

# 道路与桥梁施工中软土地基施工技术应用分析

丁育侨 李齐贤 钟元峥

深圳市政集团有限公司

**摘要:**在道路桥梁建设中,应根据所处地域及土层情况,选用相应的施工工艺。若土的承载能力较差,则极易发生沉降坍塌,从而对道路桥梁的施工质量产生不利的影 响。因此,要提高各个项目的质量,采用成熟的治理方来解决目前道路桥梁建设中存在的各类问题,并将隐患排除。因此,本文着重研究了软土对公路桥梁工程的作用,并针对其施工技术进行了探讨,以期提高公路桥梁工程的质量、经济效益和社会效益。

**关键词:**道路与桥梁;施工技术;软土地基;技术运用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.069

**引言:**软土地基是我国公路桥梁建设中普遍存在的一种病害,由于其承载力弱、稳定不佳,必须采取特殊措施来保证其长期安全运行。高效的软基施工工艺是公路桥梁工程的重要组成部分,合理的软基加固可以提高施工效率,降低造价,确保工程质量。为此,必须不断研究公路桥梁的软基加固工艺,以达到优良的软基加固效果,保证公路桥梁工程的质量与稳定<sup>[1]</sup>。

## 一、软土地基施工的难点

软土本身的特性决定了其在工程中的应用难度很大,其原因是:(1)含水量高,淤泥含量多。软土是一种高含水率、多泥沙的混合物,在工程中不仅会对土体及结构产生一定的影响,而且还会使工程施工变得更加困难。(2)压缩性大、易塌陷。由于软土地基的含水量高且松散,使其在施工时受到外界荷载作用而产生显著的受压变形,且其变形速率很大,极易造成基础沉降,严重时地表失稳。软土层中含有丰富的孔隙,在施工荷载下容易产生压缩变形,从而造成基础失稳,危及工程安全。(3)土壤渗透性差,固结速率较低。在实际工程中,土中存在着大量的空隙,导致土壤中的水无法排出。在建设项目中,若基础含水率过高,将造成超饱水状态,造成基础发生液化或渗水,进而影响到建筑物的稳定与安全。同时,由于软土中含有大量的水,固结速度很慢,要想打实并获得相应的承载力,往往要花费很长的一段时间,从而延长建设工期,降低了工程的进度,提高了建设费用。

## 二、软土地基施工技术在公路桥梁施工中的应用

### (一)换填法

在公路桥梁建设中,对于软土地基,采用换填垫层的方法进行处理,适合于较薄的软土地基,其基本思想

是将路基面以下及软土地基处的所有软弱层都开挖或部分开挖,并采用渗透性能好、稳定性好、承载能力强、不冲蚀的物质来代替原来的路基土壤,从而实现地基的加固处理。对于深厚2-3米的软土地基,采用换填式方法进行加固,一旦超过这个深度,将会使工程变得更加复杂。采用换填法处理高速公路大桥软基时,必须先对软基进行勘测和放样,确定处理范围、标高和宽度,然后才能开始施工。为了防止超掘对深基坑的稳定产生不利的作用,在距离坑底标高5厘米处,采取人工开挖的方法。此外,为了增强坑底地基的稳定性和承载能力,还应在开挖过程中进行相应的排水施工。为了保证压实符合设计要求,在深坑底铺上不透水的土工布,距离基坑底部2cm时做好整体无搭接处理。在公路桥梁软基换填垫层的施工工艺中,可以选用12mm厚的竹子做模板,用木方和钢筋构成支架,也就是在坑底设置一个固定的钢筋,用木头来做水平和对角的支撑,木头之间的间距控制在60厘米左右。为了防止在浇筑过程中模板发生变形,必须对其平整度、安装位置及强度进行检查。为了提高软基加固的效率,本文提出以泡沫混凝土作为填料,通过在混合好的水泥砂浆中加入发泡剂,并将其掺入到混合好的水泥砂浆中,然后将其从中央向外依次进行分层浇筑,输送泡沫混凝土的泵送管必须深入到已经浇筑的混凝土内部10厘米处,每次的浇筑厚度要控制在0.3-0.8米之间。在砼浇筑完毕后,在砼底部0.5米处进行钢筋网片的绑扎,其水平重叠宽30厘米,纵重叠20厘米。当泡沫混凝土的强度到达设计值后,再在其上部浇筑30厘米的碎石隔离层,采取分层碾压的方法进行,完成后对其压实度进行检测,确保其压实度不小于90%<sup>[2]</sup>。

### (二)堆载预压法

堆载预压是在修建公路桥梁之前,通过施加大于或等同于设计荷载的填料来促进基础的固结,从而达到增强其承载力的目的,显著减少路基的沉降。在所有的工程参数都符合要求之后,才能卸载荷载,然后进行下一步的路基填筑和路面铺设工作。堆载预压施工具有施工简便、造价低廉等优点,特别是采用路基填料堆载,能显著缩短施工流程,减少施工操作步骤,降低施工费用,但是施工过程比较漫长,如果工期很短,则要结合排水固结法等施工工艺,从而提升软基施工的效率。堆载式预压法是一种工艺简便,加固效果好的加固方法,适合于在深厚、饱和的软基上进行。在进行堆载预压法前,必须对其进行宏观性质的分析,对其进行分层,

掌握各分层的厚度和特征，例如，地表厚度通常低于5米；浅部地层厚度一般在2-10米左右，地层质地疏松，土壤非均质。基于对地基土体的微观特征的认识，并与有关数据进行计算，计算出地基在施工过程中的瞬时沉降、固结沉降和次固结沉降。当基础沉降很大、历时很久的时候，可以选择60%的超载模式，并在18个月的堆载期间，在堆载结束后，要在堆载层中布置多个观测点，全程观测基础沉降和与周围建筑物、构筑物的沉降差异，并对各种参数进行统计和分析，从而保证软基加固方案能够达到高速公路桥梁路基的沉降控制<sup>[3]</sup>。

**(三) 真空预压法**

真空预压是在软基上铺设砂井或排水板，再在软基上铺上一层密封的膜，然后利用负压泵将气体从软基中抽出来，在密闭膜的影响下，使土体与周围的环境形成压力差异，这个压力就是施加在软基上的荷载。由于没有对软基进行剪切损伤，也没有堆载和卸荷的过程，所以工期缩短，易于实施，而且没有使用任何的大型机器，建设费用也比较低廉。在进行真空预压处理前，要做好塑料排水板、土工布、砂垫层和施工机械等施工材料的配制。其中，塑胶排水板的垂直度偏差应小于1.5%，板面间距不得大于5厘米；砂垫层的最佳厚度为2厘米，且密实度大于90%。砂垫层的铺设采取一层15cm的逐层铺设方式，在一层铺设完毕后，先铺设一块排水板，然后开始二层铺设。由于软基的承载力很小，因此，在建设过程中要尽可能的防止对软基的影响，最好的办法就是把土料堆在软基加固区以外，然后在填筑结束后进行平整。在原材料的准备工作结束后，就可以开始进行桩位的放样，通常情况下，桩位的布局是以一个正三角的方式来进行的，每个排的轴线应该与线路的中心线相平行，并且根据算出的排数和列数来画出桩线图。在进行塑胶排水板的制作时，要先把排水板的插棒对齐，然后用震动把排水板打入基础中，待到一定的深度时，将插线板上的多余部位切掉，保证排水板暴露在基础层长约30cm。插棒在拔起后，基础中存在一定的空洞，这类空洞必须用沙进行回填。在铺设土工织物时，应根据填充物的方位来决定其铺贴的方位，且每层织物之间的重叠宽度应在30厘米左右。为了保证真空预压技术的应用效果，必须在软基加固区设置沉降板，保证沉降板与路堤之间的间距控制在5-10cm以内，并对预压过程中出现的问题进行实时监测。

**(四) 强夯处理技术**

强夯法是一种适合于高含水率黏性土和湿性黄土的软基处理方法，其基本思想是：通过对土进行瞬间的重锤击，使得土中的内压显著增大，并形成的冲击波将土的孔隙挤压，将土中的水分和气体排出，加速固结过

程，从而实现对软土的有效加固，并能显著减少软基的压缩量。强夯加固工艺对机具性能提出了更高的要求，选用行走方便，性能好，稳定性好，施工高度10-14米。由于轨道吊车工作过程中，锤头距落地点有很大的间距，在冲击荷载作用下容易产生反弹，为了防止这一问题，必须在吊车上加装钢管支架等安全保护装置。在选用夯锤时，要根据具体的土壤来决定夯锤的底部区域和直径，一般地，夯锤的直径是2米，底部的面积是3-4平方米，并且为了减少夯锤下降时的气流阻力，还必须在夯锤上安装若干个大小合适的通气孔。在进行强夯加固之前，要根据具体的工程建设状况和需求来决定强夯加固的区域，一般来说，强夯加固的面积要比软基加固的面积稍大一些，一般是设计的1/2~2/3。在强夯施工过程中，为了防止边鼓，夯点间距通常很大，因此要采用分段压实的方式，在夯击点间布置合适的夯击点，第一次采用大间距大能量打实，然后逐一打夯。夯击点间隔5—9米，头次夯击采用大间隔，再减小间隔；当一次夯打结束后，用推土机将夯坑填实，然后用低能全夯，如果经强夯后，土层的深厚程度不够，只有使用小夯锤进行夯击，并适当提高夯点的频率，从而保证了强夯的施工质量<sup>[4]</sup>。

**三、案例分析**

**(一) 工程概况**

以某公路工程项目为例，该道路长度52公里，设计速度100-120km/h，道路宽30米，采用六排双向车道，根据施工需要，预留一处高架桥梁。通过对该工程的实地调查和分析，认为整个建设工区主要是农田，其基础总体压缩率偏高，稳定性差，属于软土基础。同时，由于淤泥质含量高，导致渗透性能差，承载力差，难以达到设计要求。由专门的专家对其进行全面的调查分析，综合了该地区的地质构造状况和地下水文情况，并根据调查的成果，制订出相关的道路工程建设操作计划。最后，采用碎石类垫层作为地基加固措施。

为确保工程质量和安全，工程指派专业人员进行了全方位的勘察分析工作。勘察方法包括钻探、原位测试、室内试验等，以全面了解地质结构条件和地下水文环境。经过详细的勘察分析，得出以下结论：

表1 勘察结果

勘察点编号	地层类型	土层厚度 (m)	粉土含量 (%)	地下水位 (m)	承载力 (kPa)
001	软土	3.0	40	1.0	70
002	软土	3.5	45	1.2	65
003	软土	4.0	50	1.5	60
...	...	...	...	...	...

## （二）具体方案

### 1. 准备工作

（1）在土方开挖之前，由建设单位制定出一套详细的换填处理操作计划，对具体的施工工艺进行计划，保证替换过程的合理与标准化，同时重点加强对工艺关键环节的监督与控制，保证每个环节的质量管理指标都能得到实现。（2）建立一支专业的工作队伍，既要有对软土地层进行加固的工作，又要能够按照具体的工作程序来进行，才能更好的达到建设项目阶段目标。其中最为重要的是，施工人员要注重对施工工艺的掌握，并根据该工程的具体条件，对相关的工艺步骤及方法进行精细调整。（3）采用高效手段，解决路面过多水分问题，保证路面平整与周围环境的一致，采用机器操作与人工预先协同的调控策略，保障施工过程的稳定性。

（4）为了进一步改善工作精度和最后的质量，建设单位还对具体操作参数进行规范，将排泥挖至2.5米至3.5米，由具有倾卸性能好的输送车来进行土方搬运，并将其集中堆放于特定位置。同时，在更换工作完成后，采用了分层充填的方法和碾压施工操作的方法，对各层的密实度进行了高效的控制，并与分阶段的质量验收相结合，从而提升了整个工程的安全性<sup>[5]</sup>。

### 2. 操作要点

（1）对砂石的含泥量和有害材料进行重点检测，根据工程的具体情况，选择合适的换填沙，并对下一步的工作进行改进。（2）现场平整工作，清理施工现场及周围的废弃物，以保证在换填区两侧按1:0.5的斜坡进行施工，保持基础的平整，以确保施工过程的完整与合理。（3）分层浇筑，在进行了基础设施的检查之后，对有关资料进行统计，并按照工程建设的基本规范进行接下来的工作，按照施工设计方案中对技术参数的管理规定进行，选择合适的填料进行分层填筑，并且保证各层的压实厚度不超过25厘米。同时，要按照工程要求，对砂砾料的数量进行合理的控制。（4）对已浇筑的物料进行推压，采用铲土机对其进行二次整平，以改善整个工作过程的标准化程度，消除存在的安全问题。同时，采取适当的加固措施，可保证填料的填筑厚度及路面平整程度满足总体设计要求。（5）根据特定的设计需要定期检测路基的含水率，如果含水率超过了设计规定的标准，则需要采用自然通风、洒水车喷洒等方法来解决。另外，更换工作完成后，应采用机器进行压实工作，以保证路基的压实程度满足整个工程的工作标准及要求。（6）对基础参数和压实系数进行试验和分析，确保有关试验结果满足工程的安全性，同时在砂垫层的两边开挖临时排水沟，确保施工、排水等工作均满足安全需求<sup>[6]</sup>。

## （三）结果

在完成了对公路工程基础的加固后，为确保工程质量的可靠性，我们特别选择了具备相关检测资质和经验的机构，对加固效果进行了全面细致的检测。以下是对检测结果的详细汇总和评估：

表2 检测结果

检测项目	检测标准	检测结果	是否符合标准
压实度	≥ 95%	97%	是
弯沉值	≤ 设计值	0.4mm	是

经过检测，该工程的总体质量水平达到了令人满意的程度。从上表可见，其压实度和弯沉值均符合工程施工质量的标准。具体而言，压实度达到了97%，超过了95%的设计要求，显示出地基具有出色的承载能力和稳定性。同时，路面的弯沉值仅为0.4mm，远低于设计限值，表明路面结构紧凑，平整度高，能够提供良好的行车体验和安全性。通过科学的加固处理和专业的质量检测，该工程展现出了卓越的质量和性能。这些数据不仅证明了加固处理的有效性，也为后续的施工和维护工作提供了有力的支撑。坚信，这一高质量的工程将为社会带来长久的效益和便利。

## 结论

综上所述，由于软土压缩量大、渗透性差、触变性和流变性等特性，使得其基础强度和承载能力下降，从而造成了道路桥梁的不均匀沉降、路面开裂或坍塌等质量问题，严重时还会引发更大的安全事故。为此，必须采取科学有效的加固措施。对于高速公路桥梁来说，软土的施工工艺比较复杂，每一种工艺都有着自己独特的施工条件和施工技术标准。在实践中，必须要根据工程的数据来进行适当的挑选。对各种施工工艺的要点和质量控制的关键点都要加以掌握，这样才能提升软黏土基础的施工质量，保证公路桥梁工程的稳固性和安全性。

## 参考文献

- [1] 刘强. 软土地基施工技术在道路桥梁施工中的应用研究[J]. 建材发展导向, 2024, 22(08): 106-108.
- [2] 赵宾宾. 软土地基施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 四川建材, 2024, 50(03): 153-154+157.
- [3] 孙冠群. 公路桥梁施工中软土地基施工技术探究[J]. 工程与建设, 2024, 38(01): 93-94+145.
- [4] 周航. 公路桥梁施工中软土地基施工技术的应用研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(02): 169-171.
- [5] 余灯. 道路工程路基施工中的软土地基施工技术[J]. 居业, 2023, (12): 11-13.
- [6] 马浪. 软土地基施工技术在公路桥梁施工中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2023, (23): 210-212.