

PC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩）围护在崇明岛堡镇港北等四座水闸外移工程（六激港北闸）的应用

赵洪伟 苏高杰 李征军
上海会龙工程管理咨询有限公司 上海 200237

摘要：崇明岛堡镇港北等四座水闸外移工程（六激港北闸）（以下简称“本工程”）位于北沿三期北侧堤以西水平方向位置，为崇明岛堡镇港北等四座水闸外移工程口门建筑物之一，主要任务是防洪、除涝。为了增加在深厚淤泥质土层中深基坑的稳定性，减少淤泥质软土层的开挖土方量，使深基坑在满足稳定性需求的同时，降低施工成本并提高生产效率，降低开挖后深基坑周边的土体位移、失稳风险，采用PC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩的组合），即起到深基坑支护效果，又满足防渗要求，从而保证深基坑施工的安全。

关键词：六激港北闸；PC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩）；深基坑；围护

引言

本工程地表层淤泥、淤泥质土层厚度较大，具有触变性、流变性，且局部夹粉性土，土质均匀性较差，工程性能较差，在堆载或震动时，易产生侧向移动、蠕动，对已吹填完成的大堤及支堤的稳定造成影响。经项目法人、设计、勘察、监理、施工等单位反复论证确认，采用了PC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩）的施工技术。

PC工法桩相较其前身——拉森钢板桩，具有灵活多变的特点。一般的拉森钢板桩截面，不管是U形、Z形还是其他型式，大都会因其截面刚度较小，悬臂过长后挠度会逐渐降低，在深基坑应用的时候势必需要多层撑锚结构来增强其支护挠度，从而加大了施工难度，导致其快速高效的优势难以发挥。而PC工法桩是将拉森桩与钢管、型钢等材料组合在一起使用，形成各种截面的组合桩用于挡土和止水，很好的解决了单一钢板桩悬臂过长后挠度逐渐降低的这一缺点。在施工过程中，可根据基坑工程实际情况选择适合工程施工的工法桩组合形式：目前，主要有以下几种形式：钢管桩+拉森钢板桩、钢管桩+型钢桩、型钢桩+拉森钢板桩，本工程中采用了钢管桩+拉森钢板桩；

PC工法桩目前在江浙一带运用较为广泛，止水效果良好。抗弯刚度强，根据不同直径的钢管、拉森钢板桩的组合，每延米抗弯承载力可达400~1200kN*m，适用于深度较深的基坑；

PC工法桩相比地下连续墙具有造价较低的优势，考虑到地下连续墙还需要后续泥浆处理，PC工法桩更为便利、高效、绿色环保。此外，由于本工程时间紧，任务重，施工工期需要严格控制，PC工法桩相较地下连续墙

工法，具有施工效率高的优势。更为主要的是，地下连续墙在深厚淤泥质基坑的工况下，施工难度特别高，对施工精度的要求更为严格，因此地下连续墙在本项目无法实施；

PC工法桩（钢管桩+拉森桩）以其强度高、作业轻便、材质比较稳定、质量可靠、耐久性好、耐候性好、止水效果好且检查便利、验收环节简便、重复利用率高、经济性好等优点，特别适合在本工程使用^[1]。

1 项目概况

1.1 工程简介

崇明岛堡镇港北等四座水闸外移工程（六激港北闸）（以下简称“本工程”）位置处在上海市崇明岛北部，是崇明岛北部的排涝出口，该区域水闸规模偏小，排涝能力严重不足，每逢暴雨，内涝损失严重，引起群众的强烈不满，是崇明岛排涝形势最为严峻的区域。

闸外为崇明北沿边滩，历史上该区域是北支三大淤积区之一，总体演变以淤积为主。特别是本世纪来，周边众多圈围工程及岸线整治工程的实施，进一步加重了该区域的淤积。各水闸闸外滩地淤高，水闸排水路径加长，排水时闸下通道水流动力弱，涨潮流携带的泥沙难以全部带走，导致闸下河道淤积。

本工程主要内容包括：新建六激港北闸一座，门口净宽20m（3孔，4m+12m+4m），闸门型式采用直升门，配套建设水闸管理区。

本工程由内河海漫段、内河护坦、闸室、外河消力池、外河海漫段、外河防冲槽及外河合金石笼护底等组成。顺水流向总长201m，其中闸室段26m，内河海漫段长30m，内河护坦长15m，外河消力池长20m，外河海漫

段长50m,海漫段后接10m宽防冲槽及50m合金石笼护底(内河100m合金石笼护底及外河50m合金石笼护底计入河道部分)。水闸两侧与导堤相接,闸上设公路交通桥与堤道路平顺连接。闸室内侧设工作桥。闸室上部边孔设启闭机平台,中孔为开敞式结构,通过工作桥连接两岸。

1.2 工程地质条件

根据设计图纸,在本工程勘察深度范围(最深60.0m)内的地基土为第四纪全新世Q34~Q23的沉积层,主要由填土、粉性土、砂性土、淤泥质土及黏性土组成。如下图所示:

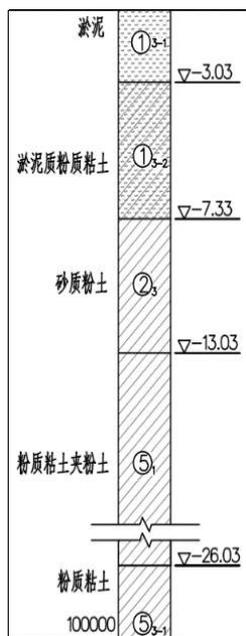


图1 工程条件地质图

3-1层淤泥:位于4.0~-3.03m含有有机质,夹贝壳碎屑、粉砂团块等,分布于水域。

3-2层灰色淤泥质粉质黏土(新近沉积土):位于-3.03~-7.33m新近沉积土,局部为淤泥质粘土,含云母、有机质,土性较差。

3层灰色砂质粉土:位于-7.33~-13.03m饱和,稍密,中等压缩性;含云母、有机质,夹粘性土,土质不均,无光泽,摇振反应迅速,韧性低,干强度低。

1层灰色淤泥质粉质黏土:位于-13.03~-26.03m饱和,流塑,高等压缩性;含有有机质,夹薄层粉性土,土质不均,稍有光泽,无摇振反应,干强度中等,韧性中等。

1.3 原方案变更原因

本工程场地属于新近沉积场地,地质条件差,浅部①3-1层灰色淤泥质粘土和①3-2层灰色淤泥质粉质粘土为新近沉积土,流变性、灵敏度高、渗透性差,抗剪强度低、抗滑稳定性差等特征,极易产生扰动,发生侧向

滑移,尤其是表层①3-层淤泥质粘土,沉积时间更短,土质极差,含水量更高。根据补充勘察成果,工程区局部地质条件与前期详勘地质条件有一定差异,①-2淤泥层厚度加厚约3-4m,地基土条件不利,增加了基坑降水及开挖的实施难度。

根据现场施工情况,施工降排水效果未达预期要求,根据基坑试挖情况,本工程基坑范围内淤泥层较厚,前期打桩过程中土体受到扰动,土层流动性强,施工过程中桩机施工、挖机、装载机往复行走等对软土结构产生强烈的扰动和破坏,基坑开挖导致边载条件改变、土体应力释放,在各类不利的综合因素的共同作用和影响下,地基软土层产生难以避免的大面积塑性流动,导致放坡开挖边坡难以成型,难以满足按1:3放坡开挖的要求。

因此为满足总体大开挖需求,对闸室、翼墙、内外河连接段等基坑采用PC工法桩及钢板桩支护方案^[2]。

2 PC工法桩(钢管桩+拉森钢板桩)技术要求及施工方法

2.1 PC工法桩(钢管桩+拉森钢板桩)主要技术要求

本工程采用的PC工法桩(钢管桩+拉森钢板桩)主要采用的是钢管桩和拉森钢板桩的组合,因此主要技术要求兼顾两种沉入桩质量控制要求,具体要求如下:

2.1.1 钢质桩体应符合下列规定:

第一:钢管桩、钢板桩等材料进场应有产品合格证及相关检验报告。钢材的材质、性能、外形尺寸等应符合设计要求。

第二:桩体应顺直,表面应无明显的缺损及锈蚀;板桩翼缘应完整,锁扣不应有变形。

2.2 PC工法桩(钢管桩+拉森钢板桩)主要施工方法

2.2.1 本工程基坑围护布置方案

本工程围护结构主要采用如下方案:闸室东西侧采用PC工法桩(钢管桩+拉森钢板桩)加钢围檩围护形式,南北向各伸出水闸3m,水平围护长度共64m。钢管桩桩长14m,直径820mm,壁厚14mm,桩顶标高+1.0m;拉森钢板桩采用FSP-IV型号,桩长12m,桩顶标高+0.25m。工法桩内外围檩采用双拼400*400*13*21H型钢,围檩下部采用三角牛腿支撑规格30b槽钢600*600@4000;另外闸室东西侧设置两道中609钢管支撑,管撑下部各采用两根格构柱规格400*400*12000支撑。闸室南北侧采用12米FSP-IV拉森钢板桩围护形式,东西向各伸出水闸2m,水平围护长度共59m;拉森钢板桩内外围檩采用400*400*13*21H型钢,围檩下部采用三角牛腿支撑规格30b槽钢600*600@4000;闸室四角设置

两道400*400*13*21H型钢对角支撑，两道对角支撑距两侧维护分别为4米、8米；两道支撑采用30b槽钢做水平连杆，8米角撑下部各采用一根格构柱规格400*400*12000支撑。 ϕ 609管撑和角撑两端设置伸缩节。

2.2.2 施工方法

开挖分为四个阶段进行。

第一阶段：按照1：5的坡比进行一级坡开挖，将基坑整体由+5.00m高程削至+1.00m高程。

第二阶段：在基坑范围内布置10套50m长轻型井点，并在一级坡坡底增加300x300排水沟，排水沟设置一定坡度，利于积水的收集，设置两个对角集水井，集水井中安置立式潜水泵抽排积水。

第三阶段：闸室东西侧打设14mPC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩），并完成围护及两道中609钢管支撑。在闸室南北侧打设12米FSP-IV拉森钢板桩，并在闸室四角设置两道400*400*13*21H型钢对角支撑。

第四阶段：将闸室由+1.00m高程挖至设计标高（由于预留了保护层，该部分需要人工配合开挖）。

2.2.3 操作要点

（1）场地回填平整

PC工法组合钢管桩施工前，应先进行场地平整，且应计算场地路基承载力，施工场地路基承重荷载以能行走大吊车为好。在PC工法组合钢管桩桩基施工路线上，提前设置好临时施工线路，确保施工供电安全、连续。

（2）测量放线

根据建设单位提供的水准点、坐标控制点、施工测量控制网和设计施工图纸作为测量依据，开始施工前，应对场地的原始水准点及临时水准点位进行复核，确定工程的轴线控制网并放样出施工轴线位置。

（3）开挖导向槽

根据基坑围护内边控制线，采用挖土机（型号1m³）开挖导向槽，并清除地上、地下障碍物，开挖导向槽余土及时处理并压实，以确保后续PC工法桩正常施工，并采取绿网覆盖，达到文明工地要求。

（4）振动沉桩

首先根据放样点试沉，待钢管就位后，并用经纬仪校准垂直度，启动振动锤匀速加压震送直至达到预定标高（第一根桩作为定位桩），复核桩顶标高达到设计及规范值为止；钢管桩到位后机械手松解夹持并回转，夹起拉森桩移动到预定位置由工人扶正对准企口后启动振动锤匀速加压震送至预定标高。施工过程中应注意以下

要点：

第一：钢管焊接宜采用剖口焊接的方式，验收质量要求不低于二级。单根型钢中焊接接头不宜超过2个，焊接接头位置应避开型钢弯矩最大处。

第二：施工前根据高程控制点，用水准仪引放到定位钢管桩上，根据定位钢管桩与钢管顶标高的高度差确定是否继续沉桩。

第三：施工前安装好吊具，检查吊具的完好度，确保满足安全要求，然后再吊起钢管桩，用线锤校核垂直度，必须确保垂直。

第四：施工前还应检查材料的质量、桩位、机械工作性能及各种测量设备完好程度，进场后应报监理机构审核。钢管以及拉森桩必须具有供应商提供的出厂合格证和质保书方能使用。

第五：施工过程中，工长负责填写施工记录，施工记录表中应记录桩位编号、桩长、时间及深度。施工过程中质检员、技术负责人加以指导，现场监理指导、监督质量控制措施和安全措施的落实情况，最终施工记录作为验收资料的一部分报项目监理审批。

第六：施工中拉森桩插入可能会影响相邻几根桩桩顶高程，现场采用挖机辅助或者重复沉桩的方法加以解决。

3 结语

本工程采用PC工法桩（钢管桩+拉森钢板桩）基坑支护施工，减少了开挖工程量、减少了混凝土护坡施工，使得水闸基坑整体施工工期大幅度缩减。同时，钢质桩体可多次周转利用，大大降低了施工成本。对周围环境影响较小，止水效果明显，使得基坑内积水减少达到了干地作业的效果，同时文明施工形象大大提高。

整个开挖施工效果良好，基本消除了不良土质带来的影响，在开挖过程中，基本无土方坍塌、滑移现象，现场开挖施工全程可控，为主体结构的安全实施创造了条件^[1]。

参考文献

[1]杨绍红.PC工法组合钢管桩在基坑工程中的应用与分析[J].城市住宅,2018,25(07):121-122+126.

[2]龚子豪.PC工法桩在粘性土地地区基坑中的应用与数值模拟[D].安徽建筑大学,2018.02(07):100-105.

[3]崔晓伟;杨晓东;李晓亮;王士德;王清标;许浩林;PC工法组合桩围堰防水关键技术《建筑技术开发》,2021(05)25:121-126.