

大面积基坑底板施工关键技术分析

何襄宜^{1*}, 石欢吉², 王文超², 樊 旋², 张俊杰²

¹湖北江汉项目管理有限公司, 湖北 襄阳

²湖北襄投置业有限公司, 湖北 襄阳

收稿日期: 2024年9月29日; 录用日期: 2024年10月22日; 发布日期: 2024年11月5日

摘要

以襄阳某商务大楼项目为例, 深入探讨了大面积基坑底板施工中的关键技术。重点分析了施工缝的位置选择与处理、防水设计与施工以及不均匀沉降控制措施。研究结果表明, 通过合理的施工缝布置、先进的防水技术和严格的沉降监测, 项目成功解决了底板施工中的一系列技术难题, 确保了工程的结构稳定性和耐久性。本文总结的技术经验与措施对类似工程具有重要的参考价值, 为提高未来大规模建筑施工的质量与安全提供了实践依据。

关键词

大面积基坑, 底板施工, 施工缝处理, 防水设计

Analysis of Key Technologies for Large-Scale Foundation Slab Construction

Xiangyi He^{1*}, Huanji Shi², Wenchao Wang², Xuan Fan², Junjie Zhang²

¹Hubei Jianghan Engineering Consulting Co., Ltd., Xiangyang Hubei

²Hubei Xiangtou Real Estate Co., Ltd., Xiangyang Hubei

Received: Sep. 29th, 2024; accepted: Oct. 22nd, 2024; published: Nov. 5th, 2024

Abstract

Taking a commercial building project in Xiangyang as an example, this paper delves into the key technologies involved in large-scale foundation slab construction. It focuses on the analysis of construction joint placement and treatment, waterproofing design and implementation, as well as measures for controlling uneven settlement. The study demonstrates that by employing well-planned construction joint layouts, advanced waterproofing techniques, and stringent settlement

*第一作者。

monitoring, the project successfully overcame various technical challenges associated with slab construction, ensuring structural stability and durability. The technical insights and practices summarized in this paper offer valuable references for similar projects and contribute to the enhancement of construction quality and safety in large-scale developments.

Keywords

Large-Scale Excavation, Foundation Slab Construction, Construction Joint Treatment, Waterproofing Design

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大面积基坑是随着城市化进程和大型建筑物需求增加而在建筑工程中广泛应用的一项关键技术。由于其开挖深度大、面积广，施工过程中面临的技术挑战显著增多，特别是在复杂的地质条件下，基坑的支护设计和施工难度极高。施工中的重难点主要集中在基坑支护、防水设计、沉降控制和施工缝处理等方面。例如，高地下水位区域的防水处理，特别是在施工缝和底板部位，必须采取严密的防水措施以防止渗水；而大面积基坑施工中，地基不均匀沉降问题则可能影响建筑结构的安全与稳定，需要通过有效的沉降监测和地基加固手段来加以控制。通过合理的施工方案、科学的技术手段和严格的质量控制，可以有效克服这些难点，确保基坑施工的顺利进行。

2. 研究现状

近年来，随着城市化进程的加速，超大面积深基坑和大体积混凝土底板的施工技术逐渐成为工程领域的重要研究方向。在基坑支护与开挖技术方面，唐浩等[1]提出了“底板加钢斜撑”支护体系，成功应用于天津滨海地区的超大面积基坑项目，确保了施工的经济性与安全性。Chen G [2]等基于实际工程的测量数据，分析了基坑开挖对周边地铁隧道的水平和垂直位移，并研究了基坑与地铁结构变形之间的线性关系，为类似条件下的软土基础施工提供了指导。Yang Y 等[3]通过数值模拟方法，研究了不同开挖方法对深基坑及周围环境的影响。它重点分析了双排桩加锚索支护系统的使用，并通过详细的模型对支护系统与周围建筑、隧道的相互作用进行了探讨，为深基坑施工中支护结构的选择和设计提供了参考。陈家祥等[4]则针对不规则地下室深基坑施工，结合复杂的高膨胀土质，采用了多种支护方式，确保基坑边坡的稳定。通过对西安某基坑工程的理论分析、实验研究和数值模拟，探讨了钢 - 水泥土复合梁的工作特性，并通过模拟研究了支护结构的变形模式，为类似深基坑工程提供了理论与实践指导。Li S 等[5]通过对西安某基坑工程的理论分析、实验研究和数值模拟，探讨了钢 - 水泥土复合梁的工作特性，并通过模拟研究了支护结构的变形模式，为类似深基坑工程提供了理论与实践指导。Jamsawang P 等[6]研究分析了基坑开挖过程中支护结构的变形和稳定性，并讨论了该技术在减少对周围建筑和环境影响方面的优势，提出了实际工程应用中的关键考虑因素。

大体积混凝土施工技术是另一个研究热点，刘波等[7]通过武汉绿地中心项目强调了混凝土浇筑中温度控制和防裂措施的重要性，确保了高强度混凝土一次性浇筑的质量。张海峰[8]在上海董家渡金融城的超厚底板施工中，提出了分层浇筑和全面温控管理的方案。在处理基坑底板浇筑中的涌水问题上，杜景

明和欧阳廷淦等研究了不同项目中的涌水现象，通过降水井设置、止水帷幕设计和后期封堵措施，成功解决了基坑内渗水问题[9][10]。此外，王文彬[11]对大型地下室深基坑施工中的排水系统、承台及底板施工技术进行了详细探讨，提出了有效的排水与施工组织方案。郑岸明[12]和刘波[7]等则深入研究了厚大体积混凝土施工中的质量控制措施，特别是在裂缝控制、混凝土配合比设计和温度监控方面，为类似工程提供了宝贵经验。Qi J 等[13]通过评估不同开挖方法对工期、成本、安全性和风险的影响，提出了深基坑施工过程中对支护结构、土体改良方法的优化策略。这对于城市地区复杂地质条件下的基坑施工具有实际指导意义。

这些研究在不同技术层面为超大规模基坑施工提供了全方位的技术支持，尤其是在复杂地质和高地下水位环境下，确保了施工质量和安全性。

3. 项目概况

该商务大楼项目位于湖北省的一个城市东部，占地面积约 13 万平方米，总建筑面积约 15 万平方米。项目作为当地完善城市功能的重要组成部分，包含办公、餐饮、警卫等多种功能区域，旨在提升城市综合服务水平，助力区域发展。项目总投资超过 11 亿元，预计建设周期为 2 年。项目地理位置优越，交通便利，靠近多条主干道和公共交通枢纽，距高铁站约 10 公里，并与机场和客运站相连，为施工和后续运营提供了有利条件。

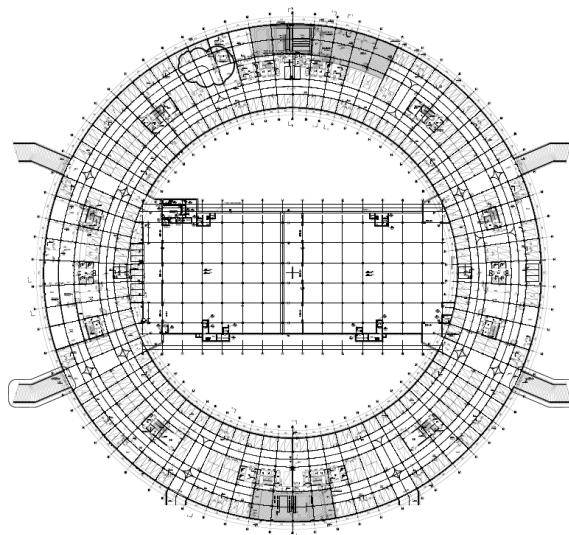


Figure 1. General layout of the foundation pit
图 1. 基坑概况图

3.1. 基坑规模

该商务大楼项目地下室为一层，占地面积约为 27,520 平方米。基坑呈正方形，长宽均为 165 米，基坑开挖深度为 8.5 米。基坑开挖采用分层放坡的方式，坡度为 1:1.5，以确保基坑的稳定性和安全性。在基坑局部区域，采用排桩支护，以进一步增强基坑的整体稳定性。基坑概况见图 1。

3.2. 水文地质条件

本项目场地位于襄阳市东部，地质条件较为复杂。基坑范围内地层主要包括杂填土、粉土、粉质粘土、粉砂和细砂层。地下水位埋深较浅，水位高度大致在地表下 3.5 米处，具有一定的渗透性。为了确保

基坑开挖过程中的安全性，施工前进行了详细的水文地质勘察，结合现场情况制定了降水和排水方案。主要土层的物理力学参数见表 1。

Table 1. Main physical and mechanical parameters of soil layers at the construction site
表 1. 工程场地土层主要物理力学参数

土层类型	埋深/m	$\gamma/(kN\cdot m^{-3})$	e_0	c'/kPa	$\phi'(^{\circ})$	$K_H/(cm\cdot s^{-1})$	$K_V/(cm\cdot s^{-1})$	E_S/MPa
杂填土	2.5	18.5	0.52	11	29	1.50×10^{-5}	1.80×10^{-6}	5.4
粉土层	4.5	19.3	0.67	10	34	2.89×10^{-5}	2.49×10^{-5}	5.9
粉质粘土层	7.0	19.9	0.77	17	25	1.38×10^{-6}	2.50×10^{-6}	7.0
粉土层	11.2	20.5	0.58	8	35	2.89×10^{-5}	2.49×10^{-5}	13.6
粉砂层	16.1	20.7	0.50	7	33	2.56×10^{-5}	3.69×10^{-5}	15.6
细砂层	28.5	20.5	0.51	6	38	3.10×10^{-5}	1.66×10^{-5}	21.8

4. 基坑底板施工技术与组织管理

4.1. 施工计划与总体安排

根据项目的总体进度要求，基坑底板施工按照施工准备、钢筋绑扎、混凝土浇筑和养护等几个主要阶段进行。施工顺序如下：首先对基坑进行清理，完成垫层施工；然后进行底板钢筋的加工与绑扎；接下来分区分段进行混凝土浇筑，最后是混凝土的养护工作。

为了确保施工进度的科学合理，采用了平行作业和交叉作业相结合的方法。在施工过程中，严格控制各阶段的衔接时间，最大化地利用时间与资源。施工周期计划控制在 1 个月内，确保施工工期符合项目总体要求。施工场地布置包括钢筋加工区、材料堆放区、混凝土搅拌站等功能区域，合理规划施工便道与排水系统，以确保施工流程的顺畅。

4.2. 施工缝设计与处理

施工缝的设计与处理是确保底板结构完整性和防水性能的关键。根据本项目的实际情况，施工缝的位置选择在底板的中性轴附近，远离柱、墙等垂直结构构件，避免应力集中引发的裂缝和渗漏风险。为了确保施工缝的防水性能，施工团队在施工缝处采用了钢筋搭接、凿毛处理和橡胶止水带嵌入等技术。

在施工缝处理过程中，首先对旧混凝土表面进行凿毛处理，增加其粗糙度以增强新旧混凝土之间的粘结力。然后彻底清理表面，去除浮浆和杂物，涂刷界面剂，并嵌入橡胶止水带，确保防水性能。此外，施工缝表面还使用了高效密封材料，以确保防水效果的长期稳定。

4.3. 防水设计与施工

本项目的防水设计采用了“多道设防、刚柔结合”的原则，以确保结构的耐久性和防水性能。防水材料的选择以改性沥青防水卷材和聚合物水泥基防水涂料为主，底板的防水层设置在底板的下表面和侧面，形成全方位的防水保护。

在防水施工过程中，严格按照设计图纸进行分区施工。首先，施工场地必须清理干净，确保防水卷材能够与基层紧密结合。然后，按照设计要求进行防水卷材的铺设，接缝处采用热熔法搭接，确保接缝的严密性。对于防水涂料施工，首先在底板表面涂刷界面剂，提高防水涂料的附着力，随后分两遍涂刷，确保每层涂料的厚度均匀，覆盖完整。最终形成一道坚固的防水屏障。

4.4. 不均匀沉降控制措施

为有效控制不均匀沉降，项目在地基处理和基础设计上采取了多种措施。首先，在施工前对基坑范围内的地质条件进行了详细的勘察，针对软弱土层和不均匀土层，采用强夯法和换填法进行地基加固，确保地基的均匀性和稳定性。基础设计中采用桩基础和抗拔桩，进一步增强基础的整体稳定性。

在施工过程中，设置了多点沉降监测系统，实时监测底板的沉降情况，特别是在混凝土浇筑和结构加载阶段。监测点布置在基坑周边、柱下及施工缝处，通过高精度的水准仪和沉降观测仪器，实时监测各区域的沉降变化。如果监测数据发现沉降速率或沉降差异超出设计允许范围，立即采取调整措施，如调整浇筑顺序或增加临时支撑，确保沉降控制在安全范围内。

4.5. 质量控制与安全管理

底板施工质量直接影响到整个建筑的结构安全与耐久性。材料进场前，所有钢筋、水泥和混凝土原料必须具备出厂合格证及相关检测报告，进场后由监理单位进行复检，确保材料符合设计要求。施工过程中，质检员全程监督钢筋绑扎质量、混凝土浇筑密实度以及施工缝的平整度与密实性，确保施工质量符合标准。

在安全管理方面，施工现场建立了完善的安全管理体系，所有施工人员在进入现场前必须经过安全培训，了解施工安全规程。施工现场设置安全警示标志，重要区域配备安全防护设施。在混凝土浇筑期间，安排专人进行现场监控，防止施工中出现意外事故，并配备急救设施和消防器材以应对突发事件。

5. 结论与建议

- (1) 施工缝的合理布置直接影响底板的结构安全和防水性能。通过在中性轴附近和避开应力集中的部位设置施工缝，有效规避了裂缝和渗水问题，从而提高了结构的整体耐久性和稳定性。
- (2) 施工缝的处理是确保结构完整性和防水效果的关键。通过使用合理的钢筋搭接、凿毛处理和止水带技术，有效解决了冷缝和渗水问题，确保了新旧混凝土的粘结，提升了整体防水性能和工程质量。
- (3) 不均匀沉降是大面积基坑施工中的重大风险，可能导致结构性损伤。通过实时沉降监测系统，项目得以精准掌控各区域的沉降情况，及时调整施工策略，有效避免了不均匀沉降对结构安全的影响。
- (4) 严格的质量控制和安全管理是确保项目顺利完成的基础。项目在关键工序如施工缝处理和沉降监测上，严格执行质量标准，并加强安全防护，确保了施工过程的安全性和高效性，避免了事故发生。

6. 结束语

襄阳某商务大楼项目的成功实施，得益于科学的施工规划与严格的质量控制。在复杂的地质条件下，通过合理的施工缝设计与处理、高效的防水措施以及精确的沉降监测，项目克服了多项技术难题，确保了工程质量和结构安全。本文总结了施工过程中的关键技术与经验，为今后类似项目的施工提供了一定的参考。随着建筑技术的不断发展，我们期待未来能够进一步优化施工工艺，提高工程质量和施工效率，为建筑行业的进步贡献更多智慧和力量。

参考文献

- [1] 唐浩. 超大面积深基坑开挖设计与施工实践[J]. 土工基础, 2010, 24(4): 22-25.
- [2] Chen, G., Zhang, X., Zhang, S., Huang, F., Xiao, H., Ma, H., et al. (2023) Response Monitoring and Analysis in Deep Foundation Pit Excavation: A Case Study in Soft Soil at Subway Tunnel Intersections. *Buildings*, **13**, Article 1286. <https://doi.org/10.3390/buildings13051286>
- [3] Yang, Y., Li, X. and Chen, Y. (2022) The Influence of Different Excavation Methods on Deep Foundation Pit and

- Surrounding Environment. *Lecture Notes in Civil Engineering*, **213**, 109-129.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-1260-3_11
- [4] 陈家祥, 廖启晴. 超长不规则地下室深基坑和底板施工技术[J]. 山西建筑, 2009, 35(28): 122-123.
 - [5] Li, S., Wang, F., Le, Y., Que, Q., Su, Y. and Lin, H. (2024) Design and Deformation Pattern Simulation of Deep Excavation Support Structures. *Frontiers in Earth Science*, **12**, Article 1416957. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1416957>
 - [6] Jamsawang, P., Voottipruex, P., Tanseng, P., Jongpradist, P. and Bergado, D.T. (2018) Effectiveness of Deep Cement Mixing Walls with Top-Down Construction for Deep Excavations in Soft Clay: Case Study and 3D Simulation. *Acta Geotechnica*, **14**, 225-246. <https://doi.org/10.1007/s11440-018-0660-7>
 - [7] 刘波, 赵飞, 罗轩忠, 等. 武汉绿地中心工程超厚底板大体积混凝土施工技术[J]. 施工技术, 2015, 44(4): 14-17.
 - [8] 张海峰. 超高层建筑超深超厚底板结构施工关键技术[J]. 上海建设科技, 2019(4): 43-45.
 - [9] 杜景明. 深基坑内基础底板混凝土浇筑后涌水问题的处理[J]. 市政技术, 2014, 32(z1): 142-144.
 - [10] 欧阳廷淦. 浅谈深基坑内底板混凝土浇筑涌水存在的问题及防治措施[J]. 福建建材, 2016(8): 104-105.
 - [11] 王文彬. 地下室深基坑和底板施工技术及其实例探讨[J]. 科技与企业, 2014(15): 264.
 - [12] 郑岸明. 论厚大体积混凝土基坑底板的施工质量控制[J]. 广东建材, 2011, 27(2): 36-39.
 - [13] Qi, J., Zhao, X. and Yang, H. (2020) Selection of Deep Excavation Construction Methods in Building Construction. 2020 IEEE 2nd International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics (ICACEH), Hsinchu, 25-27 December 2020, 72-75. <https://doi.org/10.1109/icaceh51803.2020.9366256>