

保留基础条件下某工程重建方案的探索和应用

江岳春

(上海勘察设计院(集团)有限公司, 上海 200093)

摘要: 针对某项目建成后别墅区出现不均匀沉降造成上部结构倾斜且无收敛趋势, 同时梁柱节点及填充墙开裂的现象, 对别墅区采取保留加固地下室基础、拆除重建上部结构的方案。该方案考虑了其邻近该项目高层区及市政道路, 地下室周边无场地能够重新做围护结构, 并且尽量减少了对邻近建筑的影响。分析建筑的荷载总量和分布情况, 及其地质条件, 结合地下室层高及运输通道的客观情况, 采用规格 $\Phi 219$ 、长度 18 m 和 26 m 的锚杆静压钢管桩对其基础进行了加固处理。同时还考虑了抗压、抗浮工况, 及拆除主楼卸载过程中的基础稳定性。采用有限元模拟分析了前期产生沉降及倾斜的原因、上部结构加固重建过程中的变形及加固重建后的沉降情况。该方案顺利进行了施工实施, 施工期间及后续的监测数据表明该项目加固重建后沉降已达到稳定状态, 加固重建效果明显。

关键词: 不均匀沉降; 基础保留加固; 上部拆除重建; 锚杆静压钢管桩; 有限元模拟分析; 监测

中图分类号: TU473.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)06-0520-07

Exploration and application of a project reconstruction scheme under the condition of retaining foundation

JIANG Yue-chun

(SGIDI Engineering Consulting (Group) Co., Ltd., Shanghai 200093, China)

Abstract: In view of the phenomenon that the upper structure tilts and does not converge due to the uneven settlement of the villa after the completion of a project, and the cracks of the beam-column joints and filling walls, the scheme of retaining and strengthening the basement foundation and demolishing and rebuilding the upper structure is adopted. The scheme considers that it is close to the high-rise area and municipal roads of the project, and there is no space around the basement to rebuild the enclosure structure. The impact on the adjacent structures should be minimized. Based on the analysis of the total load and geological conditions of the villa building project, and consideration of the objective conditions of basement floor height and transportation channel, the anchor static pressure steel pipe pile (with the specification $\Phi 219$ and the length of 18 m & 26 m) is used to reinforce the basement foundation. Simultaneously, the compressive together with the anti-floating working conditions and the foundation stability during the unloading process of the main building are also considered. The causes of settlement and inclination in early stage, the deformation during the process of superstructure reinforcement and reconstruction and the settlement after reinforcement and reconstruction are analyzed using finite element method. The adopted scheme has been successfully implemented. The monitoring data during the reconstruction and post inspection shows that the settlement of the project after reinforcement and reconstruction has reached a stable state. The reinforcement and reconstruction of the villa building project has been recompleted successfully.

Key words: uneven settlement; retain and strengthen foundation; demolishing and rebuilding the superstructure; anchor static pressure steel pipe pile; finite element simulation analysis; monitoring

0 引言

近年来, 随着城市开发的深入, 开发的项目越

来越多, 个别项目由于各方面综合原因造成工程质量问题, 尤其地基基础的问题, 对建筑结构造成的损伤不可逆转, 甚至迫于各方压力到了拆除重建的

地步,但地下室拆除重建^[1]对周边建筑的影响大,实施困难。本文以某项目地下室基础保留加固,上部拆除重建处理为实例,重点介绍保留地下室基础加固处理方案^[2-5]及实施效果。

1 工程概况

该项目为建于2018年的新建住宅项目,分为别墅区和洋房区,别墅部分为14幢3层联排住宅,洋房部分为11幢9~12层小高层,整体设置1层地下室。主楼与地库的平面布置见图1所示。

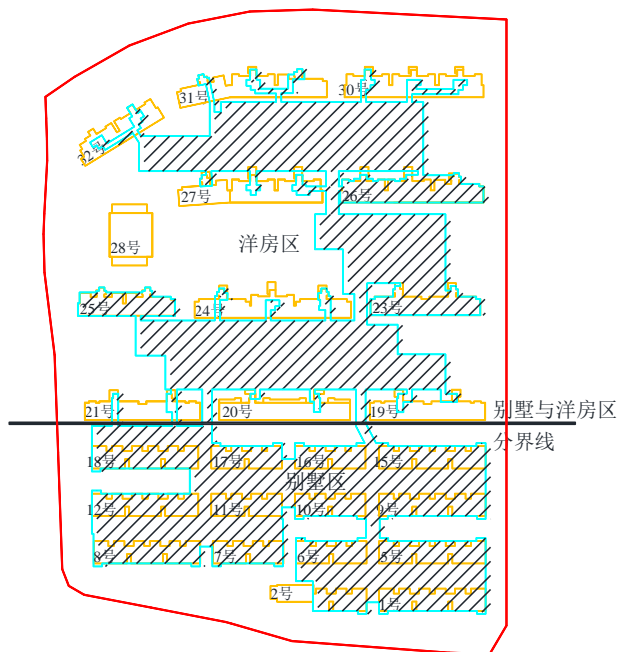


图1 本工程平面图(阴影部分为地下室范围)

Fig. 1 Plan of this project (the shaded area is the basement area)

建成后发现别墅区出现不均匀沉降造成上部结构倾斜且无收敛趋势,同时出现梁柱节点及填充墙开裂。见图2~3所示。



图2 梁柱节点开裂

Fig. 2 Cracking of beam-column joints



图3 填充墙开裂

Fig. 3 Cracking of filler wall

1.1 建筑概况

联排别墅建筑外包尺寸长51 m(3单元)或33.8 m(2单元),宽为10.7 m,高度均为11.6 m,别墅与洋房交界处外墙间距约为12.5 m,室内外高差0.3 m。

1.2 结构概况

别墅结构设计使用年限为50年,框架结构,1层地下室。结构安全等级二级,地基基础设计等级为乙级,建筑抗震设防类别为标准设防类^[6],抗震设防烈度为6度(0.05 g),设计地震分组第二组,场地类别IV类,场地特征周期0.75 s。

本工程基础形式如下:采用天然地基筏板基础,板厚400 mm,柱墩厚度600 mm,混凝土强度C30,经过深度修正后地基承载力85 kPa。别墅与别墅间纯地库区域设置抗拔桩,采用300 mm×300 mm方桩,桩长9 m(单节),桩端位于②层淤泥质粉质黏土层,单桩竖向抗拔极限承载力标准值180 kN。

1.3 现状概况

主体结构封顶后进行地下室顶板和周边绿化覆土,在此期间,由于主楼两侧土压力不平衡回填及大面积覆土引起的附加应力,造成主楼均向临土侧倾斜^[7]。根据2019年6月19日的房屋检测报告,各楼栋最大倾斜率为2.0‰~14.6‰,其中7栋主楼最大倾斜率超出限值4‰(根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)中^[8]的第5.3.4条及表5.3.4,对于多层建筑的整体倾斜,当 $H_g < 24$ m,整体倾斜率限值为4.0‰,其中 H_g 为自室外地面起算的建筑物高度)。

2 工程地质条件

根据本工程勘察报告,场地地貌单元为长江三角洲冲积平原,地貌单一。各层土及主要物理力学性质参数见表1。

表1 土层及其主要物理力学性质
Table 1 Soil layer and its main physical and mechanical properties

层序	层名称	重度/ (kN/m ³)	含水量/%	孔隙比	层底平均 埋深/m	压缩模量/ MPa	桩侧摩阻力 标准值/kPa	桩端阻力 标准值/kPa
①	素填土	—	—	—	—	—	—	—
① ₁	淤泥	—	—	—	—	—	—	—
②	淤泥质粉质黏土	17.65	40.2	1.117	8.96	3.090	23	—
③ ₁	粉砂夹粉土	18.23	30.0	0.883	11.05	8.210	35	—
③ ₂	淤泥质粉质黏土夹粉土	17.88	36.1	1.025	13.35	4.290	26	—
③ ₃	粉土夹粉砂	18.19	30.6	0.898	14.38	7.550	32	—
④	淤泥质粉质黏土	17.86	37.2	1.044	17.02	3.730	25	—
⑤	粉砂夹粉土	18.34	29.1	0.861	23.81	0.927	40	2 200
⑥	粉质黏土	19.82	24.5	0.668	31.20	7.020	65	2 800
⑦	粉砂	18.52	28.2	0.827	34.18	11.000	65	4 500

3 倾斜原因分析

根据本工程地层、建筑及结构设计资料、施工资料及检测报告,别墅区出现不均匀沉降和倾斜的原因分析如下:

(1) 场地地质条件较差,表层有 10~12 m 淤泥质粉质黏土。底板基底位于第②层淤泥质粉质黏土,该层土呈流塑状,具有低强度、压缩性高、埋深浅的特点,在荷载作用下容易产生压缩变形。

(2) 场地内回填土层较厚,覆土回填时造成建筑物两侧土压力不平衡。绿化覆土厚度平均为 2.0~2.5 m,相当于 36~45 kPa 大面积堆载,基底以下的软弱黏性土在该堆载作用下出现了明显的压缩变形,由于主楼非四周均临土,导致临土侧沉降加剧。回土厚度示意图见图 4 所示。

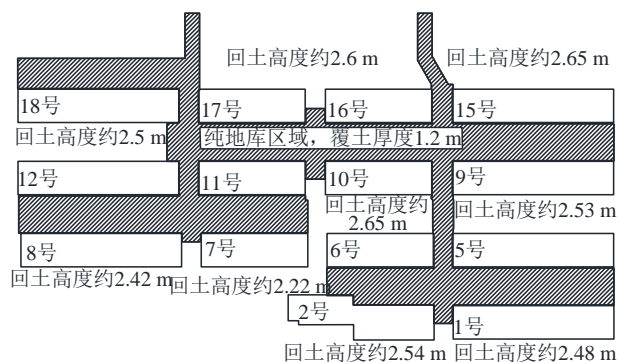


图4 回土厚度示意图

Fig. 4 Schematic diagram of returning soil thickness

(3) 主体建筑物为多层结构,未设桩基,且体型呈长条形,对差异沉降敏感。主楼宽度为 10.7 m,

每产生 1 cm 的差异沉降,将产生近 1‰的倾斜。

4 加固方案

4.1 建筑物特点

根据本项目勘察、设计、施工、检测及监测资料,并结合现场踏勘,本项目具有如下特点:

(1) 在地面大面积堆载作用下,浅层的淤泥质土的压缩固结是一个长期的过程,由此不均匀沉降将持续发展,基础加固应考虑大面积堆载的不利影响。

(2) 主体结构体型和布置形式对差异沉降非常敏感,因此加固方案既要考虑工后永久沉降控制,还应着重考虑施工过程中的拖带沉降控制。

(3) 由于基础底板埋深约 5 m,水位一般在地面以下 0.5 m,因此底板下有一定水压,施工过程中如底板开洞应充分考虑排水措施。

(4) 主楼地下室区域净高 4.3 m,相对充裕,但纯车库区域净高仅有 2.8 m,且现场部分区域顶板处已铺设好风管和消防管线,净空在 2 m 左右,施工净空狭小,需要选择合理的施工设备。

(5) 本工程计划在完成基础加固后原位重建上部主体部分,由于拆除主楼相当于卸载,需考虑该工况下的基础稳定性。

4.2 加固方案分析

(1) 抗压设计

原设计地基基础基本能完全承担上部荷载,但由于基底位于淤泥质土层且地库体型较不规则,纯地库区域间又设有抗浮桩,当土方回填时造成基底下方附加应力分布不均,从而产生差异沉降。

因此,基础加固应针对整个地库基础,将原天然基础调整为以减沉为目的的复合桩基方式,将建筑物正常使用工况下的荷载通过桩基传至较好的沉降压缩层上,形成新老基础协同作用,同时通过不同桩型和桩距的布置方式,调整基底受力分布,从而减少差异沉降。

(2) 抗浮设计

由于前期地库抗浮设计采用了较低的水位,原抗拔桩桩长偏短,为避免后期雨季出现地下室上浮问题,本次加固考虑对地库抗浮进行补强。

(3) 桩基选型

主楼区域采用变截面钢管桩^[9],底部设置小直径段,一方面可以增加桩基入土深度,另一方面减少对土体的扰动。

地库区域荷载较小,且有抗浮需要,采用等截面钢管桩,桩长相对减短。

(4) 底板加固

桩基完成后对原底板增加叠合板,一方面补强桩基开孔对原底板的削弱,同时增强底板刚度,协调桩基变形,减缓不均匀沉降。

4.3 基础加固措施

(1) 根据结构荷载分布,进行基础补强布桩,按照荷载的30%~50%控制桩数,兼顾建筑物沉降倾斜规律,在沉降较大的堆土侧适当增加补桩密度,补桩桩位尽量贴近结构柱,保证荷载的有效传递。

(2) 基础加固施工前,在纯地库区域(沉降较小侧)设置泄水孔,减小不均匀沉降速率。

(3) 主楼一般区域钢管桩采用 $\Phi 219 \times 8$ mm,长度26 m(单节1.5~2.5 m),变截面段采用钢管 $\Phi 95 \times 8$ mm,长度0.5 m,桩端闭口,以第⑥层粉质黏土为桩基持力层。桩内C20混凝土填芯。单桩竖向抗压承载力特征值取380 kN。

(4) 地下车库区域钢管桩采用 $\Phi 219 \times 8$ mm,长度为18 m(单节1.5~2.5 m),以第⑤层粉质黏土为桩基持力层,抗压兼抗拔,桩端闭口,桩内C20混凝土填芯。单桩竖向抗压承载力特征值取200 kN,单桩竖向抗拔承载力特征值取110 kN。

(5) 封桩以后,凿除地下室底板原有建筑面层,增设200 mm厚的钢筋混凝土叠合板,内配 $\Phi 16 @ 150$ 双向钢筋网,新增板通过锚筋与原底板进行可靠连接。

(6) 由于本项目楼栋较多,补桩方案各楼栋基本一致,故以15号楼为例进行桩位布置,共计补桩66根锚杆静压钢管桩,详见图5。

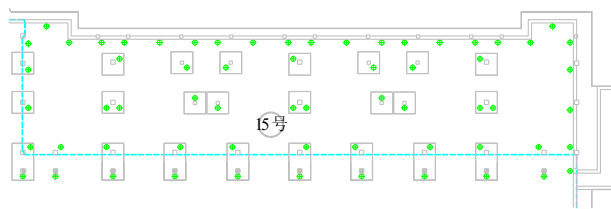


图5 15号楼补桩桩位布置图

Fig. 5 Pile location layout of pile supplement of building 15

5 有限元分析

采用数值分析的方法对基础加固及后续拆除重建过程中沉降变化进行模拟分析。综合考虑分析问题的合理性、计算速度和模型规模,采取二维有限元平面应变模型进行分析。

分析过程中,针对不同分析对象采用不同的单元类型和本构关系,具体详见表2,分析模型的竖向底部采用全自由度约束,侧面采用侧向约束。计算模型、结果见图6~11及表3所示。

表2 分析单元类型与本构模型

对象	单元类型	本构模型
土体	三角形	硬化模型
房屋结构	板单元	线弹性
桩	锚锭杆	线弹性

模型计算的边界约束条件假设为左右两侧边界不发生水平位移,下部边界不发生垂直位移,上部边界为自由边界。

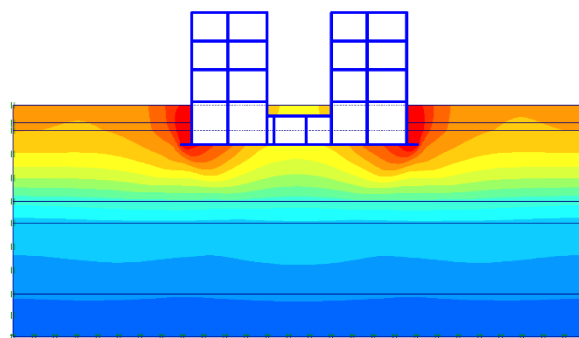
主要对以下3个工况进行模拟

工况1: 加固前覆土堆载引起差异沉降

工况2: 完成基础加固后拆除上部结构

工况3: 原址重建上部结构

(1) 工况1: 加固前覆土堆载引起差异沉降



垂直位移(U_y)

极值 $U_y = 138.94 \times 10^{-3} \text{ m}$

图6 绿化覆土后房屋沉降

Fig. 6 Settlement of houses after greening and covering soil

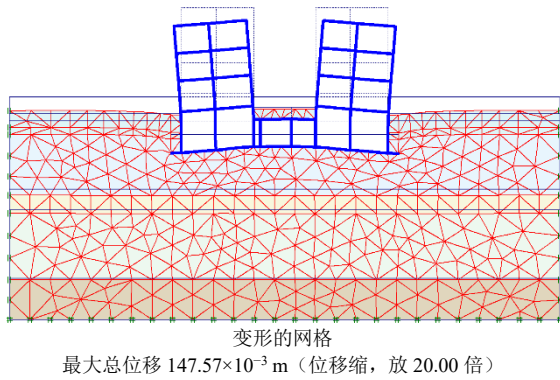


图7 绿化覆土后房屋倾斜示意

Fig. 7 Schematic diagram of houses inclination after greening and covering soil

(2) 工况 2: 完成基础加固后拆除上部结构

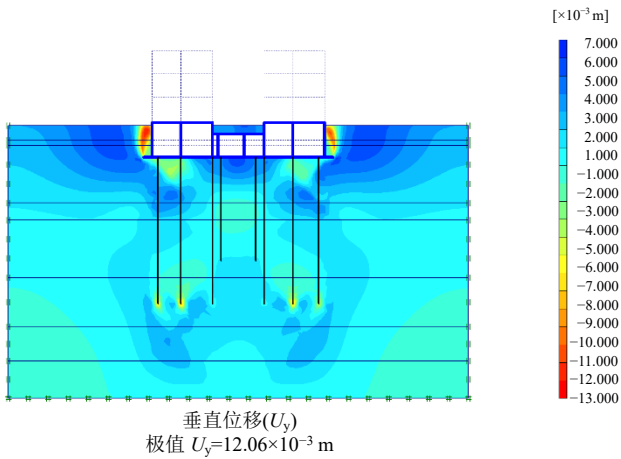


图8 基础加固并拆除上部结构后的地下室沉降

Fig. 8 Settlement of basement after foundation reinforcement and removal of superstructure

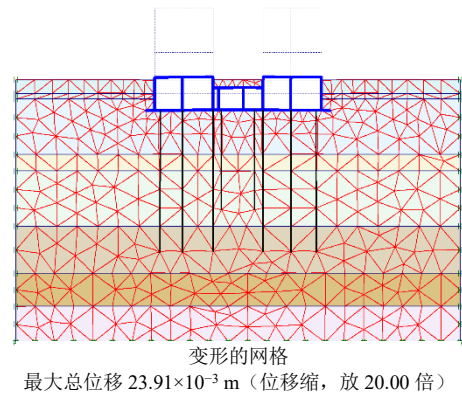


图9 基础加固并拆除上部结构后的地下室倾斜示意

Fig. 9 Schematic diagram of inclination of basement after foundation reinforcement and removal of superstructure

(3) 工况 3: 原址重建上部结构

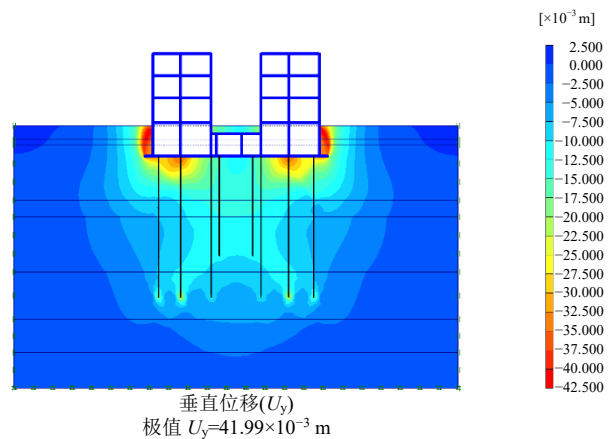


图10 原址重建后房屋沉降

Fig. 10 Settlement of houses after reconstruction on the original site

表3 有限元分析结果汇总

Table 3 Summary of finite element analysis results

内容	完成覆土	完成基础加固后拆除上部结构	原址重建上部结构
房屋最大沉降/mm	136 (临土位置)	2.5 (房屋中部)	35 (房屋中部)
房屋最小沉降/mm	90 (临地库位置)	-7 (地库中部)	32 (临土) / 25 (临地库)
倾斜率/‰	4.4	0.5	0.7

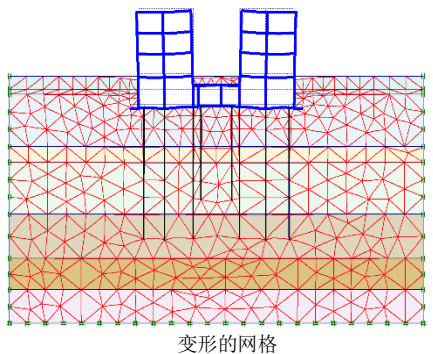


图11 原址重建后房屋倾斜示意

Fig. 11 Schematic diagram of houses inclination after reconstruction on the original site

6 监测结果

拆除重建施工中监测点位均遭到一定程度的破坏,于2020年11月17日进行了重新布点监测。主要针对重新布点后的数据进行分析。加固重建施工于2020年12月31日基本结束,最近100d左右的沉降速率小于0.04 mm/d,符合规范《建筑变形测量规范》(JGJ 8—2016)中^[10]的第7.1.5条第4款的规定:当最后100d的最大沉降速率小于0.01~0.04 mm/d时,可认为已达到稳定状态。

由于本项目楼栋较多, 沉降监测数据各楼栋基本一致, 故以 15 号楼为例进行详细阐述。15 号共布置 8 个监测点位, 其点位布置图见图 12, 其沉降发展趋势见图 13。

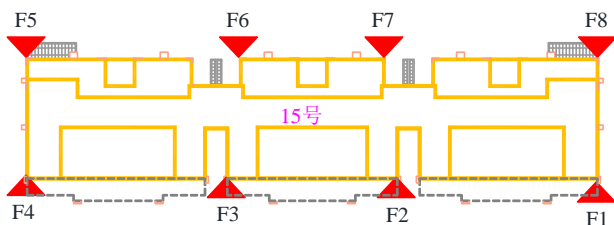


图12 15号楼沉降监测点布置图

Fig. 12 Layout of settlement monitoring points of building 15

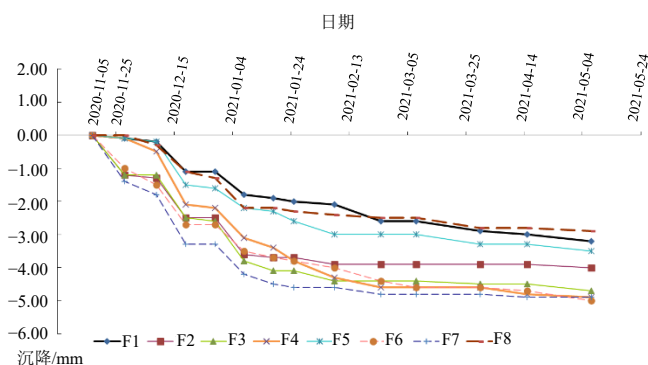


图13 沉降发展趋势

(2020年11月17日至2021年5月7日)

Fig. 13 Development trend of settlement

(November 17, 2020 to May 7, 2021)

由图 13 可看出, 从 2021 年 1 月 8 日开始沉降趋势趋于平缓, 加固重建工作于 2020 年 12 月 31 日基本结束, 与施工工况一致, 经过一段时间休止, 最近 100 d 沉降发展曲线平缓, 基本无新增沉降, 达到沉降稳定状态, 基础加固效果明显。

7 结 论

对于质量问题的新建项目处理, 本项目采用地下室基础保留加固, 上部拆除重建的方案。既达到了拆除重建的目的, 又避免了地下室拆除重建对周边建筑的影响。根据监测数据显示, 沉降已达到稳定状态, 基础加固效果明显。

该项目顺利实施对后续类似项目及城市更新既有建筑升级改造中类似情况的处理都有着重要的参考意义。

参考文献

[1] 王岩. 修复. 拆除与重建——可持续发展视域下的空

间设计再认识[J]. 设计, 2017(11): 55-57.

WANG Yan. Repair, demolish and reconstruction —— reconsideration of spatial design from the perspective of sustainable development[J]. Design, 2017(11): 55-57.

[2] 程明星. 某框架结构建筑物纠偏加固及施工过程中突发情况应对方案[J]. 浙江建筑, 2021, 38(1): 43-47.

CHENG Ming-xing. Rectification and reinforcement of a frame structure building and emergency response plan during construction[J]. Zhejiang Architecture, 2021, 38(1): 43-47.

[3] 黄泽德. 建筑加固技术疑难工程案例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.

HUANG Ze-de. Difficult Engineering Case of Building Reinforcement Technology[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2007.

[4] 滕延京. 既有建筑地基基础加固技术规范理解与应用(按 JGJ 123—2012)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

TENG Yan-jing. Understanding and Application of Technical Specifications for Foundation Reinforcement of Existing Buildings (According to JGJ 123—2012)[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2013.

[5] 刘金波. 建筑地基基础设计禁忌及实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

LIU Jin-bo. Taboo and Examples of Building Foundation Design[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2013.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑抗震设计规范: GB 50011—2010[S]. 2016 年版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

Ministry of housing and urban-rural development of the People's Republic of China. Code for Seismic Design of Buildings: GB 50011—2010[S]. 2016 Edition. Beijing: China Building Industry Press, 2016.

[7] 张晓禹. 基础沉降对框架结构的反应分析及加固研究[J]. 建筑施工, 2020, 42(12): 2351-2354.

ZHANG Xiao-yu. Response analysis and reinforcement research of foundation settlement to frame structure[J]. Architectural Construction, 2020, 42(12): 2351-2354.

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 建筑地基基础设计规范: GB 50007—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

Ministry of housing and urban-rural development of the People's Republic of China, General administration of quality supervision, inspection and quarantine of the

