

新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工中的应用与实践

贾亚楠

山东众联恒信工程集团有限公司 山东 济南 250000

摘要：本论文围绕新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工中的应用与实践展开研究。详细阐述其在应对高层建筑高荷载、复杂地质条件下的背景与价值，深入剖析当前各类技术的应用现状，结合实际工程案例，从施工全流程提出精准规划、过程把控、后期评估等实践策略。针对技术创新、质量管控、标准滞后等挑战提出解决方案，并展望与智能化技术融合、新材料应用及行业规范化的发展前景，旨在为高层建筑地基施工提供科学指导，推动地基处理技术创新发展，保障高层建筑工程质量与安全。

关键词：新型复合地基处理技术；高层建筑；地基施工；技术创新；质量管控

引言：随着城市化加速，土地资源日趋紧张，高层建筑因高效利用空间成为城市建设主力。近十年，我国百米以上超高层建筑以年均15%的速度增长，部分一线城市更是建成600米地标建筑。然而，高层建筑荷载大、结构复杂，对地基要求严苛，30%以上的建筑事故源于地基问题，传统处理技术在复杂地质条件下难以满足需求。新型复合地基处理技术凭借协同土体与增强体优势，能有效提升承载力、控制沉降，但在实际应用中面临技术选型、质量把控等难题。深入探究其应用实践，对保障建筑安全、推动行业革新意义重大。

1 新型复合地基处理技术应用于高层建筑地基施工的背景与价值

1.1 行业发展需求

城市化进程的加快使得城市土地资源愈发紧张，高层建筑成为缓解用地压力的必然选择。以我国上海为例，陆家嘴金融区聚集了超过50栋200米以上的摩天大楼，其中上海中心大厦高度达632米，总荷载超过100万吨。此类超高层建筑对地基承载力要求极高，传统地基处理技术已难以满足其稳定性与变形控制需求。我国地域辽阔，地质条件复杂多变。在长江三角洲、珠江三角洲等地区，广泛分布着深厚软土地基，土体压缩性高、强度低，常规处理方法易导致建筑物沉降过大甚至倾斜；在西北黄土高原地区，湿陷性黄土遇水后承载能力急剧下降，威胁建筑安全；而在西南岩溶地区，溶洞、土洞发育，地基处理难度极大。据《中国建筑地基基础现状报告》显示，我国约60%的高层建筑建设区域存在不良地质条件，传统地基处理技术在处理这些复杂地质时，处理深度有限、效果难以保证，亟需新型复合地基

处理技术解决工程难题。

1.2 技术核心价值

新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工中展现出显著的技术优势。以CFG桩复合地基为例，在某30层住宅项目中，采用CFG桩处理软土地基后，地基承载力由原80kPa提升至280kPa，提高近3.5倍，有效满足了建筑荷载需求^[1]。通过合理设计桩长、桩径与桩间距，可精准控制地基沉降变形。在深圳某超高层写字楼项目中，应用高压旋喷桩复合地基技术，将建筑物最终沉降量控制在25mm以内，远低于设计允许的50mm限值，保证了建筑垂直度与结构安全。抗震性能方面，复合地基中增强体与土体协同工作，可有效分散地震力。在抗震设防烈度8度的西安某高层建筑中，采用夯实水泥土桩复合地基处理后，经地震模拟测试，建筑物在地震作用下的位移响应减少40%，结构损伤程度显著降低。此外，相比传统桩基，新型复合地基处理技术可减少30%~50%的混凝土用量，降低工程造价，同时施工周期缩短15%~20%，为建设单位带来显著经济效益。

2 新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工的应用现状

2.1 技术应用类型

当前应用于高层建筑地基施工的新型复合地基处理技术呈现多元化发展态势，其中水泥粉煤灰碎石桩（CFG桩）、高压旋喷桩、夯实水泥土桩凭借显著优势脱颖而出。（1）CFG桩技术以长螺旋钻机成孔，通过管内泵压将碎石、石屑、粉煤灰与水泥的混合料注入孔内成桩，形成高粘结强度的桩体结构。这种技术通过调整材料配比与施工参数，可灵活控制桩体强度，其C15~C25

的强度范围适用于黏性土、粉土、砂土等多种地基类型。在南京某高层住宅群项目中,采用CFG桩处理深厚软土地基,配合合理的桩间距布置,使地基承载力提升2.8倍,施工效率较传统桩基提升40%,同时造价降低25%,因而在住宅建筑领域应用广泛。(2)高压旋喷桩技术利用20~30MPa的高压喷射流,将水泥浆液与土体强制搅拌混合,形成圆柱形加固体。该技术通过调节喷射压力、提升速度、浆液水灰比等参数,可精确控制桩体直径(0.6~2.0米)与强度(1~20MPa)。在我国上海某超高层写字楼建设中,针对深厚淤泥质土地基,采用高压旋喷桩复合地基处理,通过分层喷射加固,将建筑物沉降量控制在18mm以内,满足了商业建筑对地基变形的严苛要求,常用于对地基稳定性要求极高的公共设施与商业综合体。(3)夯实水泥土桩技术将水泥与土按一定比例混合后,通过机械夯实成桩,具有就地取材、施工污染小的环保优势。该技术适用于处理地下水位以上的素填土、粉土等地基,在西安某文化场馆建设中,针对湿陷性黄土地基,采用夯实水泥土桩结合灰土垫层的处理方案,有效消除地基湿陷性,同时降低工程造价30%,在西北黄土地区的高层建筑地基处理中展现出独特价值。

2.2 实际应用案例

(1)在北方地区某金融中心项目中,该建筑地上50层,高度220米,地基为深厚软黏土层。采用CFG桩复合地基处理技术,设计桩径400mm,桩长18m,桩间距1.6m×1.6m,桩体强度C20。施工中采用长螺旋钻机成孔、管内泵压混合料工艺,避免了塌孔问题。静载试验显示,复合地基承载力特征值达350kPa,满足设计要求,建筑物竣工后沉降稳定,最大沉降量仅32mm。

(2)在我国杭州某超高层酒店项目中,地基存在深厚淤泥层,采用高压旋喷桩复合地基处理。通过调整喷射压力25MPa、提升速度15cm/min、浆液水灰比1:1,形成直径800mm的桩体,桩长20m,桩间距1.8m×1.8m。施工后检测表明,地基承载力提高2.5倍,建筑物沉降均匀,有效控制在设计允许范围内。然而应用过程中也暴露出诸多问题。部分项目因地质勘察不细致,导致技术选型失误^[2]。如某项目误判土层分布,采用的CFG桩未穿透软弱下卧层,造成建筑物不均匀沉降;部分施工单位存在偷工减料现象,如减少水泥用量导致桩体强度不足,或未按规范控制桩位偏差,影响复合地基整体性能。

3 新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工的实践策略

3.1 施工前期规划

施工前期的精准规划是确保地基处理成功的关键。

(1)地质勘察需采用钻探、静力触探、标准贯入试验等多种手段,获取详细的土层物理力学参数、地下水情况及不良地质分布。对于复杂地质区域,应加密勘察点,采用物探技术辅助探测,如在岩溶地区利用地质雷达探测溶洞位置与规模。(2)技术选型需综合考虑地质条件、建筑荷载、工程造价等因素。对于软土地基且对沉降控制严格的高层建筑,可优先选用高压旋喷桩或CFG桩;在黄土地区,夯实水泥土桩结合灰土垫层可有效消除湿陷性;对于砂土地基,振冲碎石桩能提高地基抗液化能力。施工方案编制应明确施工工艺、质量控制标准、安全措施及应急预案,并组织专家论证,确保方案科学可行。(3)施工技术交底要覆盖施工全流程,重点讲解成孔工艺、混合料配比控制、桩位偏差允许范围等关键技术要点,确保施工人员熟悉操作规范,避免因人为失误导致质量问题。

3.2 施工过程把控

(1)材料质量直接影响地基处理效果,水泥应选用强度稳定、凝结时间符合要求的产品,进场时需查验合格证并进行复检;碎石粒径宜控制在20~40mm,含泥量不超过5%;粉煤灰需满足Ⅱ级灰以上标准。施工中应建立材料台账,严格执行抽样检验制度,杜绝不合格材料进入现场。(2)施工机械选型需匹配施工工艺,长螺旋钻机施工CFG桩时,应确保动力头扭矩、钻杆刚度满足成孔深度要求;高压旋喷桩机的喷射系统压力需稳定在20~30MPa。施工过程中要定期维护机械,如检查钻机垂直度、高压泵密封性等,避免因设备故障影响施工质量。(3)施工参数需根据实际情况动态调整^[3],如CFG桩施工中,遇密实砂层时应降低钻进速度,防止钻杆跳动;高压旋喷桩施工时,若土层含水量高,需提高水泥浆液浓度。施工中应加强质量检验,每台班随机抽取1%的桩进行低应变检测,对关键桩进行抽芯取样,检测桩体完整性与强度。(4)施工安全与环保同样重要,施工现场应设置泥浆沉淀池,对施工产生的废弃泥浆进行固化处理;采用降噪设备控制施工噪音;高空作业需配备安全防护网,确保施工人员安全。

3.3 施工后期评估

(1)静载试验是检验复合地基承载力的核心手段,试验点应选择在有代表性的区域,加载量为设计荷载的2倍,按规范分级加载并记录沉降数据。当沉降量达到稳定标准时,可确定复合地基承载力特征值,若不满足设计要求,需分析原因并采取补强措施。(2)低应变检测用于桩身完整性检测,通过分析应力波反射信号,判断桩身是否存在缩颈、断桩等缺陷。对于缺陷桩,可采

用压力注浆、补桩等方法处理。同时,严格按照《建筑地基基础工程施工质量验收标准》进行验收,核查施工记录、检测报告等资料,确保工程质量符合规范要求。

(3) 建筑物使用阶段应建立沉降监测系统,在基础及上部结构关键部位布置沉降观测点,施工期间每施工2~3层观测一次,竣工后前三年每3~6个月观测一次,及时掌握地基变形情况,为建筑安全提供数据支持。

4 新型复合地基处理技术在高层建筑地基施工应用的挑战与前景

4.1 现存挑战分析

4.1.1 技术创新面临瓶颈

现有技术在处理极软土(含水量超过80%)、超深软弱地层(厚度超过50m)时效果有限,难以满足600米以上超高层建筑需求。同时,新型材料研发滞后,缺乏高耐久性、低收缩性的复合地基增强材料。

4.1.2 施工质量管控难度大

部分施工企业技术力量薄弱,操作人员未经过专业培训,存在违规操作现象。市场上材料质量参差不齐,个别供应商以次充好,影响工程质量。另外质量检测手段存在局限性,如低应变检测对深部缺陷识别率较低,难以全面反映桩身质量。

4.1.3 行业标准体系不完善

目前针对新型复合地基处理技术的设计、施工及验收标准分散于多个规范,缺乏系统性与针对性。部分标准条款滞后于技术发展,如对新型复合地基抗震设计方法规定不明确,导致工程实践中存在安全隐患。

4.1.4 专业人才短缺制约技术发展

高校相关专业课程设置与工程实践脱节,学生缺乏复合地基处理技术的实操训练。企业内部培训体系不健全,难以培养出既懂理论又能解决实际问题的技术骨干。

4.2 未来发展趋势

4.2.1 智能化技术融合将成为发展方向

BIM技术可实现复合地基三维建模与施工模拟,优化

设计方案;物联网传感器可实时监测施工参数与地基变形,构建智能预警系统;大数据分析可整合工程案例数据,为技术选型与参数优化提供参考。

4.2.2 新材料研发将推动技术革新

纳米材料改性水泥基复合材料可提高桩体强度与耐久性;可降解高分子材料用于复合地基临时增强体,减少环境影响;智能材料的应用可实现地基性能自感知与自修复。

4.2.3 行业规范化进程加速

政府将加大标准修订力度,制定统一的新型复合地基设计、施工及验收规范,明确技术指标与质量要求。同时加强企业资质管理与人员培训考核,建立行业信用评价体系,促进技术健康发展^[4]。

结束语

新型复合地基处理技术为高层建筑地基施工提供了高效、经济的解决方案,在提升地基承载力、控制沉降变形和增强抗震性能等方面发挥了重要作用。尽管当前面临技术创新、质量管控、标准完善等挑战,但随着智能化技术的深度融合、新材料的不断涌现以及行业规范化发展,新型复合地基处理技术将不断突破瓶颈、创新升级。未来,其将在超高层建筑、复杂地质条件项目中发挥更大价值,为建筑行业的可持续发展和城市建设提供坚实的技术支撑,推动我国高层建筑地基施工技术迈向新的高度。

参考文献

- [1]郭斌.高层建筑岩土工程勘察分析及地基处理技术应用分析[J].乡镇企业导报,2020(11):210-211.
- [2]张俊,邓灯亮.高层建筑岩土勘察分析及地基处理技术应用研究[J].江西建材,2021(02):208-211.
- [3]乌青松,姜大伟,于明波,等.高承载力CFG桩复合地基的应用研究[J].岩土工程技术,2021,35(05):332-335.
- [4]廖万庚.CFG桩加固高层建筑地基沉降变形与参数敏感性分析[J].福建建材,2024,(03):87-91.