

图3 跨孔弹性波CT地质解释剖面图

2.4 监测方案

沿沉陷区布置观测点,观测沉陷区及沉陷深度发展趋势。钻孔施工停止后,经过紧急注浆加固后沉陷区基本趋于稳定,没有进一步发展。

根据《建筑地基基础设计规范》要求,若桩基施工对邻近建筑物产生影响,施工期间及使用期间均须进行沉降变形观测。为确保周边建筑物安全,对3#桥台周边30 m范围内4栋建筑物进行沉降和倾斜观测,并每天对房屋门窗、结构、基础变形及裂缝进行巡检。表1为沉陷发生后建筑物沉降变化情况。根据监测数据,在回填桩基钻孔并对沉陷区预注浆加固后,建筑物沉降依旧处于缓慢发展(A_{3-4} 监测点)中,应采取措施控制建筑物基础沉降发展。

表1 周边建筑物沉降监测结果

监测点	沉降变化速率/ ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	沉降累积变化 量/mm
A_{3-4}	-0.43	-23.71
A_{3-3}	-0.02	-23.49
A_{2-3}	-0.06	-21.93

注: A_3 为桥头左侧第一栋建筑物,距离沉陷区最近;负号表示下沉。

桥位区基岩岩溶水较丰富,地下水位变化极易引起水土尤其是砂土层沿连通溶洞孔道流失,进一步影响周边地块的稳定性。因此,除监测建筑物沉

降变形外,对地下水位进行监测。

2.5 桥头土体加固

根据弹性波CT探测结果,桥头范围为溶洞强发育区,推断溶洞发育范围朝向建筑物方向。预注浆加固后建筑物沉降量依然为 0.43 mm/d ,且总沉降量接近3 cm,建筑物沉降仍在缓慢发展。因此,须扩大注浆范围,除对沉陷区进行注浆外,在桥头靠近沉陷区的建筑物一侧增加注浆孔。由于溶洞强发育,注浆料沿溶洞通道从地下流失可能性较大,为保障建筑物基础注浆效果,在该建筑物基础周边注浆孔外围增加一排 $D600 \text{ mm}@400 \text{ mm}$ 旋喷桩,待旋喷桩施工完成后再进行建筑物基础加密注浆,避免注浆料沿溶洞通道方向流失。

2.6 桥梁调整方案

桩基钻孔越长,桩基施工难度越大。桥梁桩基在穿越流砂层的过程中发生桥头塌陷,桥梁调整方案有3种:方案一为增加桩基数量,减小桩长^[5];方案二为取消桩基础,将桥台改为扩大基础;方案三为调整第三跨桥梁跨径,适当避开桥头沉陷区。

该桥为旧桥拆除重建,为减少河堤开挖,桥梁拆除过程中保留部分旧桥桥台,若减小桥梁跨径,则新旧桥台冲突,桥台桩位无法向小桩号调整;根据桥头沉陷区地质情况,若增加桥梁跨径避开沉陷区,则桥梁跨径增加至少15 m,桥梁工程规模增加较多,经济性差。因此,方案三不可取。

根据桥台基础冲刷深度及地基承载力要求,经初步测算,桥台基础埋深约5 m。考虑到桥台邻近建筑物已发生沉降,地质条件复杂,基坑开挖安全隐患较大,方案二可行性较差。

经过对比分析,桥梁调整采用方案一,即增加桩基数量、减小桩长。桥位左侧建筑物距离较近,桥梁左侧桩基施工空间受限,左侧桩位置保持不变,调整右侧桩基位置,并增加1根桩基,减小单根桩桩长。

考虑到左侧桩在穿越砂土层的过程中孔壁支护措施不足,导致砂土沿开口溶洞流失,在左侧桩继续施工前,对周边土体采用 $D600 \text{ mm}@400 \text{ mm}$ 高压旋喷桩加固,确保左侧桩第二次冲孔施工时周边土体稳定。

2.7 处理效果

3#桥台经过桥头加固处理及桩基方案调整后,桥头周边建筑物沉降趋于稳定,桩基后期施工得以顺利进行。

(下转第150页)

单化、透明化,提前模拟方案的现场施工状态,避免文字描述不明确或理解不透彻等问题,保证施工模拟与现场施工一致。

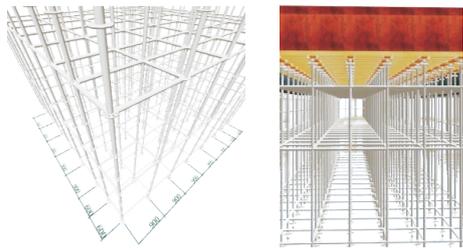


图7 支架布置、安装模拟

4 结语

本文针对异型结构高大模板工程施工的重点和难点,通过 BIM 技术实现高大模板支架的智能化实施,主要研究成果如下:

(1) 三维支架设计智能化。采用 BIM 技术实现异型结构高大模板工程模板支架智能布置,输入参数即可快速布置建模,同时保证靠近墙边的小梁及主梁的悬挑长度。通过支架模型研究,将支架转角数量降至最少,确保高大模板支架布置合理、适用,提高模板支架设计效率。

(2) 复杂结构可视化。作业人员利用 BIM 模型进行内部漫游,对复杂结构的认知不再局限于二维图纸,可以更加形象、直观地理解各类构件在空间上的位置关系,避免产生理解偏差,确保各类构件的施工效率和质量。

(3) 施工模拟动态化。该工程下部结构异型且结构复杂,通过高大模板工程脚手架搭设、复杂节点仿真施工模拟对作业人员进行交底,辅助现场施工,降低施工中修改、返工概率,同时有利于施工过程管理及控制,确保施工方案的精准实施。

参考文献:

- [1] 宋斌. BIM 技术在高大模板工程中的应用研究[D].南京:东南大学,2016.
- [2] 黄奇荣,武俊,刘曦,等. BIM 技术在高大模板施工中的应用[J].施工技术,2017,46(增刊2):621-624.
- [3] 谢晖. 基于 BIM 技术的四维可视化动态施工模拟应用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2018,49(5):825-827.
- [4] 徐鹏飞,李晋,孙继东. 基于 BIM 技术的装配式建筑施工全过程研究和应用[J]. 建筑结构,2020,50(增刊):654-657.
- [5] 穆文奇,徐炜,南芳兰,等. BIM 技术在模板脚手架工程施工精细化管理中的应用研究[J]. 施工技术,2017,46(6):12-14.
- [6] 王婷,池文婷. BIM 技术在 4D 施工进度模拟的应用探讨[J]. 图学学报,2015,36(2):306-311.
- [7] 蓝磊. 基于 BIM 的施工现场质量安全动态管理[J]. 建筑科学,2021,37(3):157.
- [8] 王胜杰,贾博勋,鲁鹏,等. 盘扣式脚手架支撑体系在高大模板工程中的应用[J]. 建筑技术开发,2021,48(15):84-85.

收稿日期:2022-03-22

(上接第 146 页)

结合 3# 桥台的施工经验,为避免桩基施工引起周边建筑物沉降,0# 桥台剩余桩基施工前进行地质补钻及 CT 探测,根据探测结果对桥头范围土体进行预加固处理。

3 结语

市政桥梁由于建设条件限制,桥位选择受限,桥梁桩位难以避开地质复杂区域,桩基施工影响因素多、难度大,桩基施工前应加强勘察,必要时采取预加固措施,避免发生桩基施工安全事故。本文结合广州某市政桥梁在岩溶+流砂地区桩基施工中桥头沉陷案例,根据地质情况和沉陷原因提出解决方法,保证施工安全。

参考文献:

- [1] 广东省长大公路工程有限公司. 岩溶地区公路桥梁桩基设计与施工技术指南:GDJTG/T A01-2016[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.
- [2] 蒋国龙. 岩溶区桥梁桩基施工技术与设计方法研究[J]. 工程技术研究,2021(7):229-230.
- [3] 张安安. 桥梁桩基穿越 6~10 m 厚度流砂层施工技术[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版),2018,31(增刊2):160-161.
- [4] 许韬. 弹性波 CT 在岩溶区桥梁桩基勘察中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2021(11):206-208+211.
- [5] 王如寒. 岩溶地区中小跨径桥梁下部结构设计新思路[J]. 城市道桥与防洪,2021(9):89-91+15.

收稿日期:2022-09-30