

软土地区锚杆静压桩地基加固应用实例研究

逯焕波, 刘俊生, 陈昌师, 胡园园

(南京市测绘勘察研究院股份有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 软土地区由于土体强度低、压缩性高, 在建建筑物往往沉降很大, 当累积沉降量濒临警戒值时, 建筑物的安全将会受到严重的影响。以南京江边软土地区某建筑物地基基础加固工程为实例, 结合工程地质条件、沉降观测数据, 研究了锚杆静压桩在软土地区加固现有建筑物的效果, 验证了锚杆静压桩在软土地区地基基础加固的有效性和合理性, 可为类似工程的设计施工提供参考。

关键词: 锚杆静压桩; 软土; 地基加固

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)02-0137-06

Study on the application of anchor static pressure pile for foundation reinforcement in soft soil area

LU Huan-bo, LIU Jun-sheng, CHEN Chang-shi, HU Yuan-yuan

(Nanjing surveying and Mapping Research Institute Co., Ltd, Nanjing 210019, China)

Abstract: Due to the low strength and high compressibility of soft soil, buildings under construction in soft soil area often have large settlements. When the cumulative settlement is on the verge of the warning value, the safety of those buildings will be seriously affected. Taking the foundation reinforcement of a building in soft soil area along the riverside of Nanjing as an example, and combining with engineering geological conditions and data from settlement observation, the effect of anchor static pressure pile on the reinforcement of existing buildings in soft soil area was studied, and the effectiveness and rationality of anchor static pressure pile in the reinforcement of foundation in soft soil area was verified. This paper, therefore, provides references for the design and construction of similar projects.

Keywords: anchor static pressure pile; soft soil; foundation reinforcement

0 引 言

随着我国新一轮基础设施建设的大力推进, 在一些地质条件差、周边环境复杂的地区依然要进行各种工程建设。在我国长江中下游低漫滩地区存在着一定厚度的软土, 由于该类土具有抗剪强度低、灵敏度大、承载力低等特点, 在这类土质下修建的建筑物往往面临着更大的挑战^[1]。一些在软土地区建成的建筑物由于地基处理不当, 往往会出现沉降、倾斜、裂缝等现场, 严重时甚至会影响工程的安全, 危及到人民的生命和财产安全。针对这些工程, 一方面要加强前期的勘察、设计工作, 提高工程的安全系数, 另一方面对一些沉降变形较大的工程要进行一定的修复及加固。由于不满足地基承载力或沉降过大等原因而进行的地基基础加固是

一项十分关键的技术, 其也可以称作是托换技术。锚杆静压桩技术是一种桩式托换地基基础加固新技术, 自 80 年代在我国首次应用后已经历了 40 多年的发展^[2]。锚杆静压桩根据其受力特性, 其用途分两类, 一类是用于临近基坑既有建筑物的加固, 一类用于新建工程设计承载力不足时的补救性托换。邱磊^[3]研究了锚杆静压桩结合堆载压重综合纠偏法的纠倾效果, 饶易峰等^[4]研究了锚杆静压桩在建筑物纠偏中的应用; 刘毓炆等^[5]通过工程实例研究了锚杆静压桩在地基淤泥土中的地基加固应用。钱程^[6]研究了超长钢管静压桩加固既有建筑物的应用, 王逢睿等^[7]研究了锚杆静压桩在湿陷性黄土地区的地基加固效果, 阐述了锚杆静压桩在湿陷性黄土地区地基基础加固过程中的关键控制因素; 杨军平等^[8]研究了锚杆静压桩+断桩顶升法岩溶区建筑

收稿日期: 2020-04-08

作者简介: 逯焕波 (1991—), 男, 山东聊城人, 硕士, 工程师, 主要从事岩土工程方面的工作。Email: 2016768535@qq.com。

物纠偏的应用。

以上学者研究集中在锚杆静压桩加固现有建筑物及建筑物纠偏中的应用,针对治理现有建筑物沉降过大的研究较少,尤其是锚杆静压桩在软土地地区的研究甚少。基于此,本文以南京市长江边某新建建筑物地基基础加固为例,结合地质条件及监测数据,研究了锚杆静压桩在长江下游软土地地区地基加固效果,论证了锚杆静压桩技术加固软土地地区地基的合理性及有效性,可为相关工程的病害治理设计与施工提供参考与借鉴,同时推动了既有建筑物改造与病害处理工程动态安全保障技术的发展。

1 工程概况

新加坡 南京生态科技岛 1 号排涝泵站项目位于南京市建邺区江心洲生态科技岛北端大江侧堤与十二路之间,该项目主要用于提高排涝标准,解决防汛之忧,工程位置如图 1 所示。拟加固建筑物为 1 号泵站管理用房,建筑面积 380 m²,单层框架结构,建筑物总高度 4 m,建筑基础形式采用筏板基础。建筑物北侧为排涝泵站引渠及水池,引渠及水池挖深 3 m,引渠及水池距离该地上建筑物 15 m。建筑物位于南京长江边,距离长江大堤 20 m 左右,所在区域土质主要为填土及淤泥质黏土。其中①层素填土厚度 0.50~1.00 m,填土下分布厚度较小的②₁层粉质黏土,②₁层下分布厚度较大的②₂层软土。



图 1 工程所在位置图

Fig. 1 Project location

2 沉降分析

该建筑主体结构施工期间,我单位根据委托对建筑物主体进行观测。沉降观测点均布在建筑物四

角及中间柱子上,一共布设 6 个。同时布设 3 个高程控制基准点,主要分布在江堤及邻近已有建筑物基础上,每周定期对高程控制网进行复测校准。按照二等水准测量要求,采用几何水准方法进行观测。监测点平面布置如图 2 所示。该建筑物于 2019 年 5 月份进行地上结构施工,至顶板浇筑前,建筑物累积沉降量在 5 mm 左右,沉降速率约 0.5 mm/d,考虑到其为软土地基,压缩性高,并且基础形式采用筏板浅基础,建筑物在主体施工期间产生允许沉降量属于正常现象。但在建筑物顶板浇筑以后,持续的沉降观测发现该建筑物累积沉降量及沉降速率呈现迅速增大趋势并且未有收敛趋势。为进一步观测建筑物的变形情况,我单位加强了监测速率,在很长时间内建筑物下沉严重,下沉速度最大达 5 mm/d。从 2019 年 7 月 30 日建筑物顶板浇筑完成至 2019 年 11 月 30 日,建筑物整体累积沉降达 230 mm,各监测点差异沉降最大达到 100 mm,监测期间数据如图 3 所示。综合现场情况和地质条件,分析认为新建建筑发生沉降的原因主要有以下几个方面:(1)场地内分布一定厚度的淤泥质土,含水量高,孔隙比大,高压缩性,承载力极低,容易引起地上建筑物发生沉降等变形;(2)建筑物采用筏板基础,没有采取钻孔灌注桩等深基础形式,导致地基承载力满足不了设计要求;(3)周边有引水沟渠及水池基坑施工,基坑的开挖导致建筑物地基地下水的渗流,从而引起土体的变形等,导致建筑物的沉降^[9]。考虑到沉降量及差异沉降产生的建筑物倾斜即将达到极限值,经各方专家论证决定采用锚杆静压桩地基加固措施。

3 地基加固方案

3.1 锚杆静压桩加固地基原理

锚杆静压桩加固的基本原理在于受力体系的转换,即所谓的基础托换,其关键技术在于新增桩基和原基础之间的荷载转换^[10]。该技术利用原有基础上埋设的受拉锚杆来固定压桩反力架,通过反力架传输建筑物的自重荷载作为压桩反力,由千斤顶将桩段从基础开凿或预留的压桩孔内压入土中,最后封桩,把桩与基础连在一起,完成桩基托换^[11],其工作原理如图 4 所示。

3.2 地基加固方案及关键因素控制

根据场地工程地质概况并结合建筑物结构,锚杆静压桩采用管桩桩径为 273 mm,桩长大于 37 m,桩身进入③₂粉砂层不小于 3 m,单桩竖向承载力

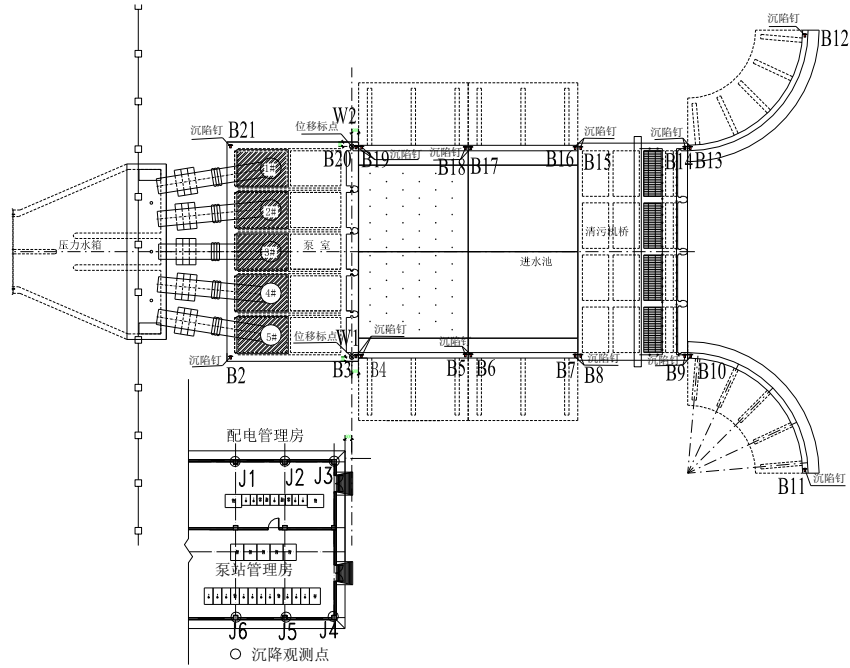


图 2 建筑物监测点平面示意图

Fig. 2 Schematic diagram of building monitoring points

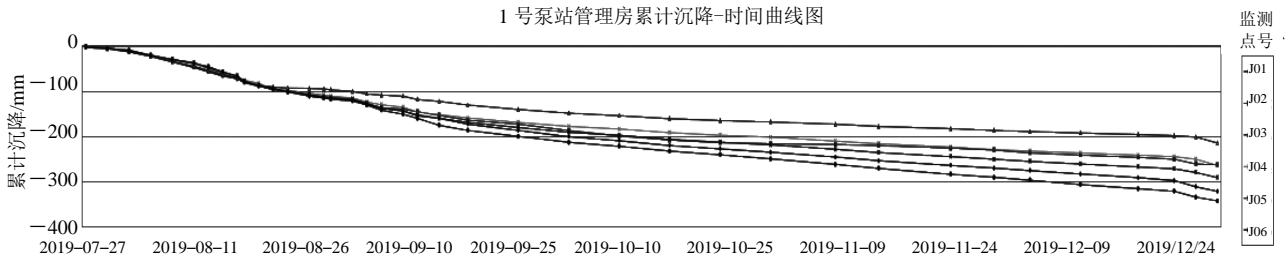


图 3 建筑物累积沉降-时间曲线图

Fig. 3 Cumulative settlement varies with time

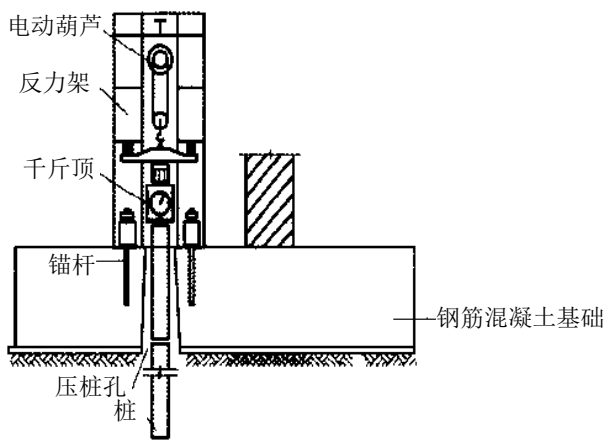


图 4 锚杆静压桩工作原理

Fig. 4 Working principle of anchor static pressure pile

特征值为 270 kN。根据设计要求, 共在原有建筑物范围内布设 51 根锚杆静压桩, 其中第 1 批静压桩为 27 根, 第 2 批静压桩根据加固效果选择是否进行, 锚杆静压桩平面布置如图 5 所示。

在第 1 批锚杆静压桩施工过程中, 对垂直度、接桩质量、压桩力、桩入土深度等做了严格控制。就位的桩节保持竖直, 使千斤顶、桩节及压桩孔轴线重合, 不得采用偏心加压。压桩时, 应垫钢板或桩垫, 套上钢桩帽后再进行压桩^[12]。桩位允许偏差为 ± 20 mm, 桩节垂直度允许偏差为桩节长度的 $\pm 1.0\%$ 。钢管桩平整度允许偏差为 2 mm, 接桩处的坡口应为 45° , 接桩施工工艺如图 6 所示。

静压桩采用双控, 压桩力达到规定的压桩力且桩进入持力层。桩一次连续压到设计标高, 当中途停压时, 桩端停留在软弱土层中且停压的间隔时间不超过 24 h。压桩力根据设计要求的单桩容许承载力确定为 1.3~1.5 倍单桩容许承载力。桩尖达到设计深度, 且压桩力不小于设计单桩承载力 1.5 倍时的持续时间不少于 5 min 时终止压桩^[13], 压桩工艺如图 7 所示。桩与基础的连接-封桩是整个压桩施工中的关键工序之一, 封桩工序如图 8 所示。

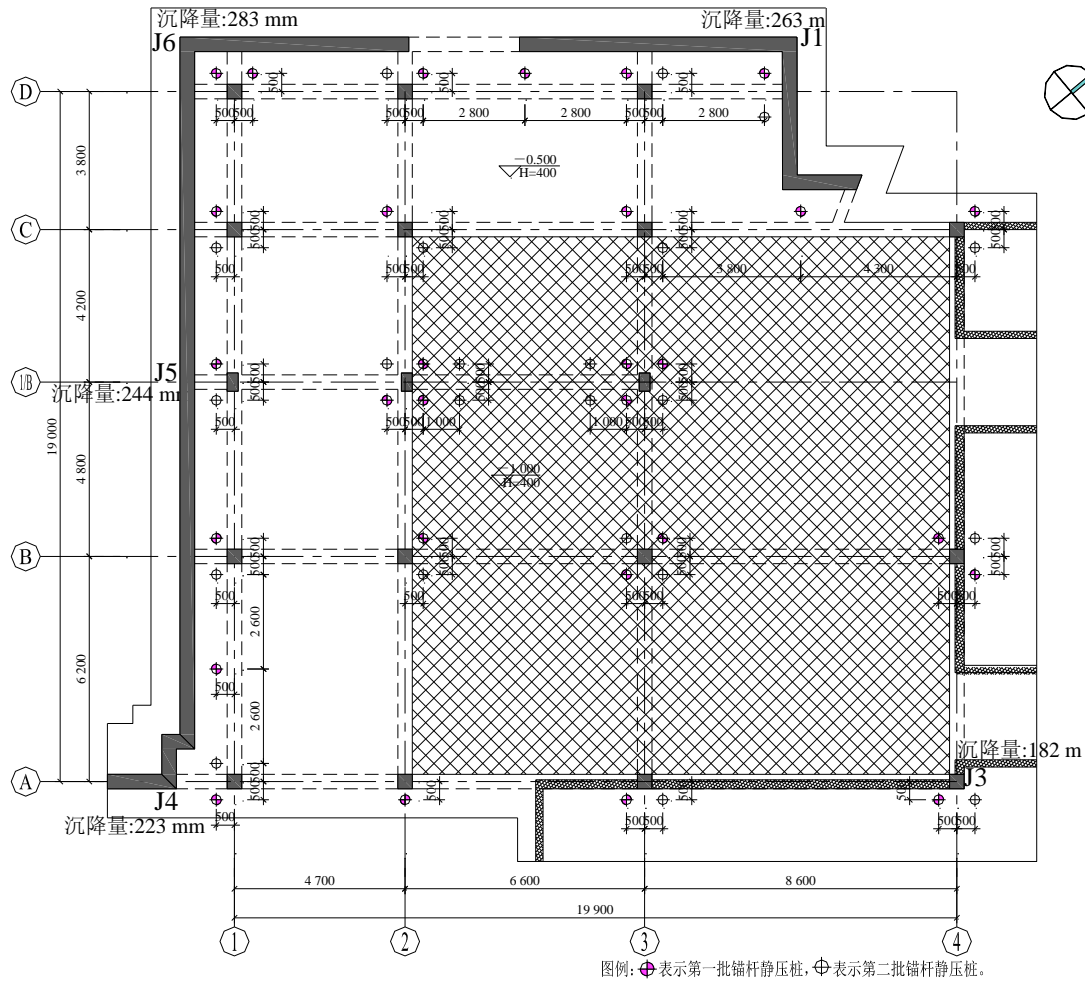


图5 锚杆静压桩平面布置示意图

Fig. 5 Layout plan of anchor static pressure pile

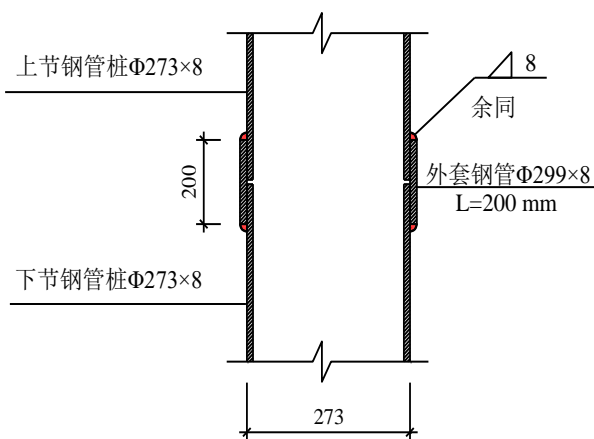


图6 锚杆静压桩接桩施工工艺 (单位: mm)

Fig. 6 Construction technology of connection between anchor static pressure piles (Unit: mm)

3.3 加固效果分析

压桩施工过程中建筑物沉降呈增大趋势, 2019年12月17日开始压桩, 至12月31日结束, 建筑物该期间累积沉降达40 mm, 沉降变化如图9所示, 分析得出沉降主要为压桩带来的附加沉降。压桩时

桩端阻力及桩侧摩阻力带动土体向下位移, 产生的沉降, 同时对于此处的地基土体具有高压缩性、高

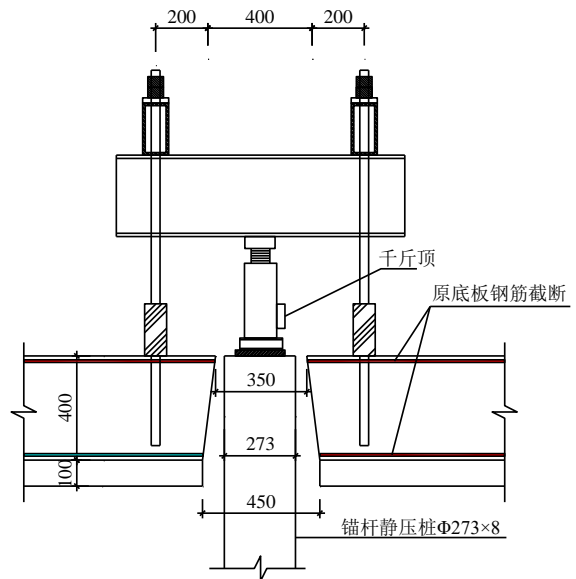


图7 压钢管桩示意图 (单位: mm)

Fig. 7 Schematic diagram of steel pipe pile driving (Unit: mm)

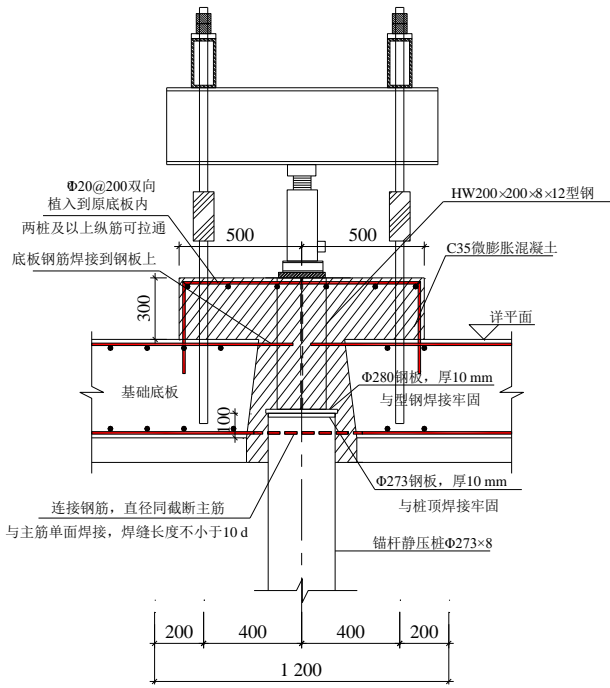


图 8 封桩示意图 (单位: mm)

Fig. 8 Schematic diagram of sealing pile (Unit: mm)

灵敏度, 土体被挤密也会引起产生沉降, 而压桩时在桩周产生塑性区的土体的各项强度指标大幅降低, 使得原有地基的平均压缩模量也相应降低, 应力-应变曲线接近水平, 在一定荷载作用下, 变形增加较大, 因此在压桩期间建筑物会出现沉降速率增大的现象^[14]。当第 1 批压桩完成后, 将建筑物累积沉降归零后继续进行沉降观测, 沉降观测数据如图 10 所示。从该期间的沉降观测数据可以看出,

锚杆静压桩施工完成后, 建筑物的沉降速率明显下降, 在首批锚杆静压桩压桩完成 1 周后, 建筑物沉降速率由压桩结束之前的 3~5 mm/d 降低到 1 mm/d, 并且随时间逐渐减小。至首批锚杆静压桩施工完成一个月, 建筑物各监测点的沉降速率为 0.8 mm/d, 并逐渐减小趋于稳定。至 2020 年 4 月 7 日, 建筑物沉降速率最大只有 0.06 mm/d, 建筑物的沉降速率趋于稳定。根据《水利水电工程安全监测设计规范》规定, 认为建筑物已达到稳定状态^[15], 此时无需进行第 2 批锚杆静压桩施工。

4 结 论

本文根据南京市某工程锚杆静压桩加固现有建筑物地基基础的应用实例, 结合不同时期的建筑物沉降监测数据, 分析了锚杆静压桩在软土地区地基加固效果, 得出了如下结论:

- (1) 本工程采用锚杆静压桩进行地基加固后, 建筑物各监测点的沉降速率逐渐减低并达到稳定, 满足了规范要求, 取得了理想的效果。
- (2) 锚杆静压桩在软土地区施工时应注重对垂直度、接桩质量、压桩力、封桩等关键因素的把握, 保证各环节施工质量, 才可以取得良好的加固效果。
- (3) 本次研究对软土地区建(构)筑物地基病害的治理理论实现了补充, 可为相关工程的地基病害的设计施工提供参考。

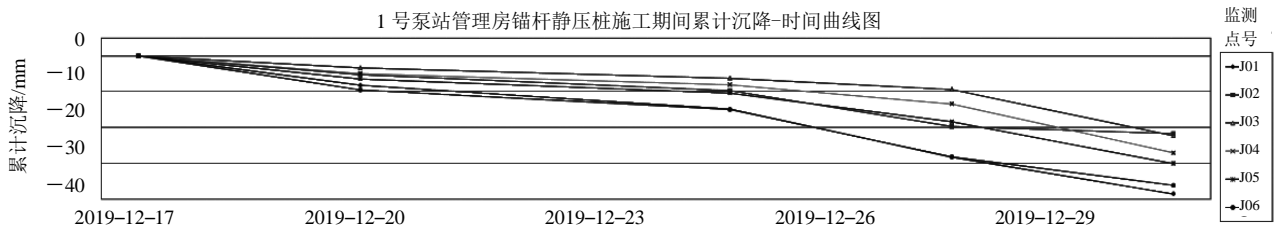


图 9 压桩期间建筑物累积沉降曲线

Fig. 9 Curves of cumulative settlement of buildings during pile driving

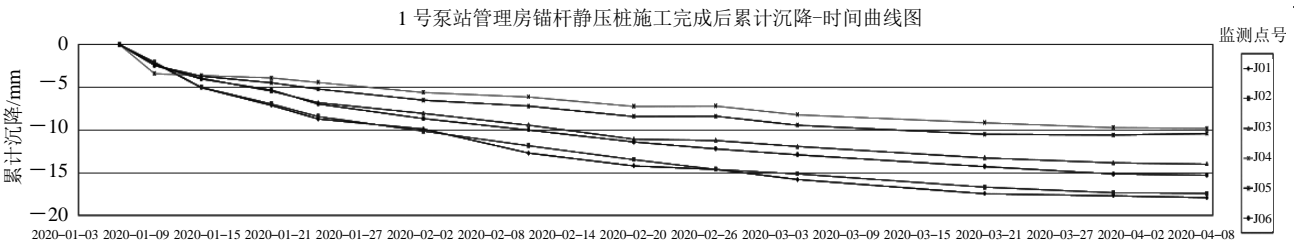


图 10 压桩完成后建筑物累积沉降曲线

Fig. 10 Curves of cumulative settlement of buildings after pile driving

参考文献

- [1] 付素娟, 李旭光, 贾媛媛. 软土地区截桩迫降纠倾法数值模拟分析[J]. 建筑技术, 2016, 47(3): 234-237.
- [2] 祁伟强. 锚杆静压桩基础加固技术探讨[J]. 中国标准化, 2019(16): 84-85.
- [3] 邱磊. 既有建筑采取锚杆静压桩结合堆载压重综合纠偏方法的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2011.
- [4] 饶艺峰, 桂林. 锚杆静压桩在建筑物纠偏加固中的应用与研究[J]. 施工技术, 2001, 30(2): 27-28.
- [5] 刘毓胤, 陈福全. 锚杆静压桩在危险建筑物加固中的应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(1): 130-132.
- [6] 钱程. 超长钢管静压桩加固既有建筑物的应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [7] 王逢睿, 牛文庆, 张小兵, 等. 湿陷性黄土地区锚杆静压桩地基加固应用研究[J]. 建筑结构, 2019(6): 128-133.
- [8] 杨军平, 赵文兰, 季伟, 等. 岩溶区断桩顶升法纠偏实例分析[J]. 工程建设与设计, 2019(17): 41-44.
- [9] 张治国, 赵其华, 鲁明浩. 邻近深基坑开挖的历史保护建筑物沉降实测分析[J]. 土木工程学报, 2015, 48(S2): 137-142.
- [10] 全江伟, 李庆, 赵更歧. 锚杆静压桩在建筑物地基加固及纠偏中的应用研究[J]. 四川水泥, 2016(4): 313.
- [11] 高厚强. 锚杆静压桩的设计及其施工危害研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2002.
- [12] 徐醒华, 付兆明, 伍锦湛. 锚杆静压桩在建筑物基础加固中的应用[J]. 建筑结构, 2004, 34(12): 22-23.
- [13] 魏欢. 锚杆静压桩在既有建筑物地下加层工程中的应用研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2012.
- [14] 贾强, 应惠清, 张鑫. 锚杆静压桩技术在既有建筑物增设地下空间中的应用[J]. 岩土力学, 2009, 30(7): 2053-2057.
- [15] 孙琪, 胡明珠, 王逢睿, 等. 某高层住宅楼基础纠偏加固设计及施工监控[J]. 建筑技术, 2017, 48(8): 838-841.

【简讯】

第十届全国土工合成材料大会暨 2020 年中国国际土工合成材料产品及设备展览会【延期】

由于受新冠肺炎疫情影响, 经协会研究决定, 原定于 2020 年 5 月 27—31 日在成都召开的第十届全国土工合成材料大会暨 2020 年中国国际土工合成材料产品及设备展览会延期至 2020 年 9 月 23—27 日。会议相关基础准备工作照常进行, 带来不便敬请谅解。

会议类型: 会议会展

会议名称: 【延期】第十届全国土工合成材料大会暨 2020 年中国国际土工合成材料产品及设备展览会

会议时间: 2020 年 9 月 23—27 日

会议地点: 成都市

联系人: 黄俊杰

联系电话: 15108455204

电子邮件: ctag2020@163.com

温馨提示:

(1) 论文征稿截止日期由 3 月 31 日延期到 7 月 31 日;

(2) 优秀英文论文可推荐至两本 SCI 专刊发表(详见大会网站 <http://10ncg.top/> 和国际论坛网站 <http://www.isceg.org>);

(3) 参展展览手册内容征集截止日期由 3 月 20 日延期到 4 月 20 日;

(4) 第四届全国大学生加筋土挡墙设计大赛(路德杯)决赛日期由 5 月 30 日延期到 9 月 26 日。