

桩基施工技术在不同地质条件下的适应性研究

伍祥波

重庆两江建筑工程有限公司 重庆 400000

【摘要】地基基础处理是建筑工程施工中的一个关键问题，桩基施工是当前处理不良地质条件的有效办法之一。从分析土木工程施工中桩基承载特性特点，阐明地质条件下桩基承载力、沉降、稳定性等特性的差异，客观分析岩土、水文地质和地震带等常见地质条件给桩基施工方法选择带来的影响。最后，较为细致地研究静压预应力管桩、钻孔灌注桩、水泥搅拌桩技术在不同地质条件下的适应性，提出了几点实用的施工策略和技术改进措施，以进一步提升桩基施工效果。

【关键词】桩基施工；承载特性；地质因素；适应性

引言

“基础不稳，地动山摇。”为了增加建筑工程地基部分的施工质量，延长其使用寿命，近些年建筑行业陆续开发出了很多地基处理技术，桩基施工工艺就是其一。桩基是土木工程施工中的一个重要承力结构，其自身性能决定着工程整体的安全性和稳固性，而地质条件是影响桩基性能的一个重要因素。复杂多变的地质环境条件应成为工程师设计和施工阶段要严加考量的内容，以选用最合理、实用的桩基施工技术，完善相应的方法，以全面增加桩基施工的可靠性与有效性。

1 不同地质条件下的桩基承载特性

现实中多种因素影响着桩基承载特性，其中地质条件是一项重要因素，在不同的地质条件下，桩基的承载力、沉降、稳定性等特性会有差异，如下分析了不同地质条件给桩基承载特性带来的影响。

1.1 桩侧摩阻力（侧阻力）

桩侧摩阻力（ Q_s ）即桩身和土体之间产生的摩擦力，桩周土壤的性质、桩身表面积以及桩体积的埋深影响着该项指标的大小：

$$Q_s = \sum A_s \cdot k \cdot \Delta \cdot \mu \quad (1)$$

式中： A_s 表示桩周面积； k 为土的侧压力系数； Δ 是超静孔隙水压力； μ 为土与桩之间的摩擦系数。

1.2 桩端阻力（端承力）

桩端阻力（ Q_b ）倍定义成桩尖与土体接触面间的支承力，桩尖下的土层承载力影响其大小，计算公式如下：

$$Q_b = A_b \cdot q_b \quad (2)$$

式中： A_b 、 q_b 分别表示桩尖底面积、桩尖下的土层承载力。

1.3 总承载力

桩基的总承载力是桩侧摩阻力和桩端阻力两者之和，公式如下：

$$Q = Q_s + Q_b \quad (3)$$

1.4 桩基稳定性

土体的剪切强度是影响桩基稳定性（ F_s ）的主要因素，可以用下式评估：

$$F_s = \frac{\sigma_v}{c} \cdot A + \mu \cdot \sigma_v \cdot A \quad (4)$$

式中： σ_v 表示的是竖向应力； c 为土的黏聚力； A 是桩底面积。

2 地质条件对施工方法选择的影响

2.1 岩土条件

现实中不同地区建筑施工场地的岩土条件有差异，故而在正式开工建设前，需要通过细致的地质勘测以了解相应区域内的岩土真实情况，以此为据确定出合理、可行的施工质控目标和实施计划。对于冲积平原等特殊地区，因为岩土状况的复杂度较高，所以就决定了岩土考察是不可省略的一环，通常其岩土类型以粉砂黏土、淤泥以及伏基岩石为主，以上三种岩石在性质、分布特点等方面有很大差别，故而要认真对待。既往有工程实践表明，钻孔灌注桩在岩石地质条件下表现出了较高的适用性，其原因主要在于岩石本体的强度和稳定性能提供良好的桩端承载力。

2.2 水文地质条件

建筑所在区域水文地质状况的探测、分析是一个极为

复杂的过程，只有严格遵循相关规范要求落实好这项工作，才能更全面地了解地下水的分布规律与真实状况。客观地分析水文因素可能会给建筑施工带来的不良影响，并主动寻觅出切实可行的处理办法，确保施工活动安全、有效进行。对于地下水位偏高或水质有侵蚀性的地区，需要对整个钢桩进行防腐处理。另外，在灌注水下混凝土前，也要保证孔底沉渣厚度达到设计要求。

2.3 地震带

既往大量的实证分析表明，地震带的地质条件复杂，会给桩基施工带来明显的影响。这主要是因为地震带的地质活动可能会引起土壤液化，进而降低桩基的稳定性，桩逐渐丧失承载力，以致局部结构受损。故而，在地震带开展桩基施工作业时，涉及方面要分析更高标准的安全系数与抗震要求，只有这样才能保证突发地震灾害时桩基的安全性及可靠性。

3 桩基施工技术在不同地质条件下的适应性研究

3.1 静压预应力管桩（PCP）技术

PCP自身是一种强度、承载力“双高”的预应力混凝土构件，近些年在建筑各种基础工程施工领域都获得了广泛应用。PCP有施工快速、质量可靠、经济性高及在复杂多变的地质工况中适应性强等优势。

某项目是工业建筑厂房地基，勘察报告显示本项目所处地层结构相对较复杂，不同砂层之间夹杂着粉土或粉质黏土，且各处土层厚度不一，局部土层结构流失。本次勘察未见地下水位，结合本地水文资料，项目尝试地下水埋深不足40m，因埋藏较深，故而不计地下水给地基基础及施工过程产生的影响。PCP施工参数见表1。在本项目内，钢板仓区域设计的总桩数共674根，20m桩长、22m桩长的桩数分别有340根、334根。PCP现场施工中遇到的最大问题是以上不同桩长的混凝土管桩不能锤击至设计标高，20m、22m管桩内分别有230、208根未达到设计标高，实际桩长范围分别是14.5~18.8m、15.2~19.2m。由此可见，没有达到工程设计要求的管桩占比约65.0%，其桩端持力层均未抵达设计要求的⑧层中砂，局部处于黏土层。

表1 PCP施工参数

桩径 (mm)	壁厚 (mm)	桩型	桩靴形式	持力层	承载力特征值 (kN)	成桩形式	落锤重量 (t)
600	130	AB型	十字型	⑧层中砂	2700	柴油锤锤击	8

现实中，土层密实度直接影响桩基承载力大小，而施工

后的土层密实度可能与前期勘察值有差别。为确保桩基施工安全，要着重分析施工时挤土效应对承载力的影响。协商后，决定重新测定施工桩长与设计桩长差异较大区域的密实度，检测深度15m。检测结果见表2。

表2 土层密实度检测对比表 (kPa)

	勘察期间 侧摩擦力	检测期间 侧摩擦力	勘察期间 侧阻力	检测期间 侧阻力
①层素填土	1	25	/	/
① ₁ 粉质粘土	45	35	/	/
②层细砂	40	55	/	/
③层状粉土	25	50	/	/
④层粉土	30	45	/	3900
⑤层中砂	35	50	3300	58500
⑥层粗砂	40	65	4500	6820

由表2可以观察到，桩基施工结束后，受土体挤密效应的持续作用，桩基侧阻和端阻数值均明显变大，进而造成单桩承载特征值增加。按照原位检测结果复算对桩基承载力，符合设计要求的占比高于95%。为了解决沉桩达不到设计标高的问题，可以采取如下措施：第一，对于承载力特征值是设计值80%~90%的桩基，通过扩增承台面积去促进沉桩过程，使承台下方挤密土分担部分荷载压力；承载力不足设计值80%的桩基通过现场补桩方式加以改善；对于同个承台上桩长相差偏大、桩端处于不同土层的工况，在两个承台之间布置拉梁，有助于增加基础部分的整体性。第二，现场施工中运用跳打策略。以增设缓冲垫的方式减少或规避桩头沉桩过程中的断桩问题，实时检查桩帽与桩的接触面的平整程度，达不到规范要求时要禁用。第三，因本项目地层以砂层为主，施工方要尽早汇报成桩控制情况，以贯入度为主，桩端管控为辅，建议把贯入度控制在25mm/阵上下。

3.2 钻孔灌注桩施工技术

近些年，钻孔灌注桩在国内很多地区建筑基础设计领域得到了广泛应用。这些工程基础设计时，基本上是顾及建筑物浅层地基无法承受建筑物上部施加的荷载、基础受力层地质构造复杂等问题。比如，在可承受建筑物上部荷载的基岩层上回填杂物层厚度超过6m，持力层以上的卵石层、流沙层、粘土层等承载力偏低，无法承受

建筑物上部荷载的作用。

针对以上工况选用适宜的钻机类型，包括潜水钻机（xy-2型、xy-2B型，xu-300 2A型、xu-600型），工程施工钻机2cy30B型。以上钻机设备能钻孔 $\Phi 300\text{mm}$ 、 $\Phi 400\text{mm}$ 、 $\Phi 500\text{mm}$ 、 $\Phi 600\text{mm}$ 、 $\Phi 700\text{mm}$ 。

3.2.1 持力层（泥岩或石英砂岩）上有回填物的地质条件

过去通常用材质是T110型硬质合金的钻具在这种地质条件下进行钻孔施工，当钻孔过程中遇到石英砂岩大块石，或者钻至持力层是中等石英砂岩处时，硬质合金很难继续钻进与取出岩芯，或能继续钻进与取出岩芯后钻具及合金出现了明显损耗，因而增加了施工成本。经大量的实践施工表明，用钢粒研磨钻进工艺能加速施工进度，节省成本，增加桩基孔壁的粗糙度，进而强化整个桩基的承载力。

3.2.2 待力层上方存在卵石层、泥夹卵石层的地质条件

上述的普通硬质合金钻头很难在这种层位上顺利钻孔，硬质钢粒辅助钻孔也很难处理现实问题。为此，一定要对钻具、钻头等专用工具进行加工处理。即在常规钻具的钻头圆周上加密硬质合金材料，然后再于钻具中可靠焊上4块螺旋式的硬质合金钢块，运用这种钻具进行钻孔作业时，应将水量控制在最小水量处。

另一种工法钻孔作业期间不灌注粘土，采用钻头周围加密硬质合金的特殊钻具进行，需要在钻具筒壁上钻出数个小孔，根据卵石尺寸大小，于钻具上编织钢丝绳，人为地使钢丝绳成网絮状，用以上钻具就能成功地打捞出孔内卵石，现场施工时钻孔内要有足够的进水量。在打通卵石层后，改用传统普通钻具开展钻取岩芯作业，顺利地完成任务。

3.3 水泥搅拌桩技术

3.3.1 岩石地基

岩石地基即地质层内石头层占比高于50%，其中硬岩占比更高的地基类型，将水泥搅拌桩用于岩石地基内，宗旨是加固与强化下部基础的承载力。钻孔是水泥搅拌桩施工的一个关键环节，岩石地基上钻孔难度较大，周期偏长。岩石地基内的水泥搅拌桩要有高固结度、强度

与稳定性，这是增进基础承载力的根本。另外，水泥搅拌桩本体生成的剩余应力和自重也有助于提高地基整体的承载力。但具体施工中，项目所在地天气、地形等因素会给水泥搅拌桩施工效果带来较大的影响，应从多个方面加强施工质量的管控。

3.3.2 软弱土地基

软弱土地基普遍有土质松散、地基承载力不足等特点，若不加处理直接在其上建造建筑物，那么后续就易出现沉降与位移等情况。水泥搅拌桩加固处理软弱土地基能显著增加基础的承载力与稳定性。既往很多工程实践证明，水泥搅拌桩在黏性土、粉土、淤泥等软质土层中表现出了较高的适用性。水泥搅拌桩处理软弱土地基时要格外注意如下几点问题：第一，根据土质特征与工程质量要求合理设计搅拌桩直径，保证其承载能力达到要求；第二，采用加筋土墙、挖深等方法预处理软弱土地基；第三，现场整个施工过程中要严加控制搅拌桩的抗拉性能，以确保成桩质量。

3.3.3 液态地基

液态地基即钻孔作业中，会遇到大量的水或泥浆涌出现象的地基。这类地基的固结性与稳定性均不足，其上建成的建筑物易出现沉降、位移等问题。在以上这种不良工况下，用水泥搅拌桩加固基础部分是可行办法。客观地讲，液态地基上水泥搅拌桩的施工操作难度较高，钻孔整个过程要严控钻孔速度及压力大小，力争将液态地基的流失或扩散量控制到最低。

4 结束语

总之，不同地质条件下的桩基承载特性会有很大差异，这就要求施工方在运用桩基施工技术前加强地质条件的勘察、分析，尽可能选择和实际地质条件相匹配的桩基施工技术，并有针对性地对完善施工技术与安全管理办法，不仅能显著增加桩基的承载力和稳定性，还能有效控制施工安全风险，为建筑行业健康长久发展保驾护航。

参考文献：

- [1] 苏怡霞. 不同地质条件下桥梁桩基设计选型及施工配合探讨[J]. 四川水泥, 2022, (12): 272-274+277.
- [2] 徐智慧. 不同洞室地质条件下的桥梁桩基处理技术[J]. 交通世界, 2021, (29): 109-110.