

解析地基基础承载力提升优化策略

陈桂丽 胡威威

河南交院工程技术集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要：本文围绕地基基础承载力展开，先阐述其理论基础，包括地基基础概念、分类及承载力定义与确定方法。接着深入剖析影响因素，涵盖地基土物理力学性质、基础埋深与尺寸、上部结构类型与荷载分布以及地下水影响。详细介绍提升承载力的多种方法，如换填垫层法、强夯法、桩基础法、深层搅拌法和预压法。提出优化策略，强调依地质条件选法、兼顾工程成本效益、优化施工工艺参数以及加强质量检测监测。旨在为保障地基稳定性、提高地基基础承载力提供全面且系统的理论与实践指导。

关键词：地基基础；承载力提升；优化策略

引言

在建筑工程领域，地基基础作为建筑物的根基，其承载能力的大小直接关乎建筑物的安全与稳定。随着城市化进程的加速和建筑规模的不断扩大，各类复杂地质条件下的建筑项目日益增多，对地基基础承载力提出了更高要求。深入研究地基基础承载力的相关理论、影响因素及提升方法，成为确保建筑工程质量、延长建筑物使用寿命的关键课题。本文将全面探讨地基基础承载力的各个方面，为建筑工程实践提供有力的理论支撑和技术指导。

1 地基基础承载力的理论基础

1.1 地基基础的概念与分类

地基是建筑物不可或缺的组成部分，指的是支撑其基础的土体或岩体。它负责承载由基础传递而来的所有荷载，并将其分散传递至下方土层。依据受力与施工差异，地基分为天然与人工两类。天然地基是指在天然状态下就能满足建筑物对地基要求的地基，其土体或岩体具有较好的工程性质，如密实的砂土、坚硬的黏土等。人工地基则是通过对天然地基进行加固处理，为使地基满足建筑物对承载力与变形的要求，常采用换填垫层法、强夯法及桩基础法等处理方法。

基础作为连接建筑物上部结构与地基的关键构件，其主要功能在于将建筑荷载有效传递至地基，并扩散到地基中去。基础的类型多种多样，按其构造形式可分为独立基础、条形基础、筏板基础、箱形基础等。不同类型的基础适用于不同的地质条件和建筑结构形式，在设计时需要根据具体情况进行合理选择。

1.2 地基基础承载力的定义与确定方法

地基基础承载力是指地基在保证建筑物安全与正常使用的前提下，能够承受的最大荷载。确定地基基础承

载力的方法主要有理论计算法、原位测试法和经验法。

理论计算法是基于土力学的基本原理，通过建立数学模型来计算地基承载力。常用的理论计算公式有太沙基公式、普朗德尔公式、斯肯普顿公式等。这些公式考虑了土的物理力学性质、基础的形状和尺寸、埋深等因素，但由于实际地基情况复杂多变，理论计算结果往往需要结合工程经验进行修正。

原位测试法是在现场对地基土进行直接测试，以获取地基承载力相关参数的方法。常见的原位测试方法有载荷试验、标准贯入试验、静力触探试验等。载荷试验因其直接性与可靠性，成为确定地基承载力的优选方法，它通过在现场逐级施加荷载，观测地基土的变形情况，从而确定地基的承载力特征值。标准贯入试验和静力触探试验则是通过测试地基土的贯入阻力或锥尖阻力，利用经验公式估算地基承载力。

经验法是根据地区性的工程经验，结合地基土的类型、状态等因素，确定地基承载力的方法^[1]。这种方法简单易行，但具有一定的局限性，仅适用于地质条件简单、已有大量工程实践经验的地区。

2 影响地基基础承载力的因素

2.1 地基土的物理力学性质

地基土的物理力学性质是影响地基基础承载力的最主要因素之一。土的密度、含水量、孔隙比、压缩性、抗剪强度等指标直接关系到地基的承载能力。一般来说，土的密度越大、孔隙比越小，其压缩性越低，抗剪强度越高，地基的承载力也就越大。例如，密实的砂土比松散的砂土具有更高的承载力，而坚硬的黏土比软塑状态的黏土承载力更高。土的含水量对其物理力学性质也有显著影响，含水量过高会导致土的抗剪强度降低，压缩性增大，从而降低地基的承载力。

2.2 基础的埋深与尺寸

基础的埋深和尺寸对地基基础承载力也有重要影响。基础埋深越大,地基土所受到的上覆压力越大,土的侧向约束增强,地基的承载力相应提高。此外,基础的尺寸越大,其与地基土的接触面积也越大,能够分散建筑物的荷载,从而提高地基的承载能力。在设计基础时,需综合考量地质条件、建筑类型及荷载等要素,科学合理地确定基础埋深与尺寸,以充分发挥地基的承载潜力。

2.3 上部结构的类型与荷载分布

上部结构的类型和荷载分布情况也会影响地基基础承载力的要求。不同类型的上部结构,如框架结构、剪力墙结构、砌体结构等,其传力方式和荷载分布特点各不相同。框架结构的荷载主要通过柱传递到基础,荷载分布相对集中;而剪力墙结构的荷载则通过墙体较为均匀地传递到基础。荷载分布的不均匀性会导致地基土的应力分布不均匀,从而影响地基的承载能力。在设计地基基础时,需要准确计算上部结构传来的荷载,并考虑荷载分布的不均匀性,采取相应的措施来保证地基的稳定性。

2.4 地下水的影响

地下水对地基基础承载力的影响不容忽视。当地下水位较高时,地基土处于饱和状态,土的有效重度减小,抗剪强度降低,从而导致地基的承载力下降。此外,地下水的流动还可能引起地基土的渗透变形,如管涌、流砂等现象,进一步破坏地基的稳定性^[2]。在工程实践中,需要对地下水的水位、水质、流向等情况进行详细勘察,并采取合理的排水或止水措施,以减小地下水对地基基础承载力的不利影响。

3 提升地基基础承载力的方法

3.1 换填垫层法

换填垫层法指挖去基础底面下一定范围软弱土层,分层回填砂、碎石、灰土等高强度、低压缩性、良好透水性材料并夯实至设计密实度。通过换填垫层,可以提高地基的承载能力,减少地基的沉降量,改善地基土的排水条件,防止地基土发生冻胀和湿陷等问题。换填垫层法常用于处理浅层软弱及不均匀地基,通过置换土层改善地基性能,且处理深度通常不超过3m。

3.2 强夯法

强夯法是利用重锤从高处自由落下产生的强大冲击力,对地基土进行强力夯实,使地基土在冲击荷载作用下发生强制压密,可显著增强地基承载能力并有效降低其压缩性。强夯法因具备施工设备简易、操作便捷、

施工高效且加固成效显著等优势,适用于多种地质状况的地基处理,包括碎石土、砂土、低饱和度粉土、黏性土、湿陷性黄土以及各类填土等。强夯施工时,需依地基土性质及设计要求,合理确定强夯参数,如夯锤重量、落距、夯击次数、夯击遍数等,以确保加固效果。

3.3 桩基础法

桩基础是一种通过设置桩体,将建筑物荷载传递至深部坚实土层或岩层的基础形式。桩基础具备承载力强、稳定性优异及沉降量显著较小的优势,适用于各种地质条件下的高层建筑、重型厂房、桥梁等工程。根据桩的受力特性差异,桩基础可划分为端承桩与摩擦桩两类。端承桩主要依靠桩端阻力承受上部荷载,适用于坚硬的岩石或密实的砂土等持力层;摩擦桩则主要依靠桩侧摩阻力承受上部荷载,适用于较软的土层。在选择桩基础类型时,需要综合考虑地质条件、建筑物的荷载大小和性质、施工条件等因素,进行技术经济比较,确定最优方案。

3.4 深层搅拌法

深层搅拌法以水泥、石灰等为固化剂,采用专业机械设备于地基深处,强制混合软土与固化剂,促使软土硬结成整体性、水稳性、有强度的桩体或墙体,提升地基承载力。此法适用于处理淤泥、淤泥质土、粉土、饱和黄土、素填土等软土地基。根据施工工艺的不同,深层搅拌法可分为浆液搅拌法(湿法)和粉体喷射搅拌法(干法)。深层搅拌法施工过程中无振动、无噪声、对周围环境影响小,且加固效果显著,在软土地基处理中得到了广泛应用。

3.5 预压法

预压法是在建筑物施工前,通过向地基施加预压荷载,促使地基土排水固结、强度提升,进而增强地基承载能力,该法主要包括堆载预压与真空预压两种^[3]。堆载预压是通过在地基表面堆置重物,如土、砂、石等,对地基施加荷载;真空预压法则是通过在地基中设置排水竖井,并在地基表面铺设密封膜,通过真空泵抽气产生负压环境,促使地基土内孔隙水排出,实现土体固结。预压法尤其适用于处理淤泥质土、淤泥及冲填土等饱和黏性土地基,处理效果显著,但预压时间较长,需要合理安排施工进度。

4 地基基础承载力提升方法的优化策略

4.1 根据地质条件选择合适的方法

在地基处理工作之前,详尽且精准地勘察场地地质状况是不可或缺的首要步骤。这包括全面掌握土层的分布情况,明确各土层的深度、厚度以及相互之间的组合

关系；深入分析土的物理力学性质，如土的密度、含水量、压缩性、抗剪强度等关键参数；同时，精确测定地下水水位及其变化规律。对于浅层存在软弱土层的地质条件，适宜采用换填垫层法，通过置换软弱土层，用强度较高、压缩性较低的材料进行回填，从而有效提高地基浅层的承载能力。而面对深厚软土地基，由于其土体压缩性大、强度低，桩基础法能够将上部结构的荷载传递至深层坚实土层，或者预压法通过提前施加荷载使地基土排水固结，增强土体强度，均是较为理想的选择。当场地地质条件呈现出复杂性与不均匀性，存在多种土层交互或者地质缺陷时，单一的地基处理方法往往难以奏效，此时采用多种方法相结合的综合处理方案成为必然，以此保障地基整体的稳定性与承载能力。

4.2 综合考虑工程成本与效益

不同的地基处理方法在施工成本、材料费用以及工期等方面存在显著差异。在严格遵循工程质量标准与安全规范的基础上，应秉持经济合理的原则，筛选出成本低且效益高的方法。施工成本涵盖了人力、设备租赁、施工工艺实施等多方面的费用支出。材料费用则取决于所选用材料的种类、市场价格以及用量。工期的长短不仅影响到工程的直接成本，还与间接成本如管理费用等相关。某些地基处理方法虽然能够提供较高的承载力，但倘若其施工成本过高，在项目预算有限的情况下可能并不适用。因此，在方法选择阶段，需对不同方案进行细致的经济分析，权衡短期成本投入与长期效益回报。除了关注施工阶段的成本，还应着眼于地基处理后的长期效益，包括地基在长期使用过程中的稳定性、耐久性等方面。确保地基能够在建筑物的设计使用年限内持续稳定地发挥作用，避免因过度追求短期成本控制而导致后期频繁维修，增加不必要的费用支出。

4.3 优化施工工艺与参数

在施工进程中，严格依照设计要求与相关规范开展操作是保障施工质量的根本。然而，施工现场的实际情况往往复杂多变，因此，依据现场实际状况对施工工艺与参数进行适时、恰当的调整与优化显得尤为关键。在强夯施工中，夯锤重量、落距以及夯击次数等参数的合理设定直接影响地基的加固效果。通过现场试夯，能够获取最为契合场地地质条件的参数组合，从而实现最佳的加固成效。在桩基础施工中，桩的垂直度、入土深度以及混凝土浇筑质量等方面的精准控制，对于确保桩的承载能力达到设计要求至关重要^[4]。此外，积极引入先进

的施工技术与设备，能够显著提升施工效率，保证施工质量，同时降低施工成本。先进技术能够实现更为精准的施工操作，减少人为误差；高效设备则可缩短施工周期，提高资源利用效率。

4.4 加强质量检测与监测

在地基处理施工期间以及施工完成后，均需开展严格的质量检测工作。涵盖对地基土物理力学性质的检测，以验证处理后的土体是否达到预期的强度、压缩性等指标；进行地基承载力检测，直接评估地基实际承载能力是否满足设计要求；对桩身完整性检测，判断桩身是否存在缺陷，确保桩基础的可靠性。通过质量检测，能够及时察觉施工过程中出现的问题，并迅速采取针对性措施加以整改。在建筑物投入使用后，还需对地基基础进行长期监测，其中沉降观测能够实时掌握地基的沉降情况，倾斜观测则可监测建筑物是否出现倾斜趋势。通过长期监测，及时了解地基基础的工作状态，一旦发现异常，能够迅速做出反应，采取相应处理措施，切实保障建筑物的安全使用。

结束语

综上所述，地基基础承载力在建筑工程中起着举足轻重的作用。通过对其理论基础的深入理解，能够准确把握地基基础的特性与承载能力的确定方式。认识到众多影响因素，有助于在设计与施工中提前防范不利情况。多种提升方法的应用为不同地质条件提供了针对性解决方案，而优化策略则进一步确保了处理方法的科学性与有效性。在未来的建筑工程实践中，应持续深化对地基基础承载力的研究，不断创新技术与方法，严格把控施工质量，以满足日益增长的建筑需求，保障建筑物在复杂环境下的长期安全稳定运行。

参考文献

- [1]吕文龙,许勇,范昊.独立基础下临坡岩石地基极限承载力模型试验研究[J].建筑科学,2024,40(5):89-98.
- [2]孙涛,陈振勋,刘杰,等.珊瑚砂地基HSCA膨胀桩侧阻提升效应试验研究[J].岩石力学与工程学报,2025,44(1):248-260.
- [3]李忠伟,龚维明,胡尧,等.弱胶结砂岩地基承载力深度修正系数 k_2 试验研究[J].岩土工程学报,2024,46(3):596-604.
- [4]曹祥.阐述地基基础桩承载力检测方法[J].建筑与装饰,2020(31):161-162.