

文章编号: 1007-2993(2022)06-0483-06

# 既有违建地下室超挖整治工程处治措施研究

俞 强

(福建省建筑设计研究院有限公司, 福建福州 350001)

**【摘要】** 依托某既有违建地下室超挖整治工程, 在查明安全隐患的基础上, 充分考虑超挖地下室诱发结构失稳的不确定性、现场施工场地狭小以及工期短等不利因素, 提出将临时降险与永久加固相结合的整体治理方案, 综合运用排水、反压、轻质泡沫混凝土回填、高压旋喷桩地基加固以及人工挖孔桩底新增桩底承台体系等岩土与结构组合措施。结合现场监测验证了该违建地下室整治中岩土与结构组合加固措施的有效性。研究成果可为类似治理工程的设计和施工提供参考。

**【关键词】** 超挖地下室; 岩土与结构加固; 加固措施; 监测

**【中图分类号】** TU 47

**【文献标识码】** A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.06.011

## Study of Remedial Measures for Existing Unauthorised Basement Over-excavation Renovation Works

Yu Qiang

(Fujian Provincial Institute of Architectural Design and Research Co., Ltd., Fuzhou 350001, Fujian, China)

**【Abstract】** Comprehensive over-excavation renovation works of an unauthorized basement have been studied. Based on the identification of safety hazards and taking into full consideration the uncertainty of structural instability induced by the over-excavated basement, the small construction site and the short construction period, the overall treatment plan combining temporary risk reduction and permanent reinforcement was proposed. The combination of geotechnical and structural measures, such as drainage, backpressure, light weight foam concrete backfills, high pressure rotary pile foundation reinforcement, and the addition of a new pile bearing platform were used. Finally, the effectiveness of the combined geotechnical and structural reinforcement measures in the remediation of the unauthorized basement was verified by combining on-site monitoring. The research results can provide some reference significance for the design and construction of similar renovation works.

**【Key words】** over-excavated basements; geotechnical and structural reinforcement; reinforcement measures; monitor

### 0 引言

面对城市建设用地日趋紧张的状况, 增建地下室不失为一种增加建筑使用空间的方法<sup>[1-3]</sup>。然而受既有建筑结构、地基基础及周边环境等条件的制约, 大多建(构)筑物往往不具备地下室增建条件。如果忽视上述制约条件冒然地增建地下室, 将可能掏空建筑地基, 造成原工程桩裸露, 承载能力弱化, 诱发严重的安全隐患, 影响上部主体结构安全<sup>[4]</sup>。

事实上, 针对房屋安全的严峻形势, 聚焦房屋结构安全隐患, 以对人民群众极端负责的精神, 住房和城乡建设部长期以来在加强并推进城市建成区违法建设专项治理工作, 2021 年强调加快推动违建和违

法违规审批专项清查工作。福建省住建厅则根据《全省各领域安全隐患大排查大整治工作方案》有关要求, 开展房屋结构安全隐患大排查大整治百日攻坚专项行动, 对具有严重安全隐患的既有建筑地下室超挖导致地基掏空问题, 立即开展加固处治措施, 为保障经济社会平稳发展, 创造良好安全的环境。

对于既有建筑地下室增层开挖, 若通过前期认真勘察、精细设计和规范化施工通常可有效保证上层结构的安全<sup>[5]</sup>。当前, 对建筑地下增层开挖时桩基承载力的损失问题已有了较为深入的研究<sup>[6-7]</sup>, 同时桩基托换技术在桩基补强方面也取得了一定的研究成果<sup>[8-10]</sup>。早期的地下室增建, 如北京市音乐堂, 多

基金项目: 福建省科技计划引导性项目(2021H0032)

作者简介: 俞 强, 男, 1967 年生, 汉族, 教授级高级工程师, 注册土木工程师(岩土), 主要从事岩土工程相关的设计与研究。

E-mail: [yu\\_qiang1967@126.com](mailto:yu_qiang1967@126.com)

以逆作技术结合托换进行,施工较为危险;随着施工工艺的进步,小型机械化设备如锚杆静压桩、高压旋喷桩等已能够在层高受限的地下进行<sup>[11-12]</sup>。然而,目前有关既有地下室超挖的加固改造案例较少,且与既有建筑地下增层开挖复杂技术不同<sup>[13]</sup>,超挖地下室未经合理的工程验算,缺少开挖过程对建筑结构损伤的保护措施,缺乏开挖后的加固处治措施。

鉴于此,结合某既有违建地下室超挖综合整治工程,针对性地提出相应的岩土与结构加固措施,将临时降险措施与永久加固方案相结合,充分考虑现场施工场地狭小、工期短等不利因素,提出针对性方案,最后结合现场监测数据,验证本次超挖地下室整治中岩土与结构组合加固措施对保证建筑安全的有效性,研究成果可供同类工程参考。

## 1 工程概况及安全隐患

### 1.1 工程概况

某已建建筑为地上三层、地下一层的钢筋混凝土框架结构,基础为人工挖孔灌注桩,桩端持力层为碎块状强风化花岗岩。建筑所在场地原为山坳地,经回填形成现有场地,建筑一侧为高约 15 m 扶壁式钢筋混凝土挡土墙,挡墙建成后曾出现较大变形,因此后期增设了多道预应力锚索进行加固。经检查发现,该建筑地下室下方经人工开挖,形成高约 5.0~8.0 m、面积约 1700 m<sup>2</sup> 的地下空间,造成工程桩裸露,存在严重的安全隐患,影响上部主体结构安全,需进行地基回填及地基基础加固。

增建地下室平面分布范围见图 1。为充分掌握场地地质情况为后续地基基础加固提供依据,进行了现场补充勘察,典型剖面图见图 2。工程场地范围内地层主要为:杂填土、碎块状强风化花岗岩以及中等风化花岗岩。由于人工开挖,在其内侧形成的临时边坡高约 5~7 m,边坡坡度约 50°~80°,边坡坡面出露土层大部分为填土,坡面有线状、股状地下水渗出,边坡整体稳定性较差,局部工程桩位于边坡上而承受侧向土压力。因此,在回填及地基基础加固施工前,先采取了降险处理措施以降低临时边坡及工程桩的危险性。

### 1.2 安全隐患

(1)地下室开挖后,部分工程桩在承担竖向力的同时,承担侧向土压力。原工程桩设计及配筋时,按其承担竖向力进行,并未考虑侧向力的影响,因此,当在已有地下室下方人工开挖时,于开挖边界处形成临时边坡,桩基需同时承担侧向土压力以及竖向力,致使该桩基由简单的主要承受竖向荷载受压构件转变

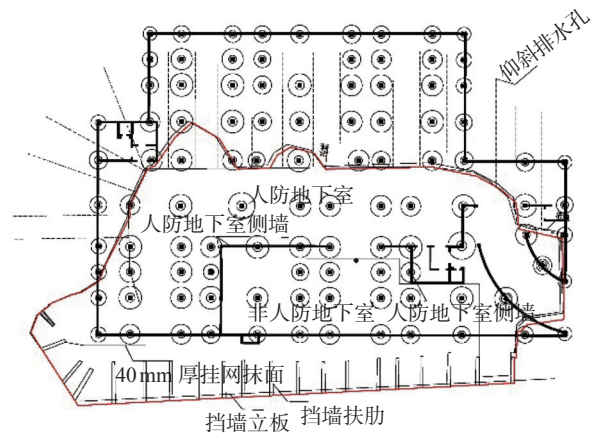


图 1 开挖地下室平面示意图

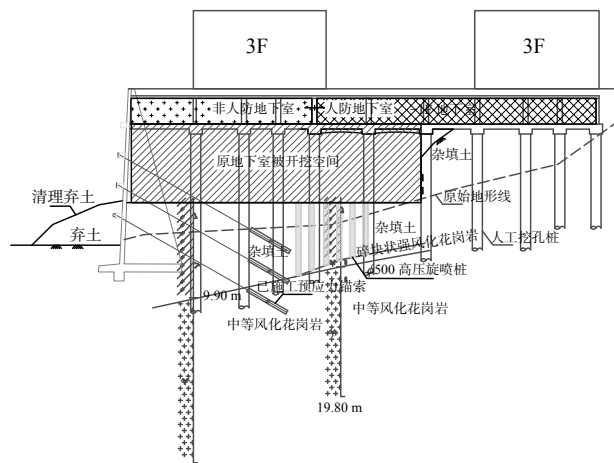


图 2 现场典型剖面图

为既受压又受弯的复合支护桩。经现场检测发现原桩身配筋为 16 根  $\phi 16$  钢筋。但当地下室开挖后,人工挖孔桩额外受侧向土压力,取某一典型桩基计算,桩身配筋须 30 根  $\phi 25$  钢筋才可满足既受压又受弯的新要求,原有桩身设计及配筋明显不符合现有情况。

(2)已有地下室人工开挖后,由于桩侧土体卸载,原工程桩裸露,桩身侧向失去约束。与此同时,桩基嵌固深度变小,此时桩基变为墩基或柱,裸露部分的桩基承载模式发生改变,桩侧摩阻力部分缺失,原工程桩的配筋及构造已不满足新要求。图 3 为现场裸露桩基实拍图。

(3)地下水从临时边坡渗出。建筑所在场地原为山坳地,场地汇水面积大,若遇强降雨,将造成地下水位上升,导致开挖边界临时边坡侧向水土压力变大,原工程桩所受侧向力变大。同时地下水渗出亦可软化地基,导致其承载力变低。

(4)原外侧扶壁式挡墙部分立板被破坏、部分锚索被截断。在已有地下室下方人工开挖过程中,由于开挖人员缺乏安全意识,为方便开挖,破坏了部分原外侧扶壁式挡墙立板,截断开挖空间内的锚索。直接

导致原有扶壁式挡墙挡土功能部分失效,边坡存在严重安全隐患,危及上部建筑的安全性。图4为现场被截断的锚索。



图3 现场裸露桩基



图4 现场截断锚索

(5)原地下室底板下土体被开挖。原地下室底板下无地基土后,底板受力模式变为顶板,所受荷载变大。经验算当原底板下有地基土时,人防地下室底板等效荷载为 $20\text{ kN/m}^2$ ,当原底板下无地基土时,人防地下室底板等效荷载为 $50\text{ kN/m}^2$ 。显然,开挖后原底板、底板梁在一般工况下承载力不满足要求。

现场情况调查结果表明,在已有地下室下方人工开挖存在严重的安全隐患,相较于建筑桩基原设计,其承载性能明显弱化。原工程桩裸露致使部分桩侧摩阻力丧失、开挖形成的临时边坡导致桩基承受额外的侧向土压力、临时边坡土体的渗流破坏、原地下室底板的功能变化以及部分原支护结构破坏等不利因素均对上部建筑的安全稳定构成极大的威胁,亟需回填违建超挖地下室并对地基基础进行加固改造处理。

## 2 加固处治措施及方案

为保证上部建筑的安全,针对已有安全隐患,应对超挖地下室采取工程加固措施。在发现超挖地下室后,立即采用临时降险方案处治以降低临时边坡及

工程桩的危险性,经反复讨论和对比后,采用岩土与结构组合加固模式对地基基础进行加固处理,以最大限度保证上部结构的安全稳定。同时考虑到超挖地下室诱发结构失稳的不确定性,在发现超挖空间后立即对建筑主体结构、扶壁式挡墙及工程桩等进行沉降及水平位移监测,施工期还应加密监测,若出现异常情况,应及时反馈,确保施工安全。

### 2.1 临时降险

临时降险方案计划通过在临时边坡前设置排水盲沟、仰斜排水孔、级配砂石垫层、砂袋反压以及中粗砂反滤层,实现堆载反压及引排地下水的应急目的,降低因极端降雨导致地下水上升诱发的临时边坡侧向水土压力突增风险,其核心在于保证临时边坡安全稳定,具体布置如图5所示。在临时降险施工过程中,首先清理平整场地,挖除表层虚土、“橡皮土”和泡软的填土,换填黏性土并夯实紧密、平整。施工排水盲沟和仰斜排水孔时,因在降险处理阶段,暂无法形成完整排水系统,排水盲沟内地下水可先暂时通过临时水沟排出空腔。级配砂石垫层施工后,在其表面铺设一层复合土工膜。坡向反压砂袋堆放结合中粗砂反滤层施工同时进行。反压砂袋堆放设计时与原工程桩预留小段距离,避免由砂袋倚靠工程桩带来的不利影响。

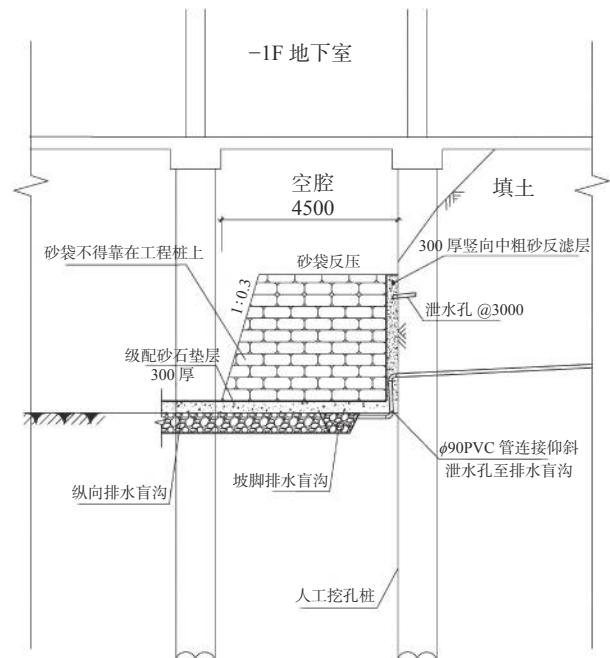


图5 临时降险平面示意图(单位:mm)

### 2.2 地基基础加固——岩土措施

综合考虑安全性与经济性,在地基基础加固设计时,将临时降险措施与永久加固方案相结合,在临



时降险方案工程措施基础上构建完整的排水系统,包括排水盲沟、级配砂石垫层的全局铺设,与降险处理阶段排水盲沟连接。同时根据现场工程地质条件设置相应的工程加固措施,如对东侧回填土较厚(3~9 m)区域采用施打高压旋喷桩进行地基加固,以提高该区域的地基承载力。对人防地下室下部开挖区域进行

回填处理,扩大坡脚堆放反压砂袋区域,在降险处理阶段的反压砂袋外侧继续堆载,堆载累计总宽度约10 m,而后采用泡沫混凝土填筑人防地下室部分剩余空腔。为确保施工质量,填筑完成后,再次在底板开孔进行注浆,将剩余空隙填充密实。上述加固措施具体布设见图6。

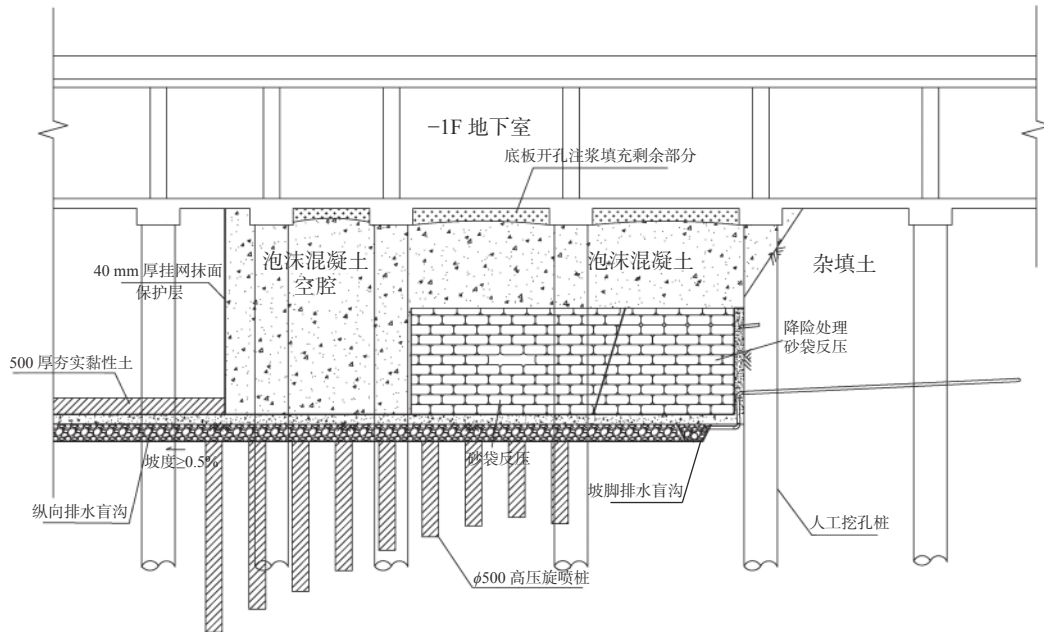


图6 地基基础岩土加固措施平面示意图

采用轻质泡沫混凝土可保证回填后对原地基不会产生较大的附加应力,同时高流动性确保施工的顺利进行,克服现场施工场地狭小的不足,且施工无需碾压振捣。最重要的是泡沫混凝土固化后可保持垂直自立,减小对原支护结构的侧向压力,可减轻回填对原结构扰动的消极影响,又可作为临时边坡的坡前支挡结构。在具体的施工过程中,泡沫混凝土分层填筑,每层厚度不大于0.8 m,上一层浇筑作业应在下一层浇筑终凝后进行,并且由于泡沫混凝土优良的固化后垂直自立性,外侧采用40 mm厚挂网抹面作为保护层即可。在排水盲沟、级配砂石垫层布设完成后,在其表面铺设一层土工膜,防止后期回填过程中混凝土阻塞排水系统。

对于非人防区域,人工挖孔桩采用墩基的计算方式校核,其基础承载力满足要求,对桩身则采用框架柱的构造及配筋对其进行复核计算,也满足要求。因此,可不进行回填处理,但为防止其因开挖面长期裸露而诱发危害,可采用100 mm厚的C15素混凝土进行地面硬化,同时做好隔水防潮措施。

### 2.3 地基基础加固——结构措施

现场调查结果表明,大部分扶壁式挡墙挡板存

在切割开洞、露筋及锚杆施工贯穿现象,个别扶壁存在混凝土脱落、露筋现象。同时,桩身及护壁裸露高度为1933~6541 mm,部分桩基构件存在护壁剥落桩身裸露、锚杆施工贯穿、桩身底部修补现象。在原地下室底板损伤调查中发现,在开挖区域内,地下室底板板面局部存在通长纵向裂缝,个别集水坑一侧大面积混凝土受损,钢筋裸露扭曲,部分集水坑底板已切割开洞。鉴于此,在采用地基回填、高压旋喷桩加固等岩土地基加固岩土措施的同时,同样应修复上述结构损伤及缺陷,降低建筑失稳风险。

在结构加固修补设计时,重点考虑对裸露桩基的保护、板间空洞填补以及损伤混凝土补强,针对桩身或已有结构的混凝土脱落、露筋现象制定混凝土损伤修复方案。对于底板的通长纵向裂缝制定相应的裂缝处理方法。对挡板大面积混凝土受损、钢筋裸露扭曲、底板开洞现象则综合采用植筋方法、外设混凝土保护层以及粘钢加固方法修复,以保证后期结构的安全稳定。

此外,鉴于裸露部分桩基功能已转换为框架柱,此时通过对非人防区域人工挖孔桩底新增桩底承台并用地梁连接,以满足相关基础构造要求,并加强其

整体性,新增承台及地梁结构布设如图7、图8所示。同时,对部分裸露桩基表面增设20 mm厚防水砂浆防护,完成桩基结构向框架柱结构的转换,并防止由于后期桩身混凝土脱落导致的强度不足。

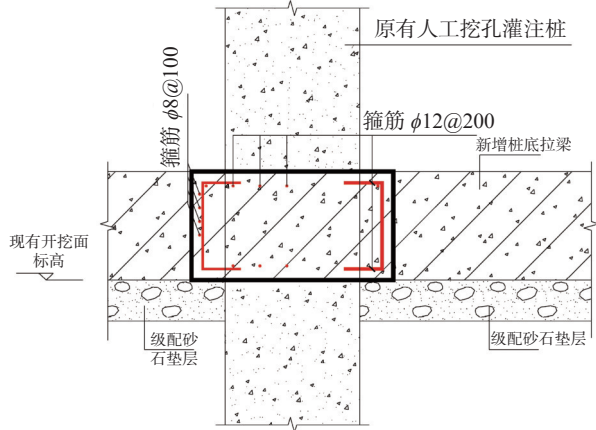


图7 桩底承台布筋方案

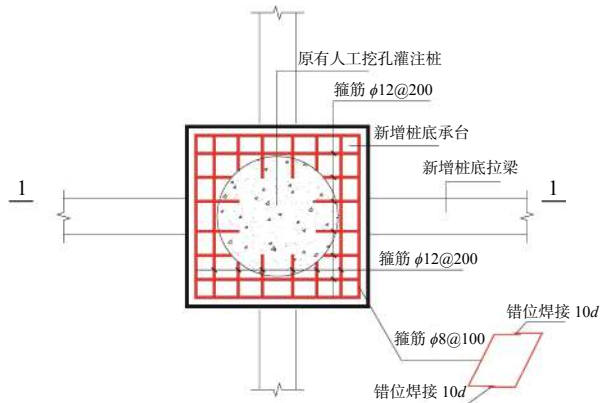


图8 桩底承台构造

### 3 加固效果

考虑到地下室超挖可能对原挡墙及建筑主体和建筑桩基础等结构产生影响,为掌握其影响情况,同时确保周边建筑的安全,为后期加固施工提供依据,对挡墙、两栋主体建筑及其地下室墙柱、孔桩等进行沉降、水平位移监测。本工程于2020年4月开始对超挖地下室进行基础加固,2020年7月超挖地下室已基本回填,监测工作于2020年4月13日开始,至2020年11月16日结束。加固监测项目共布设了64个沉降观测点,其中建筑布设16个沉降观测点、挡墙布设15个沉降观测点、地下室结构柱布设17个沉降观测点、挖孔桩布设16个沉降观测点,与工作基点组成闭合环线路。

在加固监测项目工程加固改造施工及地下室回填期间,建筑沉降变化 $-0.12 \sim 1.10$  mm;挡墙沉降变化 $-0.31 \sim 1.07$  mm;地下室结构柱沉降变化 $-0.19 \sim 1.01$  mm;挖孔桩沉降变化 $-0.24 \sim 0.85$  mm,较为明

显地,各监测项变形均保持在较小值,变形处于规范规定的相对稳定标准。

通过统计建筑沉降变化平均值可以得到建筑、挡墙、地下室结构柱以及人工挖孔桩观测周期内平均沉降速率-时间-平均累计沉降量( $V-T-S$ )曲线图,如图9—图12所示。

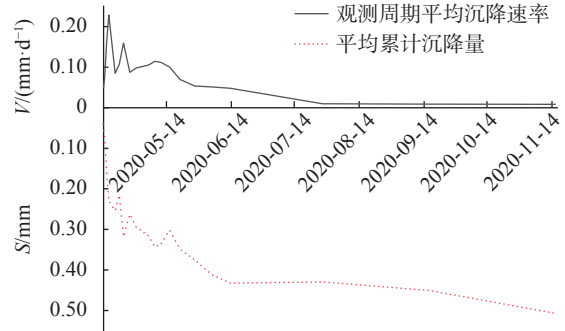


图9 建筑  $V-T-S$  变化曲线图

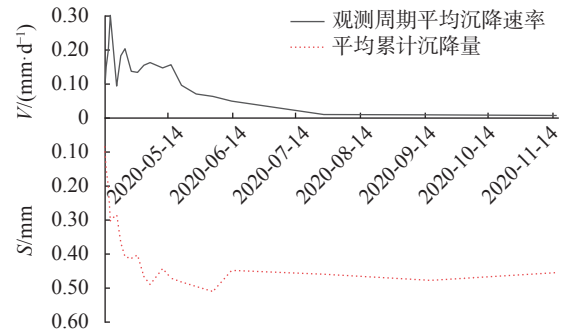


图10 挡墙  $V-T-S$  变化曲线图

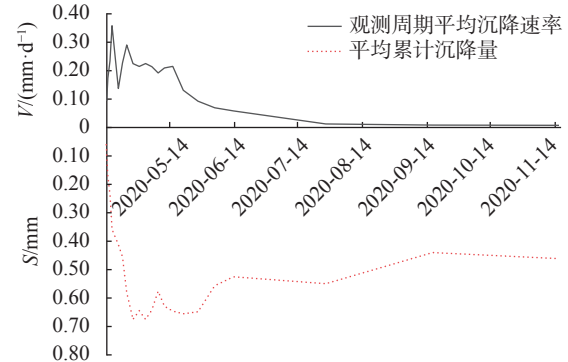


图11 地下室  $V-T-S$  变化曲线图

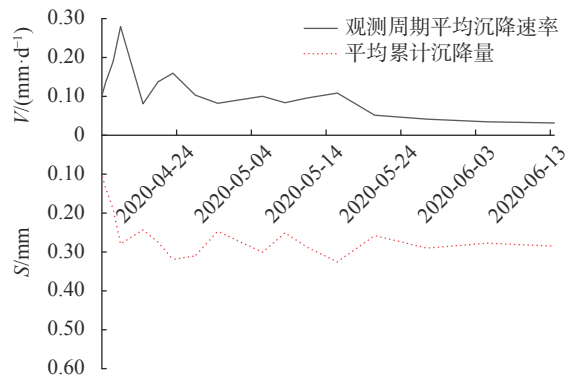


图12 孔桩  $V-T-S$  变化曲线图

从上述建筑、挡墙、地下室结构柱以及人工挖孔桩沉降观测曲线图可知,该建筑在加固施工期间(2020年4月13日至2020年6月14日)各监测点尚有缓慢的沉降,在加固施工完成后(2020年6月15日至2020年11月16日),各监测点沉降已经趋于稳定,沉降速率已经接近于零。由此可见,经地基基础加固后,该建筑主体已达到稳定的状态,结构加固取得良好的效果。

#### 4 结论

超挖地下室存在严重的安全隐患,相较于建筑的原设计,其承载性能弱化明显,原结构功能发生转变,破坏了建筑结构与土体的力学平衡状态,发现后应立即进行加固整改。通过对该违建超挖地下室的综合整治,得到以下结论:

(1)基于临时降险措施与永久加固方案相结合的理念,对超挖地下室造成的加固结构的损坏或缺陷及时采取如粘钢加固、植筋、混凝土缺陷修复、裂缝处理或表面加固防护等措施补强结构。在地基基础岩土加固时,尽可能地减少对原结构的扰动,针对狭小空间,选取高压旋喷桩处理软弱地基,轻质泡沫混凝土进行回填。现场监测结果表明,经整治加固后,该建筑主体已达到安全稳定的状态,结构加固取得良好的效果。

(2)既有地下室超挖极易诱发安全风险,且由于岩土工程的独特性,对该类整治工程而言,应对已有结构进行检查,了解已有结构在人工开挖后的损伤或缺陷情况,尤其是查明原建筑工程桩受力变化、地下环境变化影响等,评估其承载能力现状,基于此设计针对性的治理方案。

(3)尽管该类工程项目规模一般不大,但涉及勘察、设计、检测、监测、施工、监理、材料、造价等行业,需各方协作推进。同时,在涉及地下空间结构加固时,结构与岩土加固措施往往是密不可分的,本工程中岩土与结构措施组合应用的工作思路可供类似工程参考。

#### 参 考 文 献

- [1] 田野,刘宏,张智峰,等.中国地下空间学术研究发展综述[J].地下空间与工程学报,2020,16(6):1596-1610.
- [2] 史佩栋.我国深基础工程技术发展现状与展望:21世纪头10a情况综述[J].岩土工程学报,2011,(S2):1-15.
- [3] 胡晓静.既有建筑增建地下室与基础加固设计[J].建筑结构,2010,40(S2):280-282.
- [4] 李湛,于虹,段启伟,等.某既有建筑地下室增加层高地基基础侧向托换加固工程[J].建筑科学,2016,32(5):9-13.
- [5] 李勇.既有建筑增层改造时桩基础的再设计试验研究[D].北京:中国建筑科学研究院,2010.
- [6] 龚晓南,伍程杰,俞峰,等.既有地下室增层开挖引起的桩基侧摩阻力损失分析[J].岩土工程学报,2013,35(11):1957-1964.
- [7] 刘松玉,李洪江,童立元,等.地下工程开挖卸荷既有桩基承载响应物理模拟及新进展[J].岩土工程学报,2019,41(7):1329-1338.
- [8] 佟建兴,周圣斌,贾宁,等.既有建筑采用复合桩基加固的变刚度调平设计[J].工程抗震与加固改造,2021,43(3):154,159-164.
- [9] 杨予,薛圣雅,吴希,等.地下室增层截桩次生内力研究——以三桩一柱承台为例[J].工业建筑,2018,48(3):196-202.
- [10] 文颖文,刘松玉,胡明亮,等.地下增层工程中既有结构变形控制技术研究[J].岩土工程学报,2013,35(10):1914-1921.
- [11] 文颖文,胡明亮,韩顺有,等.既有建筑地下室增设中锚杆静压桩技术应用研究[J].岩土工程学报,2013,35(S2):224-229.
- [12] 杨学林,祝文畏,周平槐.某既有高层建筑下方逆作开挖增建地下室设计关键技术[J].岩石力学与工程学报,2018,37(S1):3775.
- [13] 王震,杨学林,赵阳,等.动态逆作开挖下有侧移钢管桩组整体稳定性研究[J].建筑结构学报,2021,42(S1):492-504.

收稿日期:2022-01-06