

建筑工程地基处理技术研究

赵云龙

江苏精勤德项目管理咨询有限公司 江苏省昆山市 215300

摘要: 地基处理是建筑工程中的关键环节,直接影响建筑物的安全性、稳定性和耐久性。本文系统研究了当前主流的地基处理技术,分析其适用条件、施工原理及优缺点,并针对特殊地质条件探讨相应处理方案。结合工程实例阐述常见问题、质量控制措施、环保节能要求,展望未来发展趋势,为工程实践提供理论与技术支持。

关键词: 地基处理; 加固技术; 沉降控制; 土质改良; 工程应用

引言

在建筑工程领域,地基是建筑物安全、稳定与长久使用的关键。随着城市化快速发展,高层住宅、商业综合体、桥梁等建筑数量剧增,对地基承载能力和稳定性要求愈发严苛。在实际工程中,地基处理技术选择不当或施工质量欠佳,会致使建筑物沉降、开裂,威胁建筑安全,像软土地基处理不当影响使用,湿陷性黄土地基遇水破坏结构^[1]。因此,系统研究地基处理技术意义重大,既可为工程实践提供理论与优化方案,助力技术人员选对处理方法,保障建筑安全,又能降低事故风险、节约成本,推动建筑行业可持续发展。

1 地基处理技术概述

1.1 地基处理的基本概念与目标

地基处理是通过各种技术手段改善地基土的工程性质,提高地基的承载能力、稳定性,减少沉降和不均匀沉降,满足建筑物对地基的要求。其主要目标包括提高地基土强度,使其能承受建筑物荷载;降低地基压缩性,控制建筑物沉降;改善地基土透水性,防止渗漏和管涌;增强地基土抗液化能力,抵御地震等自然灾害。

1.2 地基处理技术分类

地基处理技术根据作用原理可分为物理方法、化学方法和机械方法。物理方法如换填法、预压法,通过改变地基土物理性质达到处理目的;化学方法如注浆、深层搅拌桩技术,利用化学反应改善地基土性质;机械方法如强夯法,借助机械设备对地基土进行压实、夯实操作。

1.3 技术选择的影响因素

技术选择受多种因素制约。土质是关键因素,不同土

质特性决定适用技术,如软土适合排水固结法,湿陷性黄土需消除湿陷性的技术。荷载大小和性质影响技术选择,大型建筑荷载大,需采用承载能力强的技术^[2]。施工环境包括场地空间、周边建筑等,狭窄场地会限制大型设备使用,影响强夯法等的应用。成本也是重要考量因素,在满足工程要求的前提下,应选择经济合理的技术。

2 常见地基处理技术及原理

2.1 换填法: 适用条件、施工流程与案例

换填法适用于浅层软弱地基及不均匀地基处理,当软弱土层厚度较薄(一般小于3m)时较为经济有效。施工时先确定换填范围和深度,挖除软弱土层,换填强度高、压缩性低的材料,如砂、碎石、灰土等,再分层压实至设计密实度。

以某商业建筑为例,场地浅层存在1.8m厚的淤泥质土,地基承载力仅60kPa。采用换填法,换填级配良好的砂石。施工完成后检测,地基承载力提升到180kPa,压缩模量从3MPa提高到8MPa,满足设计要求。换填前后地基参数变化如表1所示。

2.2 强夯法: 原理、设备要求及效果分析

强夯法利用重锤从高处自由落下产生的强大冲击能,夯实地基土,使其密实,提高地基承载力,降低压缩性。强夯设备主要有起重机和夯锤,夯锤重量一般为8-40t,落距通常在6-30m之间。

某工业场地为杂填土,采用强夯法处理,夯击能为3000kN·m,夯点间距5m。处理后,地基承载力显著提高,压缩模量增大。检测数据显示,地基承载力由原来的80kPa提高到200kPa,压缩模量由5MPa提高到12MPa,湿陷系数

表 1: 换填法处理某商业建筑地基前后参数对比表

处理方式	处理前地基承载力 (kPa)	处理后地基承载力 (kPa)	处理前压缩模量 (MPa)	处理后压缩模量 (MPa)	处理前孔隙比	处理后孔隙比
换填法	60	180	3	8	1.2	0.8

表 2: 强夯法处理某工业场房地基前后参数对比表

处理方式	处理前地基承载力 (kPa)	处理后地基承载力 (kPa)	处理前压缩模量 (MPa)	处理后压缩模量 (MPa)	处理前湿陷系数	处理后湿陷系数
强夯法	80	200	5	12	0.06	0.01

从 0.06 降低到 0.01 (若处理湿陷性黄土)。强夯处理前后地基参数对比如表 2 所示。2.3 预压法: 堆载预压与真空预压对比

预压法分为堆载预压和真空预压。堆载预压通过在地基上施加荷载, 使地基土排水固结, 提高强度; 真空预压通过抽真空在地基中形成负压, 加速地基土排水固结^[3]。

堆载预压适用于软土地基, 需要足够的堆载材料, 加载时间较长; 真空预压适用于透水性较差的软黏土, 施工速度相对较快, 且不需要大量堆载材料。以沿海城市的围海造陆工程为例, 部分区域采用堆载预压, 加载 6 个月, 地基沉降量达到 80cm, 孔隙比从 1.3 降低到 1.0; 部分区域采用真空预压, 抽真空 4 个月, 地基沉降量达到 70cm, 孔隙比从 1.35 降低到 1.05。两者处理效果对比如表 3 所示。

2.4 桩基技术: CFG 桩、碎石桩等复合地基应用

表 3: 堆载预压与真空预压处理沿海城市围海造陆工程部分区域效果对比表

处理方式	加载时间	地基沉降量 (cm)	处理前孔隙比	处理后孔隙比	处理前含水量 (%)	处理后含水量 (%)
堆载预压	6 个月	80	1.3	1.0	45	35
真空预压	4 个月	70	1.35	1.05	48	38

表 4: CFG 桩与碎石桩在不同项目中的应用效果对比表

桩型	项目	处理前地基承载力 (kPa)	处理后地基承载力 (kPa)	复合地基沉降量 (mm)	处理前压缩模量 (MPa)	处理后压缩模量 (MPa)
CFG 桩	某高层住宅	120	300	20	8	15
碎石桩	某工业厂房	100	180	30	6	10

2.5 化学加固法: 注浆、深层搅拌桩技术化学加固法中的注浆技术将浆液注入地基土中, 填充土体孔隙, 通过化学反应提高土体强度和防渗性能。深层搅拌桩技术利用搅拌机械将水泥浆或其他固化剂与地基土强制搅拌, 使土体与固化剂发生化学反应, 形成具有整体性、水稳性和一定强度的桩体。

地铁隧道工程, 为防止隧道周边土体渗漏和坍塌, 采用注浆加固, 注浆材料为水泥 - 水玻璃双液浆, 注浆压力

桩基技术中, CFG 桩 (水泥粉煤灰碎石桩) 和碎石桩是常用的复合地基处理方法。CFG 桩由水泥、粉煤灰、碎石等混合料加水拌和形成高粘结强度桩, 与桩间土和褥垫层共同形成复合地基, 提高地基承载力。碎石桩通过振动、冲击等方法在地基中成孔, 填入碎石等材料, 增强地基的排水性能和承载能力。

在某高层住宅项目中, 采用 CFG 桩复合地基, 桩径 400mm, 桩长 12m, 桩间距 1.5m。经检测, 复合地基承载力达到 300kPa, 沉降量控制在 20mm 以内。在某工业厂房项目中, 采用碎石桩处理地基, 桩径 500mm, 桩长 8m, 桩间距 1.2m, 处理后地基承载力提高了 80%, 压缩模量从 6MPa 提高到 10MPa。CFG 桩和碎石桩应用效果对比如表 4 所示:

2MPa。加固后, 土体渗透系数由原来的 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 降低到 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, 无侧限抗压强度从 500kPa 提高到 1200kPa。在某污水处理厂工程中, 采用深层搅拌桩加固软土地基, 桩径 500mm, 桩长 10m, 桩间距 1.0m。处理后, 地基承载力提高了 150%, 压缩模量从 4MPa 提高到 10MPa。注浆和深层搅拌桩处理效果对比如表 5 所示:

表 5: 注浆与深层搅拌桩处理不同工程地基效果对比表

处理方式	项目	处理前指标	处理后指标	处理前无侧限抗压强度 (kPa)	处理后无侧限抗压强度 (kPa)	处理前压缩模量 (MPa)	处理后压缩模量 (MPa)
注浆	土体渗透系数 (cm/s)	1×10^{-4}	1×10^{-6}	500	1200	-	-
深层搅拌桩	地基承载力提高比例	-	150%	-	-	4	10

3 特殊地质条件下的地基处理 3.1 软土地基处理

软土地基具有含水量高、压缩性大、强度低等特点,排水固结法是常用的处理方式。其原理是在地基中设置竖向排水体,如砂井或塑料排水板,再施加预压荷载,使地基土中的水分通过排水体排出,加速土体固结,提高地基强度,有效减少建筑物沉降。

3.2 湿陷性黄土地基处理

湿陷性黄土地基在天然状态下有一定强度,但遇水浸湿后结构迅速破坏,产生湿陷变形。强夯法配合防水措施是主要处理手段。强夯通过强大的夯击能使土体密实,消除湿陷性;同时,设置截水沟、做好建筑物防水等措施,避免地基浸水,保证处理效果^[4]。

3.3 岩溶地区地基处理

岩溶地区存在溶洞、溶沟等复杂地质现象,处理时通常采用注浆充填和桩基相结合的方法。注浆充填用于填充溶洞、溶沟等空洞,增强地基整体性;桩基则穿透岩溶层,将建筑物荷载传递到稳定的基岩上,确保地基的承载能力和稳定性。

3.4 高填方地基处理

高填方地基在填筑过程中易出现不均匀沉降问题,分层碾压和监测是关键处理措施。分层碾压时严格控制每层填土厚度和压实度,使地基压实均匀;施工过程中利用专业监测设备对沉降、位移等进行实时监测,依据监测数据及时调整施工参数,有效预防不均匀沉降,保障高填方地基的稳定性。

4 地基处理技术的关键问题与质量控制

4.1 施工中的常见问题

在地基处理施工过程中,沉降不均常见问题之一。这可能是由于处理技术选择不当、施工质量不达标或地基土性质差异较大等原因导致的。例如,在采用换填法时,如果换填材料压实不均匀,就会造成地基不同部位沉降不一致;在桩基施工中,桩身质量问题或桩间距不合理也会引发沉降不均。渗漏问题则多发生在采用化学加固法或处理有地下水的地基时,如注浆不密实、深层搅拌桩搭接不良等都可能导致渗漏,影响地基的稳定性和防渗性能。

4.2 质量控制标准与检测方法

质量控制标准是确保地基处理质量的关键。不同的地基处理技术有相应的质量控制指标,如换填法的压实度、强夯

法的夯击次数和夯沉量、桩基的承载力等。检测方法主要有静载试验、雷达检测、动力触探等。静载试验可直接测定地基的承载力和变形特性,是检验地基处理效果的重要方法;雷达检测能检测地基内部的结构和缺陷,如空洞、疏松区域等;动力触探则可判断地基土的密实程度和均匀性,为评估地基质量提供依据。

4.3 环保与节能要求

随着环保意识的增强,地基处理施工也应注重环保与节能。在施工过程中,应尽量减少噪音、粉尘等污染,如采用低噪音的施工设备、设置防尘网等措施,降低对周边环境和居民的影响^[5]。推广绿色施工技术,如利用废弃材料作为换填材料,既降低工程成本,又实现资源的循环利用;采用节能型的施工机械,减少能源消耗,促进建筑行业的可持续发展。

5 工程案例

5.1 高层建筑软土地基处理实例

在一个高层建筑位于沿海软土地区,场地软土层厚度达10m。为满足建筑物对地基承载力和沉降的要求,采用了真空预压联合碎石桩的处理方法。首先施工碎石桩,桩径500mm,桩长8m,桩间距1.2m,形成排水通道。然后进行真空预压,抽真空时间为5个月,真空度保持在80kPa以上。处理后,经检测,复合地基承载力达到250kPa,建筑物沉降量控制在允许范围内,满足了设计要求。在施工过程中,通过监测地基沉降、孔隙水压力等参数,及时调整施工进度和真空度,确保了处理效果。

5.2 桥梁工程中桩基技术的应用

在一个大型桥梁工程,跨越河流,地质条件复杂,下部存在软弱土层和岩石层。为保证桥梁的稳定性,采用了钻孔灌注桩基础。桩径1.2m,桩长根据不同位置的地质情况确定,最长桩长达到50m。在施工过程中,严格控制泥浆比重、钢筋笼下放深度等关键参数。成桩后,通过静载试验检测,桩基承载力均满足设计要求,桥梁建成后安全运营。在桥梁运营期间,持续对桩基沉降进行监测,监测数据显示桩基沉降稳定,满足设计标准。

5.3 失败案例反思与技术改进建议

在一个住宅小区在建设过程中,采用强夯法处理地基。由于施工单位对夯击参数控制不当,夯击能不足,导致地基处理后承载力未达到设计要求,建筑物出现不均匀沉降。对

此,应加强施工过程中的质量控制,严格按照设计要求控制夯击参数;在施工前应进行现场试夯,根据试夯结果确定合理的施工参数;增加检测频率,及时发现问题并进行整改,避免类似问题再次发生。在设计阶段应充分考虑地质条件的复杂性,优化地基处理方案,提高工程的可靠性。

6 结论与展望

6.1 总结

地基处理技术种类繁多,各有适用条件和优缺点。当前,地基处理技术不断发展,新方法、新材料不断涌现,但实际应用中仍需综合考虑地质条件、工程要求和经济成本等因素,合理选择和优化处理方案。

6.2 未来趋势

未来,地基处理技术将向智能化监测方向发展,借助传感器、物联网技术实时监测地基变形、应力等参数,及时发现问题。新型材料如高性能固化剂、环保型土工合成材料等将得到更广泛应用,提升处理效果和环保性能。

6.3 优化建议

随着地基处理技术的发展,行业标准和施工规范应及时更新完善。进一步细化质量控制标准和检测方法,加强施工过程监管,提高施工人员技术水平和质量意识,保障地基处理工程质量。

参考文献:

- [1] 李洲.高层建筑岩土工程勘察中的地基处理技术[J].石材,2025,(03):64-66+69.
- [2] 王骥,向阳,雷增威.分析建筑工程中地质岩土勘察与地基的处理技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(03):162-164.
- [3] 吴壹帆.旋喷桩加固施工技术在房建工程中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(02):130-132.
- [4] 邬世强.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(18):108-110.
- [5] 杨海斌.房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理对策[J].建材发展导向,2024,22(09):88-90.