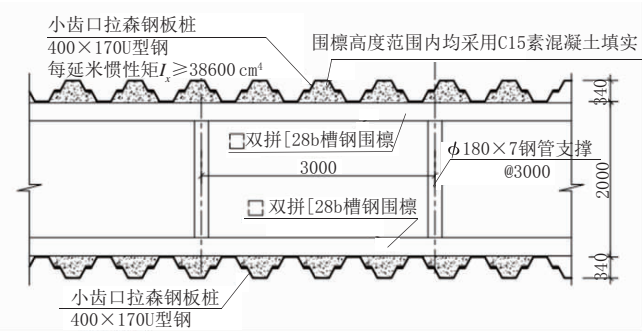


图 1 管沟槽支撑方案平面图(单位:mm)

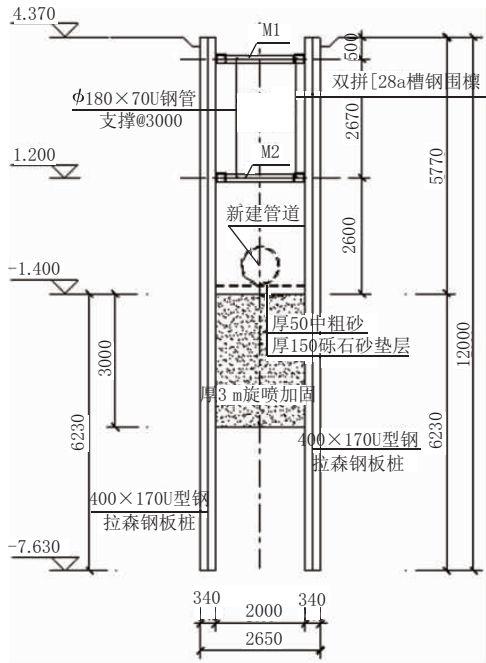


图 2 沟槽管道基坑围护剖面图(单位:mm)

2 软土地基深基坑拉森钢板桩支护施工难点

2.1 支护结构安全储备小、抵抗外界因素影响能力差

深基坑支护结构是为了主体工程建设而搭建的,大多为临时支护结构,这些支护结构并没有像永久结构那样进行充分的承载力验算,也没有考虑最不利承载情况下支护结构的安全性,大多数依靠工程经验,安全储备相对较小^[12]。

同时,在软土地基上对深基坑进行支护,更容易受到高地下水位、深层软基以及项目场区周边的道

路、建(构)筑物等外界因素的影响。因此在拉森钢板桩支护施工过程中,要充分考虑地下水和软土地基的影响,有针对性地进行方案设计和施工。

2.2 施工荷载易对深基坑支护安全产生影响

软土地基深基坑支护在开挖过程中,如果施工场地布设不合理,导致挖运土的路线及卸土地点不当,容易导致施工荷载对基坑的安全产生不利影响。

因此本工程补充细化了施工场地布置,根据雨污水管设计的埋深,沟槽围檩、支撑的时间以 20 m 为一个施工段,前 20 m 施工段挖土,围檩、支撑安装和埋管;后 20 m 施工段开始填土和分层拆支撑、围檩等。挖运土都是采用一次性沿管线退挖进行,土方大部分外运,部分采用后挖段土方运到前施工段进行填埋方式。

2.3 基坑开挖监测

数据监测对深基坑开挖及支护具有重大的指导意义,然而针对软土地基拉森钢板桩支护工法的施工监测工作较为薄弱,监测工作不能及时有效地反映施工过程中支护结构的受力情况。此外,监测内容涉及到的监测项目众多,垂直位移与水平位移监测、围护结构侧向位移监测、地下水位观测、支撑轴力监测等数据都需要每日观测记录并认真核查。

为取得基准数据,本工程各监测点在施工前随施工进度及时设置,经 2 次以上观测直至稳定后作为动态监测的初始值。根据现场施工情况确定的监测频率见表 2。

同时根据监测情况设置监测预警指标,如表 3 所示。在施工过程中,应根据监测数据的变化及时调整施工参数,如有特殊情况,应及时通知设计人员及相关部门采取加固措施。

3 拉森钢板桩支护施工关键技术

3.1 基坑降水设计与施工技术要求

本工程基坑深不超过 5.77 m,工作井不超过 6.07 m,采用一级轻型井点降水,按降水深度管井约

表2 基坑开挖主要监测项目及监测频率

监测项目	施工阶段			
	基坑开挖阶段	底板浇筑后3d	支撑拆除	钢板桩拔除
围护桩顶垂直、水平位移	1次/d	1次/3d	1次/d	1次/3d
深层土体侧向位移	1次/d	1次/3d	1次/d	1次/3d
坑外潜水位	1次/d	1次/3d	1次/d	1次/3d
支撑轴力	1次/d	1次/3d	1次/d	

表3 基坑施工的主要监测项目及预警指标

序号	监测内容	预警变化速率/ (mm·d ⁻¹)	预警累计变化量/mm
1	墙顶沉降、位移	3	15
2	墙体倾斜	3	20
3	坑外水位	200	500
4	支撑轴力		超出设计值的80%或 低于设计值的50%
5	地表土体沉降	5	15

为7 m左右,降水井管直径1.2 m。降水单位在基坑开挖期间,对抽水量进行记录并观测坑内地下水位,具体要求为:

(1)降水后的坑内自由水位线应低于基坑开挖面0.5~1.0 m。

(2)降水工作开展期间,应与监测单位密切配合,发现水位变化大于300 mm/d时,应及时通知相关单位,进行技术论证;必要的情况下,可设置坑外回灌井,以保证坑外水位落差不超过允许范围。

(3)在坑底混凝土垫层浇捣前后,根据降水实际效果,即可拆除降水井点和输水管路,滤头拔除后的滤孔洞用砂石碎块填平夯实。

(4)降水应提前15 d进行,降水期间应及时排出地面流水和雨水,坑底滞留明水须通过集水井并尽快抽出。

3.2 基坑支护方案

本次北洋泾路雨水管采用开槽埋管的施工方式,施工前经过仔细研读地质报告及调查地下电缆、管线及周边建筑的分布情况,选择用拉森钢板桩作为基坑开挖的围护结构。雨水管根据开挖深度采用400 mm×170 mm×15.5 mm拉森Ⅳ型钢板桩,要求每延米截面抗弯矩模量大于等于2 270 cm³/m。选用400 mm×400 mm型钢作为围檩和支撑用材料;横向支撑采用400 mm×400 mm型钢,具体型号为H400 mm×400 mm×13 mm×21 mm;作围檩和支撑用的型钢,腹板处需设加劲肋,厚度 $t=12$ mm,最大间距1.2 m;水平支撑处也需设置加劲肋。坑深大

于4.5 m的采用拉森Ⅳ型钢板桩,长为15 m,顶部及中间1/2坑深处各设置1道横撑,共2道横撑;坑深小于4.5 m的采用拉森Ⅳ型钢板桩,长为12 m,顶部设置1道横撑。雨水管道基坑维护断面图如图3所示。对该断面的各项稳定性指标进行验算,结果如下:

(1)整体稳定性验算:经过计算,开挖至深6.48 m时为最危险阶段,计算得到的安全系数为1.42,大于规范要求的安全系数1.3。

(2)坑底抗隆起验算:下滑力为731.5 kN/m;抗滑力为1 362.8 kN/m;整体安全系数为1.88,大于规范要求的安全系数1.7。

(3)抗渗流稳定验算:抗渗流稳定安全系数为4.24,大于规范要求的安全系数1.5~2.0。

(4)抗倾覆验算:抗倾覆安全系数为1.18,大于规范要求的安全系数1.050。

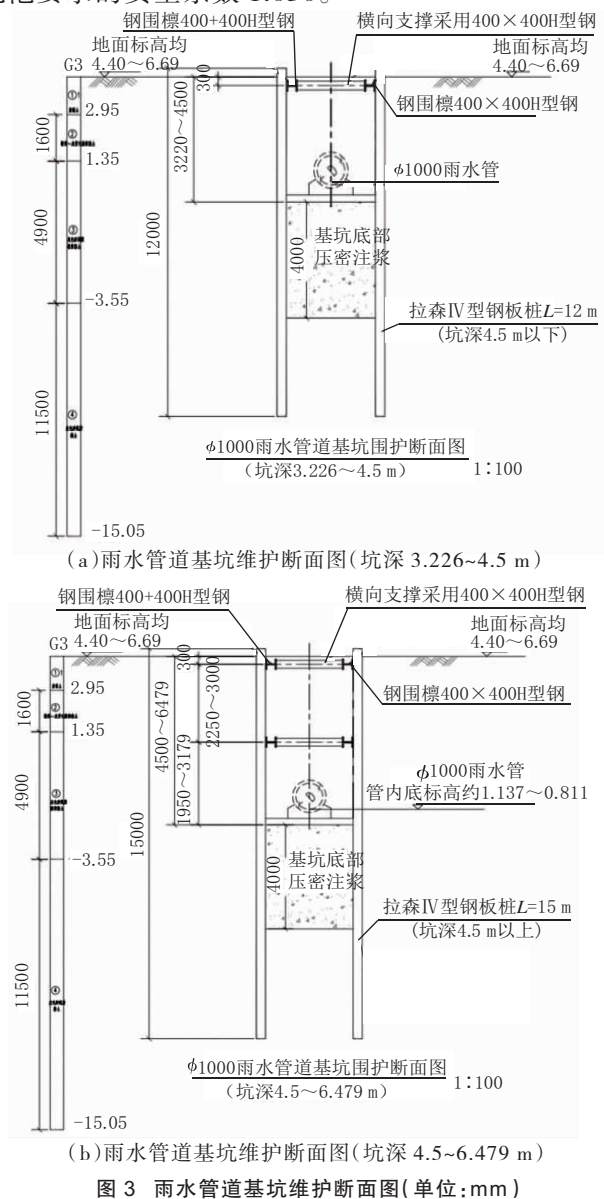


图3 雨水管道基坑维护断面图(单位:mm)

3.3 拉森钢板桩施工要点及技术参数

3.3.1 拉森钢板桩施工要点

本工程的围护拉森钢板桩由专业施工队伍施工,施工前场地清平。在桩体施打前,根据施工图纸做好维护边线放线工作,确定钢板桩位置,对钢板桩操作面进行整平及压实处理。采用分段打设的方式将拉森钢板桩振动打入,在后期依次分段拔除,并对拔除后留下的空隙进行注浆密实处理。施工时应应对桩体和锁口进行检查,确保桩体无弯曲,锁口无变形;后续桩和先打桩间的钢板桩锁口使用前应通过套锁检查,钢板桩的转角桩应符合咬合要求,钢板桩的成桩垂直度应控制在1%以内,弯曲度应控制在2%桩长范围内。

(1)设备选型。为了节约工期,使工程能够及时与上海市东西通道(浦东段)拓建工程相衔接,打通东西通道,选择自重较轻的液压履带式机械打拔机,该设备灵活安全、施工效率高,在满足照明条件的情况下,能够24 h连续施工,极大地保障了施工效率。

(2)定位放线。根据施工图精准放线,间隔10 m设置控制样桩,样桩间拉线以标定槽钢板桩施打的方向线,并用石灰粉标记方向线,开挖导向槽,确保桩体的位置能够处在1条直线上。

(3)钢板桩插打与合拢。为减小钢板桩的合拢误差,提升施工效率,在钢板桩施打过程中,先采用插打的方式施打前半段,后半段采取先插合拢,后再统打的方式。在施工过程中应及时纠正偏斜,当偏斜角过大不能采用拉压方式调正时,应将桩体拔起,重新施打,确保桩体能够正直并顺利合拢。第1根钢板桩施工完成后及时进行检测,经检验合格后再施打下1根桩体,采用吊装的方式将需要施打的钢板桩依次向两边对称吊运至指定位置。在吊取桩体的过程中,应采用捆吊法,将吊点移至距桩头不大于1/3桩长的范围内,避免桩体在吊取过程中产生弯曲变形。进桩时把桩卸到打拔机附近(6 m范围之内),打拔机把桩夹起后吊到打桩导向槽,再沿灰线插入土体。本工程采用的拉森钢板桩,根据桩长,具体打法为第1根桩应高出地面1.2 m左右,第2根桩吊起后对好前1根桩的边线振入,打到前1根桩的标高后停止,然后再将前1根桩送到设计标高。拉森钢板桩支护应严格按照提前放出的防护线进行施打,如果在施打过程中遇到需要变更桩体位置的情况,应及时与现场技术负责人沟通确认,并保证施打后的钢板桩顶高于路肩不超过20 cm。其余部分围护板桩采用逐根式密

封紧挨打法,在施工过程中直接将第1根桩施打至设计标高,然后将第2根桩沿前1根桩的齿口振入,施打至前1根桩的标高后停止。在后续的施工过程中,应将前1根钢板桩与前面的桩采用钢筋焊接的方式临时固定,避免跟进。

(4)垂直度标高。在施工现场架设2部经纬仪,经纬仪间垂直布置,设置专人对钢板桩的垂直度进行实时监测,通过水准仪来控制桩顶标高。将第1根桩的桩顶标高控制为与第1次挖土地面相平,为后续桩体的施工提供参照,每隔10 m距离用水准仪复核1次桩顶标高。

(5)钢板桩的拔出。采用履带式液压拔桩机进行钢板桩的拔出。在进行拔出工作前应检查地下室外墙防水和填土工作,确保安全后才能进行钢板桩的拔出。在拔出过程中应减少拔桩机的振动,减轻拔出过程对土体的扰动,对拔桩后留下的空隙应该及时注浆填充,拔出后的桩体应统一堆放在指定位置,并及时运离施工现场,减少桩体荷载对地下工程的影响。

拉森钢板桩施工流程图见图4。

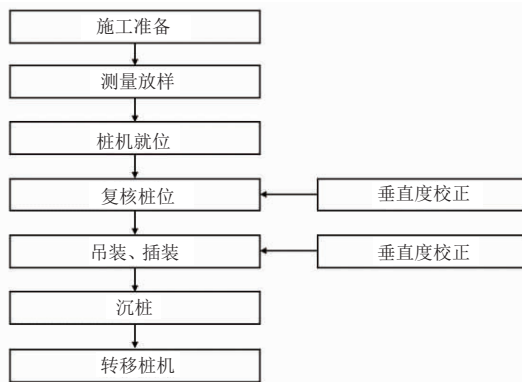


图4 拉森钢板桩施工流程图

3.3.2 钢支撑安装质量控制技术参数

围檩工程质量是深基坑施工安全的一个重要组成部分,必须严格控制钢支撑的安装质量。钢支撑安装质量控制技术参数见表4。

3.4 基坑开挖过程中对钢支撑的安全保护措施

软土地基深基坑开挖的建设面临复杂多变的地下施工环境,施工过程中采取合理的钢支撑安全保护措施至关重要。在总结本项目施工经验的基础上,提出基坑开挖过程中对钢支撑的安全保护措施如下:

(1)围护桩和支撑系统施工完毕后方可进行基坑土方开挖。基坑开挖应按照规定的施工顺序开挖,基坑开挖前,支护结构、基坑土体加固应达到设计和

表4 钢支撑安装质量控制技术参数

序号	项目	允许偏差
1	围檩中心标高/mm	± 30
2	同层围檩顶面标高/mm	± 30
3	围檩两端高差/mm	$\leq 20 \text{ mm}$ 及 $\leq L/600$
4	围檩扭曲度/mm	$\leq L/1\ 000$
5	围檩垂直度/mm	$\leq H/300$
6	围檩水平轴线偏差/mm	≤ 30

施工要求,以减少由于沟槽边长效应造成的沟槽变形过大。

(2)机械挖土应与围护桩间留有不小于30 mm的空隙,挖斗不得碰撞圈护桩支撑;为防止超挖及对坑底土体的扰动,机械挖土至距坑底30 cm左右时,人工挖除剩余土方。土方开挖时,排水明沟不得靠围护桩边设置,以免加深开挖深度。地面超载应控制在20 kPa以内,基坑两侧开挖过程中不得堆放土方。

(3)为保障施工机械能够直接进入施工平台作业,提升施工效率,在保证宽度能够满足土方挖掘机、运输车辆行驶要求的基础上,严格控制挖土过程中的挖土高差在3 m以内,并在挖土机停机面铺设路基箱,减少挖土机械对土体的压力,保证施工安全。

(4)应在施工工作面内布设合理的排水装置,及时排除雨水及地面流水至指定的位置。

(5)基坑开挖至坑底标高时,应及时进行垫层施工,垫层施工完成后立即进行埋管施工。在进行挖土作业时,在基坑附近15~20 m范围内,严禁堆放弃土及其他可能对基坑稳定产生影响的重物或机械设备,以保障基坑安全。

4 结 语

本文依托上海市北洋泾路扩建工程,为提升软

土地基深基坑开挖的安全性和工程质量,使工程更好地与浦东大道地道(东西通道拓建工程)相衔接,从本项目施工面临的难点出发,在对工程所处的自然地理环境充分勘察的基础上,分析了软土地基深基坑拉森钢板桩支护施工难点以及施工关键技术,并在此基础上提出了基坑开挖过程中对钢支撑的安全保护措施,为拉森钢板桩在软土地基深基坑支护中的应用提供借鉴与参考。

参考文献:

- [1] 王鑫,王文渊,陈鼎基,等.软土地层单、双排组合钢管桩支护体系的工程应用[J].中国市政工程,2022(2):87-91,113.
- [2] 张淳劼,赵春峰,江天,等.软土地区深基坑绿色支护设计施工关键技术研究[J].智能建筑,2022(2):41-43.
- [3] 严佳梁.软土地区钢管桩支护结构适用性分析[J].中国市政工程,2022(1):85-88,127.
- [4] 许庆山.关于深基坑组合支护施工技术的应用探讨[J].建设科技,2021(24):22-24.
- [5] 张浩.地下水丰富的深基坑多方式降水施工技术研究与应用[J].四川水泥,2021(9):335-336.
- [6] 曹欢.浅谈拉森钢板桩在深基坑施工中的支护应用[J].中国建筑金属结构,2021(4):140-143.
- [7] 雷军周.拉森桩在基坑支护施工中的应用[J].建筑技术开发,2021,48(5):161-162.
- [8] 屈迪.软土地基基坑工程中双排拉森桩土压力计算方式与参数取值分析[J].城市道桥与防洪,2020(7):274-277.
- [9] 李建新.软土地基拉森钢板桩基坑支护施工技术研究[J].砖瓦,2020(6):147-150.
- [10] 康剑伟.东南沿海软土地区某管廊基坑支护工程实例分析[J].福建建筑,2020(6):58-61.
- [11] 王彦须.拉森钢板桩在市政雨水管道支护施工中应用研究[J].科技创新与应用,2019(22):179-181.
- [12] 刘悦强.软土地区排水管道深基坑支护设计与施工关键技术[D].广州:华南理工大学,2014.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com