

# 拉式围护体系在软土地基深基坑中的应用

马振国<sup>1</sup> 白依冠<sup>2</sup> 黄国定<sup>2</sup> 洪仁弘<sup>3</sup> 段宏瑞<sup>3</sup>

1. 无锡润鼎建设管理有限公司 江苏 无锡 214000

2. 宁波东方理工大学(暂名) 浙江 宁波 315000

3. 上海建工集团股份有限公司 上海 200080

**摘要:**一般的,基坑支护结构方式有放坡、土钉墙(复合土钉墙)、重力式水泥土墙(重力坝)、型钢水泥土复合搅拌桩(SMW工法桩)、排桩、地下连续墙等。但软土地基深基坑中大面积采用拉森钢板桩锚拉式围护体系比较少见。本文根据项目实施地,在软土、高地下水位、场地水文地质条件、项目工期要求紧及其他复杂场地条件下,综合分析、试验、讨论选择了拉森钢板桩锚拉式围护体系,期间采取了对应措施,明确对应注意事项,进行软土地基条件下的成功应用。归纳总结了拉森钢板桩锚拉式围护体系在软土地基下成功实施的技术措施和经验,为以后相类似工程施工提供有力的借鉴。

**关键词:**深基坑;软土地基;围护体系;拉森钢板桩;支护

## 1 应用项目背景概况

### 1.1 工程概况

研究项目为宁波市镇海区在建学校,北临风华路,南接甬江,东临宁波绕城高速,西至逸夫路。

拟建建筑物主要包含图书馆、教学实验楼、教学及行政办公楼、商学院、行政办公及人文社科中心及1层地下车库。总建筑面积188808.61m<sup>2</sup>。

### 1.2 基坑概况

研究项目基坑情况主要有:基坑长430m,宽210m,基坑周长约1810m;±0.000相当于绝对标高4.950米,现场自然地面绝对标高约2.800米,相对标高为-2.150。基坑深为安全等级为二级,环境保护等级为二级。

研究项目地质情况主要有:场地为滨海湿地芦苇荡,场地南部、东部地势较低,低洼处积水成水塘或沟渠。场地地形高差较大,场地高程为3.59~7.04m。地貌单元属冲积海积平原。场地第四系松散沉积物为海积、冲积物,下卧基岩为凝灰岩。拟建场地第①层杂填土厚度一般为1.1~2.8m,局部区域厚约3.0~4.3m,夹少量植物根茎及小碎石等杂物,部分区域夹大量碎石、碎砖等建筑垃圾。场地内填土厚度较大,成分复杂。范围内的场地地层分布主要有杂填土、粉质黏土、淤泥质粉质黏土、粉砂、细砂等地层。

## 2 技术难点分析

难点一:基坑面积大、地理位置复杂。

基坑长430m,宽210m,深基坑围护面积约为48000m<sup>2</sup>,普遍挖深4.55m,最深挖深在6.95m,基坑开挖深度深。另基坑地理位置北侧临近地铁站,南侧为甬

江,周边环境复杂,围护要求高。

难点二:项目地地质条件差,围护难度大。

项目位于滨海湿地芦苇荡,场地南部、东部地势较低,低洼处积水成水塘或沟渠,结构持力层位于地基地质的淤泥粉质黏土,为软土地基,地质条件差,在软土、高地下水位及其他复杂场地条件下开挖基坑,很容易产生土体滑移、基坑失稳、桩体变位、坑底隆起、支挡结构严重漏水、流土以致破损等病害,对周边建筑物、地下构筑物及管线的安全造成很大威胁。因此技术复杂,涉及范围广,变化因素多,基坑围护难度大。

## 3 拉森钢板桩锚拉式围护体系创新设计

针对上述技术难点分析,结合现场施工环境,项目部进行详细的技术策划和研究,根据本基坑开挖深度、地下室平面形状、周边环境条件、场地工程地质条件以及软土地基类似设计经验,同时考虑造价、工期、变形、施工方便性等方面因素,围护结构思路主要考虑采用拉森钢板桩锚拉式围护体系。

项目危险源分析如下:(1)坑底以下淤泥质土性质较差,土层较厚,可能引起围护变形过大。(2)对围护区域进行详细排查,避免存在地下障碍物,对围护施工带来困难。(3)围护施工质量较差可能引起基坑渗漏。(4)钢板桩后拉钢筋需张紧,避免开挖形成较大位移。

总体创新设计思路如下:采用小齿口锁扣型FSP-IV钢板拉森桩进行环深基坑四周支护形式,考虑拉森钢板桩围护受力问题,并在基坑转角位置采用大型H型钢形式进行角部加固加强,水平结构围檩形式采用槽钢,12米钢绞线;考虑基坑整体围护效果及坑中坑局部区域受

力,采用双轴搅拌桩、高压旋喷桩进行围护止水及坑内加固。

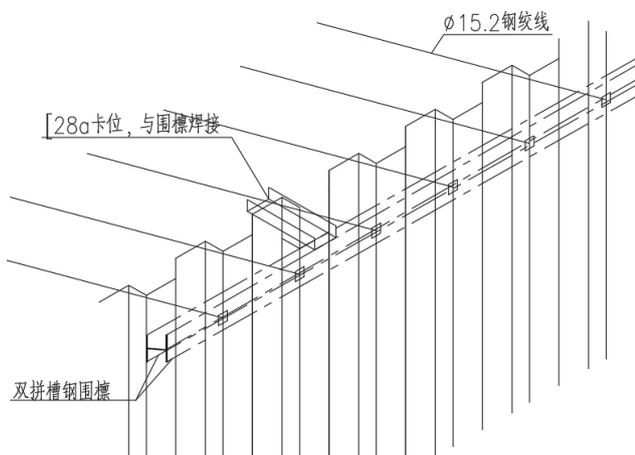


图1 钢板桩拉锚体系支护图

深基坑四周大面积支护的钢板桩采用FSP-IV,小齿口锁扣型止水,等级Q235B,基坑转角处采用异形板桩确保止水性能,转角处的异形板桩长度相比其他板桩加长2米。组合钢管桩采用D630X14钢管桩钢管桩之间采用FSP-IV拉森钢板桩(插一跳一)。临近基坑边的深坑侧采用高压旋喷桩加固,高压旋喷桩水泥采用P.O 42.5级普通水泥,水泥掺量25%,采用二重管施工。基坑坑内加固的双轴搅拌桩水泥搅拌桩直径700mm,双头,搭接厚度200mm,水泥土的水泥掺入比15%。

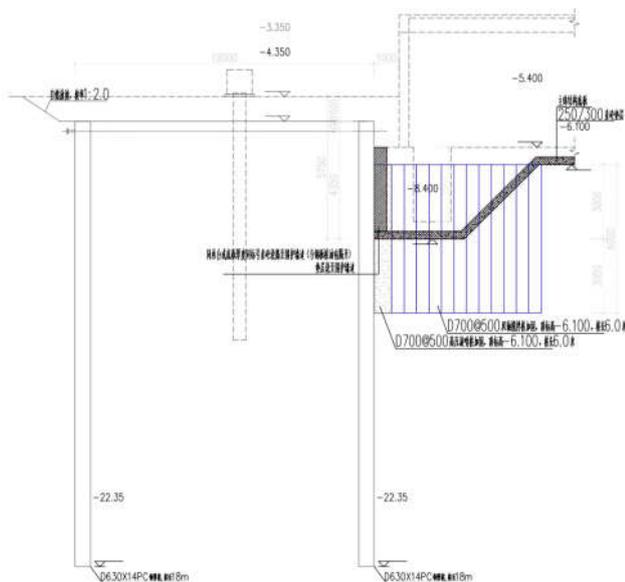


图2 基坑围护剖面图

#### 4 应用及实施

根据拉森钢板桩锚拉式围护体系创新设计,现场实地进行验证试验,根据试验结果数据分析,初步确定围护体系。在大面积实施前,在原位进行试验段,测试是

否达到设计效果,在满足设计要求后大面积进行围护方案实施。

##### 4.1 拉森钢板桩桩后拉钢绞线试验

为了了解后排拉森钢板桩在不同的拉力作用下的位移情况,现场实地进行了拉森钢板桩后拉钢绞线试验。

(1)根据地勘报告提供的地质条件,现场选取三处实验点。

(2)按图6要求设置IV拉森钢板桩,小锁扣连接,后排钢板桩三个一组对钢绞线进行固定。中间一组钢绞线采用液压千斤顶进行张拉,通过装在油泵上的数字压力表直接读出压力值监测钢绞线拉力。同时在前后排钢板桩附近布设位移计,随后进行张拉试验。

(3)拉森钢板桩后拉钢绞线试验是按要求在钢板桩上施加拉力,每次施加拉力后,进行观测,观测间隔时间5min内后排钢板桩位移不大于1.0mm,方可施加下一次荷载,直至后排钢板桩位移达到200mm(2#试验点为100mm)或钢绞线拉力达到375kN(2#试验点为300kN),待最大拉力施加结束,且变形趋势稳定后,逐步对该区域进行拉力释放,每次观测间隔时间5min后释放拉力,观测时间内后排钢板桩位移不小于2mm后方可进行下一次拉力释放,直至后排钢板桩恢复自然状态。

(4)加载分级:每级加载为最大拉力的1/12级,第一级按2倍分级荷载加荷。水平位移观测:每级加载后按每隔5分钟测读一次桩顶水平位移,当水平位移增量小于1.0mm,可加下一级荷载。

(5)卸载与卸载水平位移观测:最大拉力施加结束,且变形趋势稳定后,逐步对该区域进行拉力释放,每级卸载值为每级加载值的二倍。每级卸载按每隔5分钟测读一次桩顶水平位移,当水平位移增量小于2.0mm,即可卸下一级荷载,卸载至零后,应测读桩顶残余水平位移。

根据试验结果,进行研究分析。

a. 1#试验地点按设计要求加载达到最大拉力375kN,最大累计位移43.41mm,达到设计要求。

b. 2#试验地点按设计要求加载达到最大拉力300kN,2#后排钢板桩原采用U型布置,现场实际操作过程中U型状态下锁扣搭接困难,因此在原位重新插拔,改为一字型布置,插拔过程中可能对土体有所扰动。后续张拉试验在加压至225kN时出现数据异常。最大累计位移95.64mm,达到设计要求。

c. 3#试验地点按设计要求加载达到最大拉力375kN,最大累计位移52.38mm,达到设计要求。

##### 4.2 大面积施工前试验段实施

对东侧教学及行政办公楼进行钢板桩试验段施工;

预设一片20m×20m的基坑，前后排设置位移监测；开挖前置条件完成后，对试验段进行开挖，并及时浇筑垫层；垫层浇筑完成后，静置观测7天，并对该区域进行每日2次监测。

#### 4.3 拉森钢板桩应用实施

按顺序标明钢板桩的具体桩位，洒灰线标明。装卸钢板桩宜采用两点吊。吊运时，每次起吊的钢板桩根数不宜过多，并应注意保护锁口免受损伤。吊运方式有成捆起吊和单根起吊。成捆起吊通常采用钢索捆扎，而单根吊运常用专用的吊具。钢板桩堆放的地点，要选择在不会因压重而发生较大沉陷变形的平坦而坚固的场地上，并便于运往打桩施工现场<sup>[1]</sup>。

导架的安装：在钢板桩施工中，为保证沉桩轴线位置的正确和桩的竖直，控制桩的打入精度，防止板桩的屈曲变形和提高桩的贯入能力，一般都需要设置一定刚度的、坚固的导架，亦称“施工围檩”。导架采用单层双面形式，通常由导梁和围檩桩等组成，围檩桩的纵向间距一般为2.5~3.5米，双面围檩之间的间距不宜过大，一般略比板桩墙厚度大10~15mm。

钢板桩施打：钢板桩施工关系到施工支护和安全，是工程施工最关键的工序之一，先用吊车将钢板桩吊至插桩点处进行插桩，插桩时锁口要对准，每插入一块即套上桩帽轻轻锤击。相邻两钢板桩竖向接头位置应上下错开，桩身接头在同一截面内不应超过50%。在打桩过程中，保证垂直度，钢板桩插入应定位准确，水平位置偏差小于50mm，桩体垂直度偏差应小于1/150。为防止锁口中心平面位移，在打桩进行方向的钢板桩锁口处设卡板，阻止板桩位移。同时在围檩上预先算出每块板的位置，以便随时检查校正。打桩时，开始打设第一、二块钢板的打入位置和方向要确保精度，每打入1m测量一次。对拉森钢板桩，沉桩前应在锁口内嵌填黄油、沥青或其它密封止水材料，保证钢板桩的整体性和止水效果。

支撑施工：围檩支架采用HW400X400型钢制作，需保证尺寸正确，有一定刚度。围檩支架每次安装的长度，为基坑的长边和短边，视具体情况而定，应考虑周转使用，以提高利用率。按钢围檩时，全部土挖到钢围檩底深30公分，焊牛腿先放钢围檩后撑支撑，做到先撑后挖要求。局部角撑为D609钢管，端部采用H400型钢作为转接头。角撑与围檩采用焊接连接。角撑以及阳角处设置28a槽钢卡位，间距约5m。

#### 4.4 双轴搅拌桩应用实施

双轴水泥搅拌桩主要为坑边钢板桩围护、坑内土体加固及深坑围护加固。深搅桩施工时，涌土很多，一方

面影响桩机移位，另一方面使场地不平整，水泥浆外溢影响场地整洁。故在深搅桩施工前先开挖施工沟槽，以平衡深搅桩施工时的涌土，且可使水泥浆不外溢，保证场地整洁，也可加快施工进度。根据所放大样的灰线开挖深度宜为0.6~1.0米，宽度应大于搅拌桩或坝体宽度0.2~0.3米的沟槽，用以平衡搅拌桩施工时的涌土。

桩孔定位及控制：在沟槽内进行桩位放样，所有桩位均用竹签钉入地下15cm，且在其顶部涂以红油漆，以利于检查核对。施工中的大样控制按照搅拌桩中心线平移间距作施工过程控制线，可采用铁丝，两端用钢管打桩固定，并在铁丝上分好幅数<sup>[2]</sup>。

#### 4.5 高压旋喷桩应用实施

(1) 泥浆配制：搅拌浆液必须在各种机具设备试运转正常后进行，在制浆过程中应采取措施，防止浆液沉淀。(2) 钻孔：钻孔过程中应仔细测量并记录实际孔位、孔深及地层变化情况，如钻孔碰到地下障碍物，可适当钻孔移位。(3) 插管：同轴双重管法插入钻孔预定深度。在插入注浆管前，先检查高压水与空气喷射情况，各部位密封圈是否封闭，连接接头是否密封良好。(4) 旋喷成桩：喷射作业前应检查喷嘴是否堵塞，输浆(水)、输气管是否存在泄漏等现象，无异常情况，开始按设计要求进行喷射作业。(5) 完成喷射作业后，拔出注浆管。立即使用清水清洗注浆泵及注浆管，防止凝固堵塞。连续注浆时，可于最后一次进行清洗。(6) 注浆体初凝下沉后，应立即采用水泥浆液进行回灌，回灌高度应高出设计标高<sup>[3]</sup>。

#### 4.6 实施效果

拉森钢板桩锚拉式围护体系自2023年9月份开始实施，至2024年1月份逐步拆除，在实施期间内，整个围护体系深层土体位移最大值57.75mm，围护结构水平位移最大值-38.6mm，满足设计要求。

#### 5 结语

综上所述，本文以宁波镇海区在建项目为背景，结合项目成功的实践，进行了特殊软土地质环境下实施的深基坑开挖及围护体系的研究。

#### 参考文献

- [1]李军涛.(2021).锚拉式拉森钢板桩施工技术在软土地基深基坑支护中的实践分析.建筑技术开发(5),142-143.
- [2]王军.(2021).拉森钢板桩在黄土地基深基坑中的应用研究.土木工程与管理学报(6),78-81.
- [3]张海东.(2022).锚拉式拉森钢板桩在软土地基基坑支护中的稳定性研究.建筑工程技术与设计(5),76-77.