

如皋特大桥深基坑钢板桩施工技术

刘杰

中交第二航务工程局第四工程有限公司

摘要：拉森钢板桩深基坑支护因其施工简单、实用的特点逐渐在深基坑支护中规模越来越大。本文根据盐通铁路如皋特大桥跨东司马港连续梁主墩深基坑钢板桩围堰施工实例展开研究，结合工程所在地富水地区软弱土层深基坑拉森钢板桩支护施工方法展开讨论，介绍并总结了钢板桩插打、围堰加固、基坑降水、钢板桩基坑监测等施工工艺。实现了东司马港连续梁深基坑的快速安全施工，为同类工程提供借鉴。

关键词：深基坑围堰；拉森VI型钢板桩；基坑监测；围堰支护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.01.053

一、工程概况

(一) 线路概况

盐通铁路如皋特大桥位于南通市如皋市境内，线路里程DK125+249.68~DK148+970.58，桥梁总长为23720.9m，主要工程量为钻孔桩6091根、承台725个、墩身725个、连续梁7座。

(二) 工程地质

如皋特大桥位于江苏省如皋市冲海积平原区。地形平坦、开阔，自西南向北东倾斜，水系发育，河渠纵横，交织如网。一般地面高程-4~11m。相对高差1~15m。村落密集，农耕发达，交通便利。沿线揭露地层主要为第四系全新统、上更新统地层。零星分布有人工堆积层，岩性主要为黏性土、粉土、砂类土。厚度变化较大，一般厚度10~20m，局部厚度达35m。第四系上更新统广泛分布于第四系全新统之下，岩性主要由冲积、冲海积、海陆交互沉积形成。

二、深基坑钢板桩围堰施工

(一) 基坑围堰支护形式

如皋特大桥跨东司马港（48+80+48）m连续梁主墩159#、160#墩布置在东司马港河岸两侧，由于东司马河航道由现在7级航道，拟升级为3级航道，本项目承台设计考虑了航道升级情况，承台埋置深度较深。原地面至承台底深度为14m，封底0.5m，基坑最大开挖深度14.5m，为本项目最深基坑。基坑尺寸20.724m×12.895m，采用24m拉森VI型钢板桩围堰支护施工。围堰采用双拼HN700×300型钢围堰及φ609×16mm钢管支撑，围堰及钢板桩槽内插HN400×200型钢，以增加钢板桩整体刚度。基坑设置四层围堰，均匀布置。基坑临近东司马港河道，土层为粉

土、粉砂土，地下水丰富，基坑开挖时基坑内部设置深井降水，以满足基坑开挖时干封底要求。基坑平面布置见下图1。

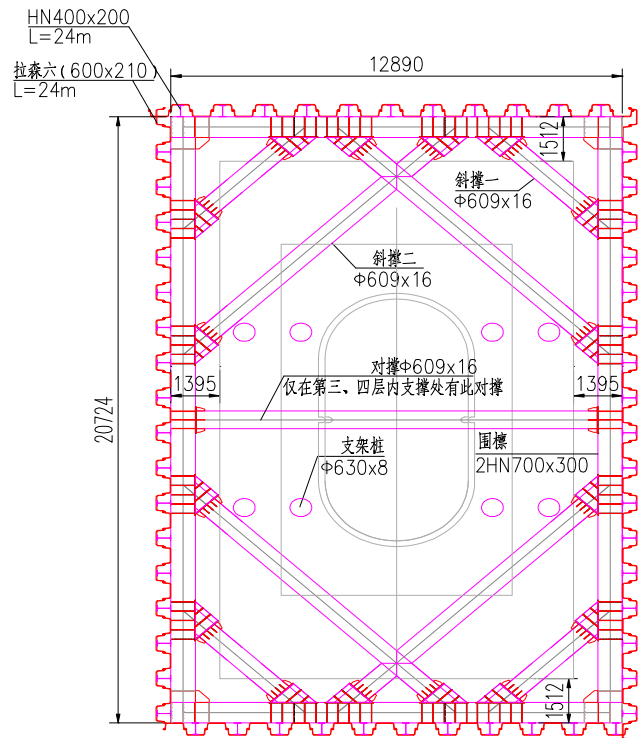


图1 东司马港连续梁 159#、160#墩拉森钢板桩围堰支撑平面布置

(二) 钢板桩围堰施工

本工程采用拉森VI型钢板桩，桩长18m，工程设计钢板桩长24m，施工时采用同等型号、同等强度18m与6m钢板桩接长，插打时注意钢板桩接头错开。

钢板桩施工前采用在钢围堰外侧每边打入两根9m长φ820钢管桩定位，在钢管桩之间焊接单根HN400×200型钢作为钢板桩插打施工定位导向梁。定位导向梁沿承台四周按钢板桩基坑围堰设计平面位置放点后布设，导向梁设置需牢固无变形。导向梁采用单层双面形式，双面导向梁之间的间距控制在比钢板桩墙体厚度大2cm，间距过大不宜控制钢板桩基坑线型，过小则不利于钢板桩插入^[1]。

本工程跨东司马港159#、160#主墩均为陆上钢板桩插打，根据现场施工条件，施工前平整现场场地，从靠近河岸侧开始插打，在远离河岸侧合龙。主要机械设备为80t履带吊和DZ120型振动锤。插打时使用履带吊吊起

振动锤夹住钢板桩顶口，整体起吊振动锤和钢板桩，利用振动锤及钢板桩自重顺锁口下插。插打时为使插打顺利，需提前清理钢板桩锁口，清除锁口中的铁锈、泥土等异物并涂抹黄油润滑。插打过程中注意观测钢板桩垂直度，满足小于1%垂直度要求后开启振动锤，边振动边插打下沉。本项目地质主要为粉土，粉砂土，钢板桩插打至末端遇插打困难时，上下震动钢板桩使土层液化，减少土层摩擦力。

钢板桩围堰施打合龙前，采用插一根打一根的方式，注意控制钢板桩标高，每沉放完一根桩后与前一根桩焊牢。围堰基坑四根角桩尤其需要注意定位准确。到围堰基坑合龙前，要提前量测钢板桩间距，算好尺寸先插后打。即先将合龙钢板桩全部沉放、合龙后再统一施打。若合龙时出现偏差，可以将前面几根桩拔起，晃动钢板桩位置同时使用滑车和倒链组对拉调整钢板桩位置，使之合龙。合龙后，再逐根打至设计标高位置^[2]。

（三）深井降水

结合本工程承台尺寸，在钢板桩基坑围堰靠近四个角点处各设置1口管井，井深24m。降水井钻井成孔采用正循环自然造浆，泥浆护壁回转钻进成孔，孔内下放 $\phi 360$ mm预制混凝土管。钻机钻孔至设计深度后，抽出钻头，立即下放准备好的井管。井管采用1m/节长度，方便后期基坑开挖时逐节拆除井管，接头处包裹多层滤网，避免管井抽水时泥砂淤塞井管。井管下放时竖向加固连接，使上下节井管对直。吊放井管要垂直，并保持在井孔中心。井管需高出地面50cm，防止雨水、泥砂或异物流入井中，同时井口加盖。在井管与孔壁之间填灌砂石过滤层，砂石必须采用粗砂，防止后期抽水时有细砂石堵塞滤网网眼造成排水不畅。管井安装完成后下潜水泵抽水，定时量测管井水位，当管井水位低于开挖面即具备基坑开挖条件^[3]。

（四）基坑开挖及围堰支撑安装

为确保基坑开挖过程中整个基坑的安全，钢板桩围堰基坑开挖采用分层台阶法进行。基坑开挖时沿河道外侧向内侧方向推进，开挖时设置台阶，方便土方能够及时运出，每个台阶设置，必须保证挖机能够站位，且能将土方上翻至上一级台阶。

基坑开挖完成一层，围堰支撑安装需同时跟进一层，自上而下，逐层有序进行，严禁不按设计盲目抢工私自超挖。每层钢围堰及支撑施工完毕后，均需检查围堰及支撑材料规格型号是否与设计图纸相符、围堰高程位置是否与图纸一致、内支撑是否与围堰顶紧、围堰是否与钢板桩接触密贴、焊缝质量是否符合规范要求。为保证支撑结构接头受力良好，本工程内支撑体系设计

采用定制接头。其中 $\phi 609 \times 16$ mm钢管交叉连接处，根据图纸尺寸，提前在工厂定制哈佛接头并设置法兰盘连接。 $\phi 609 \times 16$ mm钢管与双拼HN700 $\times 300$ mm型钢连接处设置定尺角点结构。定制结构的采用有效减少了节点现场焊接工作量。同时对节点的受力稳定，起到了积极有效的的作用，避免现场围堰施工焊缝不饱满、焊接质量差、受力体系不能有效形成整体的种种不利情况^[4]。

本项目基坑深度较大，基坑开挖从第二层开始，受基坑内部作业空间限制采用小挖机配合长臂挖机开挖的方式。小挖机负责基坑内部土方开挖打堆，长臂挖机负责将土方挖出基坑。基坑四角及桩基周边等局部狭小地方采用人工清理配合汽车吊吊运。

跨东司马港连续梁主墩基坑位于东司马港河道两侧，地下水位高，粉砂土地质渗水率高，开挖时注意钢板桩渗水点堵漏。开挖过程中发现有渗水点，从基坑内部沿钢板桩锁口采用用塞棉布、塞土工布、打泡沫胶等方式对漏水点进行堵漏。施工结果显示，通过采取以上措施，基坑渗水控制较好。

基坑开挖时注意深井井管保护，随基坑内开挖标高降低，逐节拆除井管，确保基坑内水位低于开挖面。第四层围堰支撑安装完成后即可开挖至封底标高以上0.2m处，预留20cm人工清理找平基地。人工清理可有效减少对基坑底部原状土层结构的扰动。基坑底部需清理平整无突起，满足0.5m封底厚度要求。基坑周边钢板桩缝隙处及钻孔桩四周封底范围内土体需清理干净，使封底混凝土浇筑后与钻孔桩基和钢板桩形成良好的结合。封底混凝土施工采用C30混凝土干封工艺，干封工艺对比水下混凝土封底可较好的控制封底混凝土施工质量，同时可以准确的控制封底混凝土标高和平整度，封底混凝土采用一次整体浇筑成型。封底混凝土浇筑时在基坑四周沿钢板桩边设置排水沟与集水坑，方便基坑内渗水集中抽排。封底混凝土达到设计强度的80%后方可拆除第四层围堰支撑并进行下一步工序施工。

三、基坑监测

（一）监测点的设置

水平位移监测点布置于钢板桩围堰顶部，各边均布置观测点3个；

邻近河道施工墩位处，横桥向方向在大堤或道路上设置3个沉降监测点，监测点间距10m；

基坑边地面沉降监测点布设在钢板桩围堰四周，每个基坑边设置5个监测点，共20个。测点布设距围堰边2.5m，布设距离小于0.2倍基坑开挖深度。

钢板桩围堰深部水平位移监测点布设在钢板桩围堰基坑底部四周，每边不少于3个。钢板桩围堰沉降观测监测点布设于基坑周边，且每边布设3个。

钢支撑轴力监测点布设在对撑上，并且设置在内力较大或在整个支撑系统中起控制作用的对撑杆件上，每层支撑监测点设置3个且在竖向标高上保持一致。钢板桩应力监测点布设在最大弯矩截面处，每个基坑面3个。

(二) 监测方法及精度

1. 水平位移监测

水平位移监测采用极坐标法用全站仪进行测量，基坑钢板桩围堰顶部、基坑周边管线、邻近建筑物水平位移报警值见下表2所示。

表2 水平位移监测精度要求

水平位移报警值	累计值D (mm)	D<20	20≤D<40	40≤D≤60	D>60
	变化速率 v_D (mm/d)	$v_D<2$	$2\leq v_D<4$	$4\leq v_D\leq 6$	$v_D>6$
监测点坐标中误差 (mm)		≤0.3	≤1.0	≤1.5	≤3.0

2. 基坑深层水平位移监测

基坑深层水平位移监测采用在基坑围堰四周土体中预埋测斜管，通过测斜仪观测各深度处水平位移。测斜管需提前基坑开挖一周埋设，当基坑快要合龙前即可埋设。测斜管埋设深度26m，大于钢板桩围堰支护底部深度，满足基坑深层水平观测要求。测斜管顶部同时需

要设置水平位移监测点以便观测测斜管有无整体水平移动。

3. 高程监测

高程监测采用几何水准法用水准仪进行测量，基坑钢板桩围堰顶部、基坑周边管线、邻近建筑物沉降位移报警值符合下表3规定。

表3 沉降位移监测精度要求

沉降位移报警值	累计值S (mm)	S<20	20≤S<40	40≤S≤60	S>60
	变化速率 v_s (mm/d)	$V_s<2$	$2\leq v_s<4$	$4\leq v_s\leq 6$	$V_s>6$
监测点坐标中误差 (mm)		≤0.15	≤0.3	≤0.5	≤1.5

4. 钢围堰内力监测

①支撑轴力监测

支撑轴力监测设置在受力复杂，受力最大和影响围堰支撑结构整体稳定性的支撑构件上，轴力监测点每层支撑均需要设置。

本工程在围堰的每一层支撑体系上选取2个角撑和1个对撑设置轴力监测点。

②钢板桩内力监测

钢板桩内力监测直接在钢板桩上焊接应变计测量。

四、基坑围堰及钢板桩拆除

墩柱施工完成后，对承台基坑进行回填。回填土使用开挖出的粉砂土，基坑回填分层进行，每回填1m，进行夯实后再继续回填。回填到上一层围堰底部时拆除相应围堰。围堰拆除与围堰安装相反，基坑每回填一层围堰拆除一层。下层基坑回填密实后，方能拆除上一层围堰。结合本项目土质为粉砂土的特性，在回填过程中同步注水，以增大回填土的密实度，增加基坑的整体稳定。围堰全部拆除完毕，基坑回填至钢板桩顶口时，即可对钢板桩围堰进行拔除。钢板桩拔除同样采用80t履带吊和DZ120振动锤配合逐根拔除。钢板桩逐根拔出后，对拔出后空洞进行回填，根据拔出速度，一般拔出3-7根回填一次，整体回填完毕后采用小型夯机进行夯

实，确保承台周边土体的稳定性^[5]。

五、结束语

本项目中通过钢板桩围堰的使用，有效减少了施工工期，降低深基坑施工中的风险。同时对钢板桩围堰施工细节和关键工序的管控，为如皋特大桥跨东司马港连续梁安全、顺利的合龙提供坚实的基础。项目实施过程中采取的措施也可以为同类工程的借鉴提供相关经验。

参考文献

[1] 吴刚刚、李彩霞，张庆谱. 曹娥江袍江大桥承台钢板桩围堰设计与施工[J]. 西部交通科技, 2010(11). 47-52.

[2] 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(04) 140-143.

[3] 吴利民. 富水地区狭长型深基坑降水设计与施工[J]. 国防交通工程与技术. 2018, 16(04): 50-53.

[4] 刘海奇. 公路桥梁工程承台引孔钢板桩围堰施工技术要点分析[J]. 交通世界. 2022(24). 62-64.

[5] 杨晓东. 深基坑拉森钢板桩支护施工方法[J]. 建筑技术开发. 2022, 49(10) 162-164.

作者简介: 刘杰, 男, 安徽蚌埠人, 工程师, 从事路桥施工管理工作。