

# Analysis on the key points of soft soil foundation treatment technology for deep excavation engineering

Jiajie Huang

Suzhou Kaipu Geotechnical Engineering Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215168, China

## Abstract

This article explores the soft soil foundation treatment technology in deep excavation engineering. Firstly, the definition and distribution of soft soil foundation are explained, and the selection criteria for soft soil foundation treatment technology are introduced from the aspects of engineering geological conditions, deep excavation design requirements, etc. Through in-depth analysis of various commonly used soft soil foundation treatment technologies, and combined with practical engineering cases, the application effects of different technologies are explained. Intended to provide scientific and reasonable technical references for soft soil foundation treatment in deep excavation engineering, to help improve the safety and stability of such projects, and to ensure the smooth implementation of the project. In depth research on the key points of soft soil foundation treatment technology not only helps to ensure the smooth progress of deep foundation pit engineering, but also has important practical significance for improving the stability and durability of the entire underground engineering.

## Keywords

deep excavation engineering; Soft soil foundation; Processing technology; Key points of construction

## 深基坑工程软土地基处理技术要点探析

黄加杰

苏州开普岩土工程有限公司, 中国·江苏 苏州 215168

## 摘要

本文围绕深基坑工程中的软土地基处理技术展开探析, 首先阐述了软土地基的定义与分布, 从工程地质条件因素、深基坑设计要求等方面介绍了软土地基处理技术选择依据。通过对当前常用的多种软土地基处理技术进行深入分析, 并结合实际工程案例说明了不同技术的应用效果。旨在为深基坑工程中软土地基处理提供科学合理的技术参考, 助力提升此类工程的安全性及稳定性, 确保项目顺利实施。深入研究软土地基处理技术要点, 不仅有助于保障深基坑工程顺利进行, 还对提高整个地下工程的稳定性和耐久性具有重要的现实意义。

## 关键词

深基坑工程; 软土地基; 处理技术; 施工要点

## 1 引言

随着城市化进程的不断加快, 高层建筑、地下空间开发等项目日益增多, 深基坑工程的规模和复杂程度也在不断提升。软土地基作为一种特殊的地质条件, 在深基坑施工中往往会带来诸如沉降过大、边坡失稳、坑底隆起等诸多问题, 严重影响工程的质量和安全性。因此, 如何针对软土地基选取合适且有效的处理技术成为深基坑工程领域的关键课题。

## 2 软土地基概述

### 2.1 软土地基的定义与分布

软土地基是指由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或

其他高压缩性土层构成的地基。这类地基土的天然含水量通常较高, 孔隙比大, 往往处于软塑到流塑状态, 其抗剪强度较低、透水性差<sup>[1]</sup>。

从分布来看, 软土地基在我国沿海地区分布较为广泛, 比如长江三角洲、珠江三角洲以及滨海地带等。此外, 在一些河流的中下游平原地区、湖泊周边以及山间谷地等区域也常有软土地基出现。像上海、宁波等城市, 由于处于沿海地带, 在进行城市建设时, 常常会遇到软土地基这一特殊地质情况, 软土地基的处理一直是其工程建设中的关键考量因素。

### 2.2 软土地基对深基坑工程的影响

在沉降方面, 软土地基由于自身压缩性高的特点, 在深基坑开挖过程中, 随着土体应力的释放, 极易产生较大的沉降。例如, 当基坑周边存在建筑物或地下管线时, 软土地基的沉降可能会导致建筑物出现不均匀沉降, 进而引发墙体

【作者简介】黄加杰(1990-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 工程师, 从事地基与基础研究。

开裂、地面下陷等问题，影响建筑物的正常使用，对地下管线来说，则可能造成管线破裂、变形，影响其输送功能，带来安全隐患。

对于变形而言，软土地基的侧向变形较为明显。深基坑开挖后，坑壁周围的软土在侧向土压力作用下，容易向坑内产生位移，致使基坑边坡出现变形，甚至可能引发边坡失稳的严重后果。一旦出现边坡失稳的情况，不仅会造成基坑坍塌，破坏正在施工的工程结构，还会威胁到施工人员的生命安全，同时也会对周边环境造成极大的破坏。

在稳定性方面，软土地基的抗剪强度低，使得基坑底部在承受上部结构荷载以及开挖后土压力等作用时，容易出现隆起现象。这种隆起会改变基坑底部的应力状态，破坏原有的土体平衡，进一步影响整个基坑的稳定性，导致支护结构承受更大的压力，若支护结构设计不合理或者无法承受这种变化后的压力，就可能出现支护失效，最终造成基坑工程的失败。

### 3 软土地基处理技术选择依据

#### 3.1 工程地质条件因素

工程地质条件是选择软土地基处理技术时首要考量的因素，其中土层结构与软土厚度尤为关键。不同的土层结构意味着软土在整个地基中的分布情况各异，若软土层位于浅层且厚度较薄，像一些地表下 3~5m 内存在软土的情况，换填法或许是较为合适的选择。通过将软土挖出，换填强度和稳定性更好的材料，如砂石等，能快速改善地基性能。

而当软土层较厚时，换填法成本过高且施工难度增大，此时像水泥土搅拌法、高压喷射注浆法等深层加固技术就更具优势。它们能够深入到软土层内部，通过化学反应或物理作用改变软土的性质，提高其强度与稳定性。例如在软土中含有较多粉质黏土的地质条件下，水泥土搅拌法可使水泥与软土充分搅拌均匀，生成具有一定强度的水泥土桩体，加固地基效果显著。

#### 3.2 深基坑设计要求

深基坑的设计要求对软土地基处理技术选择起着决定性作用。基坑深度不同，所承受的土压力和对地基承载能力的要求就不同。较浅的基坑，对地基处理的强度要求相对较低些，可选择相对简单、成本较低的处理方式；而深度较大的基坑，如超过十几 m 的深基坑，为了保证其在开挖及后续使用过程中的稳定性，往往需要采用更高效、稳固的地基处理技术，像采用多种加固技术联合使用的方式。

支护形式也影响着处理技术的选择。若采用排桩支护，那么在软土地基处理时，要确保处理后的地基能为排桩提供足够的侧向支撑力，此时可能需要对桩间软土进行针对性加固，如高压喷射注浆加固桩间土，增强整体支护效果<sup>[1]</sup>。与此同时，变形控制要求严格的深基坑，就需要选择能有效减少地基沉降和侧向变形的处理技术，如采用排水固结法提前对软土地基进行预压处理，降低后续施工中的变形量。

### 3.3 周边环境影响

若深基坑周边存在大量邻近建筑物和地下管线，处理软土地基时必须选择对周边影响小的技术。比如在靠近老旧居民区施工时，强夯法这种可能产生较大震动和噪声的技术就不合适，容易对居民房屋造成结构破坏。而应选择像静压桩等低振动、低噪声的处理方式，既加固了软土地基，又不会对周边建筑物的结构安全和居民生活造成不良影响。对于地下管线密集区域，要避免因地基处理施工导致管线变形、破裂等情况，需采用精细、可控性强的处理技术，以期保障地下管线的正常运行。

## 4 深基坑工程软土地基处理技术要点

### 4.1 坑支护施工技术

在软土地基的深基坑工程里，施工人员常常遭遇诸多棘手的技术挑战，而坑中坑支护施工技术的出现为解决这些难题提供了有效途径。该技术有着显著优势，既能缩减深基坑支护结构的规模，降低造价成本，又能对深基坑的变形和位移加以有效控制，极大提升施工质量与安全系数。

#### 4.1.1 土方开挖

坑中坑支护作为常用施工方法，其核心在于先于原有基坑内部开挖出一个小型基坑，随后对其进行支护操作，以此减小整个深基坑的跨度，筑牢施工安全防线。土方开挖作为深基坑坑中坑支护施工的首要环节，意义重大。施工时需严格按照预先设计的方案，分层、分段进行开挖，精准把控开挖的深度与范围，避免超挖对周边土体造成扰动，影响后续施工及基坑稳定性。同时，要做好开挖过程中的排水工作，防止积水影响施工进度与质量，为后续贯入钢管桩等工序创造良好的施工条件。

#### 4.1.2 贯入钢管桩

在完成土方开挖后，依据设计要求将钢管桩准确贯入到相应位置，钢管桩能够增强土体的承载能力，与周围土体协同作用，进一步稳固小型基坑的结构，使其可以更好地抵御来自上方及周边的压力，保障整个基坑在后续施工及使用过程中的安全稳定。

#### 4.1.3 挂网喷锚护坡

挂网喷锚护坡则是在坑壁上进行的重要防护措施。通过在坡面上铺设钢筋网，再喷射混凝土，使坡面形成一个坚固的防护层。钢筋网能有效分散土体压力，提高坡面的抗剪强度，而喷射的混凝土可以防止坡面土体受雨水冲刷、风化等影响出现剥落、坍塌等情况，全方位保障基坑边坡的稳定性，确保整个深基坑工程顺利推进。

### 4.2 基坑支护结构优化技术

在软土地基中进行深基坑的支护结构设计时，必须充分考量土体呈现出的低强度以及高变形特性，进而选用合适的支护技术来保障基坑的安全与稳定。

#### 4.2.1 地下连续墙

作为深基坑支护的主要形式之一，它凭借自身较高的

刚度以及出色的防水性能,在诸多工程中发挥关键作用<sup>[1]</sup>。比如,某工程所处软土地基条件复杂,便采用了厚度达1.2m的地下连续墙,其墙深足足有30m,凭借这样的规格,在施工过程中有效地控制住了基坑的变形情况,同时也对地下水的渗透起到了极佳的阻隔作用,让基坑内部施工环境得以良好维持。

#### 4.2.2 内支撑系统

在基坑内部合理设置钢支撑或混凝土支撑,能够有效减少基坑侧向位移。像某深基坑工程,精心布置了三道钢支撑,将支撑间距设定为4m,并且把支撑力设计为500kN,通过这样的安排,成功地把基坑侧向位移控制在20mm以内,为后续施工创造了有利条件。

#### 4.2.3 预应力锚杆

通过对基坑壁施加主动压力来发挥作用。某工程应用了预应力锚杆,其长度达到15m,预应力设计值为300kN,这一举措显著提高了该基坑的整体稳定性,使得整个深基坑在软土地基中依然坚固可靠。

#### 4.3 地下水控制技术

软土地基中地下水位较高,容易引发基坑涌水、流砂等问题,因此需采取有效的地下水控制措施:

首先,通过在基坑周围布置降水井,降低地下水位,减少地下水对基坑施工的影响。某深基坑工程采用井点降水技术,降水井间距10m,井深20m,成功将地下水位降至基坑底面以下2m。其次,基坑周围需要设置止水帷幕,阻断地下水的渗透路径。某工程采用高压旋喷桩形成止水帷幕,帷幕深度25m,有效防止了基坑涌水和流砂现象。最后,要在基坑底部设置排水盲沟,及时排除基坑内的积水。

### 5 实际工程案例

#### 5.1 工程概况

本文以某高层建筑的深基坑项目为例。案例项目位于冲积平原地区,地势较平坦,地面高程为9.4~18.6m;地下水位标高为0.32~10.26m,径流方向大体为东北—西南;土层多为粉质黏土,土质介于稍湿至潮湿、松散至中密状之间,案例项目中,施工单位构建的基坑深度达16m。需要根据施工现场水文地质勘察报告可知,在深基坑施工现场,其土层分布呈现出特定的规律,自上而下依次为杂填土、粉土、粉质黏土、淤泥、淤泥质土以及粉砂。

#### 5.2 阐述所采用的软土地基处理技术及施工过程

首先是水泥土搅拌桩施工,施工前,依据设计要求进行场地平整,准确定位桩位并标记。施工时,采用深层搅拌机将水泥浆与原位软土强制搅拌,搅拌机下沉至设计深度后,边提升边喷浆搅拌,确保水泥与软土充分均匀混合,形成具有一定强度的水泥土桩体,以此来提高软土层的整体强度,增强地基承载能力。在施工过程中,严格控制水泥浆的配合比、搅拌下沉和提升速度等关键参数,保证每根桩的施工质量。

随后进行高压喷射注浆法施工,在已完成的水泥土搅拌桩基础上,针对局部软土加固效果需要进一步强化的区域开展作业。通过高压注浆设备,将带有特殊固化剂的浆液以高压喷射的方式注入软土层中,浆液与软土颗粒在高压冲击下充分混合、凝结,形成强度更高、稳定性更好的复合地基。实际施工过程中,精确控制喷射压力、喷射角度以及注浆量等参数,同时对喷射过程进行实时监测,及时调整施工参数,确保注浆效果达到预期。

#### 5.3 分析处理效果

在基坑稳定性方面,经过上述软土地基处理技术的应用,水泥土搅拌桩和高压喷射注浆形成的加固区域有效提高了软土地基的抗剪强度,增强了地基对深基坑侧壁的侧向支撑力。在整个基坑开挖及后续施工过程中,基坑侧壁未出现明显的坍塌、滑移等失稳现象,表明处理后的地基为基坑提供了可靠的稳定性保障。

对于变形控制而言,基坑在开挖及后续施工期间的沉降和侧向变形量均控制在设计允许范围内。水泥土搅拌桩与高压喷射注浆的协同作用,使得软土地基的压缩性显著降低,有效约束了土体的变形,确保了深基坑结构的整体完整性,为后续主体结构施工创造了良好条件。

从对周边环境的影响角度分析,由于这两种地基处理技术施工过程相对平稳,振动和噪声较小,对周边建筑物和地下管线未造成不良影响。在施工期间,周边建筑物未出现因地基处理施工导致的裂缝、沉降等问题,地下管线也保持正常运行状态,实现了在保障工程质量的同时,兼顾周边环境安全的目标。

该案例中采用的软土地基处理技术在本项目中取得了良好的应用效果,为类似地质条件下的深基坑工程软土地基处理提供了有效的实践参考。

### 6 结语

综上所述,深基坑工程中软土地基处理技术的合理选择与正确应用至关重要。通过对软土地基特性的充分了解,掌握常用处理技术的要点,并依据工程实际情况进行科学决策,能够有效应对软土地基带来的诸多挑战,确保深基坑工程的安全稳定。随着建筑行业的不断发展以及新技术的不断涌现,软土地基处理技术也将朝着更高效、精准的方向迈进,为深基坑工程乃至整个地下工程建设提供更坚实的保障。希望本文的探讨能为相关工程技术人员在应对软土地基处理问题时提供有益的参考。

#### 参考文献

- [1] 李亚琛.软土地基施工下深基坑土钉支护技术研究[J].工程机械与维修,2024(6):161-163.
- [2] 范名明.复杂地基软土深基坑岩土工程支护设计技术的探析[J].西部资源,2024.
- [3] 王楦.软土地区深基坑支护结构施工技术研究及质量分析[J].建筑科技,2024,8(5):164-167.