

基于 HSS 模型的复杂地层软土深基坑施工分析

王树良¹ 宋宏伟² 廖国兴¹ 李明煜¹

1. 中国铁建大桥工程局集团有限公司宁波市轨道交通集团建设分公司, 浙江 宁波 315000

2. 大连海事大学交通运输系, 辽宁 大连 116026

[摘要]针对软土深基坑的施工分析一直是当前的热点问题, 由于软土地区土壤的承载能力较低, 基坑开挖后土壤可能发生沉降且软土容易发生侧向挤压和变形。文中以宁波市泽民站基坑工程为依托, 利用 PLAXIS3D 有限元软件基于 HSS 本构模型对复杂地层下的软土基坑施工进行模拟, 探究了在开挖过程中基坑支护以及周围土体的稳定性问题, 从而为施工过程的安全进行提供指导。

[关键词]HSS 模型; 基坑施工; 数值模拟; PLAXIS3D

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14381 中图分类号: TU447 文献标识码: A

Analysis of Deep Excavation Construction in Complex Stratum Soft Soil Based on HSS Model

WANG Shuliang¹, SONG Hongzhuo², LIAO Guoxing¹, LI Mingyu¹

1. China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group Co., Ltd., Ningbo Rail Transit Group Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315000, China

2. Department of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China

Abstract: The construction analysis of deep foundation pits in soft soil has always been a hot topic. Due to the low bearing capacity of soil in soft soil areas, the soil may settle after excavation and the soft soil is prone to lateral compression and deformation. Based on the foundation pit project of Zemin Station in Ningbo City, this article uses PLAXIS3D finite element software based on the HSS constitutive model to simulate the construction of soft soil foundation pits in complex strata, and explores the stability issues of foundation pit support and surrounding soil during excavation, providing guidance for the safety of the construction process.

Keywords: HSS model; excavation construction; numerical simulation; PLAXIS3D

引言

软土地区的深基坑工程往往面临诸多挑战, 尤其当基坑处于复杂的地层条件时, 不同土层的力学性质与稳定性均不相同, 土层性质甚至可能出现较大变化, 导致基坑出现不均匀沉降、侧向挤压等问题。因此对于复杂地层下的软土深基坑进行研究不仅有助于科学指导基坑工程设计和施工, 而且对城市地下工程建设具有一定的参考价值。而随着城市建筑群的逐渐密集, 工程上对于基坑的变形控制也愈加严格, 这决定着基坑在开挖过程中绝大部分的土体及支护处于小应变状态, 因此本文采用了较为新颖的硬化土小应变本构模型 (Hardening Soil Small), 该模型能够很好地反映土体的小变形特性, 更加适用于基坑工程。

当前已经有很多学者对复杂的地层条件下的软土基坑进行了研究, 孟瑞军^[1]介绍了 HSS 模型的 13 个参数及其确定方法, 确定了杭州淤泥质粉质黏土 HSS 模型参数的取值及其比例关系; 尹骥^[2]介绍了小应变硬化土模型 (hardening soil model with small strain stiffness, 简称 HSS) 的理论基础及其参数确定的方法。同时通过上海地区两个深基坑工程实例的流固耦合有限元分析, 验证了 HSS 模型用于深基坑工程数值分析的可行性以及文

中所建议的上海地区 HSS 模型参数的准确性; 卫俊杰等^[3]基于三轴排水、标准固结等室内试验, 并结合经验方程, 标定了珠海富水土体的成套 HSS 模型参数, 并分析了主要强度参数的比例关系; 徐伟等^[4]利用三轴固结剪切仪和 GDS 动三轴仪进行了三轴固结排水剪切试验和动三轴试验研究, 获得了 HSS 模型所需的土体强度、小应变刚度等参数。在此基础上, 构建了 HSS 模型中各个参数的经验关系, 并提出了一套完整的武汉市软土深基坑工程 HSS 模型参数的获取方法; 沈丹祎等^[5]通过室内试验方法对宁波地区的浅层软土进行 HSS 模型参数的取值研究, 并与现有文献的统计成果进行对比, 验证了宁波浅层软土与其他地区的软土的共通性与差异性。

1 工程概况

本文以宁波市泽民站基坑为依托, 宁波市泽民站基坑北接天一家园西站, 南抵丽园北路站, 位于丽园北路与中山西路交叉口北侧, 沿丽园北路布置, 中山西路及丽园北路均为城市主干道, 车流较为密集。本站为地下三层岛式站台车站, 车站基坑长 161.4m, 标准段基坑宽 22.5m, 深约 27.9m, 采用明挖法施工。

主体基坑采用地下连续墙+内支撑形式、明挖顺作法施工, 围护结构采用 1200mm 厚超深地下连续墙, 地下连

续墙深度为 70.7m。标准段开挖深度约 29.2m，沿基坑竖向设置 8 道支撑，第一道为 800×1000 砼支撑，第二、三道为 ϕ 609 钢支撑，第四、五、七、八道为 ϕ 800 钢支撑，第六道支撑采用 1200mm×1200mm 砼支撑。施工范围内地层由上至下依次为：杂填土、黏土、粉质黏土、圆砾、粉质黏土、粉砂、凝灰岩层。

2 模型建立及参数选取

利用 PLAXIS3D 有限元软件对宁波市泽民站基坑施工进行模拟，建立 150m×50m×120 的 3D 基坑模型，基坑宽 22.5m，深 29.2m，基坑两侧设置 70.7m 的超深地连墙，分 9 步开挖，1~8 步每步开挖 3m，最后一步开挖 5.2m，每一步开挖后在开挖面上方 1m 处施加支撑，其中第一道及第六道混凝土支撑间距为 9m，每一层设置 6 根，第二、三、四、五、七、八道钢支撑间距为 3m，每一层设置 17 根。模型共划分了 30725 个单元，53386 个节点。

利用生死单元法对施工过程进行模拟，过程包括：①建立 3D 基坑土体模型。②赋予土体属性参数。③在土体模型中建立基坑衬砌模型，其中地连墙选用板单元，混凝土支撑及钢支撑选用梁单元。④设置分析步，第一步为地应力分析步，按照上述开挖方式设置后续分析步。⑤划分网格。⑥进行作业计算。

所建基坑有限元模型如图 1，基坑地层划分如图 2 所示。

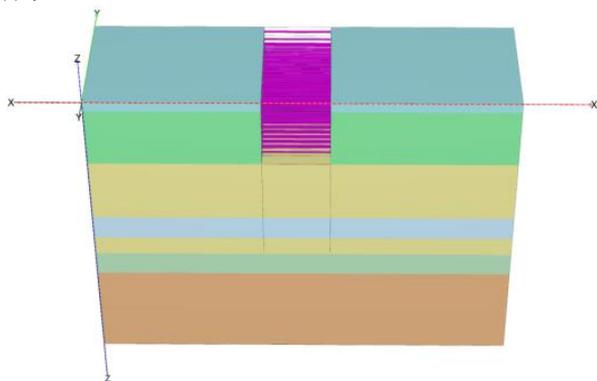


图 1 有限元模型图

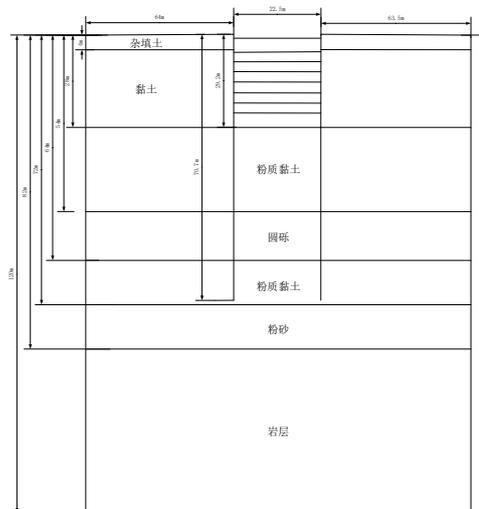


图 2 基坑土层分布图

在硬化土小应变本构模型（HSS）中土的性质主要由以下几个参数决定，包括：土的天然重度 γ 、土的饱和重度 γ_{sat} 、割线弹性模量 E_{50}^{ref} 、切线弹性模量 E_{oed}^{ref} 、卸载弹性模量 E_{ur}^{ref} 、小应变初始剪切模量 G_0 、割线剪切模量为初始值 70% 时的剪切应变值 $\gamma_{0.7}$ 、有效粘聚力 c' 、有效内摩擦角 ϕ' 。各土层参数如表 1、衬砌参数如表 2 所示。

表 2 模型材料参数设置

材料类型	密度 (KN/m ³)	泊松比	弹性模量 (Pa)
地连墙	2300	0.3	3e10
砼支撑	2400	0.3	3e10
钢支撑	7800	0.2	200e10

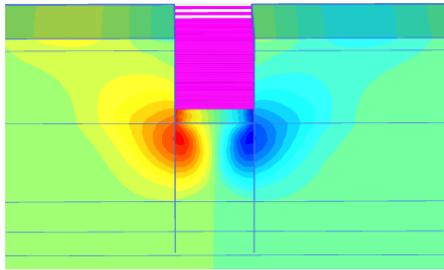
3 模型计算结果及分析

3.1 地连墙水平位移变化规律

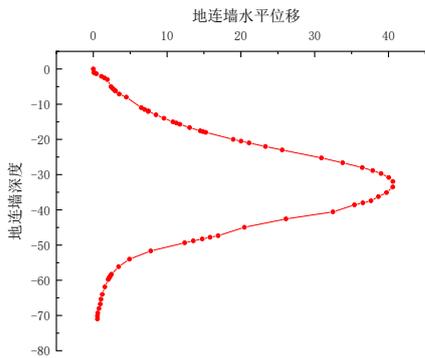
在基坑开挖过程中，地连墙的水平位移是一个重要的监测指标。通过对地连墙水平位移与深度关系的分析，可以更好地了解基坑开挖过程中的变形规律，为基坑支护设计和施工提供重要参考。本文通过 PLAXIS3D 有限元软件对地连墙的水平位移进行模拟，模型模拟基坑施工完成后地下墙水平位移如图 3。

表 1 模型土体参数设置

	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	E_{50}^{ref} (kN/m ²)	E_{oed}^{ref} (kN/m ²)	E_{ur}^{ref} (kN/m ²)	G_0 (kN/m ²)	$\gamma_{0.7}$	c' (°)	ϕ' (°)
杂填土	18.3	19.3	5000	5000	20e3	60e3	1e-4	10	28
黏土	17.8	19	4130	4130	28.9e3	41.3e3	1e-4	20.8	10
粉质黏土	18.7	19.7	6740	6740	50.6e3	101e3	3e-4	14.2	10.4
圆砾	21	22	20e3	19e3	59e3	120e3	5e-4	7.4	30
粉砂	21	22	18.9e3	17.9e3	50.7e3	110.4e3	5.6e-4	6.4	32.9
岩体	23	24	30e3	30e3	150e3	300e3	2e-4	80	25



(a) 模型模拟结果图



(b) 数据整理图

图3 地连墙水平位移图

通过图 3 的趋势和形态可以看出位移曲线整体呈现出向右凸出的形态,说明地连墙在基坑开挖过程中向基坑内侧发生位移。位移曲线随深度呈现不同的变化特征,地连墙的水平位移在深度方向有显著的峰值位置。地连墙最大水平位移出现在深 31.9m 处,水平位移值为 40.6mm。地连墙水平位移在深度方向上的分布呈现出较为明显的变化。具体来说,在浅部(0~32m),水平位移随着深度的增加逐渐增大,达到最大值 40.6mm,在深部(-32~-71m),水平位移随着深度的增加逐渐减小至 59m 处趋于稳定水平位移值在 1mm 左右,说明随着深度的增加,墙体所受的侧压力减小,位移趋于稳定。

为了进一步研究在施工过程中基坑开挖对于地连墙水平位移的影响,对不同施工步的地连墙水平位移进行了模拟计算,结果如图 4。

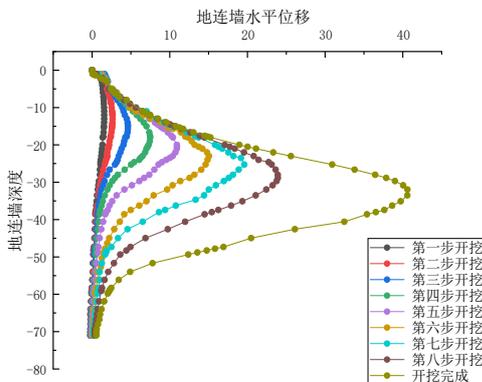


图4 地连墙水平位移随施工阶段变化图

如图 4 所示,各个开挖阶段的位移曲线形态相似,随

着开挖深度的增加,位移曲线向右逐步移动,显示了不同开挖阶段地连墙的水平位移情况。各开挖阶段的水平位移最大值逐步增大,最终在开挖完成时达到最大值。具体数值如下:

第一步开挖:最大水平位移为 1.57mm,出现在地连墙深 12m 处。

第二步开挖:最大水平位移为 2.64mm,出现在地连墙深 12m 处。

第三步开挖:最大水平位移为 4.62mm,出现在地连墙深 15m 处。

第四步开挖:最大水平位移为 7.48mm,出现在地连墙深 18m 处。

第五步开挖:最大水平位移为 10.93mm,出现在地连墙深 20.5m 处。

第六步开挖:最大水平位移为 15.04mm,出现在地连墙深 23m 处。

第七步开挖:最大水平位移为 19.6mm,出现在地连墙深 25m 处。

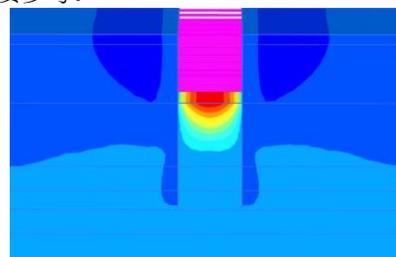
第八步开挖:最大水平位移为 23.9mm,出现在地连墙深 29m 处。

第九步开挖:最大水平位移为 40.6mm,出现在地连墙深 32m 处。

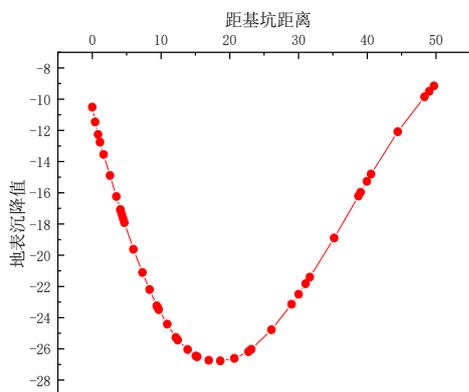
总体来看,地连墙水平位移随深度变化趋势一致,位移曲线皆呈现出“钟形”分布,中部区域的位移较大,而浅部和深部的位移较小。但不同开挖阶段的水平位移在深度方向上的分布情况有所不同,随着施工的不断进行,地连墙水平位移不断增加的同时,水平位移最大值处也在不断下降,且不同施工阶段对地连墙水平位移的影响不同。在初期开挖阶段,位移增量相对较小。随着开挖深度的增加,位移增量逐步增大,尤其在中后期开挖阶段,位移增量显著增大,这表明在基坑施工过程中,需要特别关注中后期开挖阶段的墙体变形,采取必要的支护和加固措施,以控制墙体的水平位移。

3.2 基坑两侧地表沉降的变化规律

在基坑开挖过程中,地表沉降是一个重要的监测指标。地表沉降与距基坑距离有着密切的关系。通过对地表沉降与距基坑距离关系的定量及定性分析,可以更好地理解基坑开挖过程中的地表变形规律,为基坑支护设计和施工提供重要参考。



(a) 模型模拟结果图



(b) 数据整理图
 图 5 地表沉降移图

如图 5 (a) 所示, 曲线两侧对称, 表明基坑两侧的地表沉降情况基本一致。而由 (b) 图可以看出地表沉降在距基坑 18.6m 处达到最大值, 最大沉降值为 26.77mm, 沉降曲线在不同距基坑距离处有不同的变化规律。通过读取图表中的数据点, 可以得到以下特征: 沉降曲线整体呈现出“U”形, 在距基坑 0m 处, 地表沉降为 10.5mm, 随着距基坑距离的增加, 地表沉降值逐渐增加, 这是因为开挖深度的增加导致土压力逐步释放, 地面沉降逐渐加剧。在 18.6m 处达到最大值 26.77mm, 之后随着距基坑距离的增加而逐渐减小至趋近于 0, 同时沉降变化速率在不同距基坑距离处也有所不同。在距基坑 0~18.6m 处, 沉降速率较快; 在距基坑 18.6~50m 处, 沉降速率减缓。在基坑开挖过程中, 需要特别关注距基坑 18m 左右位置的地表沉降, 采取必要的支护和加固措施, 以控制地表沉降, 确保施工安全。

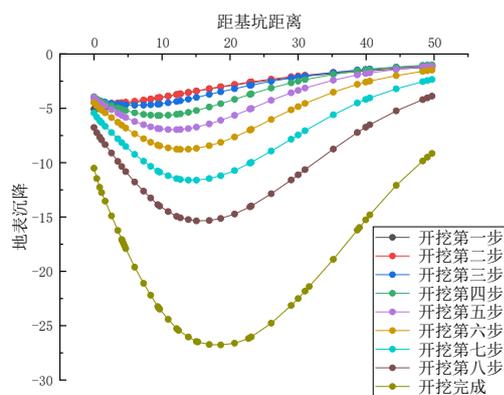


图 6 地表沉降随施工阶段变化图

如图 6 所示, 图中显示了不同开挖阶段地表沉降的情况。开挖完成时, 地表沉降的最大值为-26.77mm, 对应的距基坑距离约为 18.6m。在开挖第一步到第八步过程中, 地表沉降的最大值逐步增大, 最终在开挖完成时达到最大值。不同开挖阶段的地表沉降在距基坑距离方向上的分布情况有所不同。总体来看, 地表沉降在距基

坑约 18m 处达到最大值, 然后逐渐减小。沉降曲线呈现出“U”形分布, 中部(距基坑 10~25m)区域的沉降较大, 而两端(距基坑 0~10m 和距基坑 25~50m)的沉降较小。不同施工阶段对地表沉降的影响不同。在初期开挖阶段, 沉降增量相对较小。随着开挖深度的增加, 沉降增量逐步增大, 尤其在中后期开挖阶段, 沉降增量显著增大。这表明在基坑施工过程中, 需要特别关注中后期开挖阶段的地表沉降情况, 采取必要的支护和加固措施, 以控制地表沉降。

3.3 支撑受力分析

设置支撑是基坑开挖中的重要环节, 合理的布置支撑可以起到支撑土体、控制变形、提高施工安全性等作用, 因此对基坑支撑的轴力进行受力分析是必要的, 本文所依托的宁波市泽民站基坑采取了八道支撑, 其中第一层与第六层为混凝土支撑, 其余均为钢支撑, 混凝土支撑间隔 9m 布置, 钢支撑间隔 3m 布置, 模拟结果如表 3 所示。

表 3 钢支撑轴力及最大弯矩模拟结果

	支撑轴力 (kN)	支撑最大弯矩 (kN·m)
第一道砼支撑	157.1	9.9
第二道钢支撑	543.6	15.7
第三道钢支撑	696.0	22.44
第四道钢支撑	836.2	28.31
第五道钢支撑	936.7	44.5
第六道砼支撑	3996	94.93
第七道钢支撑	1980	73.44
第八道钢支撑	3620	104

如表 3 所示, 随着开挖深度的增加, 支撑轴力及最大弯矩不断增加, 钢支撑在第八层达到最大值, 轴力最大值为 3620kN, 最大弯矩为 104kN·m, 而砼支撑由于间隔较大, 因此所受轴力与弯矩较大, 第六层砼支撑轴力达到 3996kN, 最大弯矩为 94.93kN·m, 在施工时, 应格外注意较深层的支撑监测与保护已经在支撑拆除时的保护, 同时也可根据支撑轴力的变化规律对支撑进行优化。

4 结论

(1) 本文以宁波市泽民站基坑工程为依托, 利用 PLAXIS 3D 有限元软件基于 HSS 本构模型对复杂地层下的软土基坑施工进行模拟。对基坑的地连墙水平位移变化规律、基坑两侧地表沉降变化规律以及支撑受力进行了分析。

(2) 对基坑的地连墙水平位移变化规律、基坑两侧地表沉降变化规律以及支撑受力进行了分析。

(3) 分析结果表明, 随着基坑开挖深度的不断增加, 地连墙水平位移、基坑两侧地表沉降以及支撑轴力和支撑最大弯矩均有显著提升, 因此在实际施工时, 随着施工进

度的推进,应加强对地连墙水平位移、地表沉降以及支撑的监测与保护。

[参考文献]

- [1] 孟瑞军. 杭州淤泥质粉质黏土小应变硬化土模型参数试验及工程应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2024, 51(2): 303.
- [2] 尹骥. 小应变硬化土模型在上海地区深基坑工程中的应用[J]. 岩土工程学报, 2010, 32(1): 166.
- [3] 卫俊杰, 等. 珠海富水软土小应变硬化参数试验研究[J]. 中山大学学报(自然科学版)(中英文), 2024, 63(4): 132.
- [4] 徐伟, 等. 武汉软土小应变硬化模型参数试验研究[J]. 安全与环境工程, 2024, 31(2): 88.
- [5] 沈丹祎, 等. 宁波浅层软土小应变硬化土模型参数试验研究[J]. 岩土工程学报, 2023, 45(1): 114.

作者简介: 王树良(1979.3—), 男, 民族汉族, 籍贯: 河北唐山, 学历: 本科, 毕业于中南大学; 研究方向: 桥梁、地下工程施工技术管理。

道路桥梁工程中混凝土施工技术的应用与优化研究

张仕鹏

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 石河子 832000

[摘要]随着现代道路桥梁建设的不断发展,混凝土作为重要的建筑材料,其施工技术的应用和优化对于提升道路桥梁工程的质量和使用寿命具有重要意义。文中对道路桥梁工程领域内的混凝土施工技术实施深入研究,并对其现有优化途径进行广泛探讨。在混凝土的配合比设计、搅拌、运输、浇筑、养护等关键施工环节上,综合国内外研究成果与工程实施经验,提出了优化策略,包括提高混凝土材料选型、改善施工流程、强化现场管理等。在桥梁建设过程中,采用科学施工技术 with 合理优化手段,能显著提升工程品质,拓展桥梁寿命,同时减少施工开支。针对道路桥梁工程领域,文中旨在提出混凝土施工技术的理论依据与实践指引。

[关键词]混凝土; 施工技术; 道路桥梁工程; 施工优化

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14358 中图分类号: TU375 文献标识码: A

Research on the Application and Optimization of Concrete Construction Technology in Road and Bridge Engineering

ZHANG Shipeng

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: With the continuous development of modern road and bridge construction, concrete, as an important building material, the application and optimization of its construction technology are of great significance for improving the quality and service life of road and bridge engineering. The article conducts in-depth research on concrete construction technology in the field of road and bridge engineering, and extensively explores its existing optimization approaches. Based on the research results and engineering implementation experience at home and abroad, optimization strategies have been proposed for key construction processes such as mix design, mixing, transportation, pouring, and curing of concrete, including improving the selection of concrete materials, enhancing construction processes, and strengthening on-site management. In the process of bridge construction, adopting scientific construction techniques and reasonable optimization methods can significantly improve the quality of the project, extend the service life of the bridge, and reduce construction costs. The purpose of this article is to propose the theoretical basis and practical guidance for concrete construction technology in the field of road and bridge engineering.

Keywords: concrete; construction technology; road and bridge engineering; construction optimization

引言

在道路桥梁建设中,混凝土作为主要的结构材料之一,其施工质量直接影响到桥梁的安全性与使用寿命。伴随着交通流量的持续攀升与工程技术的飞速发展,道路桥梁施工领域的标准与需求愈发严苛,传统混凝土施工方法遭遇了诸多挑战^[1]。在道路桥梁工程领域,如何有效提高混凝土施工的质与效,并保障结构稳定与耐久,已成为当前亟待解决的核心议题。对道路桥梁工程实施混凝土施工技术的应用与优化,不仅能够显著提升施工品质与项目效益,而且对于促进道路桥梁工程的持续发展具有至关重要的价值。从混凝土施工技术的基本原理切入,探讨其于道路桥梁工程领域内的应用情形,并辅以具体案例,提炼出相应的改进策略,旨在为行业实际操作提供借鉴。

1 混凝土施工技术的基本原理

混凝土施工技术的基本原理主要涉及混凝土的组成、性能、施工工艺及其对工程质量的影响。混凝土由水泥、

骨料、砂、外加剂和水组成,是一种能够在固化后具有较高强度的建筑材料。其性能受多种因素的影响,包括水泥种类、骨料的质量、掺和料的使用以及水灰比等。施工中,合理的配合比设计能够有效控制混凝土的流动性、强度、耐久性等关键性能。混凝土在搅拌过程中,通过外部的机械作用,水泥与水反应形成水化产物,逐渐硬化形成稳定的结构^[2]。

在混凝土施工技术领域,浇筑与养护环节扮演着至关重要的角色。在实施浇筑作业时,必须依据工程具体状况,挑选适宜的混凝土浇筑途径(诸如泵送、吊装等),同时执行精确的振捣作业,以保证混凝土填充模具的每一个角落。有效预防气泡与裂缝的出现,对浇筑完成的混凝土实施养护作业,是确保其具备预定强度与耐久性的关键环节。通过维持适宜的温湿度环境,水泥水化反应得以顺畅进行,进而确保混凝土性能满足设计标准。确保混凝土品质的关键在于采纳科学的施工手段,以此规避工艺失误引起的质

量问题,从而稳固工程的整体稳定性。

对具体工程项目特点实施混凝土施工技术的个性化调整,此举至关重要。针对道路桥梁工程,混凝土在施工过程中需应对温差、湿度、荷载等多元复杂因素,施工技术须考虑调整,以优化其性能,保障其在极端环境挑战下仍具备卓越的强度与耐久性。

2 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用现状

在道路桥梁工程中,混凝土作为主要的承重和结构材料,其施工技术的应用直接关系到工程的质量和使用寿命。近年来,随着交通建设项目的不断增多和技术进步,混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用逐渐趋向多样化和精细化。传统的混凝土施工技术依靠人工操作和简单的机械设备,虽然能够完成基本的施工任务,但在施工效率和质量控制方面存在一定的局限性。

配合比设计是混凝土施工中的基础,直接影响到混凝土的工作性、强度和耐久性。针对道路桥梁工程,混凝土的配合比设计需充分考量高强度与高耐久性,以应对复杂环境及长期交通荷载的挑战。在混凝土配合比设计的现代研究中,对传统材料的选择给予了重视,同时采纳了矿物掺合料及外加剂等新型材料,旨在优化混凝土特性,显著增强其抗冻、抗渗、抗裂性能^[3]。

浇筑混凝土时,振捣作业是保障其密实与强度至关重要的操作步骤。桥梁构筑过程中,混凝土振捣作业务必做到细致入微,以保证材料填充模板全方位,防止形成空洞、气泡等缺陷,进而影响整体结构强度。在振捣作业中,恰当的振动频率及持续时间是确保混凝土浇筑品质的决定性因素。浇筑成型的混凝土,若想确保其拥有稳固的强度与持久的使用性能,实施恰当的养护措施是至关重要的举措。混凝土的水化反应,在特定的湿度与温度环境中得以进行,故而,恰当的养护手段能够显著增强其性能表现。

在数字化和自动化技术的推动下,诸如智能浇筑监控系统、自动化振捣设备等新兴施工技术已被广泛应用于道路桥梁建设领域,显著提升了施工过程的精确性与效能。在混凝土施工领域,通过实施一系列环境控制手段,包括采用温控养护技术以及运用高性能混凝土,有效提升了施工质量保障水平。在道路桥梁建设中,混凝土施工技术迈入新阶段,传统工艺优化显著,同时引入新技术,为工程质量升级与成本管控带来创新路径。

3 混凝土施工技术的优化策略

3.1 材料选择与配比优化

混凝土的材料选择和配比优化是确保道路桥梁工程施工质量的基础环节。材料的选择直接决定了混凝土的工作性、强度、耐久性等关键性能,进而影响工程结构的稳定性与安全性。在现代道路桥梁工程中,混凝土的材料选择不仅仅局限于传统的水泥、骨料和水,还包括矿物掺合料、化学外加剂等新型材料。合理的材料选择能够有效改

善混凝土的各项性能,尤其是抗冻性、抗渗性和抗裂性,从而提升桥梁的使用寿命和安全性^[4]。

首先,水泥的选择对混凝土的强度和耐久性有重要影响。混凝土在早期阶段的强度得以提升,得益于高标号水泥的应用;同时,低水泥用量的选取,可有效降低裂缝产生的概率。在混凝土中掺入粉煤灰、硅灰及矿渣等矿物掺合料,显著提升了其工作性能与耐久度,尤其在恶劣环境挑战下,此类掺合料的运用大幅增强了混凝土的防冻融与防水渗透能力,有效延缓了桥梁的老化进程。在配比优化过程中,骨料的选择扮演着至关重要的角色,骨料的粒径大小、形状特性以及表面光洁度等属性,均能对混凝土的密实性与强度产生显著影响。因此,混凝土配比设计阶段,必须对水泥、骨料、水及外加剂的比例实施严格调控,确保各项指标满足工程设计规范。

在现代混凝土的配比优化过程中,不再仅仅依赖经验公式,而是通过计算与实验的融合,运用性能设计法、数学优化法等手段,实现科学化的配比设计,通过调整水胶比、砂率等关键参数,对混凝土性能进行精细调控,旨在确保其强度达标的前提下,最大限度地提升其施工性能与耐久度。工程领域在混凝土配比优化技术上的进步,使得诸多项目得以通过精准的配比手段,不仅有效削减了成本支出,而且显著提升了施工的效率 and 工程的整体品质。在当代工程实践中,推崇采用环保的绿色建材,如再生骨料与废旧水泥,此举对于提升工程发展的持续性至关重要^[5]。

3.2 施工工艺改进

混凝土施工工艺的改进是确保道路桥梁工程顺利运行的关键,涵盖了搅拌、运输、浇筑、振捣、养护等多个环节。在当代桥梁建设的领域,施工技术的持续革新与优化,不但大幅提升了施工效能,亦显著提升了混凝土的品质,极大降低了施工过程中出现的瑕疵与潜在风险。混凝土施工因搅拌工艺的优化而获得更为坚实的基础。在传统搅拌过程中,搅拌不均和温差较大等状况屡见不鲜,此类现象对混凝土质量表现产生显著负面影响。采用先进的机械搅拌技术与精确的配料系统,现代搅拌设备得以保障混凝土的均质与稳定。在浩如烟海的公路桥梁建设领域,引入自动化搅拌系统这一先进技术,显著提升了施工效率,大幅降低了人为操作失误的可能性,进而确保了混凝土成品的高品质^[6]。

混凝土的运输和浇筑环节也经历了显著的技术革新。传统的人工运输和浇筑方式效率较低,且难以保证混凝土的均匀性。现如今,泵送技术和高压输送管道的应用使得混凝土的运输过程更加快捷,能够实现长距离、远距离的浇筑任务。在浇筑作业期间,运用自流平混凝土技术及智能化浇筑系统,显著降低了人工干预及施工误差,从而保障了混凝土浇筑的精确性与品质。在桥梁结构复杂、施工难度大之情境下,对施工工艺的合理优化,显著提升施工效率,有效缩短工程时长。施工工艺的优化中,对混凝土

浇筑后的振捣与养护环节的重视,尤为关键,在传统的施工操作中,手工振捣技术往往面临漏振与过振的双重困扰,这直接导致了混凝土结构密实性与抗压能力的下降。技术的不断革新推动着自动化振捣设备与振动监控系统应用,大幅提升了混凝土振捣的精确度,显著减少了表面气泡与空洞的生成风险。在混凝土养护过程中,通过实施温控与湿度调节等手段,优化养护工艺,有效调控水化反应,从而显著增强混凝土的强度与耐久性能。

3.3 现场管理与质量控制

现场管理与质量控制是混凝土施工技术中至关重要的环节,它涉及施工过程中对各项工序的规范操作、质量检测、人员协调等方面的管理。施工过程顺畅与否,关键在于现场管理的优劣,它不仅关乎施工进度的平稳推进,更能在很大程度上遏制因管理疏忽引发的工程缺陷,从而显著提高工程整体的品质水平。施工现场的合理规划与高效组织,乃保障施工顺利进行的关键要素。在混凝土施工这一复杂过程中,各环节的紧密衔接及众多施工队伍间的默契配合至关重要,若组织与协调不足,施工进度常受影响,质量问题亦随之而生。科学规划施工现场布局,有效缩减运输距离,显著降低混凝土浇筑时间,进而防止混凝土在运输及浇筑阶段性能发生波动。混凝土质量的优劣,与施工人员的技术水平及操作规范的遵守程度密切相关,实施针对施工人员的技术与专业培训,并对其实施严格的考核,以保障各项操作流程严格遵循既定标准。在混凝土施工领域,质量控制扮演着至关重要的角色,其地位无可替代,严格把关混凝土配比、搅拌与运输等环节,同时,对施工过程中的每一个细节均需进行质量控制,浇筑环节需准确把握混凝土浇筑的顺序、层次以及振捣力度,以此保障其结构的密实程度;混凝土养护作业需针对各种气候状况,采纳适宜的养护策略,以防误操作导致结构强度受损。施工现场借助先进的质控设备与信息化管理体系,对混凝土质量实施实时监控,确保质量指标达标,并能迅速识别并处理潜在问题^[7]。

3.4 新型混凝土技术的应用

新型混凝土技术的应用是推动道路桥梁工程施工质量提升的重要途径。随着材料科学和施工技术的不断发展,各种新型混凝土技术逐渐被引入到桥梁建设中,这些技术不仅能够提高混凝土的性能,还能有效应对不同环境条件下的施工难题,提升工程的整体质量和效益。高性能混凝土(HPC)技术的应用使得桥梁工程在面对高强度、高耐久性要求时,能够满足日益严格的工程标准。高性能混凝土不仅具有较高的强度,还具有更好的耐腐蚀性、抗冻性

和抗渗性,因此在桥梁建设中得到广泛应用。通过使用高性能混凝土,桥梁能够在更恶劣的环境条件下长时间保持结构稳定性和安全性。

随着智能化混凝土技术的广泛应用,诸如智能浇筑监控系统以及自动化控制浇筑设备等应用场景日益丰富。借助这些尖端的施工辅助工具,对施工环节中的关键数据实施即时跟踪与调整,确保工程管理的精确化,施工效率得以提升。自动化浇筑技术在复杂结构中保障了混凝土的均匀稳定,有效消除了人工操作误差,行业趋势中,绿色建材的兴起促使环保型混凝土的研究与应用日益凸显,实施再生骨料与低碳水泥等环保建材应用,有效降低资源耗费与CO₂排放量,助力达成可持续发展目标。道路桥梁工程得以运用新型混凝土技术,在提升施工品质之际,亦有效满足了环保与资源节约的双重需求,进而助力建筑行业迈向高效、绿色、智能的发展轨迹^[8]。

4 结语

混凝土施工技术的优化不仅提高了道路桥梁工程的施工质量和效率,也促进了建筑行业的可持续发展。未来,随着新材料、新技术和信息化手段的进一步应用,混凝土施工技术将在保证工程质量、提高施工效率的同时,更加注重环保和资源节约,推动道路桥梁工程向绿色、智能、高效的方向发展。

[参考文献]

- [1]李崇彬. 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用[J]. 汽车画刊, 2024(8): 221-223.
 - [2]尚峰. 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(2): 589-590.
 - [3]李国玉. 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用[J]. 运输经理世界, 2022(10): 94-96.
 - [4]李玉飞. 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(7): 167-168.
 - [5]赵栓成. 道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(7): 74-75.
 - [6]李慧风. 道路桥梁工程中混凝土施工技术的应用[J]. 山西建筑, 2018, 44(27): 159-160.
 - [7]王占营. 道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的应用研究[J]. 安徽建筑, 2018, 24(5): 158-362.
 - [8]樊果. 道路桥梁工程施工中混凝土施工技术的应用[J]. 绿色环保建材, 2018(8): 152-153.
- 作者简介: 张仕鹏(1991.6—), 毕业院校: 湖南理工学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 职称级别: 中级工程师。

公路桥梁加固维修技术及养护管理分析

陈富杰

云南交投公路建设第五工程有限公司, 云南 昆明 650000

[摘要]公路桥梁作为重要的交通基础设施,在日常使用和自然环境的作用下,经常面临着各种破损、老化和结构性问题,这不仅影响了桥梁的正常使用,也对交通运输的安全和畅通产生了重大影响。因此,为了确保公路桥梁的安全可靠运行,以及延长其使用寿命,需要进行加固维修和养护管理。本研究旨在对公路桥梁加固维修技术及养护管理进行深入分析,以为桥梁维护保养提供科学依据和技术支持。

[关键词]公路桥梁; 加固维修; 养护管理

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14410

中图分类号: U44

文献标识码: A

Analysis of Reinforcement and Maintenance Technology and Maintenance Management for Highway Bridges

CHEN Fujie

No.5 Engineering Co., Ltd. of Yunnan Communication Investment & Construction Group, Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract: As an important transportation infrastructure, highway bridges often face various damages, aging, and structural problems in daily use and natural environment. This not only affects the normal use of bridges, but also has a significant impact on the safety and smoothness of transportation. Therefore, in order to ensure the safe and reliable operation of highway bridges and extend their service life, reinforcement, maintenance, and upkeep management are necessary. The purpose of this study is to conduct an in-depth analysis of the reinforcement and maintenance technology and maintenance management of highway bridges, in order to provide scientific basis and technical support for bridge maintenance and upkeep.

Keywords: highway bridges; reinforcement and maintenance; maintenance management

引言

随着公路桥梁的不断老化和使用频率的增加,其结构和材料可能出现各种问题,如混凝土表面开裂、钢结构腐蚀、支座损坏等,加固维修技术成为确保桥梁安全的重要手段。通过采用各种加固技术,如钢板粘贴加固、预应力加固、碳纤维加固等,可以修复和加固桥梁受损部位,提高其承载能力和抗震能力,延长桥梁的使用寿命。养护管理包括定期检测、维护保养、结构健康监测和紧急抢修等内容,通过建立健全的桥梁养护管理体系,可以及时发现和处理桥梁存在的问题,预防和减少事故的发生,保障桥梁的安全和稳定运行。通过不断探索和应用新技术、建立健全的管理体系,可以有效提高桥梁的抗灾能力和运行效率,为公路交通运输的发展做出积极贡献。

1 公路桥梁加固维修及养护管理的必要性

1.1 公路桥梁养护管理的必要性

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,承载着日益增加的车辆和货物流量,经受着多种自然和人为因素的影响。公路桥梁的养护管理可以确保桥梁的安全可靠运行、延长使用寿命,保障交通的畅通和安全。首先,公路桥梁承担着极其重要的交通运输功能,其安全状况直接关系到交通的畅通和用户的出行安全。随着桥梁使用时间的增加,由于自然因素、交通荷载和材料老化等原因,桥梁

可能出现各种问题,如裂缝、腐蚀、疲劳等,定期的养护管理可以及时发现这些问题,采取相应的维护措施,防止小问题演变为严重隐患,从而确保桥梁的安全性。其次,养护管理有助于提高公路桥梁的使用寿命^[1]。在公路桥梁的正常使用过程中,由于交通荷载和环境因素的不断作用,桥梁结构可能会逐渐疲劳、老化。通过定期检测和维护,可以及时修复受损部位、加固结构,延缓桥梁的老化进程,提高其整体的耐久性和使用寿命。最后,养护管理还有助于提高桥梁的抗灾能力。在自然灾害,如地震、洪水等发生时,养护管理可以通过对桥梁结构的监测和评估,为灾后紧急抢修提供及时的技术支持,降低灾害对桥梁结构的影响,减小灾害带来的经济和社会损失。

1.2 公路桥梁加固维修的必要性

公路桥梁加固维修不仅可以确保桥梁的安全稳定运行,还能有效延长其使用寿命。公路桥梁承担着重要的交通运输任务,其安全性和可靠性对整个交通系统的畅通至关重要,由于桥梁通常承受车辆荷载、温度变化、化学侵蚀等多种力和环境因素,可能导致混凝土开裂、钢材腐蚀、桥墩沉降等问题。通过加固维修,可以针对性地修复和强化受损结构,提高桥梁的整体承载能力,确保其在服务期内安全运行^[2]。随着桥梁使用年限的增长,结构会出现疲劳、老化等现象,影响其结构强度和稳定性,加固维修技

术可以对这些受损部位进行有效修复,采用现代化的技术手段,如预应力加固、碳纤维增强等,从而提高桥梁的抗荷能力和抗震性能,延缓结构老化过程,确保其长期安全运行。加固维修还有助于适应交通运输的发展和变化,对桥梁进行改建和更新,提升其适应性,以应对新的交通运输挑战,确保交通的高效、安全和可持续发展。相较于不加固而直接更换桥梁结构的方法,加固维修通常更为经济和环保,能在保持原有结构的基础上,通过有针对性的修复和加固,达到延长使用寿命的效果,减轻维护和更新的经济负担,有效地保护和维护桥梁结构,为公路交通的可持续发展提供坚实的支撑。

2 公路桥梁加固维修技术要点

2.1 路基加固修护

路基加固修护包括前期调查与评估、表面处理、加固材料的选择与施工、排水设计,以及质量控制与监测等关键步骤。前期调查与评估是路基加固修护的基石,通过地质勘察、路基结构检测和交通荷载调查,全面了解路基的实际状况,为后续加固工作提供科学的依据,这个阶段需要仔细分析路基的土质、水文条件、交通荷载等因素,确立加固的需求和方向。在实际操作中,表面处理是路基加固修护的第一步,清理路面上的杂物、填补坑洞、修复路肩等,确保路面干燥清洁,有助于提高施工的效率,同时为后续的加固材料施工创造了良好的条件。填土加固是一种常见的技术,应选择适宜的填土材料,如砂土、黏土,按设计要求进行分层填筑,通过逐层压实,确保填土的均匀性和稳定性,还可以通过嵌入土工格栅,增强土体的抗拉性能,提高整体的承载能力。路基加固修护中要进行排水设计,维护现有排水系统、修复损坏的排水设施,以及可能的加设雨水口、排水沟等,都是为了确保雨水能够及时排除,防止积水对路基造成侵蚀。

2.2 构件裂缝加固维修

构件裂缝加固维修技术首先应进行表面处理,对裂缝处进行彻底清理,确保附着表面干净、干燥,并且去除松动的碎屑和污物,为后续的填充和加固提供一个良好的基础,保证修补材料能够有效地附着在构件表面上。填充材料的选择与施工时,应根据裂缝的宽度和深度,选用适当的填充材料进行填补,如环氧树脂、聚合物混凝土等。在施工过程中,需要将填充材料均匀地填充到裂缝中,确保充实,避免空洞和缝隙的存在,对于较宽的裂缝,可以采用填充网格或植筋等加固手段,提高裂缝的承载能力和抗拉性能。针对裂缝处进行加固时,常用的加固方法包括碳纤维布贴片、钢板粘贴等,首先在裂缝周围涂抹粘结剂,然后将加固材料覆盖在裂缝处,确保与构件表面充分接触并且紧密粘合,有效地提高构件的承载能力和抗裂性能,延长其使用寿命^[3]。在施工完成后,要对加固部位进行质量检验,确保填充和加固材料的质量符合要求,并且加固

效果良好,建立定期巡视与监测机制,对加固后的构件进行跟踪监测,及时发现并处理可能存在的问题,确保加固维修的长期有效性。

2.3 锚喷加固技术

在实施锚喷加固之前,要对施工表面进行彻底清理,确保表面干净、无尘无杂质,提高锚喷材料与施工表面的附着力,确保加固层的牢固性。清理完成后,进行一次表面处理,如刷涂专用的粘结剂,以增强与锚喷材料的结合力。在选择锚喷材料时,需要根据具体的工程要求和施工环境,选用适宜的材料,常见的包括聚合物、水泥等,在准备工作完成后,将锚喷材料与水按照一定的比例混合,并充分搅拌均匀,以确保混凝土的均匀性和稳定性。进行锚喷加固施工时,使用专用的喷射设备,如喷浆泵或喷射枪,将事先准备好的锚喷材料通过压力喷射的方式喷涂到需要加固的表面,形成一层坚固的保护层,在喷涂过程中,注意喷涂厚度的控制,确保加固层的厚度符合设计要求,并且保持施工的均匀性和一致性。施工完成后,对加固层进行质量检验,检查加固层的厚度、密实度和表面质量等指标是否符合设计要求。

2.4 预应力加固技术

在实施预应力加固之前,要对桥梁结构进行全面的检查和评估,确定加固的范围和方式,进行现场测量和调查,获取结构的几何参数和荷载状况等数据,为后续的设计和施工提供准确的基础,根据实际情况和加固的要求,进行预应力加固的设计和计算,确定预应力的位置、位置和布设方式。设计过程中考虑结构的受力特点、预应力锚固的位置、预应力钢束的数量和张拉方案等因素,以确保加固效果满足设计要求。在进行预应力加固施工时,首先需要布设预应力钢束,将钢束穿过桥梁结构中预先设置的孔洞或管道,并严密固定。然后,通过专用的张拉设备对预应力钢束进行张拉,施加预定的张拉力,使钢束产生预应力,然后将钢束的端部固定在锚固装置上,保持预应力的长期稳定。完成预应力钢束的张拉后,进行预应力混凝土的浇筑,浇筑过程中,注意混凝土的配比和浇筑质量,确保混凝土的强度和密实性。完成浇筑后,进行充分的养护,包括保湿、防止冻融和控制温度等措施,以确保混凝土的早期强度和长期稳定性。只有通过科学规范的操作,才能够确保施工质量和加固效果,延长桥梁的使用寿命,提高其安全性。

2.5 桥面加厚补强技术

进行加厚补强之前,要对桥面进行彻底的检查和评估,确定加固的范围和方式。同时,对桥面表面进行清理,去除松散的碎石、污物和油污等,以确保加固材料能够充分附着在桥面表面上。根据桥梁的实际情况和设计要求,选择合适的加固材料,如聚合物改性沥青、水泥混凝土等,在准备工作完成后,将加固材料按照设计要求进行搅拌和

配制,确保其质量和性能符合要求。在进行桥面加厚补强施工时,首先需要将预先准备好的加固材料均匀地铺设在桥面表面上,形成一层均匀的加固层,利用压路机或振动器等设备对加固层进行压实,确保其密实性和平整度,在压实过程中,注意控制加固层的厚度和压实程度,以确保施工质量和加固效果^[4]。施工完成后,对加固层进行质量检验,检查加固层的厚度、密实度和表面平整度等指标是否符合设计要求,进行结构稳定性和安全性的综合评估,确保加固后的桥面能够满足使用要求。

2.6 桥梁破损修补技术

首先,对桥梁进行全面的检查和评估,确定破损的位置、类型和程度,对破损部位进行清理,去除松散的碎石、污物和腐蚀的混凝土等,以确保修补材料能够充分附着在桥梁表面上。根据破损的具体情况和修补的要求,选择合适的修补材料,如聚合物修补料、水泥砂浆等,将修补材料按照设计要求进行搅拌和配制,确保其质量和性能符合要求。进行桥梁破损修补施工时,首先将预先准备好的修补材料填补到破损部位,使用刮板或抹刀将修补材料平整填充至与原桥面表面平齐,通过振实或压实等方式对修补部位进行压实,确保修补材料与原桥面结合牢固,不存在空洞和松动。

3 公路桥梁养护管理措施

3.1 健全与完善养护管理制度

第一,建立桥梁养护管理制度的基础在于全面的桥梁信息收集与数据库建设。通过对桥梁进行定期巡检、结构评估、材料检测等手段,获取桥梁的结构、材料、施工年限、交通负荷等重要信息,为制定养护计划、确定养护周期和选择合适的养护方法提供科学依据。第二,制定合理的养护计划是养护管理制度的核心。基于桥梁的实际情况和先前的信息收集,制定详细的养护计划,明确不同部位的养护频率、养护措施和使用的材料等,包括常规巡检、定期维护、计划性检修等不同层次的养护活动,以及应对突发状况的紧急维修方案。第三,建立养护档案体系^[5]。对每座桥梁建立详细的养护档案,包括结构图、养护计划、实施记录、材料使用情况等信息,实现对桥梁养护历史的追溯,为今后的养护决策提供参考依据。第四,建立健全的养护人员培训和管理制度。确保养护人员具备足够的专业知识和技能,能够熟练操作养护设备,正确使用养护材料。通过科学规范的操作,能够最大程度地延长桥梁的使用寿命,确保桥梁的安全稳定运行。

3.2 提升养护水平

提升公路桥梁的养护水平是确保桥梁安全可靠运行的重要措施。首先,加强桥梁的定期巡检和监测,通过利用先进的无损检测技术、传感器监测系统等设备,对桥梁结构、材料和荷载等进行实时监测和数据采集,及时发现桥梁的裂缝、变形、锈蚀等破损情况,为后续养护工作提供科学依据。其次,采用先进的养护技术和材料。引入新型的养护技术,如聚合物修补、碳纤维加固等,提高修补和加固效果,选择优质的养护材料,如高性能水泥、耐候性涂料等,提高桥梁的耐久性和抗腐蚀能力。再者,优化养护方案和工艺。根据桥梁的实际情况和养护需求,制定合理的养护计划和方案。采用科学有效的施工工艺,确保修补和加固工作的质量和效率,加强对养护人员的培训和管理,提高其技术水平和工作质量。最后,注重养护管理的信息化建设,建立桥梁养护管理系统,实现对桥梁养护数据的集中管理和分析,通过信息化手段,实现桥梁养护工作的精细化管理和监督,提高养护水平和效率。

4 结束语

加固维修技术的不断创新和养护管理的精细化将对公路桥梁的长期运行产生积极的影响。通过合理的技术手段和管理措施,可以延长桥梁的使用寿命,确保交通畅通和行车安全,未来需要继续加强技术研究和管理工作,不断提升桥梁工程的水平,以适应日益增长的交通需求和保障人民生命财产安全的迫切需要。

[参考文献]

- [1] 种霞. 公路桥梁施工管理养护技术及加固维修分析[J]. 运输经理世界, 2023 (21): 127-129.
 - [2] 陈锋. 基于公路桥梁养护及维修加固施工技术分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023 (7): 122-124.
 - [3] 刘银超. 公路桥梁养护及维修加固施工技术分析[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(35): 193-196.
 - [4] 孙俊杰. 公路桥梁养护与维修加固施工关键技术分析[J]. 交通世界, 2022 (24): 45-47.
 - [5] 刘佳. 公路桥梁养护与维修加固技术的应用分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(12): 252-254.
- 作者简介: 陈富杰(1992.2—), 毕业院校: 北京交通大学, 所学专业: 土木工程(公路工程与管理方向), 当前就职单位: 云南交投公路建设第五工程有限公司, 职务: 红河养护项目经理部工程技术部部长, 职称级别: 工程师。

建筑工程框架结构施工中的常见问题与技术形式分析

任有双

宁夏回族自治区第四建筑工程有限责任公司, 宁夏 固原 756000

[摘要]随着我国经济的快速发展, 建筑行业取得了显著的成就。建筑工程框架结构作为一种常见的建筑结构形式, 具有承载能力强、空间布局灵活等优点, 广泛应用于各类建筑物的建设中。然而, 在实际施工过程中, 框架结构施工中存在许多常见问题, 影响了工程质量、进度和安全。因此, 对建筑工程框架结构施工中的常见问题与技术形式进行分析, 并提出针对性的改进措施, 具有重要的现实意义。

[关键词] 建筑工程; 框架结构; 施工问题; 技术形式; 改进措施

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14409 中图分类号: TU765 文献标识码: A

Analysis of Common Problems and Technical Forms in the Construction of Framework Structures in Building Engineering

REN Youshuang

Ningxia Hui Autonomous Region No. 4 Construction Engineering Co., Ltd., Guyuan, Ningxia, 756000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese economy, the construction industry has achieved significant success. As a common form of building structure, the framework structure of construction engineering has the advantages of strong bearing capacity and flexible spatial layout, and is widely used in the construction of various types of buildings. However, in the actual construction process, there are many common problems in the construction of frame structures, which affect the quality, progress, and safety of the project. Therefore, analyzing common problems and technical forms in the construction of framework structures in building engineering, and proposing targeted improvement measures, which has important practical significance.

Keywords: construction engineering; frame structures; construction problems; technical forms; improvement measures

引言

随着我国经济的快速发展, 城市化进程不断推进, 建筑工程需求日益增加。框架结构作为建筑工程中常见的结构形式, 具有较好的承载能力、抗震性能和空间灵活性。但在施工过程中, 存在一些常见问题, 如施工技术水平低、施工管理不规范等, 影响工程质量。本文通过分析建筑工程框架结构施工中的常见问题, 探讨相应的技术形式及解决措施, 为我国建筑工程框架结构施工提供参考。

1 建筑工程框架结构设计原则

在建筑工程中, 框架结构由柱子和梁组成, 形成一个框架, 用于支撑整个建筑物的重量。在设计框架结构时, 需要遵循一些基本原则, 以确保结构的稳定性和安全性。

(1) 荷载分配是框架结构设计的核心。建筑物的各种荷载, 如自重、使用荷载、风荷载等, 需要通过框架结构进行合理分配。设计师需要根据建筑物的用途和尺寸, 合理确定框架结构的尺寸和材料, 以确保荷载能够均匀分布, 避免局部过载或不足^[1]。

(2) 刚度。刚度是指结构抵抗变形的能力。在设计中, 需要确保框架结构具有足够的刚度, 以承受各种外部因素引起的变形, 如温度变化、地震等。设计师可以通过选择合适的材料和尺寸, 以及采用适当的连接方式, 来提高框架结构的刚度。

(3) 稳定性。稳定性是指结构在受力后能够保持平衡, 不会出现过度变形或破坏。在设计中, 需要考虑框架结构的稳定性, 特别是在受到外部力作用时。设计师可以通过合理布置柱子和梁的位置, 以及采用适当的支撑系统, 来提高框架结构的稳定性。

(4) 经济性。在设计中, 需要在保证结构安全性和功能性的前提下, 尽量减少成本。设计师可以通过选择合适的材料和构造方式, 以及合理利用空间, 来实现框架结构的经济性。

总之, 在建筑工程框架结构设计中, 需要遵循荷载分配、刚度、稳定性和经济性等原则。设计师需要根据具体情况进行合理决策, 以实现框架结构的稳定性和安全性。通过合理的设计, 可以确保建筑物能够满足使用需求, 并具有较长的使用寿命。

2 建筑工程框架结构施工中的常见问题

2.1 施工质量问题

(1) 梁、柱节点施工不规范。梁节点是梁和柱连接的地方, 是框架结构的交通枢纽, 其施工质量直接关系到整个结构的安全。如果施工不规范, 如节点连接强度不足、漏焊、虚焊等, 都可能导致节点处的承载力下降, 当结构受到较大的力, 就可能出现破坏。在实际施工中, 梁、柱节点的施工不规范现象时有发生。一方面, 部分施工人员对

节点施工的重要性认识不足,缺乏责任心和敬业精神,导致施工过程中出现疏忽大意的情况;另一方面,施工质量管理不到位,监督不力,也为不规范施工提供了可乘之机。这些问题如果不及时解决,将对工程质量造成严重影响,甚至给人民群众的生命财产安全带来隐患。总之,梁、柱节点施工不规范是建筑工程框架结构施工中的常见问题,需要引起广泛关注。通过加强施工人员培训、完善质量管理体系、加大处罚力度等措施,提高节点施工质量,保障整个结构的安全。

(2) 钢筋安装不符合要求。钢筋作为框架结构的主要受力构件,其安装质量直接影响到结构的承载能力。在施工过程中,会出现钢筋间距不符合设计要求、保护层厚度不均匀、焊接质量不达标等问题都会降低结构的承载能力,增加结构的安全风险。首先,如果钢筋间距过大,将会导致结构的承载能力下降,无法承受设计荷载,将严重影响建筑物的稳定性和安全性;另一方面,如果钢筋间距过小,将会导致混凝土的浇筑困难,增加施工的难度和成本^[2]。其次,保护层是钢筋与混凝土之间的隔离层,其作用是保护钢筋免受腐蚀,并保证结构的耐久性,如果保护层厚度不均匀,将会导致钢筋暴露在恶劣环境中,加速腐蚀的发生,降低结构的寿命。焊接是钢筋连接的重要方式,其质量直接影响到结构的承载能力,如果焊接质量不达标,将会导致钢筋连接不牢固,结构在受力时容易出现断裂,严重影响建筑物的稳定性。

(3) 混凝土浇筑质量问题。混凝土浇筑质量问题在建筑工程框架结构施工中是较为常见的问题,主要包括振捣不密实、养护不足和裂缝等。振捣是混凝土浇筑过程中的重要环节,通过振捣可以使混凝土中的气泡排出,从而提高混凝土的密实性和强度。然而,在实际施工中,由于操作不当或者设备问题,常常会出现振捣不密实的情况。这会导致混凝土中存在空洞和气泡,从而降低混凝土的承载能力和耐久性。养护是混凝土浇筑后的关键环节,通过养护可以使混凝土充分硬化,提高其强度和耐久性。然而,在实际施工中,由于工期紧张或者管理不善,常常会出现养护不足的情况。这会导致混凝土表面出现裂缝和剥落,从而影响混凝土的结构性能和使用寿命。裂缝可能是由于混凝土收缩、温度变化、荷载作用等原因引起的。裂缝的存在会导致混凝土结构的强度和稳定性下降,同时也容易成为水和钢筋锈蚀的通道,从而严重影响混凝土结构的耐久性。

2.2 施工安全和进度问题

(1) 高处作业安全问题。由于框架结构施工通常需要在高处进行作业,如不采取相应的安全防护措施,容易导致安全事故发生。因此,施工现场必须制定严格的高处作业安全规定,并确保所有施工人员都了解并遵守这些规定。此外,施工现场还应配备必要的安全设备,如安全带、防护网等,以确保施工人员的安全。

(2) 施工现场用电安全问题。在施工现场,电力是必不可少的,但如果用电不规范,容易引发触电、火灾等安全事故。因此,施工现场必须制定严格的用电规定,并

确保所有施工人员都了解并遵守这些规定。此外,施工现场还应配备专业的电工,负责监督和管理现场的用电情况,确保用电安全。

(3) 施工进度问题。在建筑工程的框架结构施工中,施工进度的延误是由于管理不善、技术措施不当等原因造成的。管理不善可能包括施工计划的不合理制定、施工资源的不足、施工现场的混乱等。这会导致施工进度的拖延,从而影响到整个工程的总进度。另一方面,技术措施不当也是导致施工进度延误的常见问题,包括施工方案的不合理、施工工艺的不当选择、施工设备的不当使用等。例如,如果施工方案不合理,可能会导致施工过程中的返工和修补,从而延误施工进度;如果施工工艺不当选择,可能会导致施工质量的不达标,需要重新施工,从而延误进度;如果施工设备不当使用,可能会导致设备的故障和损坏,需要维修和更换,从而延误施工进度^[3]。例如,施工现场的安全事故、质量问题、材料供应问题等都可能对施工进度造成延误。这些问题的出现可能会导致施工的暂停,从而影响到整个工程的进度。

3 建筑工程框架结构施工技术形式及分析

3.1 钢筋施工技术

钢筋施工技术在框架结构施工中承担主要受力功能的关键构件。钢筋的加工、连接以及安装必须遵循精确的规范和要求,来确保结构的安全性与可靠性。钢筋施工的首要步骤是对原材料进行严格检验,这包括检查钢筋的强度、延伸率、弯曲性能等关键指标。此外,钢筋在施工前需要进行除锈和清洁处理,以防止钢筋生锈,这会削弱其承载能力。在钢筋加工环节,要根据设计图纸精确下料,并采用合适的钢筋加工设备,比如弯曲机和切割机,来保证钢筋的形状和尺寸符合工程要求。

在钢筋的连接方面,常用的方法有焊接、机械连接和绑扎连接。焊接连接因其高强度和可靠性而被广泛应用,但要求操作者具备专业的技术培训和操作经验。机械连接是通过螺纹套筒或钢筋连接套筒来实现的,这种方法简单快捷,适用于现场连接较长或复杂的钢筋。绑扎连接则是通过钢丝或钢带将两根钢筋绑扎在一起,尽管连接强度相对较低,但在适当使用时也能满足工程需求。

首先,要根据工程设计图纸确定钢筋的位置和走向,并按照规范要求进行布筋。随后,将加工好的钢筋准确放置到预定位置,注意保持钢筋之间的适当距离,以避免干涉混凝土的浇筑和模板的安装。此外,钢筋在混凝土浇筑过程中的固定也非常重要,需要使用钢筋支架、钢筋钩等辅助工具来确保钢筋在混凝土硬化过程中维持正确的位置和形状。在钢筋施工的最后阶段,进行防火和防锈处理以提升钢筋的耐久性。通常情况下,施工现场会采用涂刷防火涂料的方式来增加钢筋的防火性能,延长其在火灾情况下的结构完整性。同时,为了防止钢筋生锈,会在钢筋表面涂抹防锈漆或者采用镀锌处理,这样既可以隔绝钢筋与空气中氧气的直接接触,又能减少腐蚀因素对钢筋的影

响。钢筋施工技术的优劣直接关系到整个框架结构的安全与使用寿命,因此,施工单位必须严格按照相关规范和质量标准进行操作,确保每一步施工都达到设计要求。

3.2 模板施工技术

模板是用于成型混凝土的辅助设施,其质量直接影响着混凝土结构的成型质量和外观。因此,在施工过程中,选择合适的模板材料是至关重要的。同时,严格控制模板的安装和拆除质量。

在选择模板材料时,需要考虑多种因素,包括模板的承载能力、耐久性、防火性、防潮性以及成本等,常用的模板材料包括钢模板、木模板、塑料模板等。钢模板具有较高的承载能力和耐久性,但成本较高;木模板则具有较好的防火性和防潮性,但承载能力较弱;塑料模板则具有较低的成本和较好的耐腐蚀性,但承载能力和耐久性较差。因此,在选择模板材料时,需要根据具体的工程需求和施工条件进行综合考虑,选择最适合的模板材料。在模板安装过程中,需要注意模板的平整度、垂直度以及接缝严密性等。模板的平整度和垂直度直接影响着混凝土结构的成型质量,因此需要通过调整模板的位置和角度,保证模板的平整度和垂直度达到要求。同时,模板接缝的严密性也是保证混凝土结构成型质量的关键,需要通过使用密封条、胶水等材料,确保模板接缝的严密性。在模板拆除过程中,需要注意控制模板的拆除速度和顺序,避免对混凝土结构造成损坏。一般先拆除支撑系统,再从上往下依次拆除模板^[4]。在进行模板施工时,需要严格遵守安全操作规程,确保施工人员的安全。同时,需要对模板施工过程中的安全隐患进行排查,及时发现并解决问题。例如,对于高空作业,需要采取安全防护措施,如搭设安全网、佩戴安全带等。对于施工现场的电气设备,需要定期进行检查和维护,确保其正常运行。

3.3 混凝土施工技术

混凝土施工技术在框架结构施工中占据核心地位,因为混凝土是承担结构受力的关键材料。为确保工程质量,必须从配合比设计、搅拌、运输、浇筑到养护的每一个环节都实施严格的质量控制。首先,在混凝土配合比设计上,要根据工程的具体要求以及现场条件,通过科学的计算和试验确定水泥、砂、石子以及外加剂的比例,保证混凝土的和易性、强度和耐久性达到设计标准。其次,搅拌过程中,搅拌时间的长短直接影响混凝土的均匀性和强度,必须按照标准规范操作,确保混凝土搅拌充分。再者,浇筑是混凝土施工中的重要环节,要避免出现冷缝、蜂窝麻面等质量问题,需要采取合理的浇筑方法和顺序,同时注意控制浇筑速度,保证混凝土的密实性和整体性。此外,混凝土的养护同样不容忽视,合理的养护措施能够有效防止混凝土出现收缩裂缝,确保其强度和耐久性发展。在实际施工中,还可以根据需要合理利用混凝土泵送技术,它不仅能提高混凝土的输送效率,减少人力成本,还能保证混

凝土在输送过程中的质量和均匀性,对于提升工程质量和效率具有重要意义。总的来说,混凝土施工技术的优劣直接关系到框架结构工程的质量,必须给予高度重视。

3.4 钢结构施工技术

钢结构施工技术其制作、焊接、组装和安装质量的控制是施工过程中的关键环节。首先,制作质量是钢结构施工的基础,涉及到材料选择、加工工艺和生产流程等方面。必须采用优质材料,并严格按照规范进行加工,确保钢结构制作的精度和质量。其次,焊接是钢结构制作和组装的重要环节,焊接质量直接影响到钢结构的整体稳定性和承载能力。因此,要采用合适的焊接方法和工艺,严格控制焊接温度和焊接速度,保证焊接质量。然后,组装质量是钢结构安装的关键,需要根据设计图纸和规范要求进行,确保各部件之间的连接牢固可靠。在安装过程中,要考虑地形、气候等因素,采取适当的施工措施,确保钢结构的稳定性和安全性。

钢结构施工过程中,精度控制和变形矫正也是至关重要的。首先,精度控制要求在制作和安装过程中,对钢结构的尺寸、位置和姿态进行严格控制,以确保满足设计要求。其次,变形矫正是针对钢结构在制作和安装过程中可能产生的变形,采取相应的技术措施进行矫正,以保证钢结构的直线度和平面度等几何精度^[5]。因此,需要施工人员具备丰富的经验和技术水平,选择合适的矫正工具和设备,确保矫正效果。最后,在施工过程中,要严格遵守安全规定,确保施工人员的人身安全。同时,还要注意环境保护,减少施工过程中的噪音、粉尘等污染,做到文明施工。

4 结语

建筑工程框架结构施工中的常见问题对工程质量产生不良影响。通过分析各项技术形式及注意事项,可以为我国建筑工程框架结构施工提供参考意见,提高施工质量,保障施工安全,同时要加强对施工管理和质量检测,确保建筑工程的质量和安

[参考文献]

- [1] 吴坤龙. 建筑工程钢筋混凝土框架结构的施工问题及对策[J]. 中国建筑金属结构, 2022(12): 61-63.
- [2] 丁熙. 基于框架结构的建筑工程施工技术研究[J]. 陶瓷, 2022(4): 100-102.
- [3] 崔晓东. 建筑工程梁柱节点模板施工问题分析[J]. 砖瓦, 2022(3): 137-139.
- [4] 赵欣欣. 建筑工程框架结构的建筑工程施工技术分析[J]. 建材发展导向, 2022, 20(4): 124-126.
- [5] 马翔. 建筑工程框架结构的施工技术分析[J]. 中国建筑金属结构, 2020(11): 116-117.

作者简介: 任有双(1981.7—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 宁夏回族自治区第四建筑工程有限责任公司, 职务: 项目经理, 职称级别: 中级。

道路施工技术关键点与质量控制措施

胡晓飞

中冶交通建设集团有限公司, 北京 100000

[摘要]随着我国经济的迅猛发展,交通基础设施建设越来越受到重视,其中,道路工程的施工技术及质量控制显得尤为关键。直接影响交通安全、通行效率的不仅是道路施工的质量,还关系到经济效益。在施工过程中,技术要点必须被精准把控,同时切实有效的质量管理措施也应得到实施。通过综合管理策略的应用,高质量施工和持久稳定的道路工程得以实现,这为交通基础设施建设提供了科学的指导与实践依据,工程质量的提升将有助于道路工程满足长期使用要求,为交通发展和经济效益的提高奠定坚实的基础。

[关键词]道路施工; 施工技术; 关键点; 质量控制; 控制措施

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14405

中图分类号: U4

文献标识码: A

Key Points and Quality Control Measures of Road Construction Technology

HU Xiaofei

MCC Communication Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese economy, the construction of transportation infrastructure is receiving increasing attention, among which the construction technology and quality control of road engineering are particularly critical. The quality of road construction not only directly affects traffic safety and efficiency, but also relates to economic benefits. During the construction process, technical points must be precisely controlled, and effective quality management measures should also be implemented. Through the application of comprehensive management strategies, high-quality construction and long-term stability of road engineering can be achieved, providing scientific guidance and practical basis for the construction of transportation infrastructure. The improvement of engineering quality will help road engineering meet long-term usage requirements and lay a solid foundation for the development of transportation and the improvement of economic benefits.

Keywords: road construction; construction technology; key points; quality control; control measures

引言

道路工程,作为基础设施建设的关键组成部分,其施工质量对道路使用性能、安全性及经济效益的影响是直接的。随着交通需求的增加以及技术的持续进步,道路施工技术不断发展与创新,然而,在复杂的施工环境与多变的工程条件下,确保施工质量、工程稳定性与耐久性仍然是核心挑战。施工技术的精确应用与质量控制措施的严格执行,对于提升道路工程整体质量至关重要。本文将系统分析道路施工中的关键技术点与相关质量控制措施,涵盖设计图纸审查、材料选择与配比、基底处理、道路填筑等方面。进一步,将对加强施工材料控制、优化施工现场的质量管理、施工设备与技术创新、施工人员管理与培训质量控制措施进行探讨。通过对这些技术要点与控制措施的深入分析,旨在为道路施工过程中的质量保证提供科学依据,促进工程的顺利实施与长期稳定运行。

1 道路施工技术关键点

1.1 设计图纸审核

在道路施工技术中,审核设计图纸作为核心环节,对于确保施工顺利进行至关重要。设计图纸的深入审查使施工单位能够在早期识别出潜在的设计缺陷或与现场实际

条件不符的情况,从而避免由于设计问题引发的返工或施工延误。对工程量的核对不仅包含在图纸审核中,技术规范、施工要求及设计细节的全面评估亦为审核的重要内容。特别是在路基、排水系统以及路面结构的设计中,细微的偏差往往会对工程质量及使用寿命产生显著影响。丰富经验的专业技术人员需组织进行图纸审核,以确保设计的科学性与可行性得到保障。此外,图纸审核过程必须与各相关方进行充分的沟通与确认,确保施工图纸在实际实施时具备操作性,并能够有效指导施工全过程。

1.2 材料选择与配比

在道路施工过程中,材料的选择与配比对工程质量及使用寿命具有直接影响,严格的控制因此必不可少。符合标准的施工材料的选择,依据设计要求与施工环境至关重要,尤其是在路基、基层及面层施工中,不同类型的材料对道路的承载能力、抗压性能及耐久性具有显著作用。材料的物理性能、化学成分及其环境适应性必须经严格检测,以确保符合规范^[1]。配比方面,应根据道路设计规范与施工需求进行科学配置,特别是混合料比例对施工质量的影响至关重要。材料在施工过程中的可操作性及成型后的力学性能,合理配比能够确保,从而避免出现材料浪费、路

面开裂或沉降等问题。施工现场的实时监控与材料配比的调整也需进行,以保证材料使用的稳定性与一致性,确保不同工况下的表现符合要求。

1.3 基底处理

基底处理在道路施工中具有至关重要的作用,其对道路整体结构稳定性及使用寿命的影响直接显现。施工前,基底处理应包括对原地基的清理、压实与平整。地表的杂物、植被、树根及其他障碍物,必须彻底清除,以确保地基的平整性与均匀性。随后,根据地质条件及设计要求,基底可能需要进行加固或改良,尤其在土质松软或地下水位较高的区域,采用换填、排水或加筋等技术以提升基底的承载力与稳定性,可能是必要的。在施工中,基底的压实是关键步骤,直接影响道路的承载能力与抗沉降性能。需使用合适的压实设备与工艺,并严格控制压实层的厚度与遍数,以确保基底达到设计要求的密实度与均匀性。施工时,环境因素如降雨与气温变化,也需考虑,以便及时调整施工方案,确保基底处理的质量,这将有效避免因基底不稳引发后期道路沉降或裂缝等质量问题。

1.4 道路填筑

道路填筑在道路施工中为关键步骤,其对路基的强度、稳定性及承载能力有决定性影响。在填筑前,填筑材料应经过严格筛选,确保其符合设计要求及施工规范。常见的填筑材料如砂砾、碎石及土壤,需根据施工条件及设计标准进行合理选择。在填筑过程中,至关重要的是遵循“分层填筑、逐层压实”的原则,以保证每层的密实度与承载力符合标准。每层的厚度,应依据材料特性、压实设备及施工工艺来决定,过厚或过薄均会对压实效果产生影响。为了确保填筑质量,应在压实阶段使用符合标准的压实设备,例如振动压路机或重型压实机械,并根据土质条件进行相应调整。施工中,还需定期检测密实度及含水率,以确保路基的承载性能与稳定性。

1.5 基层施工

基层施工在道路建设中扮演着承上启下的关键角色,其对面层的平整度、强度及道路整体耐久性具有深远影响。在进行基层施工时,必须确保路基的稳定性与设计要求的符合。基层材料的选择与配比,严格遵循设计规范,常用材料包括砂砾、石屑或水泥稳定材料。在施工过程中,应分层铺设基层,每一层的厚度与压实度,需依据材料特性及路面设计标准来确定,以确保基层的密实度与均匀性。压实环节为关键步骤,基层的强度与稳定性直接受压实质量的影响。振动压路机、碾压设备等需进行多次碾压,直至达到规定的密实度标准。同时,基层表面的平整度的控制也是至关重要的,任何凹凸不平或材料不均匀均可能影响面层铺设的质量及最终道路的性能^[2]。施工过程中,应定期进行检测,及时发现并修正压实度、平整度等问题,以确保施工质量符合设计要求。此外,基层施工还需综合考虑外部条件,如天气与

水文情况,特别是在雨季或气温较低时,施工方案应进行合理调整,以确保基层施工质量及道路的长期耐久性。

1.6 面层施工

面层施工在道路施工中作为最后一道关键工序,其质量直接决定了道路的耐久性、舒适性以及抗磨损能力。在施工前,基层的平整度和密实度,必须符合设计要求。面层材料的选择,应根据道路等级、交通量及气候条件进行科学设计。常用的面层材料,如沥青混凝土与水泥混凝土,各自具有特定的工艺与技术要求。

在施工过程中,材料的均匀拌合应得到确保,且在运输阶段,应保持适当的温度,以防因温度波动导致材料性能下降。在摊铺阶段,摊铺机需进行均匀、连续的作业,以确保铺设厚度的一致性,并防止接缝或空隙的出现。完成摊铺后,立即进行碾压至关重要。碾压过程应分为初压、复压及终压,每个阶段的速度、次数及温度需严格控制,以保证面层的密实度和平整度。

1.7 施工质量检测

施工质量检测在道路施工过程中扮演着至关重要的角色,贯穿于整个施工过程,以确保各阶段施工质量符合设计标准与技术要求。在材料入场阶段,必须进行检测,以验证所有施工材料的性能、规格及配比是否符合设计规范,并通过严格的实验室检测予以确认。在施工过程中,关键部位如路基、基层及面层的压实度、厚度、平整度及含水率,需进行实时监控。特别是压实度的检测,对道路的承载能力及稳定性至关重要,专业的检测设备必须用于精准测试。施工质量检测不仅局限于结构层,还包括排水系统的功能测试,以确保水流排放畅通,避免对道路结构的长期稳定性造成影响。在每个施工环节完成后,抽样检测应被进行,通过现场试验与实验室试验相结合的方式,验证施工质量是否达到标准。检测结果应及时反馈给施工团队,如若发现问题,则需立即采取修正措施,以确保后续施工不受影响。

1.8 人员管理

在道路施工中,人员管理发挥着关键作用,其成效直接影响工程进度、质量及安全。施工团队的组织与协调,成为有效人员管理的核心。依据工程规模与复杂性,施工人员应被合理配置,包括技术工人、操作工人及管理人员,确保岗位职责明确,分工合理。专业技能与丰富经验,技术人员需具备,对施工工艺、材料性能及质量控制应有深入了解。操作工人则需经过培训,掌握相关操作规范与安全要求。施工前,所有人员应接受培训,使其对施工技术与安全规程熟悉,从而提升施工效率与质量。激励与考核机制,人员管理还涉及,其中激励措施能够提升工人的工作积极性,而科学的考核体系则帮助发现并解决施工中存在的问题。专门的管理人员,应在施工现场配置,负责日常的监督与协调,及时处理现场出现的问题,确保施工按既定计划与标准进行。

2 道路施工质量控制措施

2.1 加强施工材料控制

加强对施工材料的控制,是确保道路施工质量的基础措施之一。在道路施工中,材料质量直接影响道路的稳定性和使用寿命,故对所有施工材料进行严格管理显得尤为重要。设计要求及相关标准,必须符合材料选择,包括砂石、沥青、水泥等,所有材料需经过检验与认证,以确保其性能稳定且符合规范。入场时,材料需进行全面验收,对其物理性能、化学成分及环保指标进行检验,确保合格后方可使用。在储存与处理方面,尤其是在气候条件恶劣时,严格控制措施必不可少,以有效保护材料,防止其受潮或污染影响,从而避免性能下降。施工过程中,对材料的使用应进行监督,确保其配比及使用方式符合设计要求。定期进行材料质量检测,以确保正在使用的材料性能稳定,避免因材料问题而引发的工程质量隐患。

2.2 优化施工现场的质量管理

优化施工现场的质量管理,是保障道路施工质量的核心措施。各个方面的施工现场质量管理,需从根本入手,建立一个科学且合理的管理体系。详细的质量管理计划,必须被制定,明确各施工阶段的质量标准和控制措施,同时确保所有施工人员对这些标准有充分了解并严格执行。现场中,专职质量管理人员的设置是必不可少的,他们负责实时监控施工过程中的质量情况,对每个施工环节进行检查和记录,以确保施工工艺及技术要求的有效实施。在施工过程中,先进的检测设备和技术应被采用,对基底处理、基层施工及面层铺设等关键工序进行实时检测,以及时发现问题并解决,防止质量问题的扩展。定期的质量管理会议,应被召开,以评估施工质量状况,分析存在的问题并制定改进措施。同时,建立的质量反馈机制应确保,在施工过程中发现的问题能够迅速反馈至相关部门,并采取必要的纠正措施。

2.3 施工设备与技术创新

在道路施工质量控制中,施工设备与技术创新扮演着关键角色,对施工效率、质量及道路使用性能直接产生影响。施工的精确性与效率因现代施工设备的使用而显著提高,同时人为错误的可能性被降低,施工工艺的标准化也得以保证。举例而言,先进的摊铺机、碾压机及测量仪器在不同施工阶段提供了卓越的性能与控制,使得施工效果变得更加精准。技术创新的应用,如智能施工管理系统与自动化控制技术,显著增强了数据监控与实时调整能力,从而确保了施工质量的稳定性^[3]。借助先进设备与新技术,施工单位能够更有效地应对复杂的施工条件与严格的工程要求,从而减少施工过程中的误差与缺陷。

2.4 施工人员管理与培训

施工人员的管理与培训在道路施工质量控制中占据了至关重要的位置,其质量对施工操作的规范性及工程的整体效果直接产生影响。有效的人员管理,能够确保每位

施工人员明确职责、熟悉操作流程、理解工作要求,并严格遵守安全规范。完善的人员管理体系,施工单位应当建立,该体系涵盖了岗位职责的合理安排、绩效考核以及现场监督等环节,以确保施工过程中的每个环节都得到有效控制。此外,针对性的培训,定期进行是提升施工人员技能和专业素养的关键措施,应包括最新的施工技术、设备操作规程、安全生产知识以及质量控制标准的培训内容,以增强人员对新技术、新设备的适应能力与操作水平。

3 施工技术与质量控制的综合管理

施工技术与质量控制的综合管理,在确保道路工程项目成功实施中,扮演着核心角色。将技术创新与质量管理有机结合,其关键在于实现施工过程的高效与优质。项目启动阶段,明确施工技术标准与质量控制目标,要求综合管理,并制定详细的实施方案。在施工过程中,技术规范与质量标准必须严格遵循,施工进度与质量需实时监控,以应对可能出现的问题,及时调整施工方法与策略^[4]。施工设备与材料的精确控制,亦为综合管理的一部分,确保其符合设计要求,并加强对施工人员的培训与管理,以提升其技术水平及操作规范。此外,环境因素的变化以及施工现场的特殊条件,亦需纳入综合管理范围,通过科学的环境监测与应对措施,保障施工质量免受外部因素的影响。

4 结语

道路施工技术的持续进步及严格的质量控制措施,成为保障交通基础设施安全、耐久和高效运作的关键。通过对道路施工技术的关键点及质量控制措施的系统分析,本文涵盖了设计图纸审查、材料选择与配比、基底处理等各个方面,深入探讨了加强施工材料控制、优化施工现场的质量管理、施工设备与技术创新、施工人员管理与培训重要内容。提升道路施工的精度与效率,显著降低工程缺陷及维护成本,得以通过有效的施工管理,从而确保道路工程的长期稳定性与安全性。未来,随着施工技术的不断创新以及质量管理手段的持续完善,道路施工有望更好地应对复杂环境及日益增长的交通需求,从而为推动经济发展与提升交通便利性做出更大贡献。

[参考文献]

- [1]冯杰,徐良,田超,等.道路与桥梁施工技术关键点与质量控制措施[J].建筑经济,2024(45):816-819.
 - [2]任晓钰,张继鑫.城市道路施工技术关键与质量控制探讨[J].黑龙江科学,2021,12(16):122-123.
 - [3]田志洁.市政工程道路施工技术关键研究[J].中国标准化,2019(20):113-114.
 - [4]杜志献.公路工程中混凝土路面施工技术研究[J].交通世界,2024(17):47-49.
- 作者简介:胡晓飞(1989.5—),毕业院校:河北工业大学,所学专业:土木工程,当前工作单位:中冶交通建设集团有限公司,职务:项目总工程师,职称级别:中级职称。

隧道暗挖施工技术及其在复杂地质条件中的应用研究

何华平

和天(湖南)国际工程管理有限公司, 湖南 长沙 410006

[摘要] 在城市化进程日益加速的背景下, 城市地下工程, 尤其是隧道建设的重要性, 逐渐得到了广泛的关注。作为现代地下工程中的关键技术, 隧道暗挖施工因其小占地面积、轻微的环境影响以及在复杂地质条件下的良好适应能力, 受到了重视。然而, 复杂地质条件下的隧道施工常常带来了安全与效率方面的重大挑战。对隧道暗挖施工技术在不同地质环境中的应用进行深入研究, 探索有效的施工安全与风险控制措施, 显得尤为重要。此文分析隧道暗挖施工技术, 提出相关的优化方案, 以期为未来的隧道施工提供切实的指导。

[关键词] 隧道暗挖施工技术; 复杂地质条件; 软弱围岩; 风险控制

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14396 中图分类号: U455.3 文献标识码: A

Research on Tunnel Underground Excavation Construction Technology and Its Application in Complex Geological Conditions

HE Huaping

Hetian (Hunan) International Engineering Management Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410006, China

Abstract: Against the backdrop of accelerating urbanization, the importance of urban underground engineering, especially tunnel construction, has gradually gained widespread attention. As a key technology in modern underground engineering, tunnel excavation construction has received attention due to its small footprint, slight environmental impact, and good adaptability in complex geological conditions. However, tunnel construction under complex geological conditions often presents significant challenges in terms of safety and efficiency. It is particularly important to conduct in-depth research on the application of tunnel excavation construction technology in different geological environments and explore effective construction safety and risk control measures. This article analyzes the construction technology of tunnel excavation and proposes relevant optimization plans, in order to provide practical guidance for future tunnel construction.

Keywords: tunnel excavation construction technology; complex geological conditions; weak surrounding rock; risk management

引言

随着城市基础设施的不断发展, 隧道暗挖施工技术在城市建设中愈加显得重要。复杂的地质条件却为隧道施工带来了极大的挑战。软弱围岩、含水层、断层破碎带以及高应力岩体等不利地质因素, 显著增加了施工过程中的潜在风险, 因此施工事故发生的频率也有所上升。在保障施工安全与提升效率方面, 成为当前亟待解决的研究方向。近年来, 在隧道暗挖施工技术领域, 国内外进行了大量的探索与研究, 逐步形成了一定的理论与实践体系。然而, 对于特定地质条件的施工技术及安全控制措施的研究依然显不足。

1 隧道暗挖施工技术概述

1.1 隧道暗挖施工技术的定义与原理

隧道暗挖施工技术, 是指通过在地下空间中实施隧道建设, 避免或大幅减少地表开挖的技术, 核心在于依靠围岩的自稳能力, 同时结合支护措施和机械设备, 确保隧道结构的稳定和顺利成型。施工过程中, 围岩自稳能力的进一步加强通常依赖于喷射混凝土、锚杆支护等手段, 随着支护体系的完善, 隧道结构逐步成型。由于暗挖施工对地

表的影响极小, 特别适用于地表建筑密集或交通繁忙的地区, 减少了对地表环境的干扰。

1.2 常见的隧道暗挖施工方法

在隧道暗挖施工中, 新奥法(NATM)是其中一种应用较广泛的技术, 围岩的自承能力得到充分利用, 并结合分步开挖和及时支护, 适用于地质条件较为稳定的区域。矿山法适用于复杂地质条件或隧道断面较大的施工场景, 通过分区、分块开挖, 施工风险可以有效降低。盾构法广泛应用于软弱地质和含水层的施工中, 盾构机的同步开挖与支护功能确保了施工的安全性与效率。冻结法在应对软弱地层或含水层时也常被采用, 通过临时冻结地层, 施工中的稳定性得以保证。针对不同的施工条件, 方法的选择需综合考虑技术适用性和经济性, 确保施工进度和质量。

1.3 隧道暗挖施工技术的优缺点分析

相较于传统的明挖法, 隧道暗挖施工技术减少了对地表环境的破坏, 尤其是在建筑物密集的城市区域中, 暗挖施工能够降低噪声和振动, 避免对地表建筑物和交通的影响, 地表景观和生态环境也因此得以保护。然而, 隧道暗挖施工对地质条件的依赖性较高, 在地质复杂的地区, 施

工难度与风险都显著增加。软弱围岩或含水层的地质条件下，支护体系的设计与施工要求更为严苛，设备复杂、施工成本也较高。此外，暗挖技术对施工人员技术水平与管理能力的要求较高，若管理不当或经验不足，容易引发安全事故或延误工期。尽管具备多项优势，但在实际应用中需根据具体地质条件和施工要求进行细致规划，确保施工的顺利实施。

2 复杂地质条件下的挑战

2.1 复杂地质条件的分类与特点

复杂地质条件的出现，常常会对隧道工程的安全、进度与成本产生显著影响。软弱围岩的特点在于其强度低、稳定性差，掘进过程中容易发生大变形或塌方现象。含水层则因其高渗透性，在施工过程中常会出现涌水问题，给隧道防水系统带来极大的挑战。断层破碎带由于地质结构破碎，围岩稳定性极差，施工中的风险骤增^[1]。而高应力岩体，通常出现在深埋隧道中，因地应力集中，极有可能在施工过程中发生岩爆等现象。

2.2 复杂地质条件对隧道施工的影响

复杂地质条件对隧道施工的影响深远，施工安全、进度和成本都在很大程度上受到影响。软弱围岩因其自稳能力较差，需通过加强支护措施，确保隧道结构的稳定，否则可能会发生严重的变形或坍塌。含水层的渗透性极强，若不采取有效的排水与防水措施，隧道内部环境将无法保持干燥，严重时甚至导致隧道结构的损坏。断层破碎带的施工风险更为突出，围岩破碎，支护系统设计要求高，稍有不慎便可能出现坍塌，安全性面临极大挑战。高应力岩体因应力集中，常伴随岩爆现象，给施工人员和设备带来直接威胁。

2.3 不同地质条件下的施工难点

围岩自稳能力较差，掘进过程中极易发生坍塌，支护设计需格外精细，施工进度也应加以控制，避免因过快掘进导致不稳定。含水层的施工难点主要集中在水源控制方面，若无法妥善处理涌水问题，不仅会延误施工，还可能对隧道的安全使用产生长期影响。断层破碎带是另一个典型的复杂地质条件，掘进过程中极易发生坍塌，支护设计要求更高，施工中的每一步都需谨慎操作^[2]。高应力岩体下施工时，岩爆现象是最大的挑战，应采取有效的应力控制措施，以确保施工人员的安全和施工设备的完好。

3 隧道暗挖施工技术在复杂地质条件中的应用

3.1 应用于软弱围岩条件下的暗挖施工技术

在隧道暗挖施工中，新奥法（NATM）作为一种有效的施工策略，被广泛应用，旨在最大限度地利用围岩的自承载能力。开挖阶段中，分步开挖与适时支护技术被采用，以适应围岩的变形特性。施工初期，喷射混凝土通常用作临时支护结构，其主要目的是增强围岩的整体强度。此外，锚杆的应用显著提升了围岩的稳定性。在针对软弱围岩特

性的施工设计中，合理的支护方案至关重要。在施工之前，围岩的物理力学性质必须经过详细勘察，以便制定出相应的支护计划。施工过程中，通过对围岩变形的实时监测，能够及时发现潜在风险，降低施工过程中的风险，确保隧道的安全与稳定。

3.2 应用于含水地层中的暗挖施工技术

在隧道暗挖施工中，施工方案需经过精心设计，以有效控制水流并采取适当的排水措施。在施工之前，充分的水文地质勘察被视为必要步骤。通过了解地下水的埋藏深度、流动方向及流量，选择合适的降水方案，有助于降低地下水位。常用的降水措施包括井点降水、深井降水与自然排水等^[3]。在施工阶段，确保临时支护结构的稳固，是应对可能涌水现象的关键。喷射混凝土不仅作为支护材料，其形成的防水层同样帮助减缓水的渗入。强化施工现场的排水系统时，水位变化的定期检查与涌水情况的及时处理，对于保障工程安全至关重要。

3.3 应用于断层破碎带的暗挖施工技术

在隧道暗挖施工中，施工前，必须对断层的具体情况详尽勘察，包括断层的走向、规模及破碎程度。基于这些信息，施工方案应相应调整，通常采用小断面分段施工的方法，通过逐段开挖与支护，有效降低单次开挖的风险。同时，高强度的锚杆与喷射混凝土被选用于支护设计，以增强支护结构的强度，防止岩石的滑动与坍塌。在施工过程中，监测工作不可忽视，围岩的应力变化与位移的实时监测能够确保异常情况的及时发现与应对。

3.4 针对高应力岩体的施工方案

在高应力岩体条件下，隧道暗挖施工面临着显著的挑战，尤其是岩体应力集中现象容易引发岩爆等突发性安全事故。在施工之前，岩体的应力需经过详细分析，以获取岩体的应力状态与分布情况。针对高应力岩体的施工策略，通常采用分层分段开挖法，以降低每次开挖所需承受的应力。在实际操作中，微型钻孔技术的应用能够有效释放与监测岩体内的应力，选择高强度的锚杆与适当厚度的喷射混凝土作支护结构，以确保其在高应力条件下的稳定性^[4]。控制施工速率亦显得尤为重要，以避免过快的掘进引起应力突变，进而导致安全事故。

4 复杂地质条件中的施工安全与风险控制

4.1 施工中的潜在风险分析

在复杂地质环境下，主要的风险因素源自地质条件、施工技术及外部环境的变化。围岩的物理及力学性质常常呈现不均匀性，这可能导致开挖过程中出现塌方或滑坡等地质灾害。此类事故不仅会影响施工进度，更可能对人员安全与设备造成严重损失。此外，地下水位的波动与水文条件的复杂性同样构成显著威胁，涌水现象的发生可能加剧土体流动性，从而降低围岩强度，增加施工风险。设备故障或操作失误直接影响施工的顺利进行，提升事故发生

的可能性。同时,施工人员的安全意识与应急响应能力也是影响施工安全的关键因素。在复杂地质条件下,施工人员面临高强度的作业环境与压力,若缺乏足够的培训与防护措施,事故风险显著上升。

4.2 风险防控措施

为应对复杂地质条件下的潜在风险,在施工之前,进行详尽的地质勘探,有助于明确施工区域的地质条件及其变化规律。该过程可通过钻探、地震反射及地质雷达等多种手段进行,以为合理的施工方案提供基础支持。同时,施工方案的制定应基于勘察结果与相关经验,科学安排施工顺序、开挖方法及支护结构,以便适应不同地质条件。在施工实施过程中,通过安装监测设备,可以实时对围岩的变形、位移及水位变化进行监控,及时发现潜在风险并采取相应措施。同时,安全培训与应急演练的开展是保障施工安全的重要环节。定期开展安全知识培训与应急处理演练,能够有效提升员工的安全意识及应对突发事件的能力,从而降低事故发生的概率。施工单位应根据潜在风险制定详尽的应急响应方案,包括应急组织机构的设立、救援设备的配置及人员分工等内容。

4.3 地质灾害监测与预警系统

在复杂地质条件下,施工安全管理中地质灾害监测与预警系统的基本目标是通过实时监测地质变化,及时识别潜在的地质灾害风险,从而有效防止事故的发生。构建全面的地质监测网络为实现高效的预警机制奠定了基础。在施工现场,安装多种传感器与监测设备,使其能够持续监测地面沉降、岩体应力变化、地下水位及流速等信息,实时获取地质变化数据,从而为决策提供支持。建立基于监测数据的预警机制,通过对监测数据的分析与比对,合理的预警阈值应被设定。一旦监测到异常情况,系统将自动触发警报,并通知相关管理人员。这种自动化的预警系统不仅提高了应急响应的效率,还降低了人工作业中可能存在的延误。此外,为提高预警的准确性,应定期对监测系统进行检修与校正,以确保其在各类气候条件下的可靠性与稳定性。结合现代信息技术,地质灾害监测与预警系统的功能得以进一步增强。通过应用大数据分析及人工智能等技术,能够对地质灾害的发生规律进行深入研究,从而形成基于大数据的智能预警模型。该模型能够更准确地预测地质变化趋势,为施工单位提供科学的决策支持。

5 复杂地质隧道暗挖施工技术的优化措施

5.1 工艺优化与技术创新

在隧道暗挖施工中,随着复杂地质条件的增加,工艺的持续改进已成为一种必然趋势。合理选择施工工艺,可以有效降低成本,提升工程的整体质量。在面对复杂的地质环境时,新技术的应用,如盾构法、气压法及分段开挖,为施工提供了更多选择。这些先进技术的采用使得施工过程变得更加灵活,能够针对不同地质条件制定相应策略。

例如,在处理软弱围岩时,采用盾构法可有效控制围岩变形,减少对周围环境的影响。而在含水层施工中,气压法有助于防止涌水干扰,从而提升安全性与稳定性。随着信息技术的迅速发展,计算机模拟技术被广泛应用于施工方案设计。通过对复杂地质环境进行模拟分析,可以有效预测施工中可能遇到的风险,为科学决策提供强有力的依据。此外,自动化与智能化设备的引入,不仅提高了施工的精确度,也在一定程度上降低了因人为操作引发的安全隐患。

5.2 设备的选择与改进

设备选择与改进在隧道暗挖施工中的重要性不言而喻,尤其是在面对复杂地质条件时,合理的设备选型能够直接影响施工效率与安全保障。在施工前期,依据不同地质条件与施工需求,合理选择设备类型与规格,以确保施工的顺利进行。在现代隧道施工中,盾构机与挖掘机等设备的选型应考虑具体的地质情况与施工环境。复杂地质条件下,设备的性能与适应性变得尤为重要。例如,在软弱土层中,选用推力强大、抓取能力突出的盾构机,可以有效控制土体变形,确保施工的稳定性。而在水文条件复杂的区域,选择防水性能优越的设备显得尤为重要,以避免在施工过程中因水的侵袭而导致设备故障。随着科技进步,许多传统设备经过技术升级,能够更好地满足现代隧道施工的需求。智能化设备的引入显著提高了施工过程中的数据采集与分析效率,使得实时监测施工参数的能力大幅提升,为施工团队提供了迅速调整策略的机会,从而提升效率与安全性。

5.3 施工组织与管理策略的优化

隧道暗挖施工中,优化施工组织与管理策略尤为关键,尤其在复杂地质条件下,科学的组织与管理能够有效应对施工中的多种不确定因素。针对不同的地质条件,开展详细的前期评估,对施工现场的地质特征进行精确分析,合理配置人力、设备与资源,确保施工过程中的每个环节能够高效衔接。在复杂地质环境下,施工组织必须通过适当的工艺设计和监控措施,确保开挖过程中围岩不会发生大规模变形或坍塌。复杂地质环境对施工管理提出了更高要求。在地质结构较为松散、软弱的区域,必须采用适当的支护技术,以保证围岩的稳定性。而在地质条件变化较大的地段,施工方案需要灵活调整。例如,软弱围岩区域可能需要加强支护强度,而在富水地层中,则应着重解决涌水、渗水问题。应针对不同地质阶段制定相应的施工组织策略,并根据现场实时情况动态调整。此外,复杂地质条件的多变性要求施工团队具备高度的适应能力。施工管理不仅要合理分配人员与设备,还要建立完善的责任体系,确保每位参与者明确自身职责。定期开展现场安全检查和施工评估,通过科学的评估机制及时发现潜在问题并迅速调整。借助现代信息技术,施工团队可以实时监测复杂地

质环境中的施工进展,全面掌握资源配置、安全状况及作业效率。通过数据化管理,施工团队能够及时应对突发情况,迅速优化施工方案。

6 结语

尽管在复杂地质条件下,隧道暗挖施工技术面临着诸多挑战,但在这一领域也蕴含着丰富的机遇。通过对施工工艺的优化、技术的创新、设备的合理选择与改进,以及施工组织与管理策略的调整,有望显著提升隧道施工的安全性及效率。在未来的工程实践中,加强对复杂地质条件下施工技术的深入研究,应当成为关注的重点,以进一步完善相关理论与实践体系。随着信息技术的迅速发展,智能化施工手段的应用,将为隧道施工的安全监测与风险评估提供更加可靠的支持。

[参考文献]

- [1]初月朗,聂晓凯,王潺.盾构遇地下锚索障碍竖井+暗挖隧道处理施工技术应用[J].建设机械技术与管理,2024,37(1):117-120.
 - [2]张振国.地铁车站暗挖隧道穿越既有线的施工技术研究[J].科技资讯,2024,22(17):165-167.
 - [3]任晨.大跨度地铁站下穿既有有线隧道施工风险控制技术[J].建筑机械化,2024,45(9):92-97.
 - [4]陈令强,周子涵,罗斐,等.支墩立柱法密贴下穿既有隧道暗挖施工变形及力学响应研究[J].铁道标准设计,2024(10):1-14.
- 作者简介:何华平(1978.5—),男,从事工程行业,中级,籍贯:湖北石首。

公路工程中软土路基强夯法施工技术应用分析

蒋仁军

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]软土路基呈现出透水性低、压缩性高、不均匀性等特征,会对道路结构整体稳定性造成很大影响。针对这个情况,在开展公路工程施工时,施工企业需要合理应用软土路基强夯法施工技术,能够有效处理软土路基,有利于提高公路工程施工质量,为人们的日常出行安全打下良好基础。基于此,本篇文章将以公路工程中软土路基强夯法施工技术应用作为切入点,并结合公路工程施工质量要求,合理提出相关参考建议。

[关键词]软土路基;公路工程;强夯法;施工技术

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14390 中图分类号: U416.1 文献标识码: A

Application Analysis of Dynamic Compaction Construction Technology for Soft Soil Subgrade in Highway Engineering

JIANG Renjun

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Soft soil subgrade exhibits characteristics such as low permeability, high compressibility, and unevenness, which can have a significant impact on the overall stability of road structures. In response to this situation, when carrying out highway engineering construction, construction enterprises need to apply the soft soil subgrade dynamic compaction method construction technology reasonably, which can effectively handle soft soil subgrade, improve the quality of highway engineering construction, and lay a good foundation for people's daily travel safety. Based on this, this article will take the application of dynamic compaction method for soft soil subgrade construction in highway engineering as the starting point, and combine with the quality requirements of highway engineering construction to propose relevant suggestions.

Keywords: soft soil subgrade; highway engineering; dynamic compaction method; construction technology

新形势下,公路工程作为我国基础性工程,对于人们的日常出行、社会发展等多个方面都有着密切联系。公路工程建设过程中,软土路基强夯法施工技术作为不可或缺的组成部分,能够有效提高公路的稳定性与安全性。因此,施工企业在开展公路工程建设期间,需要积极探索软土路基强夯法施工技术的应用方案,有利于充分发挥强夯法施工技术的应用价值,从而有效提高公路工程施工质量。

1 简述软土路基强夯法施工技术

1.1 强夯法

施工企业在处理软土地基过程中,强夯法施工技术得到了有效应用。在施工作业期间,通过应用专业的夯实设备,可以将设备自身重力势能合理转换成动能,使重力施加在地基上。在多次夯实的基础上,能够起到地基加固的作用,有效提高地基的承载力与密实度。强夯法施工技术与其他软土地基处理方法进行比较,强夯法施工技术呈现出适用范围广、操作简单等应用优势。然而,在实际应用强夯法施工技术时,为了提高软土地基处理效果,施工企业应对设备进行科学选择,并明确夯实参数,能够有效提高地基整体坚固性。

1.2 强夯法施工技术应用原理

在处理软土地基过程中应用强夯法施工技术时,主要

应用原理为:动力置换、动力密实以及动力结固。具体内容为:第一,动力置换。强夯法施工技术中,动力置换应用原理涉及:桩式置换和整式置换两种方式。为了合理应用动力置换,施工人员应根据施工现场具体情况,做出科学选择。在应用桩式置换方式时,主要是在土体中合理填入碎石,构建完善的碎石墩,碎石墩之间的碎石与土壤产生摩擦作用,可以确保桩体之间保持平衡状态,有效提高软土地基的强度以及稳定性。在应用整式置换方式时,施工人员将适量碎石合理拌入泥土中,采用垫层法做好地基加固工作。第二,动力密实。基于动力密实的作用,可以使松散软土更加紧密,有效提高地基整体承载力。由于软土在形状上各有不同,通过施工人员采用强夯法进行地基土层处理以后,使土壤的颗粒存在明显变形情况,确保软土实际满足施工要求,有效提升软土地基的稳定性。在处理软土地基过程中,施工人员合理应用强夯法施工技术,能够对细小颗粒进行挤压,并在颗粒空隙中合理填充细小颗粒,有效提高施工作业质量。第三,动力固结。强夯法施工技术中动力固结作为主要的应用原理,在外力的作用下,能够冲击软土层,可以打破软土原状,有利于及时排除软土中多余水分,使土体颗粒更加紧密,避免土体产生明显形变问题^[1]。

2 分析软土路基强夯法施工技术应用时存在的问题

2.1 软土路基的土层强度较弱

通过实际情况可以了解到,软土路基土层中土壤颗粒呈现出分散性、较低的荷载性以及强度较弱等特征,很难满足车辆荷载的相关要求。如果遇到压力集中、较大振动幅度等情况,会导致路基存在不均匀问题,使路基引发沉降的现象,公路会出现明显形变,对公路工程的使用安全产生很多不利影响。因此,施工企业应注重提升软土路基整体坚固性,充分发挥强夯法施工技术的应用作用,有利于实际解决这个问题。

2.2 软土路基边坡缺乏稳定性

在开展公路工程施工过程中,施工现场存在地形复杂情况,会导致路基边坡存在不稳定性问题。产生这个问题的原因主要为:第一,施工企业在施工之前,并没有全面开展考察工作。在施工前,施工人员没有做好路基的加固工作,导致路基存在较差的坚固性情况,在路基使用过程中会降低整体稳定性。第二,受自然环境因素影响,特别是在水文、地质等条件下,会冲击路基边坡,很大程度上影响路基边坡整体稳定性。

2.3 软土路基存在不均匀沉降现象

公路在长期投入使用以后,会产生路基沉降问题,对人们的日常出行安全造成很大威胁。出现不均匀沉降的问题,会影响公路路基自身平整性,并产生很多的安全隐患,严重阻碍了交通经济的发展以及人们的正常通行。对于软土路基存在不均匀的情况与公路路基的性质有着很大关联,并且会受到多方面因素影响,导致软土路基出现加速沉降的情况。当沉降到一定的深度时,会严重损坏公路路基^[2]。

3 探究公路工程中软土路基强夯法施工技术应用策略

3.1 优化施工准备环节

施工企业在实际应用强夯法施工技术时,应做好完善的施工准备工作,能够确保施工更加规范,充分展现出强夯法施工技术的应用作用。在施工之前,施工人员需要明确施工区域,并对该区域做好平整工作以及对表层土及时进行清理。例如:面对表层土存在松散情况,施工人员需要合理应用碾压机做好碾压工作。同时,在施工过程中,抗震、排水等工作也作为主要工作内容。在开展强夯法施工技术前,施工人员需要合理应用抗震方法、排水方法等,可以避免夯坑中存在较多的积水情况。施工企业通过安排专业人员进行施工现场的实地考察工作,可以对施工现场实际情况进行全面了解,并结合具体勘察结果,不断完善强夯法施工技术应用方案。在开展前期的施工准备工作期间,施工人员需要做好施工现场的定点测量工作,只有施工现场的平整度实际满足公路工程要求以后,施工人员才能结合设计图纸有序开展放线、测量等相关工作,可以对夯点、水准点标桩等加以明确。在实施强夯法施工技术期间,会应用大量

的施工设备,为了防止夯实作业期间设备存在异常现象,施工人员在使用设备前,应做好全面的检查工作。当设备出现异常现象,应及时进行处理。如果设备没有存在异常情况,需要有序进行强夯试验作业活动。在试验过程中,施工人员应做好数据的记录工作,并确保数据信息的真实性与准确性,可以为后续施工作业活动提供更多参考依据^[3]。

3.2 科学选择强夯设备

在进行强夯法施工作业期间,选择的设备对强夯法施工效果会产生很大影响。当前,结合强夯法施工工艺,选择的设备具体涉及:第一,夯机设备。例如:履带式起重机,在使用过程中设备突出稳定性特征,确保行走更加稳定。在进行软土地基加固时,有效提高整体施工效率。第二,夯击锤。当前,在施工过程中,圆锤、方锤等得到了广泛应用。在选择过程中,施工人员需要充分考虑地基的加固深度,可以实际满足施工要求^[4]。

3.3 明确各项参数

为了提高强夯法施工技术应用水平,需要施工人员结合施工现场实际情况,明确各项参数,如:夯实方法、遍数等。选择不同的夯实设备,在参数类型设置上也会存在一定差异。例如:施工期间应用圆形夯锤时,应确保夯锤地面积、夯锤重等突出合理性,并在施工过程中需要做好3遍的夯击工作。每次开展夯击工作时,应明确夯点具体夯击次数,可以保障单夯击实际满足现场施工需求,防止夯坑的周围出现孔隙情况。同时,当施工中存在过大夯坑情况,会很难达到预期的施工效果。在进行夯实作业期间,应派专业人员开展检查以及记录工作,当发现夯击过程中存在质量问题,需要及时处理^[5]。

3.4 优化垫层与降水处理环节

公路工程施工期间,当地下水位存在饱和性黏土过高以及饱和砂质土存在易液化流动等情况,会很难实现强夯法施工目标。面对这个问题,施工人员需要合理使用垫层法,可以对地基的性质进行有效改善。垫层施工作业期间,施工人员应选择相应的材料,例如:碎石、砂石等。这些材料存在不错的透水性,有效提升地基整体强度。然而,在使用过程中,施工人员应科学控制垫层厚度,通常在0.5m~2m范围内。在进行软土地基施工作业时,一些路段会存在较高的地下水位情况,不利于有效处理地基。如果地基处理方式出现不合理情况,会容易影响整体施工效果。因此,施工人员需要结合地下水的水位、具体分布等,不断优化排水设施的布设工作,可以有效提高整体排水效果^[6]。

3.5 注重完善强夯夯击环节

施工人员在开展夯机作业期间,由于设备存在较大的冲击力,在振动作用下夯实土层会出现一定的松动情况。为了实际解决这个问题,在夯实作业以后,需要施工人员做到低能量满夯工作,能够保障回填以后的土层在夯实上更具密度与均匀性。此外,施工人员应严格遵循夯击作业流程,并对施工细节进行全面检查。当施工实际情况和

设计方案存在偏差情况,需要及时做出调整。值得注意的是,处理地基表层作为非常重要的环节,因此在结束点夯与满夯作业以后,施工人员需要合理应用小夯锤开展夯击工作,使土层突出密实、均匀的特征。



图1 为强夯法施工技术应用现场

3.6 优化夯实质量检验环节

完成夯实作业以后,工作人员应及时进行检测,如:土体平整性、土体沉降量等。当检测结果没有满足施工质量要求的情况,工作人员应及时向相关部门进行信息反馈,然后相关部门需要根据具体情况,制定完善的处理措施。在实施强夯法施工技术期间,施工企业应对施工全过程进行全面把控,并注重检测路基土质,可以获取真实的检测结果。然后,施工人员需要通过这些检测结果,不断优化施工作业环节。此外,在结束施工作业以后,检测结果显示土壤性质发生一定变化时,工作人员应明确参数是否满足使用标准,一旦没有满足使用标准,施工人员需要持续进行优化^[7]。

4 应用软土路基强夯法施工技术的相关建议

4.1 科学控制夯击锤的落地距离

采用强夯法施工技术时,为了提高整体施工质量,施工人员需要对施工全过程开展质量控制工作。基于强夯法的施工原理,施工人员需要科学控制夯击锤的落地距离,可以确保夯击锤的起吊高度实际符合施工要求。因此,在明确夯锤起吊高度期间,施工人员应对受力情况进行科学计算与分析,在此基础上在脱钩器钢丝绳上做好刻度标注工作,能够提高整体控制效果。

4.2 科学控制振动震动

施工人员在应用强夯法施工技术开展软土地基加固工作过程中,需要通过重锤冲击软土地基。然而,在使用过程中,会产生震动比较大的情况。当存在过大的震动波,会对周边建筑物整体稳固性造成一定影响。因此,在施工现场,施工人员需要全面分析震动作用力,并结合具体情况,制定完善的防震措施,例如:增加间距、合理设置防震沟等多种方式,能够避免产生上述问题。

4.3 全面落实质量监控工作

公路工程施工过程中,在应用强夯法施工技术时,会

受到一些不确定因素影响。为了提高强夯法施工技术使用效果,施工企业需要全面落实动态化质量监控模式。通过管理人员实时开展质量监控工作,可以对施工中产生的问题进行有效处理。管理人员在日常质量监控工作中,需要明确自身岗位职责。在开展夯实作业前,管理人员需要对施工现场中的地质情况进行全面了解,然后确定夯击具体夯距、次数等内容。在应用强夯法施工技术处理软土地基时,如果出现较大的压实点铺设线误差情况,会存在多次夯击、漏点等问题。针对这个问题,在夯击之前,管理人员应与施工人员进行有效交流,并对每个夯点具体位置进行全面检查,避免出现点位偏差的情况。当存在较大的位置偏差时,施工人员需要及时调整。此外,在进行夯实点标记过程中,施工人员应严格遵循施工图纸有序开展相关作业活动^[8]。

5 结束语

综上所述,施工企业在实际经营发展期间,为了逐渐提高企业在行业中的影响力,应明确意识到软土路基强夯法施工技术在公路工程建设中的应用意义,可以有效提高施工质量,并延长公路使用年限。因此,施工企业应结合施工现场实际情况,制定完善的强夯法施工技术应用方案,能够对软土路基进行有效处理,更好实现公路工程建设质量目标,从而推动社会经济的长远发展。

[参考文献]

- [1]常丽功.强夯法在公路软土路基处理中的应用[J].交通世界,2023(35):53-55.
 - [2]白国华.公路软土路基沉降分析与处理对策研究[J].工程技术研究,2023,8(20):33-35.
 - [3]杨智.软土路基的施工技术在公路工程中的应用[J].四川建材,2023,49(8):126-127.
 - [4]张建中.公路工程路基加固施工技术研究[J].交通世界,2023(20):129-131.
 - [5]黄冬华.软土路基处理技术在公路工程施工中的应用[J].交通世界,2021(20):41-42.
 - [6]徐小林.高速公路工程施工中软基处理关键技术[J].工程技术研究,2021,6(9):77-78.
 - [7]张炜炯.强夯法处理公路软土路基施工技术实践[J].交通世界,2020(36):111-112.
 - [8]熊小勇,程露.强夯法应用于公路路基施工要点分析[J].黑龙江交通科技,2020,43(12):251-252.
 - [9]杨贵元.公路工程中软土路基强夯法施工技术应用分析[J].技术与市场,2024,31(6):104-106.
 - [10]张旖旎.公路工程中软土地基处理技术应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(17):117-119.
- 作者简介:蒋仁军(1981.12—),男,毕业于长沙理工大学,交通土建专业,就职于新疆北新路桥集团股份有限公司杭州分公司,副总经理,高级工程师。

盾构隧道施工对临近轻轨桥桩的影响分析

杨春华¹ 赵洪尧²

1. 南昌轨道交通集团有限公司地铁项目管理分公司, 江西 南昌 330013

2. 大连海事大学交通运输系, 辽宁 大连 116026

[摘要]文中通过模拟盾构施工过程中对地层的扰动, 分析了施工因素对临近轻轨桥桩的影响规律。研究了开挖顺序、土仓压力和掘进速度三个主要施工因素对桥桩垂直位移、桩周土垂直位移、桥桩与桩周土的侧向位移的影响。结果表明, 开挖顺序对桥桩变形影响显著, 土仓压力对垂直位移影响较小, 而掘进速度对侧向位移有一定影响。本研究为隧道盾构施工提供了理论依据和实践指导。

[关键词]盾构施工; 施工因素; 桥桩; 数值模拟

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14403 中图分类号: U655.5 文献标识码: A

Analysis of the Impact of Shield Tunnel Construction on Adjacent Light Rail Bridge Piles

YANG Chunhua¹, ZHAO Hongyao²

1. Subway Project Management Branch of Nanchang Rail Transit Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330013, China

2. Department of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China

Abstract: This article analyzes the impact of construction factors on adjacent light rail bridge piles by simulating the disturbance of the strata during shield tunneling construction. We studied the effects of three main construction factors, namely excavation sequence, soil silo pressure, and excavation speed, on the vertical displacement of bridge piles, the vertical displacement of soil around piles, and the lateral displacement of bridge piles and soil around piles. The results indicate that the excavation sequence has a significant impact on the deformation of bridge piles, while the soil pressure has a relatively small effect on vertical displacement, and the excavation speed has a certain impact on lateral displacement. This study provides theoretical basis and practical guidance for tunnel shield construction.

Keywords: shield tunneling construction; construction factors; bridge piers; numerical simulation

引言

随着城市化进程的加快, 地下空间成为重要的城市发展资源。盾构施工技术, 以其对地面交通和环境影响较小的优势, 被广泛应用于地铁、隧道和水利工程等城市基础设施建设中^[1-5]。然而, 盾构施工可能对周边地层及邻近结构物, 特别是轻轨桥桩等关键设施造成影响, 引发安全问题^[2, 6]。桥桩作为轻轨系统的重要支撑, 其稳定性直接关系到整个系统的安全运行。因此, 研究盾构施工对桥桩影响的规律, 对于优化施工方案、确保工程安全具有重要的理论和实践价值。

近年来, 国内外学者对盾构施工对邻近结构物的影响进行了大量研究。魏纲等^[3]综述了盾构隧道施工对邻近隧道影响的研究进展。孙逸玮等^[4]通过试验研究了盾构施工对邻近桥桩的影响, 并提出了控制措施。国际上, 任建喜等^[7]通过案例研究分析了盾构隧道施工对邻近建筑物的影响。尽管现有研究为理解盾构施工的影响提供了理论基础, 但关于施工因素如开挖顺序、土仓压力和掘进速度等对桥桩影响的综合研究仍然相对有限。

本研究采用控制变量法, 通过计算模型模拟盾构施工过程, 监测分析了不同施工因素对临近轻轨桥桩垂直位移和水平位移的影响。研究结果表明, 施工因素对桥桩的稳

定性有显著影响, 其中开挖顺序的影响尤为关键。本研究旨在为隧道盾构施工提供科学的指导建议, 以降低施工对邻近基础设施的影响, 确保工程安全。

1 工程概况

本研究是基于某城市地铁5号线的关键工程段落, 该区间隧道设计穿越一段轻轨桥梁下方, 桥梁与地铁车站相邻, 隧道开挖长度为75m, 顶部覆盖层厚度为13m。该城市地铁5号线一期工程全线总长19.688km, 线路沿城市主要街道敷设, 连接了城市多个重要区域和交通枢纽。该地区属于中温带大陆性半湿润、半干旱季风气候, 具有明显的四季变化和季节性降水特征。地形地貌上, 该城市所在区域属于平原地貌, 海拔高度在189~306m之间, 地层结构多样, 包括多种类型的沉积岩和土壤。地质特征方面, 该地区位于沉降带, 地质构造运动相对较弱, 但存在多条不同方向和规模的断裂。水文条件上, 该区域有若干河流水系, 包括大型河流及其上游的水库, 对地下水文地质条件有重要影响。

本工程的隧道设计和施工需要考虑多种因素, 包括隧道与轻轨桥梁的相对位置以及施工过程中可能对周边环境造成的影响。特别是盾构施工过程中, 施工参数的选择对地层沉降和邻近结构的变形具有显著影响, 因此, 本研究旨在通过三维数值模拟, 优化盾构隧道施工参数, 以减

少施工对周边环境的影响，确保工程安全和效率。



图1 隧道开挖实际现场图

2 数值模型建立

2.1 模型建立

考虑到模型的边界效应，根据岩石力学知识，隧道开挖影响范围为3~5倍洞径范围，根据现场实际位置关系，建立桥梁-地层模型参数为：横向106m；竖向59m，隧道顶部至地表13m，隧道以及模型长度为74m。通过FLAC3D软件建立三维模型，土层采用实体单元进行模拟，选取摩尔库伦本构模型，衬砌管片选用实体弹性壳体单元，选用弹性本构模型。模型边界约束条件：模型左、右两侧施加X方向垂直边界面的水平约束，前、后侧施加Y方向垂直边界面的水平约束，底部Z方向竖向约束，上部自由无约束。渗流边界条件：土体边界不透水，开挖面不透水，管片及注浆不透水。

2.2 模型参数

在简化后的三维数值模型中，隧道开挖所影响范围的地层共有四种地层，分别是素填土、全风化泥岩、强风化泥岩、中风化泥岩。在FLAC3D软件中的计算参数如表1所示。地表轻轨部分由轻轨桥面及轻轨桥桩组成，横板、支撑、条形基础选用实体单元模拟，模型模拟桥面长74m，宽4m，高2m。材料性质设为钢筋混凝土，应用弹性本构模型。三维计算模型如图2所示，共计101695个节点，112448个单元，FLAC3D隧道模型如图2所示。

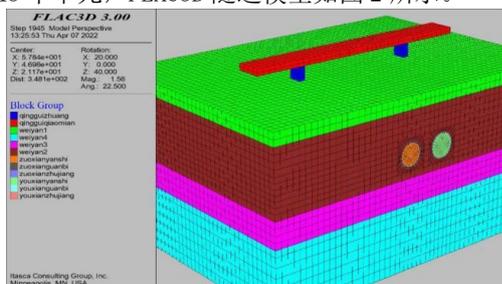


图2 三维模型图

表1 模型地层计算参数

地层类型	体积模量 E/GPa	剪切模量 E/GPa	粘聚力 C/kPa	内摩擦角 $\Phi/^\circ$	密度 $\rho/\text{kg/m}^3$
素填土	0.12	0.04	15	9	1800
全风化泥岩	0.25	0.07	26	15	1920
强风化泥岩	0.39	0.10	60	25	2170
中风化泥岩	4.23	1.03	120	30	2390

3 计算结果分析

为了分析盾构开挖对建筑物沉降的影响，在两个桥桩中心设置监测点，监测其竖向位移，并在桥桩桩周土设置监测点，逐步跟进监测，隧道模型的测线布置如图3所示。

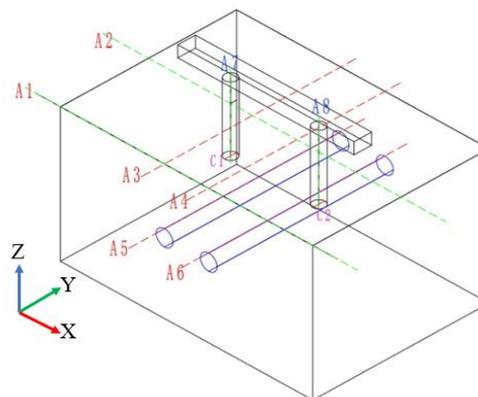


图3 测线布置图

3.1 开挖顺序影响分析

本小节设置两种工况，研究不同开挖顺序下盾构隧道对桥桩的影响。工况一：先进行左洞开挖，再开挖右洞，两条线路间相差75m；工况二：先进行右洞开挖，再开挖左洞，两条线路间相差75m。

3.1.1 先开挖桥桩与桩周土相对位移

桩周土与桥桩的沉降变形不一致，所以有可能导致桥桩上的负摩阻力。设计时，如果忽视负摩阻力，将会造成桩端地基的屈服或刺入破坏，相当于间接增加了桩上端荷载，会引发桩身破坏以及上部构筑物不均匀沉降等，甚至引发构筑物沉降、倾斜、开裂等事故。将桥桩的变形与桩周土的变形相减，可以得到桩周土与桥桩的相对位移。

如图4所示，X轴为桩周土的沉降值减去桥桩的竖向位移值，可以得到桩周土与桥桩的相对位移。其中正值代表桥桩相对桩周土位移向下，即产生正的摩阻力，负值表示桥桩相对桩周土位移向上，产生负摩阻力，下文正负值所表示含义与此一致。由图4中可以看出，桥桩在隧道开挖和底部桩端处全部为负值，桥桩在这两处有可能产生负摩阻力。

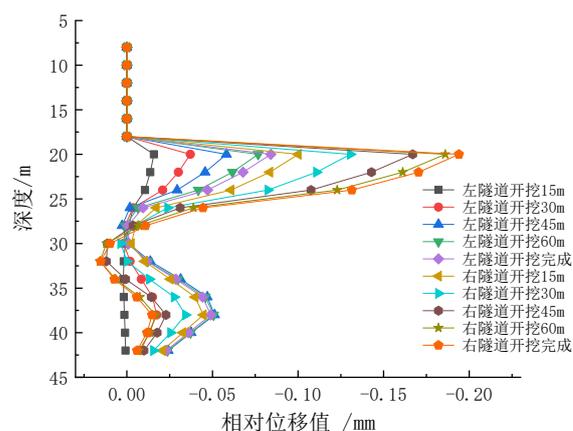


图4 工况一左桥桩与桩周土相对位移

3.1.2 后开挖桥桩与桩周土相对位移

由图 5 中可以看出在上侧桩端有可能产生负摩阻力且在隧道深度范围内产生正摩阻力,其面积可以与桩端处产生的负摩阻力抵消。相比与工况一、工况二产生的负摩阻力对桥桩承载力的影响较小。

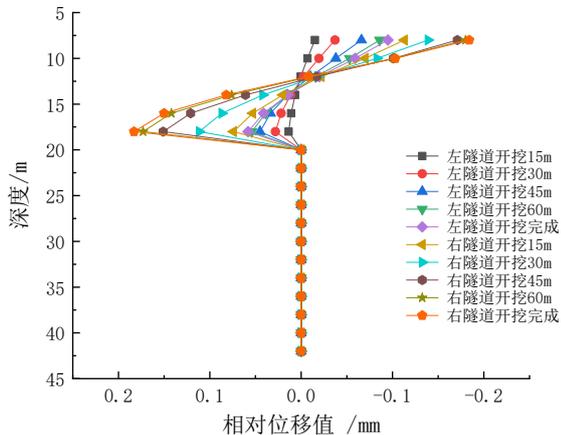


图5 工况二左桥桩与桩周土相对位移

3.2 土仓压力影响分析

本小节设置如下三种工况进行比较。工况一：土仓压力 0.2MPa；工况二：土仓压力 0.4MPa；工况三：土仓压力 0.6MPa。

3.2.1 左桥桩与桩周土相对位移分析

由图 6 中可以看出桥桩在隧道深度范围和下桩端范围有可能产生负摩阻力。且产生负摩阻力的地方大于正摩阻力的地方,三种工况引起的相对位移值相差不大,所以土仓压力对左桥桩与桩周土的相对位移影响较小。

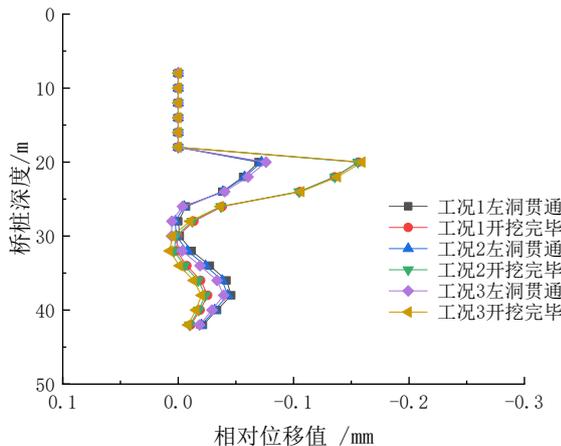


图6 左桥桩相对位移值

3.2.2 右桥桩与桩周土相对位移分析

由图 7 可以看出在上侧桩端有可能产生负摩阻力且在隧道深度范围内产生正摩阻力,其面积可以与桩端处产生的负摩阻力抵消。三种工况引起的相对位移值相差不大,所以开挖速度对右桥桩与桩周土的相对位移影响较小。

不大,所以土仓压力对右桥桩与桩周土的相对位移影响较小。

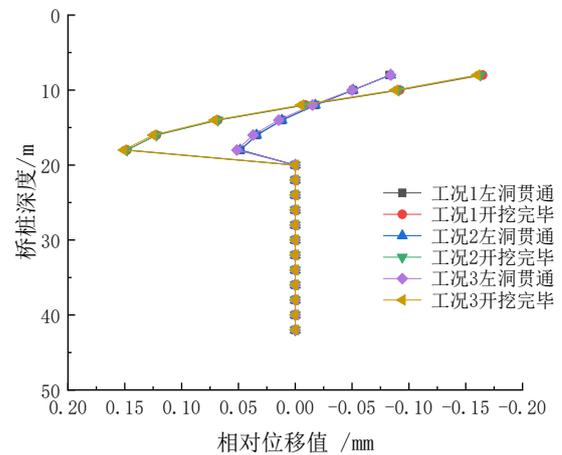


图7 右桥桩相对位移值

3.3 掘进速度影响分析

由于管片宽 1.2m,本小节设置如下三种工况进临近桥桩地层模拟分析。工况一：以 3.6m 为一日进尺；工况二：以 6m 为一日进尺；工况三：以 8.4m 为一日进尺。

3.3.1 左桥桩与桩周土相对位移分析

由图 8 中可以看出桥桩在隧道深度范围和桩端范围有可能产生负摩阻力。且产生负摩阻力的地方大于正摩阻力的地方,三种工况引起的相对位移值相差不大,所以开挖速度对左桥桩与桩周土的相对位移影响较小。

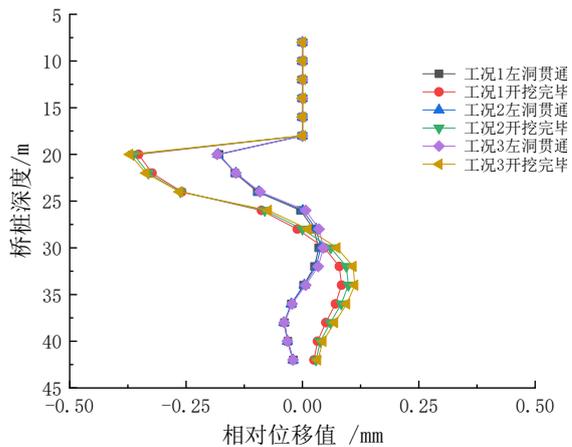


图8 左桥桩相对位移值

3.3.2 右桥桩与桩周土相对位移分析

由图 9 中可以看出在上侧桩端有可能产生负摩阻力且在隧道深度范围内产生正摩阻力,其面积可以与桩端处产生的负摩阻力抵消。三种工况引起的相对位移值相差不大,所以开挖速度对右桥桩与桩周土的相对位移影响较小。

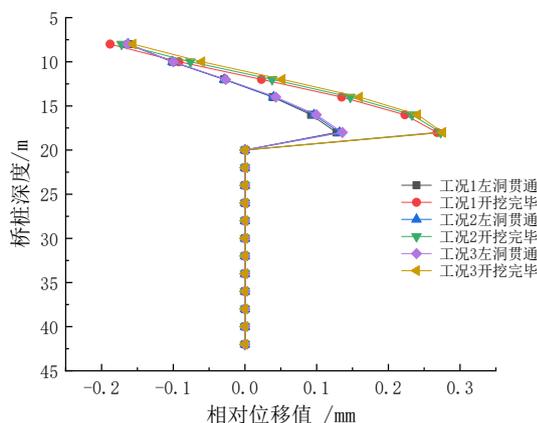


图9 右桥桩相对位移值

4 结论

本文主要进行的工作是研究三种施工因素对桥桩竖直位移、桥桩桩周土的竖直位移、桥桩与其桩周土的侧向位移、桥桩侧向位移的影响,综合分析其对桥桩产生的影响,用以指导隧道盾构施工。

开挖顺序的两种施工因素对桥桩的竖向位移和桥桩的水平位移影响,通过桥桩的相对位移可以看出,先开挖左桥桩容易产生较大区域的负摩阻力区域,这会间接增加桥桩上端的承载力。反观先开挖右洞的工况,产生正摩阻力区域和负摩阻力区域面积大致持平。并且研究其水平位移,先开挖左洞对桥桩的影响确实大于先开挖右洞对左侧桥桩的影响,工况一开挖最终对左桥桩的影响为 2.36mm,而对右桥桩的影响大小为 2.24mm,由于模型对称,即工况二对左桥桩的影响与工况一对右桥桩影响大小相同,小于工况一。综上所述,应当选择先开挖左洞的工况。

土仓压力对桥桩和桩周土以及其竖直的相对位移几乎影响不大,所以三种工况皆可,而从侧向位移来看,土仓压力越大,桥桩的侧向位移越大。综合看来还是应当选择土仓压力较大的工况三即 0.6MPa 的土仓压力。

掘进速度对桥桩和桩周土的竖直位移同样影响不大,从桥桩的水平位移来看,桥桩桩身的变形呈倒葫芦形状,开挖速度越大,则隧道深度桥桩侧向位移越大,但是影响幅度又不至于过大。综上所述,在不延误工期的情况下应当选择 6m/d 的开挖速度比较稳妥。

[参考文献]

- [1] 代洪波,季玉国.我国大直径盾构隧道数据统计及综合技术现状与展望[J].隧道建设(中英文),2022,42(5):757-783.
 - [2] 赵丽雅.盾构隧道近距离侧穿高架桥桥桩风险分析[J].四川建筑,2019,39(5):112-114.
 - [3] 魏纲,赵得乾麟,黄睿.盾构施工对邻近隧道影响的模型试验研究综述[J].现代隧道技术,2021,58(5):1-8.
 - [4] 孙逸玮.盾构隧道施工诱发邻近桥梁桩基变形机理与注浆控制研究[D].长沙:长沙理工大学,2022.
 - [5] 赵方彬.盾构法修建地铁隧道的技术现状与展望[J].工程建设与设计,2018(20):191-192.
 - [6] 周海华.地铁隧道盾构下穿高架桥施工优化及风险评估[J].山东交通科技,2023(2):26-29.
 - [7] 任建喜,杨锋,朱元伟.邻近建筑物条件下西安地铁盾构施工风险评估[J].铁道工程学报,2016,33(7):88-93.
- 作者简介:杨春华(1971.1—),女,专业:城市轨道交通工程,学历:本科,职称:工程师。

桥梁过渡段质量通病与技术分析

王 疆

新疆北新顺通路桥有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 桥梁过渡段作为主桥与两侧桥台、路基连接的关键部分,其施工质量是决定整个桥梁功能表现及寿命长短的关键因素。在建筑项目的实施及后续运用阶段,经常可见过渡段区域出现诸如裂缝、沉降、变形等质量问题,这些普遍存在的问题不仅对桥梁的安全与稳定构成了影响,同时也提高了后期的养护和维护费用。针对桥梁工程中过渡段的常见质量问题,结合实际案例,提出相应的技术解决方案和预防措施,以期桥梁工程的设计、施工和维护提供参考。

[关键词] 桥梁过渡段; 质量通病; 裂缝; 沉降; 技术分析

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14385 中图分类号: U445 文献标识码: A

Common Quality Problems and Technical Analysis of Bridge Transition Sections

WANG Jiang

Xinjiang Beixin Shuntong Road and Bridge Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As a key part connecting the main bridge with the bridge piers and subgrade on both sides, the construction quality of the bridge transition section is a key factor determining the overall functional performance and lifespan of the bridge. In the implementation and subsequent application stages of construction projects, quality problems such as cracks, settlement, deformation, etc. often occur in the transition area. These common problems not only affect the safety and stability of the bridge, but also increase the maintenance and upkeep costs in the later stage. Based on common quality problems in transition sections of bridge engineering and practical cases, corresponding technical solutions and preventive measures are proposed to provide reference for the design, construction, and maintenance of bridge engineering.

Keywords: bridge transition sections; common quality problems; cracks; settlement; technical analysis

引言

作为交通基础设施的重要组成部分,桥梁的安全性与耐用性是人们高度关注的焦点。作为桥梁与道路连接点的过渡段,它支撑着车辆的往来并承受着各类荷载,其施工质量的好坏,关乎桥梁的安全运用及道路的流畅性。在实际工程建设场景中,桥梁的过渡段经常遭遇众多质量问题,这些问题在长桥以及地形复杂的区域尤为突出,给施工带来了极大的考验^[1]。诸多常见的工程质量问题,如裂缝、沉降和变形等,主要归纳为质量通病,其产生原因通常涉及设计不当、施工不规范以及材料不合规等多方面因素。深入探究桥梁过渡段的常见质量问题及其产生原因,并据此提出切实有效的技术改进措施,这对于提高桥梁建设的整体水平、增加其使用年限具有至关重要的作用。

1 桥梁过渡段质量通病的成因

质量通病是桥梁过渡段在设计、建造及使用阶段诸多因素综合作用的结果,这些因素共同影响了其性能与安全。在项目设计的关键阶段,诸多要素对转换阶段的品质起着决定性作用。在桥梁设计活动中,若荷载计算存在偏差,或对桥梁与路面相对位移考虑不充分,则可能导致过渡段结构设计不当,引发裂缝及沉降等结构问题。在构建过渡段时,若所采用的材料未遵循规定或品质不佳,其所能承受的负荷及持续性将受到不利影响。在建筑项目进行施工

期间,对管理活动和技术操作的执行进行严格把控,是确保工程成功的关键环节^[2]。工艺的不当规范,诸如混凝土浇筑的非均匀性或施工缝处理瑕疵,均可能造成结构内部应力集中,从而诱发裂缝的产生。极端天气条件,在施工过程中可能会遇到,这会对混凝土强度及其他材料性能产生不利影响。因此必须给予关注,最后,使用阶段的因素也是造成质量通病的重要因素。尤其是重型车辆的频繁行驶,容易导致桥梁连接部位,即过渡段,出现下沉与形态改变的现象。此外,缺乏有效的养护和监测措施,也会导致隐患逐渐累积,最终导致严重的质量问题。因此,综合考虑设计、施工和使用阶段的各种因素,建立系统的质量管理和监测机制,才能有效预防和控制桥梁过渡段的质量通病,确保桥梁的安全与耐用。

2 桥梁过渡段质量通病的技术

桥梁过渡段常见的质量问题主要集中在裂缝、沉降、变形和接缝不良等方面,其产生原因通常涉及设计、施工、材料以及环境等多个方面。在桥梁与路面相接之处,经常会出现质量问题,其中裂缝现象尤为普遍,设计不当或施工工艺问题常常导致裂缝的出现。例如,当桥梁负载着动态力量时,若在设计过程中未对连接段的位移变化给予充分考虑,则可能会引起结构上的拉伸应力超出预定范围,进而在结构中产生裂缝现象。裂缝的形成,亦受混凝土材

料随温度变化而产生的体积收缩影响。若在建筑施工过程中,对混凝土的浇筑量及水灰比例未能妥善控制,并且未实施适宜的保养手段,则会使得混凝土的强度未达到预期,进而提升出现裂缝的可能性。地基承载力的不足及基础处理不当常常是导致沉降现象产生的主要原因,如果在桥梁的设计过程中,没有对地基部分进行彻底的探查和准确评估,或者在建筑施工期间,没有实施有力的加强策略,那么可能会引起桥梁整体的下沉不均^[3]。

在桥梁与路面相接的部位,常见的质量缺陷表现为构造连接处的过渡段变形问题。在桥梁的承重构件承受不均匀荷载或地基沉降不同步的情况下,连接段往往会发生不同程度的相对移动,这种现象会引起结构的形变,并可能对行车的舒适度和安全性造成不利影响。在处理特定问题时,设计阶段需全面考量桥梁工程中过渡段的材料性能,确保其同时具备适当的刚性和柔性,以顺应桥梁在动态下的形态变化。在桥梁的连接区域,接缝的处理不当是一个显著且严重的质量问题,桥梁的耐久性和使用寿命会受到施工中接缝处理质量的直接影响。若接缝处理不当,例如未采用适当的防水材料,或未确保接缝的密实性,则可能导致水侵入,从而削弱其抗水及抗震能力。在雨季和雪融时期,水分渗透会促进混凝土的退化及其结构性损坏,针对桥梁连接部分的常见质量问题,涉及设计、建造以及材料选择等多个环节,这构成了一项繁杂的整体性问题。

3 桥梁过渡段质量通病的预防与控制措施

3.1 设计优化

桥梁过渡段的设计优化是确保桥梁结构安全、经济和耐用的关键环节。合理的设计不仅能够有效预防常见的质量通病,还能提高桥梁的使用寿命和行车舒适性。设计优化应从对地质和环境条件的全面评估入手。桥梁的设计需要充分考虑地基土的承载能力、沉降特性及其对桥梁结构的影响。这就要求设计师在项目初期进行详尽的地质勘探和地基分析,以便选择合适的基础处理方案。对地基的处理可包括采用桩基础、扩大基础或其他加固措施,以确保桥梁在各种荷载作用下的稳定性和可靠性^[4]。

在构建桥梁与路面连接的过渡部分时,必须细致规划以适应二者间的位移和形变需求。在应对交通工具在行进中因所施加的动态负荷及由温度变化导致的构造形变时,合理的衔接段落应当具备良好的伸缩性与弹性。在桥梁与路面的连接处,通过分段设计,合理安排接缝位置,可以减少因相对位移引发的应力集中问题。在桥梁设计的环节,融入动态分析的方法,对桥梁在行车负荷、温度变动及环境因素作用下的力学反应进行模拟,进而对过渡段的形状和材料选择进行精确优化。在桥梁工程中,过渡段的设计工作重点需考虑防水与排水性能的进一步提升,在路面与桥梁连接的过渡区,经常发生水侵入和积存的现象,这会

对混凝土结构造成损害。

桥梁的过渡段设计优化,应当伴随着施工工艺的协调配合进行,实现设计意图。设计师需与施工单位保持紧密的对话,进而针对具体的施工环境与技术标准,对设计草案进行必要的修改。在混凝土的强度和配合比设计过程中,需兼顾施工期间可能遭遇的天气波动及材料供应的不确定性,保障施工顺利执行既定设计方案。在桥梁建设过程中,将设计阶段的改进与施工阶段的可行性相结合,可以显著提高过渡段的整体建设质量。针对桥梁过渡段的设计,优化方案需全面考虑地质状况、结构适应性、防水排水技术以及施工方法等多个关键因素,对桥梁的过渡段进行系统化的设计改进。不仅能有效减少常见的质量问题,而且能够增强其整体的功能性与安全性,保障桥梁在使用中表现出的稳定性和可靠性。

3.2 施工管理

施工管理必须建立健全的组织体系,明确责任分工。项目经理作为施工管理的核心,需对施工全过程进行全面把控,确保各项工作有序推进。施工队伍的选择也是关键,需根据项目特点和要求,选用经验丰富、技术过硬的施工队伍,以提高施工效率和质量。在施工前,应组织充分的技术交底和安全培训,使施工人员明确施工要求和安全措施,避免因操作不当造成的质量问题和安全隐患。在施工准备阶段,应制定详细的施工方案和进度计划。施工方案需明确各项工序、技术要求和质量标准,并结合施工现场的实际情况,进行合理安排^[5]。

在建筑施工的各项活动中,对质量的严格监控是管理工作的核心,为了保障施工质量,必须构建完善的质量控制体系,细化质量审查的频率与准则,使得每个施工阶段均符合预设的设计规范。在桥梁施工的过渡段环节,特别重视混凝土的浇筑作业、接缝的精准处理以及防水层的施工技术,这些环节对整个桥梁的结构质量有着决定性的影响。在混凝土浇筑过程中,需精确掌控其配合比、浇筑温度及施工技术,以保证混凝土强度符合预设标准。在接缝处进行加工时,需采用高品质的密封材料,以确保其连接部分的密封效果及持久性^[6]。在实施防水层的建造作业时,必须注重施工材料的品质及其施工过程中的精准度,这样做是为了避免水泄漏而对建筑物构造带来持续性的伤害。施工现场的安全管理,是施工管理环节中不可或缺的一环。在施工活动展开前,必须执行彻底的安全威胁评价,以辨别潜在的危险因素,同时拟定针对性的预防策略。于建设活动期间,必须提升对潜在危险防范的认知,定期举行对现场安全的审查与潜在风险的检视,一旦察觉缺陷,随即进行必要的修正。在建设工地的环境中,必须实施以人员安全为重点的风险控制措施,以保障劳动力及机械设备的有序运作。

在施工管理过程中,重视与各方相关者的沟通与协调是必不可少的。在施工的各个阶段,必须与设计单位、监

理单位以及业单位展开紧密的交流与合作,这样,施工进度和所遭遇的挑战能够得到及时的汇报,从而允许对施工计划进行必要的调整,确保工程项目能够依照既定时间表顺畅地进行。施工实体应当保持与材料供应商之间的密切合作,以保障必需材料的可获得性及其品质监控,进而防止材料相关的延误或缺陷对工程进度和施工品质造成不利影响。施工管理涉及桥梁过渡段的建设,包含组织、计划、质量、安全和沟通等多方面因素,是一个系统而复杂的过程。施工单位采取一系列措施,包括完善的管理体系、科学的施工方案以及严格的质量控制和安全管理,以此来提升桥梁过渡段的施工品质,并保证工程项目能如期完成^[7]。

3.3 使用与维护

桥梁建设完毕交付使用后,管理单位须拟定细致的操作管理计划,用以确立过渡区的应用规范与维护保养标准。在桥梁使用的初始时期,关键任务是对过渡段的性能与可靠性进行细致的检查和评价,以保证桥梁设计所预期的功效得以实现,并快速识别及处理任何可能出现的问题。对于桥梁过渡段而言,定期执行的使用检查与维护工作,是确保其长期稳定性的关键行动。运营单位应对所使用的桥梁实施周期性的审查,确保其结构安全。具体周期与检查项目需参照国家或地方的规范标准来制定,对于桥梁设施,进行定期的体检是必不可少的,这包括对其自身构造、所用材料,以及连接点的详细审查,特别要对过渡段接缝、路面平整度和抗滑能力等关键性能指标给予优先评估,实施定期的检查,能够迅速辨识出材料衰减、结构形变及接缝处渗漏等异常状况,以此保障过渡段的运营中避免发生严重的功能障碍。针对在工作中检测所揭示的各类问题,制订一份细致的保养方案,进行资产保养^[8]。

在使用桥梁的过程中,相关单位应主动对桥梁的技术层面进行改进和提升,保障其性能能够跟上时代的步伐。随着交通量的增长,桥梁可能面临更大的负荷挑战,因此,过渡段的构造需要加强,以满足新兴的交通要求。例如,针对桥梁,采用智能监测技术,实行实时监控,以便及时了解其使用状态,这样能够提高桥梁管理在科学性和有效性方面的水平。针对桥梁的运用和保养,必须增强对相关人员的专业训练及教育,以增强其技术能力和防范意识。单位通过安排定期的培训及交流活动,能够提升桥梁管理人员的专业能力,包括对桥梁安全缺陷的识别、评价以及

处理技巧。一方面,应当积极鼓励使用单位与相关研究机构 and 高校进行合作,共同致力于桥梁建筑领域的技术革新与深入研究。另一方面,促进尖端技术和先进材料在桥梁建设和日常保养中的广泛运用,从整体上提高桥梁的运维质量和管理效率^[9]。

4 结语

综上所述,桥梁过渡段的质量通常是影响桥梁安全与耐久性的关键因素。通过对裂缝、沉降、变形等常见问题的深入分析,我们可以看到,这些通病的产生往往与设计、施工、材料等多方面的因素密切相关。为此,在桥梁设计阶段,应加强对过渡段的结构分析,合理选择材料与施工工艺,确保设计方案的可行性和科学性;在施工过程中,严格按照规范执行,确保施工质量,做好监测与维护。同时,加强对桥梁使用过程中的监测和评估,及时发现和处理潜在问题,才能有效提高桥梁过渡段的质量水平,保障桥梁的安全运营。

[参考文献]

- [1]蔡明棋. 道路桥梁过渡段的路基路面施工技术[J]. 汽车周刊, 2024(9): 51-53.
- [2]朱文聪. 高速公路路桥过渡段施工技术研究[J]. 居业, 2024(5): 32-34.
- [3]周明亮. 道路桥梁过渡段路基路面施工要点分析[J]. 工程建设与设计, 2024(4): 172-174.
- [4]姜国旭. 高等级公路桥梁过渡段路基路面施工技术[J]. 工程机械与维修, 2023(6): 203-205.
- [5]刘漫杰. 公路桥梁过渡段路基路面施工技术研究[J]. 未来城市设计与运营, 2023(10): 77-79.
- [6]范芃兰. 路基与桥梁结构过渡段软土路基防沉降技术探讨[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(20): 146-148.
- [7]刘喜明. 道路桥梁施工过渡段软基处治措施[J]. 交通建设与管理, 2023(5): 95-97.
- [8]孙勇. 道路桥梁过渡段软路基压实施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2023(5): 141-143.
- [9]吴位德. 高速公路桥梁过渡段伸缩缝施工技术研究[J]. 交通世界, 2023(25): 132-134.

作者简介: 王疆(1980.11—), 毕业院校: 新疆大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 新疆北新顺通路桥有限公司, 职称级别: 高级工程师。

合新高速铁路五河站软基螺纹桩设计的数值模拟试验

杨雷¹ 白鹏俊¹ 谭博¹ 周仁战² 欧元超²

1. 中铁十五局集团第二工程有限公司, 上海 201714
2. 蚌埠学院土木与水利工程学院, 安徽 蚌埠 233030

[摘要]随着我国高速铁路里程的增加,软土地基变形控制有着更严格要求,软基处理中螺纹桩因其承载特性优异而被广泛应用,但螺纹桩的设计较为复杂,其承载特性与桩径、螺纹占比、螺距和螺纹宽度都有紧密关系,合理的设计不仅能够减小混凝土用量,也起到软基加固作用。本篇文章结合合新铁路五河站段工程的软土地质条件,以螺纹占比、螺距和螺纹宽度等因素开展正交模型试验研究,结果显示各种因素对桩竖向沉降影响的次序由大到小为:螺纹占比,螺距,螺宽;最优因素参数组合为螺纹占比1/2、螺距0.5m、螺宽0.05m。根据研究分析,通过现场试桩静载试验,满足了工程需求。

[关键词]合新铁路五河站;软土处理;螺旋桩;数值模拟;正交试验

DOI: 10.33142/aem.v6i10.14369 中图分类号: U448.2 文献标识码: A

Numerical Simulation Test of Soft Foundation Threaded Pile Design for Wuhe Station of Hexin High Speed Railway

YANG Lei¹, BAI Pengjun¹, TAN Bo¹, ZHOU Renzhan², OU Yuanchao²

1. The Second Engineering Co., Ltd. of China Railway 15th Bureau Group, Shanghai, 201714, China
2. College of Civil and Hydraulic Engineering, Bengbu University, Bengbu, Anhui, 233030, China

Abstract: With the increase of high-speed railway mileage in China, there are stricter requirements for deformation control of soft soil foundation. Threaded piles are widely used in soft soil treatment due to their excellent bearing characteristics. However, the design of threaded piles is more complex, and their bearing characteristics are closely related to pile diameter, thread ratio, pitch, and thread width. Reasonable design can not only reduce the amount of concrete used, but also play a role in soft soil foundation reinforcement. This article combines the soft soil geological conditions of the Wuhe Station section of the Hexin Railway and conducts orthogonal model experimental research on factors such as thread ratio, pitch, and thread width. The results show that the order of the influence of various factors on the vertical settlement of piles from high to low is: thread ratio, pitch, and thread width; The optimal combination of factor parameters is thread ratio of 1/2, pitch of 0.5m, and thread width of 0.05m. According to research analysis, the on-site pile static load test has met the engineering requirements.

Keywords: Wuhe Station of Hexin Railway; soft soil treatment; spiral pile; numerical simulation; orthogonal experimental

引言

近年来,随着螺纹桩在工程中的不断应用,其施工效率、适用性、承载力以及沉降控制等方面的优势被工程人员所接受,其在高层建筑、高速铁路等大型工程中备受青睐。国内众多专家学者亦对其承载特性和荷载传递机理进行了深入研究,并探讨其在极限承载状态下桩周土体破坏模式。2002年,我国首根灌注螺纹桩在武汉问世,吴敏和李波扬利用随即开展了现场的静载试验研究,通过与传统直孔桩的对比,认为螺纹桩能够有效节约工程材料,螺纹桩的混凝土用量仅为具有相同外径的直孔灌注桩的60%~70%;根据现场试验得到的螺纹桩荷载-沉降曲线,对螺纹桩的单桩承载力计算进行了初步探讨,对螺纹桩的应用具有指导意义。

董天文等^[1]基于荷载传递函数法结合地基土的双折线模型与简化竖向受压螺纹桩模型,建立了P-s(荷载-沉降)的关系函数,并通过静载试验进行了验证,得出螺

纹桩的单桩承载力公式,以及桩周土破坏形式,通过分析得到桩身承载力取决于螺距与控制螺距的大小关系,并对螺纹桩承载机理、桩身参数设计等进行了初步探讨。李家华等^[2]基于双折线模型,采用荷载传递法建立了螺纹桩负摩阻力的基本微分方程,在此基础上研究了桩土相对位移、螺纹宽度、土体性质,以及时间效应等参数对螺纹桩负摩阻力的影响程度,进而推导了桩身轴力、中性点位置以及负摩阻力的计算公式。王国才^[3]等利用有限单元法软件建立了包括多组具有不同径距比的螺纹桩以及具有不同直径的圆截面桩数值分析模型,经过模型分析,对桩的沉降、轴力以及侧摩阻力进行了讨论,研究表明螺纹的存在改变了桩-土相互作用的模式,径距比是螺纹桩极限承载能力的主要影响因素之一。

但长期以来,由于工程差异与地层的复杂性,理论设计总是存在弊端,而数值模拟方法却能建立符合实际情况的更加复杂的地层结构。徐春华等^[4]结合静载试验及数值

计算,对桩型参数进行了深入研究,讨论了螺纹桩承载性能的影响因素,研究认为螺纹桩主要由桩侧承载,并提出提高桩侧阻力的螺牙宽厚比以及螺距的设计参数。徐学燕等^[5]利用试验桩参数确定了建立了数值模拟模型,通过数值模拟分析,得出螺牙宽度增大与螺距减小均可以提高螺纹桩承载能力,并结合现场试验结果发现,螺纹桩极限承载力曲线属于缓变型曲线。冷伍明等结合模型试验和数值模拟,对直孔桩和螺纹桩竖向承载特性进行了对比研究,研究表明,螺纹表现为摩擦桩属性,试验结果得出螺纹桩的极限承载力为直孔桩的 1.48~2.43 倍,材料利用率为直孔桩的 12.19~3.38 倍;螺距和螺牙宽度应为桩身参数设计重点。

综上所述,螺牙占比,螺距,螺宽等因素是螺纹桩承载能力的主要影响因素。本文将基于合新高速铁路五河站软基处理工程为背景,通过数值模拟研究确定最佳的螺纹桩设计参数,并在现场开展工业性试验以验证螺纹桩承载力,为螺纹桩的设计提供技术路径。

1 工程概况

新建合肥至新沂铁路自合肥枢纽引出,经定远、明光、五河、泗县和江苏宿迁,至新沂枢纽,全长 343.5km,设计时速 350km,见图 1 所示。其中安徽段 HXZQ-2 标位于安徽省蚌埠市五河县境内,起讫里程为 DK142+480.412~DK172+371.46,沿线水沟分布较多,地下水位埋深在 0.3~1.0m,见图 2 所示,软基加固问题迫切。五河站路基填筑段主要工程量包含路基填筑、站场软基处理;站场软基处理措施主要包含 PHC 管桩、水泥搅拌桩、塑料排水板及螺纹桩;其中螺纹桩加固区域为 DK158+996~DK159+060.17、DK159+081.83~DK159+459.78、DK163+493.22~DK163+728.11 段正线及 3、4 线。



图 1 新建合肥至新沂铁路建设工程概况



图 2 地下水埋深浅及工程现场雨季积水情况

因场地内软土地层厚度大,受地下水影响显著,高铁运行存在较大冲击荷载,且对地基沉降变形有严格控制要求,在经过项目管理专家评审后形成相关意见,建议采取螺旋桩加固处理。桩顶设 C35 圆形素混凝土桩帽。螺纹桩上部褥垫层 AB 料回填,为 20cm 中砂垫层及 40cm 的碎石垫层,褥垫层内铺设二层双向经编涤纶土工格栅,褥垫层上部为路基填料填筑层至路床表层。但是,螺纹桩的具体设计成为工程软基处理的关键。为指导施工设计,基于现场地层的勘探资料,建立螺纹桩承载的数值模型,通过正交试验获得螺牙占比,螺距,螺宽等因素对螺纹桩承载特性的影响规律,获得最优设计参数。

2 螺纹桩承载的正交试验分析

2.1 螺纹桩正交试验设计

模型确定螺纹桩桩身采用 C35 混凝土,桩长 16m,桩径 0.5m,弹性模量为 30GPa,泊松比取 0.2。模型尺寸确定水平方向为 5m,垂直方向为 18.5m。土体材料选取软土,确定弹性模量为 3.5MPa,泊松比为 0.3,土体黏聚力为 20kPa。数值试验采用正交试验的方法,以螺纹桩的螺牙占比(因素 A)、螺距(因素 B)和螺宽(因素 C)试验因素,每种因素设定 3 个水平,开展正交试验的因素和水平列于表 1,最终选用 L₉(3³) 正交试验见表 2。

表 1 正交试验因素-水平表

因素/水平	螺牙占比	螺距/m	螺宽/m
1	2/3	0.5	0.05
2	1/2	0.6	0.08
3	1/3	0.8	0.11

表 2 正交试验表[L₉(3³)]

编号	螺牙占比 (A)	螺距 (C) /m	螺宽 (B) /m
1	2/3	0.5	0.05
2	2/3	0.6	0.08
3	2/3	0.8	0.11
4	1/2	0.5	0.08
5	1/2	0.6	0.11
6	1/2	0.8	0.05
7	1/3	0.5	0.11
8	1/3	0.6	0.05
9	1/3	0.8	0.08

采用有限元软件 Flac3D 开展上述不同螺纹桩结构参数的承载特性模拟研究。鉴于在前处理方面,Flac3D 对于复杂不规则三维模型的建立比较困难,研究采用 Rhino 建立三维几何模型。采用 Rhino 建立几何模型后,通过 Griddle 高级网格插件进行网格剖分,在研究范围内以最大每 0.1m,最小 0.05m 划分网格,将生成后的网格文件导入 Flac3D 中,该模型共有 501331 个单元和 450506 个节点,Flac3D 三维模型如图 3 所示。

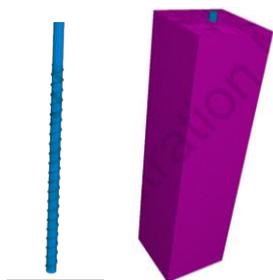


图3 正交试验所建不同螺纹桩的模型

土体模型采用 Mohr-Coulomb, 不考虑塑性流动 (不考虑剪胀)。另外, 螺纹桩受到外荷载, 桩周土体遭到破坏, 而由于桩体自身刚度较大, 在外荷载作用下几乎不会发生破坏, 使用线弹性模型。荷载作用过程中, 桩土的接触面是桩身的外表面和与之接触的土体。相互作用的类型为表面与表面接触, 遵循主从面 (Master-Slave) 接触原

则, 将刚性更大的桩体外表面设置为主面, 土体表面设置为从面。根据实际情况, 需要对模型的边界条件进行设置, 模型的上部边界为自由边界, 左右边界固定 x 方向位移, 前后边界固定 y 方向位移, 模型底部固定 z 方向位移。

2.2 螺纹桩正交试验结果分析

在螺纹桩的承载特性正交试验模拟中, 采用分级加载方式, 最大荷载直至 1500kN。据图 4 可知, 螺纹桩桩体的竖向应力分布从桩顶至桩底呈减小趋势, 主要承受压应力, 桩体上部 70% 承担主要的荷载作用。螺纹之间的土体跟随螺纹桩的沉降产生较大的压应力, 附近地层靠上部存在拉应力区, 靠下部为压应力区, 中性点位置受螺纹占比、螺距、螺宽的综合影响, 其中模型 5、6、8、9 中全部受压。模型中设定的各监测点在最大加载的沉降如表 3 所示。

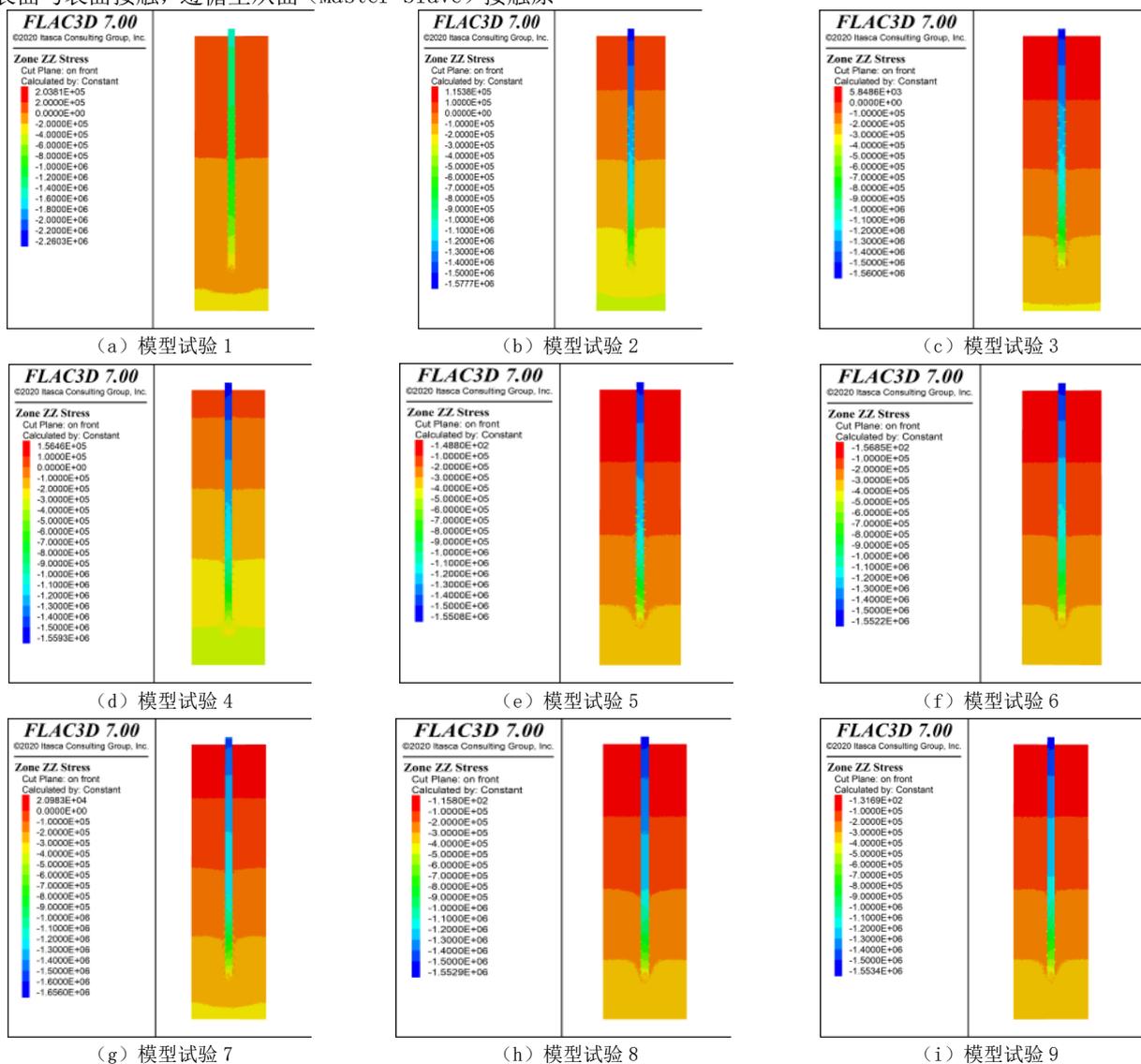


图4 螺纹桩模拟加载下竖向应力云图

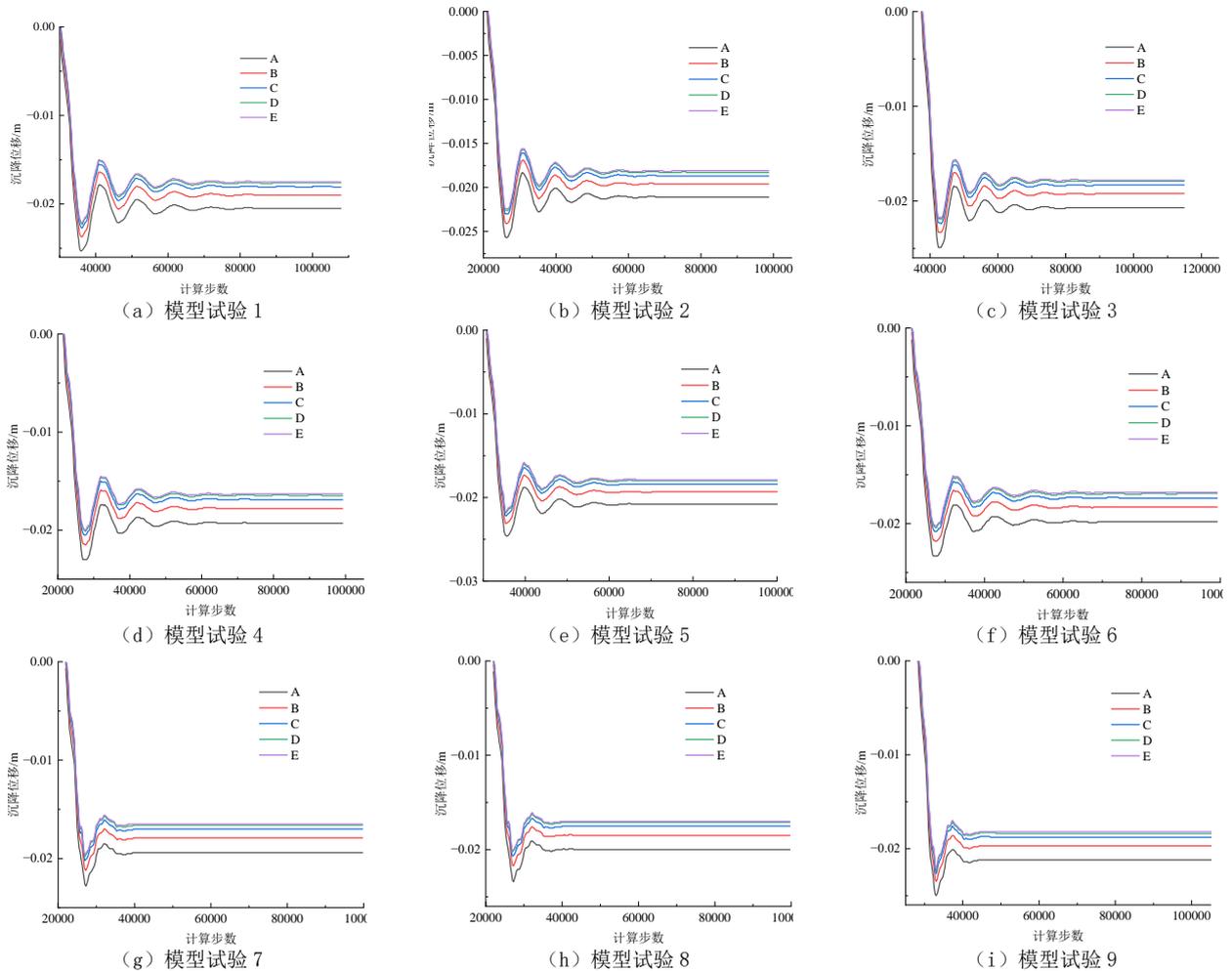


图5 螺纹桩模拟加载下竖向沉降变形云图

表3 正交数值试验的极差与显著性分析

试验号	有效桩长 H/m	桩径 D/m	螺纹占比	螺距/m	螺宽/m	最大竖直沉降量/m
1-1	16	0.5	2/3	0.5	0.05	0.0253
1-2	16	0.5	2/3	0.6	0.08	0.0257
1-3	16	0.5	2/3	0.8	0.11	0.0249
1-4	16	0.5	1/2	0.5	0.08	0.023
1-5	16	0.5	1/2	0.6	0.11	0.0246
1-6	16	0.5	1/2	0.8	0.05	0.0233
1-7	16	0.5	1/3	0.5	0.11	0.0228
1-8	16	0.5	1/3	0.6	0.05	0.0234
1-9	16	0.5	1/3	0.8	0.08	0.0250
K1	0.0253	0.0237	0.024			
K2	0.0236	0.0246	0.0246			
K3	0.0237	0.0244	0.0241			
R	0.0017	0.0009	0.0006			

从桩中心至模型边界分别定义监测点标记为 A~E, 设置 history 监测步获得地表桩基一定范围内的沉降变

化规律, 如图 5 所示。

以最大沉降量为指标进行正交试验极差分析, 得到各