

沿江电厂软土地基处理技术应用

山东电力工程咨询院 于军

摘要:

江阴夏港电厂 2×330MW 机组工程位于长江漫滩,是典型的软土地基,其地基处理复杂,作为我院开发南方工程的首个项目,首次在主要构筑物地基中采用高强预应力混凝土管桩(PHC),在一般构筑物地基中采用预制钢筋混凝土静压小方桩(250x250),通过进一步研究及工程应用,为我院开发沿江、沿海软土地基工程,积累了地基处理方面的经验,降低了工程造价。

关键词: 高强预应力混凝土管桩、预制钢筋混凝土小方桩、加固浅层软土地基

引言:

随着机组容量的加大,越来越多的电厂需要对地基进行人工处理,以满足建筑物对地基的要求。合理选择处理形式,使工程优化设计的重点。我院在这以前的桩基人工地基处理设计,一般为预制方桩、钻孔压浆桩、碎石桩等。2003年初我院勇于开拓南方市场,承接了江阴夏港电厂 2×330MW 机组工程。

该工程业主要求的工期紧迫,设计至投产仅为 18 月,根据厂址区的条件,经比较采用了工效高的打入式高强预应力混凝土管桩。这在我院设计工程中为首次采用。

工程地质概况

厂区位于江苏省江阴市夏港镇境内,原为长江南岸滩地,拟建厂址区的地形总体较为平坦,地貌单元属长江河漫滩。地基土主要由上部新近堆积的冲填土和中下部的第四系全新统冲、湖积物组成。

岩性特征及分布规律:

①填土:成分主要由粉质粘土和粉土等组成。该层结构松散,密实度差,上部有块石及碎石等堆积物,层厚 2.10~8.50m, $f_{ak}=55\text{kPa}$;

2-1 粘土:稍湿~湿,硬塑为主,层厚 1.20~2.95m, $f_{ak}=220\text{kPa}$

②粉质粘土:湿~很湿,可塑为主,局部软塑,层厚 1.30~3.00m, $f_{ak}=170\text{kPa}$;

③粉土:很湿,稍密~重密,该层层厚为 2.00~5.20m, $f_{ak}=160\text{kPa}$;

④粉砂:饱和,中密为主,局部稍密,层厚 3.0~7.80m, $f_{ak}=200\text{kPa}$

⑤粉、细砂：黄灰色、灰黄色，饱和，密实为主，局部中密，层厚 8.70~15.70m， $f_{ak}=310\text{kPa}$

⑥粉质粘土与粉砂互层：粉砂饱和，中密，粉质粘土湿~很湿，软塑~可塑。层厚一般> 10.00m。 $f_{ak}=180\text{kPa}$

地下水条件：

地下水按其含水层性质和埋藏条件划分为两种类型：以层（2-1）、层②作为隔水层，其上部含水层的地下水类型为孔隙潜水，其下部含水层的地下水类型为弱承压水。厂址范围内的常年地下水稳定水位为 0.5~1.0m，

高强预应力混凝土管桩特点：

高强预应力混凝土管桩工厂化生产，混凝土强度等级可达 C80，桩身质量可靠，规格较多，每节桩长 7~16m，市场供应充足，对桩端持力层变化较大的地层适用性较强，桩体牢固，桩身耐打，打桩能量吸收少，贯入能力较钢筋混凝土预制方桩强，施工场地整洁，工效高。缺点排土量较大，但管桩端部采用开口式钢桩靴，则可减少工程桩的挤土效应。

江阴工程打桩采用柴油锤，开口型钢桩靴，能穿越较厚土层，利用⑤层粉、细砂作持力层，承载力较高，施工安全，造价较低，效率高。每天打桩约 30 根，采用端板焊接接桩。主厂房打桩工期仅为两个月，同类机组采用预制钢筋砼方桩工期一般为三个月。

管桩桩基设计

桩基设计必须选择合适的持力层，选择合适的持力层是决定工程成败的关键，桩基处理深度的选定应以变形控制为原则。设计应考虑垂直、水平、承载力，沉降及水平位移等问题。

主厂房、烟囱、输煤、炉后等荷重较大的建构筑物，考虑以⑤层为桩基持力层，桩型采用先张法预应力高强混凝土管桩，大部分荷重较小的辅助、附属建构筑物采用钢筋混凝土预制小方桩。

先张法预应力高强混凝土管桩，桩规格较多，直径 $\Phi 300\sim\Phi 800\text{mm}$ ，本工程采用桩的直径为 $\Phi 600\text{mm}$ ，壁厚 110mm，桩的性状为端承摩擦桩，桩端进入⑤层深度按 3m 考虑，首先确定单桩极限承载力，地质报告中按《建筑桩基技术规范》（JGJ94-94）公式(5.2.7)，利用静力触探指标确定桩的单桩竖向极限承载力标

准值 $Q_{UK}=U \sum L_i \cdot \beta_i \cdot f_{si} + \alpha \cdot q_c \cdot A_p=4277\text{KN}$ ，根据桩基原体试验报告，试桩的单桩竖向极限承载力标准值 $Q_{UK}=3326\text{KN}$ ，单桩水平极限荷载标准值 $H_0=126\text{KN}$ 。江阴工程以桩基原体试验报告结果为计算用值，进行本工程的桩基设计，包括承载力及变形计算。

布桩要求：按最小桩间距进行布桩，承台形式优先采用独立承台，对荷载较大的采用梁式承台或筏板式承台。根据变形计算结果，对桩的布置、数量、承载力及基础形式进行修正和调整，以满足现行《地基基础规范》对地基容许变形值的要求。

由于工期紧，地下水位高，设计中充分考虑沉桩对周围环境的影响，对于打入式桩，在群桩施工过程中，挤土效应可能引起很高的超孔隙水压力，由于超孔隙水压力在粘土中的消散缓慢，因而可能产生一些不良环境地质问题：土体隆起，在沉桩范围内可能伴随着桩的上浮；土体水平位移，已打入土层中的桩因受到挤压而产生桩顶侧向位移及桩身挠曲变形；土体垂直隆起及水平位移波及到沉桩范围外一定的距离时，对周围环境及邻近建筑物产生一定的危害；沉桩以后由于土体的再固结，当桩间土的压缩量大于桩尖的下沉量时，桩侧就可能受到负摩阻力的作用。为了防止或减轻上述危害，设计合理的桩间距，确定合理的打桩休止时间，控制沉桩速度，采用塑料排水板真空预压法，压入塑料排水板，以减少挤土量，降低超孔隙水压力。使地基排水固结，然后打预制桩，塑料排水板的处理深度约为 16m，布置间距 1.2~1.5m 双向。进入④层粉砂层。

管桩桩基施工要求：

一个完美的工程，必须设计、施工双赢，有严格的施工控制条件、合理的打桩顺序，完善的检测手段。

江阴夏港工程桩的施工，严格按静载试验桩施工时采用的工艺参数施工，桩锤采用 D80 柴油锤，桩的施打工艺符合重锤轻打的原则，停锤标准以标高和贯入度双控，最后三阵平均贯入度控制在 3.0~6.0cm/击，落锤高度大于等于 2.4m。根据桩的密集程度及与周围建筑物的关系、承台的设计标高及桩的长度，合理安排打桩顺序，采用端板焊接接桩。

二期工程厂房与本期脱开 33.0m，打桩时，考虑可能对二期厂房的震动影响，采取了开挖防震沟、塑料排水板、控制施工速率等减小震动和排土影响的措施。确

保原有机组的正常运行。

江阴夏港工程属软土地基，选用地面先打桩（采用送桩器送桩）后挖土的施工工艺，开挖基坑时，制定合理的施工顺序，尽量对称挖土或分段挖土，桩间土采用人工清理的方式，减少基坑暴露的时间和面积，避免在坡顶堆土，以防止或减少管桩位移或倾斜。

工程桩施打结束，对桩身质量进行小应变动力检测，取总桩数的 20%。对桩的承载力进行大应变动力检测取总桩数的 5%。单桩极限承载力均大于 3200KN，经检测桩身质量合格率均在 99%以上。

管桩桩基构造措施

桩顶与承台的连接参照相关图集及设计经验，分别按三种情况处理：

1. 当桩顶高于设计标高时，为保证管桩在敲打过程中的结构完整性，应在设置托板及放入钢筋骨架后，首先浇灌桩顶设计标高以下要求灌实范围内的混凝土（灌实长度 $L=1000\sim 2000\text{mm}$ 钢筋骨架上端锚入承台 L_a 按规范取值），浇灌混凝土前，应将管桩内表面的浮浆清除掉并清洗干净。其强度等级比承台提高一级，待浇灌的混凝土达到 70%设计强度后，方可凿去桩顶设计标高以上多余部分，伸入承台内的管桩内表面应凿毛并清洗干净，刷一道不低于 42.5 级的纯水泥浆一道，再浇灌承台。

2. 当桩顶等于设计标高时，按上述方法，先完成灌实范围，再加连接主筋下端与管桩顶端接板焊牢。上端锚入承台 L_a 。

3. 当桩顶低于设计标高需要接桩时，管桩与承台间，采用接桩，接桩部分混凝土采用比承台提高一级，接桩部分混凝土达到设计强度后，再浇灌承台。浇灌桩顶设计标高以下要求灌实范围内的混凝土（灌实长度 $L=1000\sim 2000\text{mm}$ 钢筋骨架上端锚入承台 L_a 按规范取值）前，应将管桩内表面的浮浆清除掉并清洗干净。再设置托板及放入钢筋骨架，浇灌的混凝土强度等级比承台提高一级，与接桩部分相接的管桩表面应凿毛并清洗干净，刷一道不低于 42.5 级的纯水泥浆一道，再浇灌接桩。

承台采用钢筋混凝土独立承台或条形承台，墙基一般采用地梁支承，少量采用毛石基础。

小方桩桩基设计特点

小方桩桩基在南方软土地基处理中应用广泛，并有成熟的经验。

1. 小方桩桩基设计以变形控制为原则，考虑桩与承台共同工作，介于天然地基与一般桩基之间的一种基础，是减少软土地基不均匀沉降的浅层加固方法之一。

2. 小方桩一般是摩擦桩，在承台产生一定沉降的情况下，桩能发挥其全部承载力有效的减少沉降量，同时桩间土也能承担部分荷载。

3. 由于对持力层的土质要求比一般桩基低些，故桩的长度也可短些。

小方桩桩基设计

根据电厂前期施工经验及本期扩建的实际情况，本工程地下水位接近地表，-4.50m 标高以上均为淤泥或冲填土，不宜采用大开挖，如锅炉补给水室为与前期接建，如果挖至-4.50m 持力层，将扰动原有基础，因此，大部分辅助、附属构筑物及荷载较小生产建筑物，采用预制钢筋混凝土小方桩加固浅层软土地基，小方桩截面尺寸 250X250, 桩长在 10~12m 范围，分段预制，C30 混凝土，接头用硫磺胶泥，硫磺胶泥灌注后到开始压桩施工应停歇的时间 20°C 以下为 4 分钟，20°C 以上为 6 分钟，桩身大部分处于冲填土中，持力层为(4)层粉质粘土层，采用静力压桩施工方案，最大静压力不超过 800KN，采用标高控制。通过大应变检测，单桩极限承载力为 680KN，通过小应变检测，桩身质量合格率 95%。如果采用 450x450mm 方桩 或 PHC 管桩，持力层为粉砂层，地基处理费将会增加 30%，由于小方桩质量容易保证，与其它加固方法比较在技术和质量方面有较大优势。

设计中存在的不足：

本期工程由于工期较紧，业主要求只选择一种管桩型号，使有些荷载稍小的构筑物（如炉后各类支架），在满足布桩构造要求的情况下，桩承载力余度较大，如果采用小方桩又布桩数量太多。所以说，本工程应该根据桩的实际受力状况选择两种不同截面的、合适的桩型号才是最佳方案。

结论：

本期工程第一台机于 2004 年 12 月移交生产，第二台机于 2005 年 8 月移交生产。经过运行检验，各建筑物无不良情况发生，由此证明本期工程地基处理技术是成功的。管桩技术的引进，在我院设计的华能德州电厂三期输煤改造工程、聊城鲁能热电五期工程地基处理中采用。成功的经验应在以后的软土地基加固中

充分利用，以降低大开挖费用，大量的换填费用。

参考文献：

1. 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94-94 中华人民共和国行业标准
2. 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007-2002 中华人民共和国行业标准
3. 《预应力钢筋混凝土管桩施工技术规范》 YBJ 235-91 中华人民共和国冶金工业部部标准
4. 《先张法预应力钢筋混凝土管桩》 苏 G03-2002 江苏省结构构件标准图集