

浅谈如何处理软土地基

李勃彦 康学太

中铁二十二局集团第五工程有限公司，重庆 400711

[摘要]近年来，随着我国经济建设的高速发展，在各个城市经济圈的规划下，软土区域作为基础的情况越来越普遍，在平凡的施工生产中，既能保证成本又能保障安全质量的技术方法必将成为现今施工技术的浪潮，处理地基的方式多种多样，针对地质条件复杂、高回填、天然软土压缩性大区域如何对地基处理，新工艺并日趋完善并不断涌现，处理软土地基即将成为基础工程行业中的一个强有力的新工艺。处理地基主要是针对在施工现场不同的地址条件下构筑物可能出现的一些问题，通过采用不同的施工工艺方法达到改善基础土体的工程特性，保证质量安全并且能够满足建筑物主体结构对基础变形和稳定的特殊需求，其方法主要包含有增大构筑物的基础地基承载力、改善基层土体压缩特性、提高基层土体的抗剪强度、防止减轻土压力和剪切破坏；改善基层土体的动力特性防止液化，减轻振动；改善期渗透性，减少不均匀沉降或沉降，提高固结沉降速度；减少和消除不良土体的特性。

[关键词]软弱基础；不良地质；处理方法；河堤支护；挡墙

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18706 中图分类号: TU9

文献标识码: A

Brief Discussion on How to Deal with Soft Soil Foundation

LI Bowen, KANG Xuetai

Fifth Engineering Co., Ltd. of China Railway 22nd Bureau Group Corporation Limited, Chongqing, 400711, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of Chinese economic construction, the use of soft soil areas as a foundation has become increasingly common under the planning of various urban economic circles. In ordinary construction production, technical methods that can ensure both cost and safety quality will become the wave of current construction technology. There are various ways to treat foundations. For areas with complex geological conditions, high backfill, and large natural soft soil compressibility, new technologies are becoming increasingly perfect and constantly emerging. Treating soft soil foundations will soon become a powerful new technology in the foundation engineering industry. The treatment of foundation is mainly aimed at addressing some problems that may occur in structures under different site conditions. By adopting different construction techniques, the engineering characteristics of the foundation soil can be improved, ensuring quality and safety, and meeting the special requirements of the building's main structure for foundation deformation and stability. The methods mainly include increasing the foundation bearing capacity of the structure, improving the compression characteristics of the base soil, increasing the shear strength of the base soil, preventing the reduction of soil pressure and shear failure; Improve the dynamic characteristics of grassroots soil to prevent liquefaction and reduce vibration; Improve permeability during the period, reduce uneven settlement or subsidence, and increase consolidation settlement rate; Reduce and eliminate the characteristics of poor soil.

Keywords: weak foundation; adverse geology; processing methods; river embankment support; retaining wall

1 研究背景

近年来，随着我国经济建设的高速发展，在各个城市经济圈的规划下^[1,2]，软土区域作为基础的情况越来越普遍，在平凡的施工生产中，既能保证成本又能保障安全质量的技术方法必将成为现今施工技术的浪潮，处理地基的方式多种多样，针对地质条件复杂、高回填、天然软土压缩性大区域如何对地基处理，新工艺并日趋完善并不断涌现，处理软土地基即将成为基础工程行业中的一个强有力的新工艺。处理地基主要是针对软土基础上建造建筑物可能出现的问题，采取各种工艺工法改善基层土体的工程特性，达到满足主体结构对基础变形和稳定的需求，其方法主要包有增大基础承载力、改善基层土体压缩特性、提高基层土体的

抗剪强度、防止减轻土压力和剪切破坏^[3-5]；改善基层土体的动力特性防止液化，减轻振动；改善期渗透性，减少不均匀沉降或沉降，提高固结沉降速度；减少和消除不良土体的特性。以巴中市张家河生态修复（一期）工程建设项目建设项目软土基础施工为例，分析项目特点，参考先进施工案例，列举相关措施，优化施工工艺，通过总结和探讨软土地基处理方法，使理论与实践紧密结合，为同类工程提供指导意义。

2 软土地基的分类及工程特性

2.1 软土地基

2.1.1 软土的含义

软土主要是指强度低、压缩性高的软弱土层，多数含有一定的有机物质。它主要由天然含水量大、压缩性高、

承载能力低的淤泥沉积物及少量腐殖质所组成,包括淤泥、淤泥质黏性土、淤泥质粉土、泥炭、泥炭质土等。软土具有天然含水量高、天然孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、固结系数小、固结时间长、灵敏度高、扰动性大、透水性差等特点,并具有高灵敏度的结构性。承载能力很低,一般不超过 50kN/m^2 。软土的分布与成因类型密切相关,主要分布在沿海地区、平原地带、内陆湖盆、洼地及河流两岸地带等。根据我们国家的《岩土工程勘测规范》(GB 50021—2001)里面规定天然孔隙比不得小于 1.0,且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土,主要包括泥炭或者泥炭质土、淤泥或淤泥质土等。

2.1.2 软土地基的一些工程特性分析及处理方法

(1) 相对含水量比较高,孔隙比大。一般含水量为 3580 孔隙比为 122 抗剪强度很低。根据土工试验的结果,我国软土的天然不排水抗剪强度一般小于 20kPa 。土壤中含有大量的微生物和腐植质,压缩性高,不容易达到稳定状态。在其它同等击实试验下,软弱土的压缩性愈高,塑限值亦愈大。

(2) 抗剪强度比较差:由此特性施工现场遇到软弱土的抗剪强度建议采用原位试验。

(3) 透水性差:软弱土的透水性能表现非常低的,在垂直层面基本是不透水的一种状态,延长了建筑物沉降的时间。而且在加荷载前期,常常会出现较高的孔隙水压力,一定程度上影响了地基的承载强度。

(4) 触变性:软弱土的结构性沉积物一般呈现絮凝状,当原地貌未遭受到破坏时还具有一些结构强度,一但扰动,使结构破坏,强度急速降低很快就会变成稀释状态。软弱土的这一独特性质称为触变性。既而软弱地基受荷载振动后,极易产生沉降、侧向滑动和在两侧挤出地面的现象。

(5) 流变性:是指在外力荷载持续作用下,软弱土体的变形会随时间而增长的特性。使其远期强度远小于瞬时强度。

(6) 不均匀性:在施工生产中建筑物地基产生的不均匀沉降是因为软弱土层中夹带有一些粉细砂物质,在垂直和水平两个方向上都表现出来了明显的差异特征。

2.1.3 软弱不良地基的危害

软土地基在各个城市、区域广泛存在,有的区域地质中软土分布有较厚,软土地基具有渗透性弱、压缩性大、含水量高等特点,处理不当,会引起建构筑物变形过大或稳定性丧失。软弱不良地基的性质因区域位置而异,不可预见性较大。在施工生产过程中,稍有疏忽便会出现不可逆质量事故,通常事故有:

(1) 地质勘察不详细或不准确,导致设计对应该作软弱土地基处理的地段没有设计软弱土地基处理,造成了非常多的工程质量事故。

(2) 如果在地质勘察报告中已探明是软土地基,但

是对软土地基的处理并未做到位,而造成危及线外建筑和建构筑物失稳。

(3) 建筑施工现场土方材料堆放不合理,未能严格按照相关规范要求分层填筑碾压,土石方回填速度过快,夯实碾压不规范,从而导致出现失稳情况发生。

(4) 土石方填筑施工不规范扰动原状土,造成了一定的破坏,导致构筑物出现失稳状况。

2.2 软土地基处理方法

随着软土地基处理技术的不断更新和越来越多的不同地区的工程施工现场进入新时期后都采取了新方法新技术,对建筑物和各类构筑物基础工程的设计施工起到最直观重要的参考作用。目前行业内外软弱基础处理的方法多种多样,在施工项目实施过程中根据软弱地基的使用要求和表现特性,选择经济、合理的工艺方法显得特别重要。

根据处理对软弱地基的时间、要求和地基未来的使用情况,以及地基所处的性质的差异,可对其方法进行分类,主要的工艺方法有:预压、灰土挤密桩、强夯、土桩挤密和垫层换土、碎石振冲桩、高压注浆喷射、水泥搅拌桩、水泥碎石粉煤灰桩、单液硅化、托换、重锤冲扩桩、石灰桩法、钢筋混凝土桩和碱液等。

2.2.1 垫层换土法

我们国家多年来在铁路、公路、建筑、市政和水利水电等不同的工程行业中,换土法运用的及其广泛。软弱土层表现在较薄的地段时,采用透水性较好的碎石土换填的方法进行处理,从而提高地基的承载能力。该方法把浅层软土挖除,置换为水稳定性较好的填料,如片石、砂砾石、鹅卵石等渗水性材料或换填强度高的黏性土。在河沟、鱼塘地段常用本工艺方法处理,不但提高了一定的承载力而且减小了沉降量,显著的优点为:缩短建设项目施工工期、加速饱和排水、降低投资、缩短固结变形的时间、施工方便等优点。在采用本工艺方法施工时,要注重石料抛填、碎石碾压密实度和顺序等关键工序。

2.2.3 排水固结法

2.2.3.1 沉沙法

沉沙法是指将符合规范要求的沙装入具有透水性的编织袋中,采用自沉或利用机械设备将沙袋沉入地基内的工艺方法。此法规避了缩径现象。因装入沙的孔径较小、消耗少、费用低使得施工速度显著提高,是施工软弱地基不二选择。

在现实施工生产中此工艺方法最适用于遇到软弱层厚度大于 5m 且填筑土体自重远超过自然地基承载力水平的软弱基础。

2.2.3.2 灌沙法

灌沙法是指在软弱地基上利用外部手段将基础土体钻孔成眼,再将沙料灌入孔中利用沙料的荷载作用加速土体排水。此工艺方法不适用固结比例较大的高塑性土体和

黏性土体。

2.2.3.3 沙垫层法

沙垫层法是指在软弱土体顶面增铺沙料增加排水面，使软弱地基在荷载作用下加速排水，来提高软弱土体强度和稳定性。沙料排水层对基底沉降量的大小和应力的分布无影响，但可加速沉降，缩短固结过程。

在现实施工生产中遇到沙垫层上填筑基础时，应合理安排填筑速度，使加荷的地基承载力与速率相适应，以保证施工过程中基础不发生破坏。通常利用埋设地面沉降板和位移桩进行施工观测，在路堤填筑过程中随时掌控地基的变形情况和趋势，来判定基础是否稳定。

2.3 软土加固新技术与应用

2.3.1 喷射搅拌法

喷射搅拌法（JACS-MAN）是近年来，日本在深层搅拌法和高压喷射注浆法是两种使用比较普遍传统方法的基础上，将两种不同的施工工艺方法结合起来，衍生出的一种“内搅外喷”的新工艺、新技术。

和使用比较普遍传统方法相比较，有许多突出优点，既克服了深层搅拌法在桩径500mm~700mm和掺入比15%情况下因软弱土中桩体无侧限抗压强度，形成的桩身强度承载力的不合理模式，又避免了在高压喷射注浆施工时切割能耗的问题。

2.3.2 含水软土地基加固的冻结技术

我国煤科院在人工地层冻结技术研究成果基础上，研究总结开发出全封闭水平冻结技术，将其成功地应用在现实软土加固施工中。有关单位的好评和一致认可。该技术强度较高、帷幕发展均匀，比构筑物实际需要的效果还要优越。沉降最大终值，满足规范的要求。

3 建设工程项目软土地基处理案例分析

3.1 巴中市张家河生态修复（一期）工程建设项目概况

该道路位于巴中市巴州区张家河右侧，是城市道路支

路，拟建桩板式挡墙右侧存在已有小区住宅，且地基基础形式不明确。该区域河床水位标高以上土层为原有小区素回填土，河床水位标高以下依次为粉质黏土和漂石层，下伏基岩为泥岩、砂岩，根据河堤堡坎特点及主要岩土力学性质以及项目的重要性，河堤桩板式挡墙的持力层选取中等风化泥岩、砂岩，基础埋深考虑冲刷系数影响。

3.2 工程特点及总体思路

本工程位于现有张家河河道内，河床水位标高以下有淤泥等不良地质，水位标高以上又有原小区施工倒置废弃渣土，考虑到此工程施工难道较大的特点，需考虑桩基开挖保证措施，且不能影响既有房屋结构的稳定性。应在施工前对河床水位标高以下淤泥清理干净，并设置围堰阻挡河道水流入施工区域范围内。

另外孔口周围边坡为回填素土，回填土方高度约7.5m，回填年限较久，且不曾压实。故在孔口开挖前须将原有坡体进行修整。孔口周围两米范围内坡体修整，按照1:0.5坡率放坡并对坡面进行轻夯。

施工桩基挡墙时需对边坡进行修整，防止坡面松散土掉落。根据地勘报告提前制作好钢护筒，每节钢护筒1.5m，旋挖一次钻进深度为1.1m，每开挖一节，焊工焊接一节，防止一次性开挖超深，钢护筒安放不及时导致塌孔、滑坡等现象发生，从而影响既有房屋结构稳定性，直至钢护筒穿过中风化岩层。

3.3 施工工艺及操作要点

3.3.1 技术参数

表1 抗滑桩技术参数表

部位（里程）	桩径/m	数量	桩间净距/m	嵌岩深度/m
河道西侧 HK4+128-HK4+460	2	58	1	≥7

3.3.2 抗滑桩施工工艺流程

抗滑桩施工工艺流程图见图1。

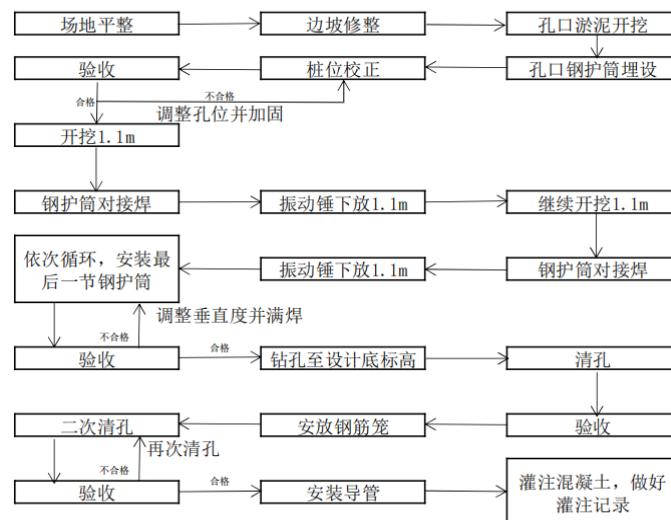


图1 抗滑桩施工工艺流程图

3.3.3 操作要点

3.3.3.1 场地平整及坡体修整

根据现场实际情况，所有桩基均位于河道内。施工前需将河道内场地平整提供机械操作平台。场内回填土方量较大且高度约 7.5m 左右，若不对边坡处理，开挖后会出现孔口和孔内大面积垮塌，造成塌孔现象，故对边坡进行 1:0.5 坡率刷坡处理并夯实。开挖前先将坡面松散的土体轻微刷掉，再根据测量放样位置精准开挖，因土体为回填土体且不曾压实，开挖不得大面积且必须边开挖边夯实坡体土层。为防止后续桩基施工中下雨对坡体产生扰动，坡体处理后对坡面及坡顶采用彩条布全面覆盖。

3.3.3.2 孔口淤泥清理及孔口护筒埋设

桩位淤泥较多，一次性开挖会产生坡体滑坡现象，现场按淤泥厚度分层次清理淤泥，桩基施工采取跳孔形式开挖，施工时先将孔口淤泥清除干净并立即安装钢护筒，钢护筒周围 50cm 内采用级配碎石回填，待桩位校正无误后，将其夯实处理。桩基直径 2m，挖机开孔宽度不得小于 3m，深度不应大于 0.7m，钢护筒厚为 10mm。

3.3.3.3 桩基开挖及钢护筒埋设

按照设计要求，回填区域段必须增设钢护筒，但现场土体均为素填土，且高度较高，体积较大，使用泥浆护壁作业不满足作业要求，若一次性开挖至填方区域以下安设钢护筒，孔内会出现大量河水流入以及坡体土方垮塌，因此在旋挖桩施工中开挖 1.1m 后立即安装 1.5m 高钢护筒，并调整好垂直度，振动锤配合旋挖从上至下依次对接焊接连接，直至穿过回填区域。

3.3.3.4 钢筋笼的运输和安装

钢筋笼在施工现场钢筋加工厂制作完成以后，经项目部自检合格并报请监理工程师查验认可后在钢筋加工厂采用吊车吊至平板式运输车上或直接用吊车转运至工地。在安装前应清除黏附在钢筋笼上的泥土和油渍，保证混凝土与钢筋紧密黏结，吊车吊运、下放钢筋笼。

3.3.3.5 灌注混凝土

桩身混凝土灌注前应做好接料漏斗和串筒的安装。根据桩机深度，利用人工配合机械在平地上将漏斗、串筒挂设成型，完成安装后由利用吊车吊入孔内。安装串筒时应注意要使串筒位于桩孔正中心，且不得对已定位完毕的钢筋骨架进行破坏或碰撞，桩基位于河道内，灌注方式采用水下灌注法灌注。

3.3.3.6 挡墙设计与验算

本工程根据地质勘察报告，通过使用理正岩土软件 9.0，采用水利工程模块对河堤桩板式进行验算。桩位嵌固点允许位移小于 10mm 控制，桩顶位移允许位移小于 100mm 控制，土压力安全系数采用 1.35，结构重要系数

采用 1.1。桩嵌岩段嵌入深度不小于桩长的三分之一，桩嵌土段嵌入深度为桩长的二分之一控制。具体参数及结果详见以下内容：

表 2 桩板式挡墙墙身尺寸数据表

桩长 (m)	20.000
嵌岩深度 (m)	10.000
截面形状	圆桩
桩径 (m)	2.000
桩间距 (m)	3.000
挡土板的类型数 (<=5)	1
嵌入段土层数 (<=20)	3
桩底支承条件	铰接
计算方法	K 法
初始弹性系数 A (MN/m ³)	-
初始弹性系数 A1 (MN/m ³)	-

4 结语

通过对软土地基处理的施工工艺方法的探讨，既提高了项目在实施时遇到类似问题能够快速选择其处理方案又规避了施工过程中的质量风险，有效减少了工程返工损失和工期延误风险节约了资源，从经济技术的角度进行研究，不论从理论方面还是经验实践都取得了不可估量的成就，并为软土地基处理施工工作的开展奠定了实际经验的基础，也为同类项目总结了一套宝贵参考资料。

基金项目：中铁二十二局集团有限公司科技研究开发计划项目（23-10B）。

【参考文献】

- [1] 钟健生,祖庆芝.强夯法处理软土地基的实例分析[J].四川水泥,2023(3):145-147.
- [2] 杨鹏.市政道路施工中软土地基施工处理分析[J].工程建设与设计,2023(4):172-174.
- [3] 周宇宽.水泥搅拌桩处理道路软土地基施工实例分析思路构建[J].中国设备工程,2023(4):263-265.
- [4] 胡君胜.道路桥梁隧道软土地基处理[J].安徽建筑,2023,30(2):148-150.
- [5] 崔嵬.路桥施工中对软土地基的处理分析[J].工程建设与设计,2023(1):217-219.
- [6] 王肖伟.软土地基处理过程对临近桩基的影响研究[J].江西建材,2022(12):260-262.

作者简介：李勃焱（1987.10—），男，重庆交通大学，土木工程，中铁二十二局集团第五工程有限公司，项目总工，高级工程师；康学太（1990.1—），男，甘肃农业大学，园林工程，中铁二十二局集团第五工程有限公司，工程部负责人，工程师。