

岩土工程桩基施工与地基处理技术分析

文 / 彭辉峰 江西赣南地质矿产集团有限公司

摘要：在城市建设步伐逐渐加快的背景下，城市交通枢纽和高层建筑等工程项目对地基基础稳固性方面要求日益严格。桩基施工及地基处理，对岩土工程整体结构安全有重要保障作用，技术水平高低对工程质量影响较为显著。本文主要结合以往工程经验，分别阐述了桩基施工、地基处理的主要技术类型和施工工艺，并梳理了二者之间所存在的协同关系。同时，结合工程实例，对桩基施工、地基处理开展技术实践分析，仅供业内人士参考。

关键词：桩基施工；岩土工程；施工技术；地基处理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.013

引言

近几年，伴随岩土工程的逐渐增多，工程建设所处环境日益复杂多变，对桩基施工及其地基处理提出了更高的技术要求。为此，协同落实好桩基施工及地基处理各项技术工作，对规范化、高效化地完成岩土工程建设任务具有重要意义。

一、桩基施工技术类型与施工工艺

(一) 技术类型

根据桩体材料进行技术类型划分，主要包含木桩、钢桩、钢筋混凝土桩。钢筋混凝土类型灌注桩有较强适用性，被广泛应用于软土地基处理中，技术原理具体如下：成孔后，进行混凝土规范化浇筑，促进桩体形成，共同发挥桩周土侧向摩擦阻力作用和桩端土阻力承载作用^[1]。根据施工工艺来划分，主要包含成孔灌注桩和沉桩这两种类型的桩基施工技术。成孔灌注桩，主要是通过人工或机械成孔，进行混凝土规范灌注作业，在复杂地层条件下比较适用。沉桩技术，主要是借助外力作用，促使预制桩稳定沉入地基，对粉土及黏性土地质环境比较适用。

(二) 施工工艺

针对岩土工程实践中桩基施工技术工艺方面，如图1，选取钻孔灌注桩，阐述分析主要的施工工艺：第一，先将场地准备好。开工之前，将场地内杂草、碎石、废弃构件及其余障碍物等清理干净，为机械设备和施工操作创造安全、顺畅的环境。平地机、推土机配合完成场地分层平整处理工作，各层压实厚度不可超过200~300mm，借助20t振动式压路设备，将场地碾压密实，确保压实度超过95%。根据现场地形及施工排水需求，合理布置纵横向集水井和排水盲沟，要求盲沟深度达到400mm，宽度达到300mm，内部填充碎石滤料，对施工积水和雨水起到引导排出作用，以免场地积水会对地基整体的承载力造成不利影响。第二，对全站仪开展校验工作，保证仪器精度满足要求。结合设计图上面所标注关于桩位坐标详细信息，借助全站仪实时精准定位，桩位中心实际偏差不可超过50mm。在各桩位周边3~5m位置增

设护桩（4个），并用水泥砂浆予以固定，防止施工过程中破坏桩位标识。第三，在成孔环节，借助回旋钻机开展施工操作，选用优质的膨润土来做泥浆护壁，确保泥浆占比及黏度满足要求，以免孔壁发生坍塌情况。现场成孔期间，需要对孔深和孔径进行实时监测，要求直径误差限制在50mm范围内。根据设计要求，孔深最大超深不可超过300mm，确保桩体承载长度科学合理^[2]。第四，清孔验孔。待成孔后，需要借助换浆方法完成清孔处理，确保孔底部位沉渣厚度不会超过100mm。待通过验孔后，进行钢筋笼下放作业，随后，完成钢筋笼现场制作及精准安装作业。钢筋笼，主要通过焊接方式进行连接，要求主筋保护层厚度达到50mm，现场吊装过程中应当避免与周边孔壁发生碰撞情况。上述工序完成后，用导管方法，顺利完成混凝土连续浇筑作业，要求导管埋深达到2~6m，且混凝土达到180~220mm坍落度。结束浇筑后，要在7d内给予洒水养护。待28d后完成低应变测试即可。

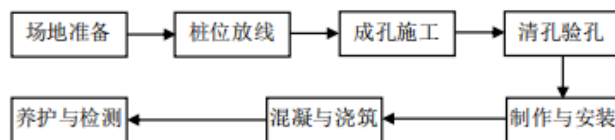


图1 桩基施工技术工艺示意图

二、地基处理技术类型与施工工艺

(一) 技术类型

地基处理主要技术类型，包含排水固结、换填和复合地基。排水固结，主要是通过设置塑料材质排水板或砂井等排水体，促使地基土内部的孔隙水能够快速排出，增强土体固结强度和密实度，比较适合应用于相对饱和的软弱黏土施工环境中。技术核心在于促进孔隙水的压力释放，达到压实土体，促使土体更具强度的目的^[3]。换填技术，主要是先挖除基底软土层，采用高强度灰土、砂石材料来进行换填，对地基整体承载力起到改善作用，对浅层部分软土地基有良好适用性，核心原理主要在于通过换填高强度材料，用于承担上部较大荷载。复合地基技术，主要是在地基内部布置CFG桩、水泥与土材

料组合的搅拌桩等增强体，促使桩体和地基土能够协同受力，达到增强承载力的目的。

（二）施工工艺

地基处理对岩土工程整体结构稳固性可以起到重要的保障作用。水泥土搅拌桩，主要是通过充分混合水泥浆和土体，促使高强度类型复合地基形成，比较适合在加固软土地基施工环境中应用。施工之前，需要先对地质勘察分析报告进行详细核对分析，充分了解土层分布现状，进而为后期设备参数优化调整提供资料参考。以水泥土搅拌桩施工技术为例，对地基处理主要技术工艺进行如下阐述分析：第一，确认搅拌桩机已经顺利就位。工人结合桩位放线时候所做标记，对桩基机身进行合理调整，校准机身整体的垂直度，将其偏差限制于1%范围，以免机身倾斜后，引发成桩倾斜，导致地基受力不均。还需借助全站仪对桩位进行二次复核，桩位中心实际偏差不可超过50mm。完成定位后，将桩机履带固定好，以免设备发生移位情况^[4]。第二，钻机启动，维持0.5~1.0m/min速度，促使搅拌轴沿着导向架逐渐下沉，以免速度过快情况下，对土体产生较大扰动，影响土体稳定性。在搅拌站内提前依照水灰比要求完成水泥浆的配制作业，严格把控搅拌时间，确保超过3min，促使水泥溶解完全，浆体不存在结块现象。在下沉时，钻杆同步完成水泥浆喷射操作。搅拌轴逐渐下沉到预设深度之后，进行反向旋转后顺势提升，调节喷浆压力为0.2~0.4MPa，且调整提升速度至0.8~1.2m/min，保持匀速提升，维持喷浆稳定性，促使水泥浆和土体能够混合充分，获取均匀性良好水泥土混合的搅拌体。第三，为确保提升桩体更具强度和均匀性，在桩顶下方3~5m区域需要实施二次搅拌作业，要求复搅深度达到桩长50%，连续喷浆，谨防断浆。待成桩后，自然养护达到28d。要求养护过程中，桩体上面不允许机械操作和堆放重物，以免桩体过早受力形成裂缝。待养护期结束后，处于无侧限条件下测定桩体的抗压强度，保证其抗压强度超过1.2MPa，符合承载设计要求。

三、分析桩基施工和地基处理的协同关系

对于岩土工程而言，桩基施工和地基处理并不是相对独立的两个环节，二者通过变形协调、荷载传递等，形成了协同体系，通过采用技术组合，达到提升工程效果的目的。那么，为了确保在开展岩土工程施工建设中，积极推进桩基施工及地基处理，就需要理清桩基施工和地基处理之间所存在的协同关系，便于根据工程实际，协同落实好桩基施工和地基处理各环节施工操作，具体分析阐述如下：

基于功能互补维度来分析，地基处理属于桩基施工的重要基础，为其提供有利的施工条件。处于软土地基

环境下，直接开展沉降施工操作，土体自身抗剪强度偏低，桩体位移风险高，且桩周土体容易隆起，对工程质量和安全造成影响。利用排水固结方法进行地基处理，比如，合理布置塑料材质的排水板，确保土体内部的孔隙比能够有所下降，降低整体的含水量。地基处理完成后，土体强度随之提高，桩基长度减少^[5]。某岩土工程中，通过开展水泥土搅拌桩技术操作后，桩基整体嵌入深度由25m减少到18m，促使施工成本降低。同时，桩基施工对地基处理可以起到增强效果的作用。在复合地基当中，桩基为增强体，它能够与地基土一同负责承担荷载。协同运用CFG桩及砂石垫层技术开展施工作业过程中，桩体负责承担80%左右上部荷载，而桩间土负责承担荷载为20%左右。那么，通过协同分担荷载，促使地基更具承载力。除此之外，桩基施工结束后形成桩体，对地基土可以起到变形约束作用^[6]。在岩土工程实践中，协同应用钻孔灌注桩及真空预压技术，地基总体沉降量由150mm明显下降到80mm，与设计要求相符。桩基施工及地基处理之间存在协同关系，往往还体现于施工作业时序匹配方面。针对风化岩不均匀地基，在先完成桩基施工之后，将风化岩层穿透，再换填处理桩顶下方的浅层土体，促使深桩及浅处理的一种复合体系形成，确保深层岩体不均匀强度问题得到解决，且实现对浅层土体起到变形约束与控制作用。

四、结合案例探讨岩土工程中桩基施工及地基处理的技术实践

（一）项目介绍

本岩土工程位于长期受河流冲积的典型平原地区，属于融合商业和办公功能的大型超高层类型建筑，主要为框架核心筒建筑结构。该建筑工程主要包含4层地下和38层地上，建筑面积总体约120000m²，使用年限拟定为50年。本建筑上部结构承受较大荷载，要求地基整体承载力达到≥300kPa，差异沉降不可超过20mm。结合现场勘察分析报告了解到，本工程所处地质环境相对复杂，土层分布有①素填土、②淤泥质黏土、③粉质黏土、④中砂、⑤强风化砂岩。由于所处地质环境比较复杂，所以，对桩基施工及其地基处理环节的技术要求相对较高。

（二）桩基施工及地基处理技术方案

考虑到本岩土工程处于深厚淤泥质黏土层中，地质环境极为复杂，结合现场勘查分析报告及场地实际情况，拟定包含钻孔灌注桩、水泥土搅拌桩、真空预压在内的技术方案^[7]。首先，对②层淤泥质的黏土层实施真空预压及其排水固结处理，确保预压期达到90d。然后，开展水泥土搅拌桩技术操作，要求桩体直径和桩长分别达到500mm、10m，调整间距为1.2m，促使复合地基形成。

最终，在核心筒和框架柱下方区域，开展钻孔灌注桩技术操作，要求桩体直径和桩长分别达到1200mm、30m，再嵌入1.5m⑤层的强风化砂岩即可。

(三) 桩基施工及地基处理效果分析

(1) 对地基性能起到改善作用：通过协同应用水泥土搅拌桩、真空预压、钻孔灌注桩各项技术，结合

表1所显示的地基处理实施前后各项性能指标数据可知，真空预压处理后，淤泥黏土承载力增加57%，含水率下降27%，为水泥土搅拌桩技术操作提供相对稳定的条件。待复合地基规范处理后，地基整体承载力与未处理时相比，提升约214%，与上部结构整体荷载要求相符。

表1 地基处理实施前后各项性能指标数据汇总

土层	处理方式	压缩模量 (MPa)	承载力特征值 (kPa)	孔隙比 (%)	天然含水率 (%)
②层淤泥质黏土	未处理	2.50	70	1.35	52
②层淤泥质黏土	真空预压后	4.20	110	0.98	38
②层淤泥质黏土	水泥土搅拌桩复合地基	8.50	220	-	-
⑤层强风化砂岩	钻孔灌注桩桩端	-	3 500	-	-

(2) 分析桩基整体承载性能：待钻孔灌注桩技术操作结束，选取30根桩开展静载试验，表2显示的是竖向部分抗压承载力主要特征数值和桩顶沉降之间关系数据。由表2可知，钻孔灌注桩单桩竖向承载力特征值平

均值为8 950 kN，远超设计要求的6 000 kN，桩顶沉降量均≤16 mm，表明桩体与桩端岩层结合紧密，侧摩阻力与端阻力发挥充分。

表2 桩基静载测试结果数据汇总

桩号	桩长 (m)	桩径 (mm)	对应沉降 (mm)	承载力极限 (kN)	特征值 (kN)
X1	30	1200	15.2	18 000	9 000
X2	30	1200	14.8	17 500	8 750
X3	30	1200	15.5	18 200	9 100
均值	-	-	15.1	17 900	8 950

(3) 沉降监测及其协同效果：项目竣工后，持续实施沉降监测，测点主要选取核心筒、建筑四角区域进行布置。东南角、东北角、西北角、西南角及核心筒区域累计沉降分别为55mm、52mm、57mm、56mm、45mm，差异沉降分别为8mm、8mm、5mm、4mm、4mm。通过本次监测后发现，建筑最小和最大沉降分别为45mm、57mm，差异沉降低于8mm，与设计限值要求相符。真空预压实施过后，软土部分固结沉降随之减少，水泥土搅拌桩对桩间土起到变形约束作用，钻孔灌注桩能够传递核心荷载至岩层内部，对整体沉降起到有效控制作用。

结语

综上，充分考虑到桩基施工及地基处理均属于岩土工程的重要施工环节，为了确保工程建设顺利完成，不仅要充分了解桩基施工及地基处理主要的技术类型，把握施工工艺，还应该理清二者之间协同关系，结合项目具体情况，协同推进桩基施工及地基处理各项技术操作，获取理想的施工效果，为岩土工程更进一步的建设发展奠定基础。

参考文献

[1] 李旭鹏. 岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023(1): 140-143.

[2] 沈同艺. 地质工程施工中的岩土勘察及地基处理技术探讨[J]. 新潮电子, 2024(7): 157-159.

[3] 袁名骏. 岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理[J]. 中国地名, 2023(6): 0118-0120.

[4] 郭鹏霄. 浅谈建筑工程地基处理技术应用[J]. 工程与管理科学, 2021, 2(6): 59-61.

[5] 范京宪. 岩土工程中地基与桩基础处理技术[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023(5): 73-76.

[6] 王静. 岩土桩基础施工中的地基基础检测优化策略研究[J]. 风景名胜, 2021(8): 0218-0218.

[7] 郭静静, 孟月. 岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理[J]. 工程施工新技术, 2024, 3(13): 1-3.