

建筑施工中的软土地基处理技术

姜殿东

浙江城建建设集团有限公司 浙江杭州 310007

【摘要】软土地基具有含水量高、孔隙率大、易变形等特点，软土地基处理已成为工程建设中的研究的热点。软土地基在施工扰动下极易产生不均匀沉降与变形，不仅不利于工程施工与结构稳定，还可能导致结构失稳、倾斜等病害。现代建筑工程对软土地基的要求很高，如果处理不好，很容易发生安全事故，因此相关施工单位应加强软土地基的加固处理，提高其力学性能，保证建筑物安全稳定。

【关键词】建筑工程；软土地基；加固技术

1 软基处理的加固类型及原理

根据软土固结理论可知，土体的孔压与土体的变形密切相关，而孔压又受渗透系数、容重、孔隙比等物理力学性质的影响，这些因素的改变将引起孔压变化，从而对地基土造成不同程度的破坏。本文将软土地基加固方法分为两类：

第一，通过对软土地基软粘土的物理、力学性质进行直接优化，提升软土承载力及变形能力，达到地基加固的目的。这种加固类型主要有两种途径，一种是化学加固法，另一种是物理加固法。目前，化学加固法多采用外加剂（如氧化石墨烯、水泥、沙子等）进行软基处理，其核心思想是向已有软土中掺入加筋材料，将加筋材料与加筋材料进行复合，形成一种高效的加筋体系，从而改善其物理、力学性能。化学加固的方法还可以将软弱层改造成稳定的可利用的地基土。物理加固法是通过强化软粘土的物理力学性质（孔隙率、含水量等）改变孔隙水压力，提高软土地基的抗变形能力，当前常用的物理加固方法有真空预压、置换法等。

第二，通过对软土地基采用外部干预的方法改善其性能，比如局部加筋、置换法。外部干预的方法可以使加固区和软土区成为一个整体，其中软土原位加固技术是一种新型的软基处理方法，它采用土工织物作加筋材料，在土体中施加一定的拉伸力，从而达到加固土体的目的。目前常用的外部干预加固方法有桩复合地基法、强夯法和局部钢筋混凝土法等。其核心思想是利用外力或桩等加筋方式，对软弱地基中的某一特定部位实施加

固，在软土间及软土一加筋间的相互作用及挤压作用喜爱使软土孔隙度降低^[1]。

2 常见软土地基处理技术

2.1 排水固结法

排水固结法是处理含水量较高的软土层的重要方法，多应用于排水性较好的区域。其基本原理是在软土地基及其附近布设竖向的排水井或排水带，使得软土层中孔隙内的水得以通过排水井或排水带排出到地基以外的区域，待水分慢慢排出后，软土层内的土质含水量下降，地基会固结变形，相应的地基强度与承载力得以提升。排水固结法更多地应用在天然软土层处理中，由于软土层的土质疏松、饱和含水量高，利用孔隙水的加速排出可以提高软土地基的固结效率，从而避免未经处理的软土层因上部高强度的荷载而出现下沉。同时，土层孔隙内水分的加速排出可以切实提高软土地基的抗剪强度，增强软土地基的实际承载力，提高岩土工程软土地基的稳固性。当前，常用的排水固结法包括堆载预压法、真空预压法、降水预压法、电渗排水法等。以堆载预压法为例，其是通过在软土地基及其附近布置竖向排水井，并在现场堆放大量的填土石，进一步加速软土地基的水分排出，提前促使软土地基完成下沉沉降，有效缓解地基上层建筑的高荷载对软土地基的变形或塌陷影响^[2]。

2.2 加筋法

加筋法是对软土层进行加固的重要方法，通过向软土层中添加碎石桩、树根桩或者土工聚合物等加筋体，提高

岩土工程软土地基的抗剪强度、抗压能力以及实际承载力，有效控制地基沉降现象。根据加筋体的不同，加筋法包括土工混合物加固法、碎石桩加固法、土层锚杆法等。以碎石桩加固法为例，其实施流程为，首先对软土层所在区域进行集中打孔，将碎石桩填充到相应的孔洞中，通过填充与压实提高软土层的密实度、抗剪强度与抗压能力，从而有效防止其在上层高荷载条件下出现变形现象。加筋土法也是当前软土地基处理的常见加筋法，通过在软土层中填埋拉筋，利用拉筋与土层之间良好的密实性形成一定摩擦阻力，实现拉筋与岩土体的整体化构成，再依托拉筋较好的抗拉能力提高拉筋与岩土体这一整体地基的稳定性与抗压性。

2.3 强夯处理技术

强夯处理技术适用于含水量较高的黏性土、湿性黄土软土地基处理，其技术原理为利用重锤在瞬时内对土层产生巨大冲击力，在冲击力的作用下土层内部压力明显增加，所产生的冲击波会压缩土体的孔隙，排除土层孔隙内的水与空气，使土层迅速固结，采用强夯处理技术可以达到良好的软土地基加固效果，大幅度降低软土地基的压缩量。强夯处理技术对于机械设备性能有着较高的要求，所选择的履带式起重机应当行走方便、性能优良、稳定性较强，高度以10~14m为宜。因履带式起重机在运行时夯锤与落击点之间距离较大，受到反作用力的影响可能会导致臂杆回弹，为避免该现象的发生，需要在履带式起重机上增设安全防护措施，如增加钢管支撑桅杆。在选择夯锤时，需要根据土质确定夯锤的底面积与直径，通常情况下夯锤直径为2m，底面积为3~4m²，且夯锤上要设置多个直径适宜的气孔，以减小夯锤下落时的空气阻力。强夯处理技术应用前需要结合实际施工条件及要求确定好强夯处理的范围，通常情况下，强夯处理范围要略大于软土地基处理范围，一般为设计深度的1/2~2/3。强夯处理施工中，为避免侧面隆起，夯点之间的距离一般较大，因此，需要采用分遍夯实方法，在夯击点之间设置适宜数量的夯击点，首次强夯处理采用高能量、大间距的方法以夯实深层土层，再逐个夯击夯点。夯击点之间的距离为5~9m，第一遍夯击时选择大间距，随后缩小间距^[3]。

2.4 搅拌桩法

在建筑施工中的应用搅拌桩法是指利用深层搅拌机械将固化剂与软土地基内的软弱土层拌和均匀，使软弱土层固结后达到设计强度的软土地基处理方法。该技术方法适用于淤泥、砂土、泥炭土等地基处理，具有施工效率高、机械设备操作便捷、方法简单等优势。处理后形成的复合地基沉降量明显降低，承载力显著提升，可以满足建筑施工要求。深层水泥搅拌桩施工前需要对施工场地进行处理，清除待处理范围内的淤泥、杂物，若场地承载力不足需要对其进行加固处理，确保施工场地可以满足50t及以上机械设备行走与运行要求。同时准备好施工所需的机械设备，利用塔吊完成搅拌机械的吊运及安装，连接好管线并测试机械设备性能，调试机械设备参数使其满足实际施工需求。完成准备工作后进行成桩试验，严格按照成桩试验中的配合比搅拌材料，防止材料离析。在实际施工中，将水泥浆液倒入集料斗内，集料斗中要设置过滤装置，防止块状物损坏机械设备。在喷浆搅拌时采用边喷浆、边提升的作业方法，提升速度控制在0.5~0.8m/min。当钻头提升至距离水泥浆液表面1m时放慢提升速度，喷浆口即将出浆液表面时停止提升并以一定的速度搅拌水泥砂浆，使上层水泥砂浆混合均匀。

3 软基加固方案实践应用

某工程占地面积共计约7000m²，场地拟建两栋车间与两栋仓库，本工程对车间地坪软土地基进行加固。

3.1 土工格室换填垫层软基加固工艺方案

部分加固范围内设置的工程桩分布较密集，地坪面积较小，因此采用土工格室换填垫层工艺对浅层软土地基进行加固。土工格室换填垫层处理工艺：承台基础施工完成→坑底土层碾压→铺设第一层格室→填充格室碾压→600mm回填碾压→铺设第二层格室→填充格室碾压。

单片土工格室示意图1。土工格室设计参数：（1）土工格室型号TGGS-200-400，格室高度150mm，格室片厚1mm，抗拉强度≥150MPa，延伸率≤15%，格室伸长宽度6300mm，格室伸长长度4100mm，格室焊点数14；（2）格室四周用Φ14的U型钢筋连接锚固，间距700mm，中间用Φ8的F型钢筋锚固，间距1000mm^[4]。

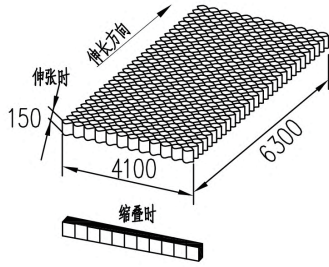


图1 单片土工格室示意

3.2 旋喷桩复合软基加固工艺方案

旋喷桩复合地基处理工艺：回填土层整平碾压→旋喷桩→褥垫层→土工格栅→褥垫层。旋喷桩设计参数：

- (1) 旋喷桩桩径 $D=800\text{mm}$ ，有效桩长 $L=6.0\text{m}$ ，正方形布置，间距 $1.6\text{m}\times 1.6\text{m}$ ；
- (2) 旋喷桩采用双重管施工工艺，水泥掺量不小于25%，水泥浆液水灰比为0.9，桩体28d无侧限抗压强度不小于 2.0MPa ；
- (3) 单桩承载力特征值不小于 250kN 。旋喷桩布置大样见图2。

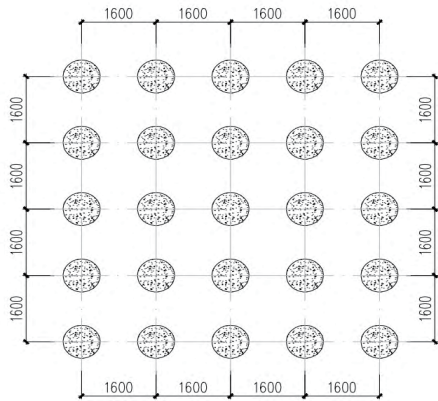


图2 旋喷桩布置大样(单位: mm)

土工格栅设计参数：(1) 土工格栅为双向土工格栅；

- (2) 土工格栅设置在褥垫层的中部；
- (3) 加筋线密度控制在25%~35%，垫层及土工格栅的边缘超出最外排桩中心线不小于 1.1m 且土工格栅端部须锚固固定。土工格栅搭接示意见图3。

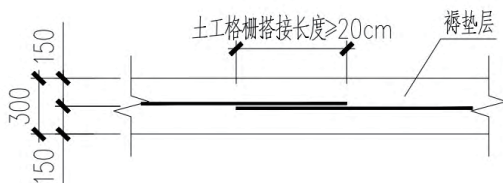


图3 土工格栅搭接示意(单位: cm)

3.3 旋喷桩施工要求

- (1) 双重管旋喷法施工工序为：机具就位→贯入喷射管→试喷浆→旋喷注浆→拔管及冲洗等；
- (2) 双重管法旋喷桩建议施工工艺如下：压力控制，气压不小于 0.7MPa ，水泥浆液压力宜大于 25MPa ；
- (3) 旋喷桩旋喷提升速度 $15\text{cm}\sim 20\text{cm}/\text{min}$ ，水泥浆液流量大于 $30\text{L}/\text{min}$ 。当喷射管置入钻孔，喷射嘴达到设计标高即可喷射注浆，喷射注浆参数达到规定值后，提升喷射管，由下而上旋转喷射注浆，提升旋转速度 $10\sim 15\text{r}/\text{min}$ 。喷射管分段提升的搭接长度不得小于 100mm ；
- (4) 水泥采用P.042.5级普通硅酸盐水泥，要求新鲜无结块，其性能必须符合《通用硅酸盐水泥》(GB175-2007)的规定。

4 结语

总之，软土地基不仅影响工程稳定性，而且可能产生不均匀沉降。相关施工单位为了提高建筑基础的稳定性，应明确各类软基加固技术施工的要点，加强施工过程管控，提高基础处理效果，最终建设高品质的建筑工程。

参考文献：

- [1] 王栋卿. 建筑垃圾散体材料桩在软土路基处理中的应用[J]. 交通世界, 2023, (15): 58-60.
- [2] 张淑桦, 甘远. BIM技术在住宅建筑工程中的地基技术实践[J]. 居舍, 2023, (15): 55-58.
- [3] 周刚, 张丹. 软基处理施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (14): 87-89.
- [4] 马志远. 市政道路工程软土地基沉降加固技术[J]. 工程机械与维修, 2023, (03): 217-219.