

灌注桩与预应力锚杆在超深 基坑支护中的应用

邱学习, 张永火

(龙元建设集团股份有限公司, 宁波 315040)

摘要: 叙述旋挖式灌注桩结合预应力锚杆在超深基坑支护中的应用, 在介绍工程地质概况和基坑围护设计概况后, 主要叙述基坑围护结构的施工, 深管井降水与基坑挖土, 以及紧邻基坑围护结构施工。着重叙述预应力锚杆的施工工艺流程和施工要点, 包括成孔、锚索的制作安装、注浆、张拉及固定。该基坑围护结构无支撑, 方便挖土施工, 有利于加快工程进度。

关键词: 旋挖式灌注桩; 预应力锚杆; 超深基坑; 支护应用

作者简介: 邱学习(1957—), 男, 浙江象山人, 工程师, 从事建筑施工管理工作。

表 1 土层物理力学参数表

序号	土层名称 状态	重度 (kN/m ³)	层厚 (m)	固结		地基 承载力特 征值 f_{ak} (kN/ m ²)
				黏聚 力 C (kPa)	快剪 内摩 擦角 $\phi(^{\circ})$	
1	杂填土松散—稍密	18.0	3~6			
2	中砂 稍密	18.3	1~3	0.0	30.5	180
3	砾砂 稍密	19.3	1~4	0.0	33.9	375
4	圆砾 中密	19.3	2~4	0.0	34.0	425
5	圆砾 密实	19.3	4~6	0.0	35.9	600
5-1	粉质黏土 可塑	19.3	0.2 夹层	32.5	16.5	170
5-2	中砂 密实	18.5	1.5 夹层	0.0	32.0	375
6	砾砂 密实	19.3	10~28	0.0	37.4	650

0 前言

深基坑在工程地质条件合适的情况下, 采用灌注桩结合数道锚杆的支护体系, 相比灌注桩结合数道水平支撑的支护体系, 方便挖土施工, 有利于加快超深超大基坑工程的施工进度, 尤其是采用预应力锚杆和可回收的型钢围梁, 降低了基坑围护工程的造价。下面以沈阳市某大型工程为例, 说明灌注桩结合预应力锚杆在超深基坑中的应用。

1 基坑工程概况

该工程位于沈阳市和平区闹市区, 场地东侧为青年大街, 南侧为文兴路, 西侧为五里河街, 北侧为文体路, 其中东南角与辽报大厦的基坑紧密相邻。该工程地下四层, 地上由三幢塔楼与相毗邻的裙房组成, 三幢塔楼的地上高度分别为 180 m 与 230 m。

基坑平面形状呈缺口的矩形, 东西长 226 m, 南北长 185 m, 四周挖深为 20.20~22.20 m。地下室底板为筏板基础, 主体结构为框架筒体结构。地下室裙房的底板下设置有抗浮桩, 数条后浇带从底板留置至裙房屋顶。该工程的地质土层物理力学参数如表 1 所示。

场地地下水为孔隙潜水, 水位埋深在自然地面以下 8 m, 地下水的综合渗透系数 $K=100$ m/d。

2 基坑围护设计概况

2.1 混凝土灌注桩

基坑围护采用 $\phi 800@1200$ 旋挖式钻孔混凝土灌注桩, 自然地面为 ± 0.000 m, 桩尖标高 $-27.2\sim-29.2$ m, 混凝土强度等级 C25, 主筋 18 ϕ 18, 箍筋 $\phi 8@150$, 加强筋 $\phi 14@2000$ 。

2.2 预应力锚杆

围护桩沿桩头至坑底按不同的挖深剖面, 分别配置 5~6 道预应力锚杆, 锚杆水平间距 $@1200$, 下倾式锚杆孔直径 $\phi 160$ mm, 每根锚杆按受力的大

小分别配置 $2 \times 7\phi 5 \sim 4 \times 7\phi 5$ 低松弛高强度钢绞线, 钢绞线的强度标准值为 $f_{ptk} = 1\ 860\ \text{MPa}$, 注浆材料为 1:1 水灰比的纯水泥浆, 水泥为 32.5 级。

2.3 混凝土压顶梁及型钢围梁

围护桩的压顶围梁采用 $B \times h = 900 \times 500\ \text{mm}$ 的混凝土围梁, 主筋每侧 $4\phi 20$, 箍筋 $\phi 8 @ 200$ 。预应力锚杆的外露端每根腰梁由 $2^{[20]} \sim 2^{[22]}$ 的槽钢组成, 在地下室底板与楼层梁板及外墙混凝土浇筑后, 采用换撑措施将槽钢腰梁拆除回收。

2.4 井点降水

根据本基坑工程各土层的渗透系数大的特点, 在基坑四周围护桩外侧(迎土侧)布置有 78 口深管井降水, 深管井深度 36 m, 水平间距 10~15 m。深管井钻孔直径 $\phi 650$, 填砾砂滤料后的孔径为 $\phi 400\ \text{mm}$, 内置扬程不小于 40 m 的潜水泵。

基坑围护剖面如图 1 所示。

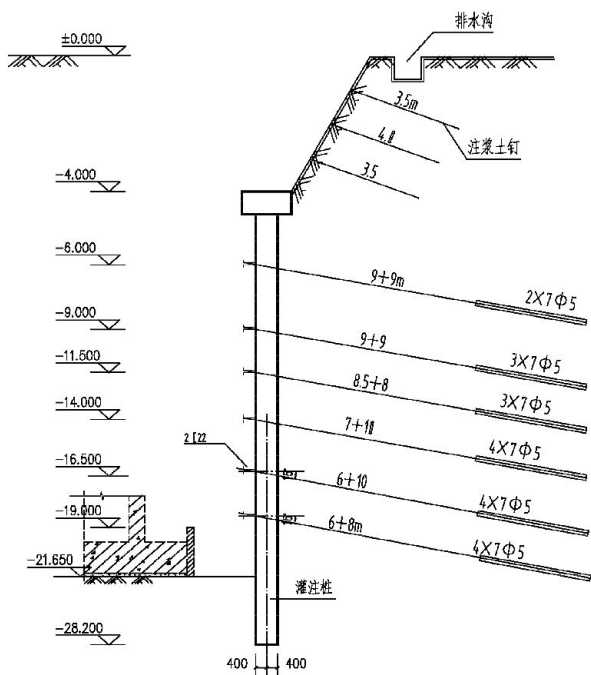


图 1 基坑围护剖面图

3 基坑围护结构施工

3.1 基坑围护施工工艺流程

旋挖式灌注桩→放坡区挖土→ $\phi 48 \times 2.5$ 钢管土钉→护坡细石混凝土→压顶混凝土围梁→深管井点降水→分层挖土并隧道施工预应力锚杆→隧道施工型钢腰梁→桩间土二次支护→挖至坑底设计标高。

3.2 旋挖式灌注桩施工

旋挖式钻孔灌注桩 $\phi 800 @ 1\ 200$ 共 574 根, 另加与辽报大楼紧邻基坑围护桩 $\phi 800 @ 1\ 200$ 的旋挖式钻孔灌注桩 160 根。混凝土强度等级均为 C25, 主筋 $18\phi 18$, 箍筋 $\phi 8 @ 150$, 灌注桩采用跳打式施工。护壁泥浆的比重应控制在 1.10~1.15, 泥浆制备应采用膨润土或高塑性黏土, 孔口应设置 $\phi 1\ 000$ 的钢护筒, 钢护筒的埋设深度不小于 1.0 m。钢筋笼安装后先清孔沉渣再放入导管, 导管底距离孔底约 30~50 cm, 采用泵送商品混凝土浇筑, 必须连续施工, 导管始终埋入混凝土面 0.8 m 以上, 混凝土桩顶的施工标高应至少高出设计标高 0.5 m, 灌注桩不得有断桩、混凝土离析、夹泥等现象发生。

3.3 混凝土压顶围梁施工

旋挖式钻孔灌注桩完成后, 开挖放坡段, 立即在坡面上喷第一遍细石混凝土约 50 厚, 接着施打钢管土钉, 安装 $\phi 6.5 @ 200$ 双向钢筋网, 并继续喷第二遍细石混凝土约 50 厚。然后凿除灌注桩的超灌部分, 施工压顶围梁。

3.4 预应力锚杆施工

(1) 预应力锚杆施工工艺流程

锚孔定位→钻孔→锚索制作→锚索安装→锚杆注浆并养护→安装腰梁→锚索张拉→锚索头固定。

预应力锚杆水平间距 $@ 1\ 200$, 竖向间距约 $@ 2\ 500\ \text{mm}$, 下倾 15° , 长度 15~18 m。孔径 $\phi 160\ \text{mm}$ 。锚杆由锚索与注浆体组成, 每根预应力锚杆的锚索依受力大小的不同分别由 $2 \times 7\phi 5 \sim 4 \times 7\phi 5$ 的低松弛高强度钢绞线组成。锚索张拉后立即用垫铁板及锚具固定于槽钢腰梁上, 如图 2 所示。

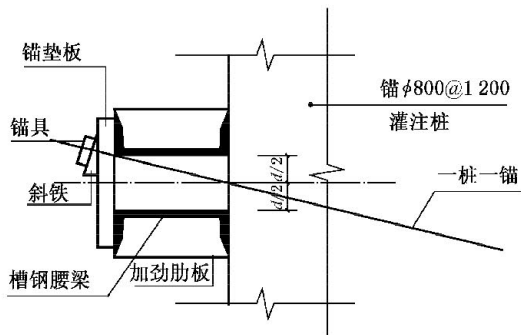


图 2 锚头构造

(2) 锚杆孔施工

锚杆采用自成孔锚索, 即 $\phi 160\ \text{mm}$ 钻头与锚

索连接,钻到位后钻杆与钻头脱开抽出,钻头与锚索留于孔内。钻杆钻进的同时注入水灰比 1:1 的水泥浆,水泥浆采用压浆泵注入,起到护壁钻孔与包裹锚索硬化为锚杆的双重作用。钻杆下倾 15° ,长度按设计图纸要求。

第一、二道锚杆碰到中密至密实状的圆砾,自成孔锚索无法钻进,采用第一次钻成孔,第二次安装锚索,注浆也随之分为二次。

(3) 锚索制作与安装

每根锚杆的锚索按设计图纸的截面要求配置,锚索的下料长度为:自由段长度+锚固段长度+1.0 m 千斤顶工作长度。锚索自由段用塑料布包裹两层,锚索采用定位支架 $\phi 8@2\ 000$ 固定于钻孔中心,非自成孔锚索安放到位后应拉紧再重复注浆。

(4) 锚杆注浆

注浆材料选用 32.5R 级水泥,按水灰比 1:1 制成纯水泥浆压力注入孔中,冬季施工的外掺剂为防冻剂。第一、二道锚杆采用二次注浆法,第一次的水泥浆注浆压力为 0.8~1.5 MPa,第二次的注浆压力为 1.5~2.5 MPa。控制注浆量的充盈系数为 1.05~1.10。注浆结束标准应按注浆量、注浆压力和稳定时间综合确定。

(5) 锚索张拉及固定

注浆体强度达到 18 MPa 时方可张拉锚索,除冬季外,一般为注浆后养护 7 d 方可张拉。张拉时用 200 kN 的液压千斤顶单孔式张拉。锚索按设计承载力 100%张拉,持荷 5 分钟后,按不小于设计承载力的 70%锁定,即用垫铁与锚具 XM15 固定于槽钢腰梁上。

4 深管井降水与基坑挖土

4.1 深管井降水施工

深管井降水布置于基坑四周旋挖式灌注桩的外侧,共 78 口。深管井的成孔直径为 $\phi 650$,井深 36 m,成孔后放入主筋 12 $\phi 14$ 的钢筋笼,内箍筋 $\phi 12@250$,外置竹片一层纱网两层,然后在钢筋笼外侧回填砾砂作为滤层。深管井内放入扬程不小于 40 m、功率约 20 kW 的潜水泵。当挖土将到地下水位时开始降水,降水应连续运行,应设置双套电源电路。

4.2 基坑挖土

本基坑挖土工程量很大,约 80 万 m^3 ,根据文

献[1]国标《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002、文献[2]《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—99 以及基坑围护设计图纸的要求,遵循“开槽支撑(锚杆)、先撑(锚杆)后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则。

本基坑挖深 20.20~22.20 m,平面分为 4 个区段,竖向分为 3 个阶段。第一阶段挖深为 4.5~6 m 左右,分 4 层挖至围护桩的压顶围梁底,每层挖深约 1.5 m 左右,挖完一层立即施打 $\phi 48\times 2.5$ 钢管土钉,并在放坡面上喷射 C20 级细石混凝土,最低一层土挖完好,立即凿除灌注桩的桩头及浇捣素混凝土垫层,并绑扎钢筋、支模、浇捣混凝土。待压顶梁的混凝土强度达到 80%后开始第二阶段挖土。

第二阶段挖土至坑底设计标高剩 30 cm 人工修土,此阶段分为 6 层,每层挖土约 2.5 m 厚,每挖好一层,立即施工预应力锚杆及桩间土的二次围护。桩间土的二次围护采用喷射 C20 细石混凝土 100 厚,其中夹置 $\phi 6.5$ 双向@200 的钢筋网,并在每桩间打入 2 $\phi 16$ 长为 1 m 的短锚杆,短锚杆竖向间距@1 500。

第三阶段为人工修土及塔楼筒体下坑中坑开挖,应按“五边法”施工,即边挖土、边凿桩头、边垫碎石、边浇混凝土垫层、边砌砖胎膜,关键是快速浇捣混凝土垫层,减少坑底地基土的暴露时间。

5 深浅坑紧邻处围护施工

5.1 浅坑的荷载计算

本基坑工程的东南角与辽报大厦的基坑紧邻,辽报大厦的基坑挖深为 14.70 m,与本基坑挖深 22.20 m 相差 7.5 m。鉴于两家业主及施工单位的协调,浅坑即辽报大厦施工按最快速度估算达 10 层主体结构(含地下三层)时,本基坑挖至坑底绑扎好底板钢筋。即深浅坑相邻处的围护结构应安全地承载浅坑 10 层主体结构重量及施工活载引起的侧压力。

5.2 深浅坑相邻处围护施工

根据上述荷载计算与挖深差异 7.5 m 以及现场工程地质条件,决定围护桩采用 C25 级混凝土旋挖式灌注桩 $\phi 800@1\ 200$ 结合 4 道预应力锚杆。灌注桩有效长度 12.50 m,配筋 18 $\phi 18$,箍筋 $\phi 8@150$;预应力锚杆水平间距@1 200,长度 11~

12 m,锚杆直径 $\phi 160$,内置 $2 \times 7\phi 5$ 低松弛高强度钢绞线,下倾 15° ,压力注入水泥浆。施工方法同前。

6 结束语

本基坑工程属于超深大型基坑,在基坑围护结构施工后,挖土施工中关键是深管井降水,不但基坑挖土阶段而且地下室结构施工阶段,均应确保深管井降水连续运行,才能保证基坑围护安全与地下室结构安全。

本工程基坑挖土已经到底,由于施工方案精心组织以及实施中快速挖土及施工预应力锚杆,

结果比较顺利,底板浇捣混凝土时,相邻浅坑的主体结构(设计为45层)尚未达到原计算的10层荷载,深管井降水继续运行,基坑围护与地下室结构的安全得以保证。

参 考 文 献

- [1] GB 50202—2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [2] JGJ120—99 建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 龚晓南主编,深基坑工程设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.