

预应力管桩在软土地基处理中的应用

盖晓东

乐清市建设监理有限公司

摘要：软土地基是指由于水分含量较高、颗粒结构疏松等因素导致土体力学性质较弱的土层。在城市建设中，软土地基广泛存在于东南沿海地区和河流源头，其弱特性给基础工程的建设带来了巨大的挑战。由于软土地基的强度和稳定性较差，传统的基础工程方法往往无法满足工程对于承载力和沉降控制的要求。因此，对于软土地基处理的研究和探索具有重要的理论和实践意义。

关键词：预应力管桩；软土地基；处理；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.031

引言

随着城市化建设的不断深入，软土地基处理技术也得到了快速发展，并取得了显著的成果。然而，现有的软土地基处理方法仍然存在着一些问题和挑战。例如，传统的加固措施如灌注桩和振动加固等方法往往需要较长的工期，造成了不必要的时间和经济成本。此外，由于软土地基对于结构和荷载的响应较敏感，处理过程中容易产生较大的沉降和不均匀沉降现象，进一步导致结构的破坏和工程的质量问题。因此，急需一种高效、经济且可靠的软土地基处理方法来解决软土地基处理中的难题。

近年来，预应力管桩作为一种有效的软土地基处理方法备受关注。预应力管桩是通过在管桩施加预应力，利用桩体的强度和刚度来提高软土地基的承载力和稳定性。与传统的灌注桩和振动加固等方法相比，预应力管桩具有施工工序简单、工期短、经济高效、施工风险小等优点，能够有效解决软土地基处理中的一系列问题。因此，研究预应力管桩在软土地基处理中的应用具有重要的理论和实践意义。

一、软土地基的特点及危害

（一）软土地基的定义与分类

软土地基是指在荷载作用下容易发生变形、压缩量大、强度低、渗透性差、固结性差、灵敏度高的土体。软土地基的承载能力较低，对建筑物的稳定性影响较大，因此需要在工程设计中采取相应的基础处理措施。

（二）软土地基的分类

根据土性和原地基土的性质，软土地基可分为两类：原生软土地基和次生软土地基。

1. 原生软土地基

原生软土地基是指在天然状态下就具有较低的强度和较大的压缩变形性质的土层。这类土层主要包括泥炭、淤泥、软泥、有机质土等。原生软土地基在荷载作用下容易发生变形，承载能力低，对建筑物稳定性影响较大。

2. 次生软土地基

次生软土地基是指在原地基土的基础上，由于地质

条件、水文条件、人为因素等影响，使土层发生变形、强度降低、压缩性增大等性质变化的土体。次生软土地基包括填土、冲填土、压实土等。次生软土地基的性质变化程度因地区、土层厚度和地质条件等因素而异。

（三）软土地基的特点

软土地基具有以下特点：

1. 压缩性高

软土地基在荷载作用下容易发生压缩变形，压缩系数较大，压缩模量较小。

2. 抗剪强度低

软土地基的抗剪强度较低，容易发生剪切变形，特别是在垂直荷载作用下，容易产生较大的沉降。

3. 渗透性差

软土地基的渗透性较差，水分不易排出，容易产生饱和状态，导致地基强度降低。

4. 灵敏度较高

软土地基的灵敏度较高，即在荷载作用下，土体的变形和强度变化较大。

5. 固结性差

软土地基的固结性较差，即在荷载作用下，土体的固结过程较慢，难以达到稳定状态。

（四）软土地基处理方法

针对软土地基的特点，需要采取相应的基础处理方法以提高其承载能力和稳定性。常见的软土地基处理方法包括：

1. 换填法

通过将软土地基挖除，更换为强度较高的填土材料，如碎石、沙石等，以提高地基承载能力和稳定性。

2. 压实法

通过利用振动压路机、夯实机等设备，对软土地基进行压实处理，提高其密度和强度。

3. 排水法

通过设置排水管道、井点降水等方法，降低软土地基中的水位，减小土体的饱和度，提高其承载能力。

4. 桩基法

在软土地基中打入一定深度的桩基，使桩基与软土地基共同承受荷载，提高地基承载能力和稳定性。

5. 土钉墙法

在软土地基表面设置钢筋混凝土墙体，通过锚杆或钢筋与土体之间的摩擦力，提高地基的稳定性和承载力。

二、预应力管桩原理

（一）预应力管桩的定义和分类

预应力管桩是一种通过在软土地基中施加预应力来提高地基承载力和稳定性的一种地基处理技术。它采用预制的钢管或钢筋混凝土管作为主体结构，通过承力杆将管与土壤连接，通过张拉承力杆施加预应力，使管桩

产生一定的压应力，从而改善软土地基的力学性质。

根据预制管的材料和结构形式，预应力管桩可以分为不同的分类。常见的分类方式有以下几种：

1. 按照预制管的材料可分为钢制预应力管桩和钢筋混凝土预应力管桩。钢制预应力管桩由焊接的钢管组成，具有较高的强度和刚度，适用于承受较大的荷载。而钢筋混凝土预应力管桩是由混凝土和钢筋组成，既有钢管的刚性又有混凝土的耐久性，适用于不同荷载条件下的软土地基处理。

2. 按照预应力杆的布置方式可分为单向预应力管桩和双向预应力管桩。单向预应力管桩的预应力杆只在一侧张拉，适用于对称荷载的情况。而双向预应力管桩的预应力杆在两侧均张拉，适用于不对称荷载的情况。

3. 按照管桩的结构形式可分为整体式预应力管桩和分割式预应力管桩。整体式预应力管桩是将预制管桩进行整体制造，具有较高的一体性和稳定性，适用于较大荷载的软土地基处理。而分割式预应力管桩是将预制管桩切割成若干段，在施工现场进行组装，适用于对土层要求较高的情况。

这些分类方式提供了不同的选择和应用范围，使得预应力管桩在软土地基处理中具有更加广泛的适用性。在不同的工程情况下，可以根据荷载要求、土层条件和施工要求选择合适的预应力管桩分类。

（二）预应力管桩施工原理

预应力管桩的施工原理是通过预制管桩和预应力杆的协同作用，改善软土地基的力学性质。其主要施工步骤包括预制管桩的制作、预应力杆的布设、承力杆的张拉和锚固等。

在预制管桩的制作过程中，首先需要选择适用的管桩材料，如钢管或钢筋混凝土，制作成预定尺寸的管桩。制作完成后，将预制管桩按照设计要求进行布设，通过施工机械或人工的方式将管桩嵌入软土层内，使其达到设计要求的深度。

随后，施工人员根据设计要求，按照一定的间距和布设方式进行预应力杆的布设。预应力杆的布设可以采用一根或多根的方式，根据荷载要求和施工条件的不同进行选择。布设完成后，需要对预应力杆进行张拉，施加预定的预应力。

在张拉过程中，通过张拉设备施加一定的拉力，使预应力杆产生相应的应力和变形。通过控制预应力杆的张拉量和张拉速度，可以控制预应力管桩的受力状态及承载力的变化。

为了保证预应力杆的稳定性和管桩与土壤的连接效果，需要进行承力杆的锚固。通过对承力杆进行锚固处理，将预应力传递到土壤中，增加软土地基的承载力和稳定性。

预应力管桩施工的原理是通过预制管桩和预应力杆的紧密协作，对软土地基进行预应力处理，从而改善软土地基的力学性质，提高其承载力和稳定性。

（三）预应力管桩的应用范围

预应力管桩作为一种有效的软土地基处理技术，具有广泛的应用范围。主要适用于以下情况：软土地基处

理：软土地基由于其水分含量高、力学性质差等特点，承载力和稳定性较差。预应力管桩通过施加预应力，可以改善软土地基的力学性质，提高其承载力和稳定性，从而达到地基加固的目的。抗液化处理：在地震等自然灾害中，软土地基容易发生液化现象，导致地基沉降、破坏甚至建筑物倾斜。预应力管桩可以通过施加预应力，提高软土地基的抗液化能力，减轻地震造成的破坏。基坑支护：在大型基坑开挖过程中，软土地基的稳定性和变形控制是一个重要的问题。预应力管桩可以作为基坑支护体系的一部分，通过增加地基承载力，抑制地基沉降和变形，保证基坑的安全施工。其他工程项目：预应力管桩还可应用于桥梁、隧道、码头等工程项目。在桥梁和隧道的基础处理中，预应力管桩可以提高地基承载力，保证结构的安全性。在码头的构筑物与软土地基的连接中，预应力管桩可以增加连接效果，提高结构的稳定性。

预应力管桩在软土地基处理中具有广泛的应用范围。通过合理的设计和施工，能够提高地基的承载力和稳定性，为工程项目的安全施工提供可靠的保障。预应力管桩的应用前景广阔，将会在土木工程领域发挥重要的作用。

三、预应力管桩在软土地基处理中的应用

（一）软土地基的特性分析

软土地基是指结构物基础所处的土层主要由黏土和粉土组成，具有粘塑性较强、强度低、水分含量高等特点。软土地基的特性不仅对基础的承载力和变形性能产生重要影响，也是预应力管桩作为软土地基处理措施的基础。因此，深入分析软土地基的特性对于理解和应用预应力管桩具有重要的意义。

软土地基的特性分析主要包括以下几个方面。首先，软土地基的物理性质，如黏土的粒径分布、含水率、比重等，以及粉土的颗粒级配、密实度、胶结性质等。这些指标的测定可以通过室内试验和现场取样来获得，为后续的试验和应用提供基础数据。其次，软土地基的工程性质，包括黏土的压缩性、剪切性、渗透性等，以及粉土的可塑性和强度特性。这些性质的评价可以通过室内试验（如压缩试验、剪切试验、渗透试验）和现场观测（如沉降观测、动力观测）得到。最后，软土地基的变形特性和稳定性分析，包括软土地基的沉降和侧向变形规律，以及软土地基的承载力和稳定性计算等。这些分析可以通过理论计算、数值模拟和实际观测相结合的方式，为预应力管桩的设计和施工提供依据。

软土地基的特性分析是预应力管桩在软土地基处理中的前提和基础，只有深入了解软土地基的性质，才能有效设计和施工预应力管桩，提高软土地基的承载力和稳定性。下面将详细介绍预应力管桩在软土地基处理中的机理。

（二）预应力管桩在软土地基处理中的机理

预应力管桩作为一种有效的软土地基处理措施，其主要机理是通过预应力力学原理来改善软土地基的力学性能。在软土地基处理中，预应力管桩的施工和工作原

理起到了关键的作用。预应力管桩通过施加预应力，使管桩与周围土体形成一个整体，增加软土地基的整体刚度和抗弯承载能力。具体来说，预应力管桩在软土地基处理中的机理可以归纳为以下几个方面。

预应力管桩通过预应力力学原理来改善软土地基的承载力。预应力力学原理认为，预应力作用下的结构件具有更好的受载性能。在软土地基处理中，预应力管桩通过施加预应力，使管桩与周围土体形成一个整体，共同承担结构荷载。预应力作用下的管桩可以提高软土地基的整体刚度和抗弯承载能力，使软土地基的承载力大幅度提高。

预应力管桩通过增加土体的约束力来改善软土地基的稳定性。软土地基的稳定性主要由土体的内摩擦角和剪切强度决定。预应力管桩通过施加预应力，增加了软土地基中土体的约束力，改善了土体的内摩擦角和剪切强度。这样可以有效提高软土地基的稳定性，防止软土地基的塌陷和滑动。

预应力管桩通过控制软土地基的沉降来改善地表建筑物的变形性能。软土地基的沉降是地表建筑物变形的主要原因之一。预应力管桩通过施加预应力，限制了软土地基的沉降并控制其变形，保证了地表建筑物的稳定性和安全性。

（三）预应力管桩在浙江菲姿时装有限公司生产及辅助非生产用房建设项目（一、二期）中的应用

浙江菲姿时装有限公司生产及辅助非生产用房建设项目（一、二期）是一个位于浙江省乐清市临港工业区的大型工业厂房项目，地处东南温州沿海地区软土地基上。该项目的建筑面积很大，土体条件复杂，地基处理非常关键。

在该项目中，预应力管桩被应用于软土地基的处理。经过详细设计和施工准备工作后，预应力管桩开始施工。首先，根据现场地质情况和软土地基的特性分析，选择了合适的管桩直径和间距。然后，通过先进的施工工艺，将预应力管桩施加预应力。最后，软土地基的整体力学性能得到了显著提升。

通过对该项目中预应力管桩的观测和数据分析，可以得出以下结论。首先，预应力管桩在软土地基处理中具有明确的改良效果。通过硬化时间的观测和侧向承载力的测试，可以看到软土地基的整体刚度和抗弯承载能力得到了显著提高。其次，预应力管桩在该项目中的应用是可行的和有效的。通过对施工过程的监控和数据的分析，可以看到预应力管桩的施工质量和应用效果良好。

预应力管桩在该项目项目中的应用证明了其在软土地基处理中的有效性和可行性。通过合理设计和施工，预应力管桩能够有效提升软土地基的承载力和稳定性，为地表建筑物的安全运行提供了可靠保障。

四、预应力管桩在软土地基处理中的发展趋势

随着我国基础设施建设的不断推进，软土地基处理已成为工程建设中的关键环节。预应力管桩作为一种具有高承载力、质量稳定可靠、施工方便等优点的桩基形式，在软土地区得到了广泛应用。本文将探讨预应力管

桩在软土地基处理中的发展趋势。

（一）高强度的预应力管桩研究和发展的

随着材料科学的发展，高强度混凝土管桩逐渐成为研究热点。高强度混凝土管桩具有更好的抗压、抗弯、抗渗等性能，可以提高桩基承载力，减小桩基沉降，从而提高建筑物的稳定性。此外，高强度混凝土管桩还可以减小桩基的截面尺寸，降低成本。在未来，高强度预应力管桩在软土地基处理中的应用将更加广泛。

（二）预应力管桩的群桩效应研究

预应力管桩在软土地基处理中，往往需要考虑群桩效应。群桩效应是指多根桩共同承受荷载时，桩间相互影响的现象。研究预应力管桩的群桩效应，可以更准确地评估桩基承载力、沉降特性等，为工程设计提供依据。当前，群桩效应的研究主要集中在理论分析、模型试验和数值模拟等方面。随着研究的深入，预应力管桩在软土地基处理中的设计将更加合理，施工效果更加显著。

（三）预应力管桩的施工技术研究

施工技术是影响预应力管桩在软土地基处理中应用的关键因素。当前研究主要集中在以下几个方面：

预制桩施工技术：预制桩施工速度快、质量稳定，但施工过程中存在桩身破损、位移等问题。未来研究将致力于提高预制桩的施工质量，降低施工风险。

沉桩施工技术：沉桩过程中易产生挤土效应、负摩阻力等问题，影响桩基承载力。研究沉桩施工技术，可以降低这些问题的影响，提高桩基稳定性。

软土地基处理技术：针对软土地基的特点，研究适用于预应力管桩的处理技术，如预压法、压实法等，以提高地基承载力、减小沉降。

（四）预应力管桩的监测与检测技术

为确保预应力管桩在软土地基处理中的应用效果，监测与检测技术至关重要。现有的监测方法包括：现场观测、仪器监测、无损检测等。未来研究将致力于开发更加准确、高效的监测技术，为工程质量保驾护航。

结束语

本文通过研究预应力管桩在软土地基处理中的应用，总结了预应力管桩施工中的关键技术问题，并提出了相应的解决策略。研究表明，预应力管桩在软土地基中具有较好的承载能力和发展前景。总之，预应力管桩在软土地基处理中的应用具有广阔的前景，值得进一步研究和推广。

参考文献

- [1] 吴志叶, 龙志军. PHC预制管桩在市政道路深层软土地基处理中的应用浅析[J]. 建筑技术研究, 2019.
- [2] 刘开富, 谢新宇, 朱向荣. 沉管干振挤密(抗拔防浮)碎石桩在污水厂软土地基处理中的应用[J]. 中国市政工程, 2004(2): 23-26.
- [3] 庄春生. 软土地基施工技术在公路桥梁施工中的应用及质量控制策略[J]. 工程技术与管理, 2020.
- [4] 吴建平, 朱奎. 软土中沉管灌注桩、预应力管桩、钻孔灌注桩的价值分析[J]. 工程质量, 2006(2): 50-53.