

DOI: 10.3785/j.issn.2096-7195.2020.03.012

# 锚杆静压桩在软土地区既有建筑基础加固中的应用

胡建昌<sup>1</sup>, 梁志荣<sup>2</sup>

(1. 上海中核科创园发展有限公司, 上海 201702; 2. 上海申元岩土工程有限公司, 上海 200011)

**摘 要:** 本文以上海市某综合楼项目为背景, 介绍了软土地区既有建筑的不均匀沉降问题, 分析了产生不均匀沉降的原因。为保证该建筑物的正常使用功能, 综合考虑加固效果、造价、工期等影响因素, 通过方案比选, 选择采用锚杆静压桩进行地基基础加固的处理方案, 有效控制了既有建筑的沉降发展。依托本工程实例, 阐述了锚杆静压桩的设计要点等, 可以为软土地区类似工程提供一定的参考。

**关键词:** 锚杆静压桩; 既有建筑; 地基加固

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)03-0241-04

## Application of statically pressed anchoring pile in improvement of foundation of existing building in soft soils

HU Jian-chang<sup>1</sup>, LIANG Zhi-rong<sup>2</sup>

(1. Shanghai CNC Science Park Development Co., Ltd., Shanghai 201702, China;

2. Shanghai Shenyuan Geotechnical Engineering Co., Ltd., Shanghai 200011, China)

**Abstract:** Based on case study of comprehensive building in Shanghai, the problem of uneven settlement of existing buildings in soft soil was interpreted and analyzed the causes in this paper. In order to ensure the safety of the building with uneven settlement, comprehensively considering the influencing factors such as the reinforcement effect, cost, and the construction period, the treatment scheme of using statically pressed anchoring piles to strengthen the foundation was adopted, and effectively controlling the settlement development of the existing buildings. Also, based on this project, the key points of design are explained, which can provide a reference for similar projects in soft soil.

**Keywords:** statically pressed anchoring pile; existing building; improvement of foundation

## 0 引 言

锚杆静压桩技术是我国工程技术人员于 20 世纪 80 年代研究开发的一项基础加固纠偏新技术, 其施工工艺是在既有建筑物基础上按照设计要求开凿压桩孔和锚杆孔, 用黏结剂埋好锚杆, 然后安装压桩架与建筑物基础连成一体, 并利用既有建筑自重作反力, 用千斤顶将预制桩段逐段压入土中, 桩段间用硫磺胶泥或焊接连接。当压桩力或压入深度达到设计要求后, 再将桩头与原基础用微膨胀混凝土浇筑在一起, 桩即可迅速受力, 从而达到提高

地基基础承载力和控制沉降的目的。

近些年来, 锚杆静压桩在已建、新建多层和高层建(构)筑物、工业厂房的地基处理、桩基补强和托换工程中得到了广泛应用, 常用桩材有混凝土方桩、混凝土管桩、钢管桩等。

本文以上海市中山南二路 30 号综合楼项目为例, 介绍了既有建筑的不均匀沉降现状, 并对锚杆静压桩地基加固的设计要点进行了阐述, 以期在软土地区类似既有建筑地基加固工程中的进一步推广应用提供必要的参考。

收稿日期: 2020-05-22

作者简介: 胡建昌(1970—), 男, 浙江德清人, 硕士, 高级工程师, 总工程师, 主要从事建筑工程设计与管理工作。Email: jianchb@163.com。

## 1 工程概况

上海市中山南二路 30 号综合楼总高 5 层，底层 1 楼为框架结构，上部 4 层为砌体结构，总建筑面积约 2 199 m<sup>2</sup>，房屋底层平面布置详见图 1。该综合楼采用柱下条形基础，基础埋深为 2.65 m；地基为水泥粉喷桩加固的复合地基，水泥粉喷桩基本采用满堂布置，桩径为 500 mm，桩长 10 m。该综合楼工程竣工于 1995 年 4 月。经过多年使用后，该综合楼存在楼板裂缝、墙面渗水现象，个别墙体还发现轻微裂缝等情况。经同济大学房屋质量检测站于 2014 年对房屋质量进行综合检测发现：该综合楼自 1995 年建成使用近 20 年，建筑物发生明显的不均匀沉降和显著的整体倾斜：房屋东西向的东端沉降大，西端沉降小，不均匀沉降差最大值达 198 mm；南北向南端沉降大，北端沉降小，不均匀沉降差最大值达 107 mm；竖向倾斜测量结果表明房屋自西向东整体倾斜最大值为 6.5‰，自北向南整体倾斜最大值为 9.2‰，均超过规范限值。

房屋质量检测表明，地基不均匀沉降已导致建

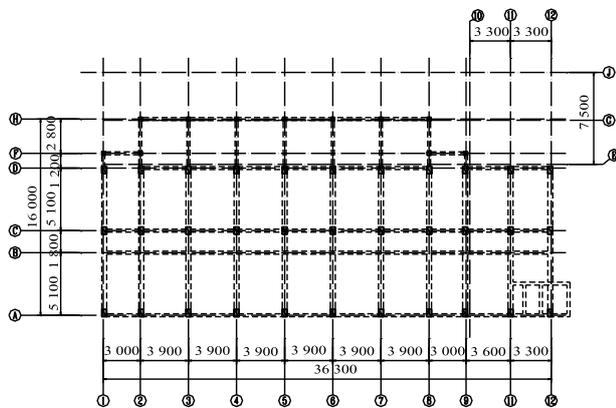


图 1 房屋底层平面图

Fig. 1 Ground floor plan of the building

筑物发生结构损伤：房屋 3、4 层墙体在部分纵横墙交接处的上部墙角区存在斜向裂缝，对于南北向横墙，裂缝为南高北低的斜裂缝；对于东西向纵墙，裂缝为东高西低的斜裂缝；裂缝目前宽度尚小于 0.5 mm，裂缝自角部向外延伸约 10~30 cm。

根据岩土工程勘察报告，本工程土层为上海地区比较典型的软土地层，土层分布相对稳定，各土层物理力学指标见表 1。

## 2 地基基础加固方案的选择

本项目场地的地基承载力满足要求，但沉降控制不满足要求，以致建筑基础发生明显不均匀沉降、建筑主体结构发生显著倾斜。因此，本着安全可靠、技术先进、经济合理的原则，应从控制地基沉降的角度对该房屋进行加固处理，从而消除房屋的安全隐患。本项目的地基基础加固设计原则包括以下几点：

(1) 项目房屋建成并使用多年，且已发生明显的不均匀沉降和倾斜，地基加固处理方案比选时应避免施工对建筑结构的扰动，确保地基加固施工能安全可靠的实施。

(2) 针对既有房屋进行地基加固，需要进行室内施工作业，方案比选时应考虑施工设备进场作业是否便捷。

(3) 在保证有效控制房屋沉降的前提下，对加固方案进行优化，降低工程成本，提高工程性价比。

当既有建筑发生超过规范限值的不均匀沉降或倾斜时，工程上可以采用纠倾加固、地基加固或两者联合的方式进行加固处理。本项目单独采用纠倾加固措施不能从根本上解决建筑物的不均匀沉降问题，必须采用纠倾加固结合地基加固，才能保证

表 1 土层物理力学性质综合成果表

Tab. 1 Physical and mechanical parameters of soil layers

土层名称	固结快剪峰值		$E_{s0.1-0.2}/\text{MPa}$	平均 $P_s/\text{MPa}$	地基承载力特征值 $f_{ak}/\text{kPa}$
	$c/\text{kPa}$	$\varphi/^\circ$			
② 褐黄-灰黄色粉质黏土	24	19.5	4.53	0.74	85
③ 灰色淤泥质粉质黏土	12	18.5	3.27	0.44	65
③ 夹灰色砂质粉土	6	31.0	9.85	2.28	120
④ 灰色淤泥质黏土	10	11.5	2.09	0.49	60
⑤ <sub>1</sub> 灰色粉质黏土	14	19.5	4.09	0.83	70
⑤ <sub>3</sub> 灰色粉质黏土夹黏质粉土	14	19.0	4.19	1.14	85

在建筑物使用年限内的正常使用要求。单独采用合理的地基加固措施可以满足本项目加固要求, 纠倾加固结合地基加固也可以满足工后建构筑物正常使用要求, 但较单独采用地基加固措施效果提高不明显, 造价增加明显, 工期较长, 且施工不确定性、风险均较大, 技术经济效果不佳。因此, 本项目建议只进行地基加固, 控制既有建筑的沉降发展, 保证正常使用功能。

地基基础加固的常用方法有: 旋喷桩加固、树根桩加固、锚杆静压桩加固等。锚杆静压桩便于在狭小空间中进行施工作业, 施工质量容易控制, 能保证地基加固效果, 且工程造价较低, 技术经济效果显著, 本项目经过对比分析, 最终采用锚杆静压桩进行地基加固。

### 3 锚杆静压桩地基加固设计

针对本项目建筑物存在明显不均匀沉降及整体倾斜的问题, 采用锚杆静压桩技术对其进行地基加固处理, 以控制建筑物不均匀沉降的后续发展。

#### (1) 锚杆静压桩选型及设计

静压桩桩身材料选用钢筋混凝土, 桩身混凝土强度 C30, 采用 300 mm×300 mm 预制方桩; 静压桩桩节长度根据现场施工净高确定, 在施工条件允许条件下尽可能减少桩节数; 桩节之间以角钢或硫磺胶泥接头形式连接。本工程中的桩节长度为

2.5 m。

根据场地的土层分布情况, 以及上部荷载要求, 本工程中锚杆静压桩的桩端持力层选为⑤; 灰色粉质黏土夹黏质粉土, 桩长 26 m, 单桩设计承载力特征值为 500 kN, 极限值为 1 000 kN。

桩位布置设计时, 采用对称布桩的方式, 在结构柱四周均匀布置 4 根桩; 结构外墙的构造柱下方, 采用斜对称布置形式, 墙内外侧各布置 1 根桩。锚杆桩平面布置详见图 2。

#### (2) 桩基承台设计

在拟加固房屋条形基础上, 在 A~D 轴线新增 2 100×2 240 桩基承台, 承台厚度 600~800 mm; H 轴线新增 1 200×1 470 桩基承台, 承台厚度 400~800 mm。

#### (3) 桩基承台与原条形基础连接设计

桩基承台与原条形基础采用锚杆与 4C16 锚固钢筋 (A~D 轴线) 或 C16@200 插筋 (H 轴线) 连接。基础连接方式详见图 3。

#### (4) 锚杆设计

锚杆采用 C25 钢筋制作, 一端镦粗, 螺纹长度 100 mm, 锚杆长度 450 mm, 锚固长度 300 mm。锚杆做法详见图 4。

考虑到建筑基础形式, 锚杆以施加在原建筑基础上为主, 如锚杆无法施加在原建筑基础上, 施工单位须根据现场条件设置托换梁或采用堆载方式解决锚杆静压桩施工所需反力。

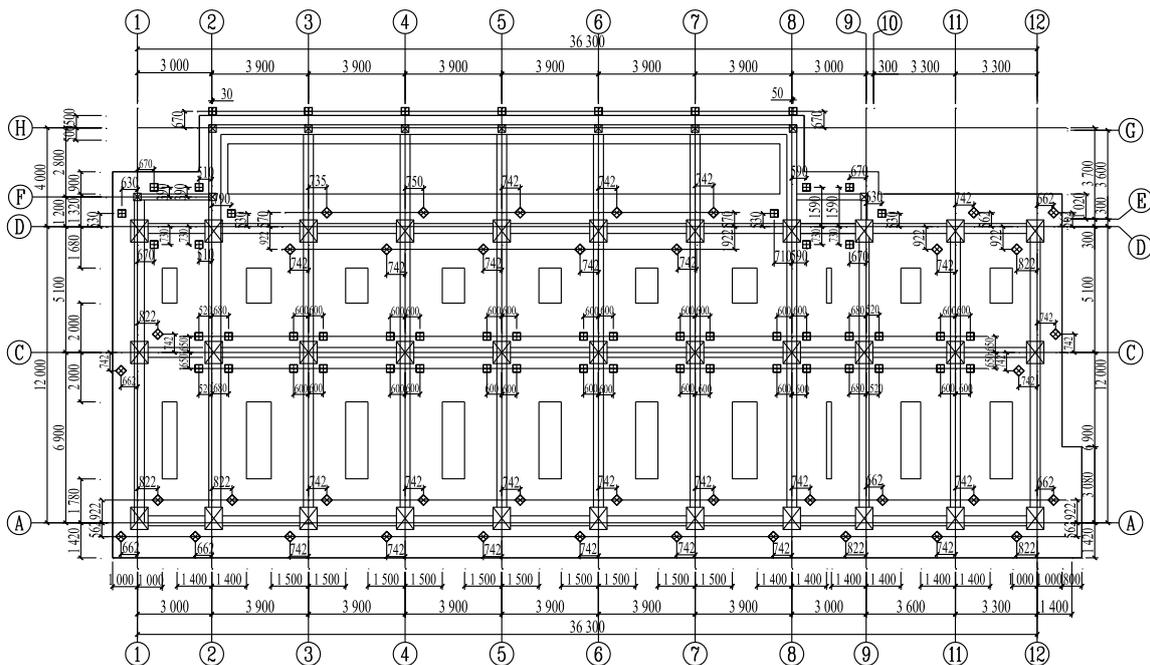


图 2 锚杆静压桩桩平面图 (单位: mm)

Fig. 2 Plan of anchor static pressure pile (Unit: mm)

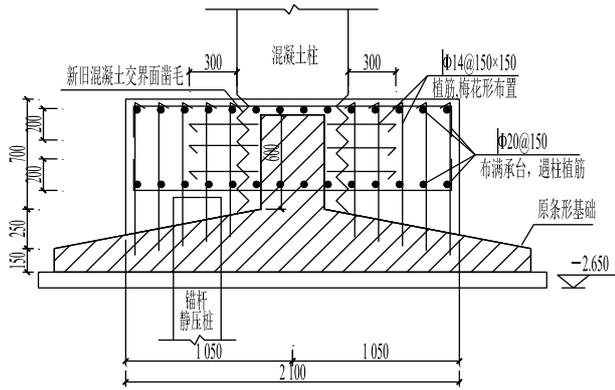


图3 基础连接示意图

Fig. 3 Schematic diagram of foundation connection

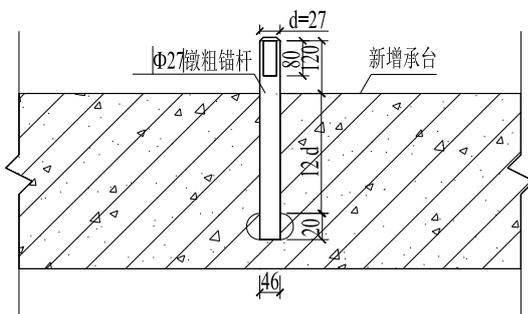


图4 锚杆设计图

Fig. 4 Design drawing of anchor

## 4 锚杆静压桩地基加固施工

锚杆静压桩地基加固施工包括墙体与地坪破除、土方开挖、新增承台施工、锚杆静压桩施工、土方回填、墙体与地坪恢复等。

施工过程中的注意事项有：

(1) 预制桩压桩前应首先确定桩位、放样、编号、排除积水、开凿压桩孔与锚杆孔，压桩孔内原有基础面层钢筋应弯起，并在压桩完毕后焊接。

(2) 锚杆埋设施工与质量检验应符合现行相关规范和设计要求。锚杆孔应保持干燥，不得有积水。锚杆锚固应通过拉拔试验确定，锚固强度应符合设计要求。

(3) 预制桩压桩施工时，应保持压桩架垂直，螺帽始终保持拧紧状态；吊桩入压桩孔时，桩段应垂直，入土定位垂直度偏差不大于5%，桩位偏差不大于70 mm；压桩时，桩顶应垫麻袋和钢板，垂直下压，并检查每节桩的垂直度。

(4) 预制桩应采用焊接接桩，接桩时预埋件表面应保持清洁、上下节之间的间隙不应大于2 mm，并应用厚薄适中、加工成楔形的铁片填实焊牢。焊接时，宜先将四面点焊固定，然后对称焊接，以减少焊接变形，焊接时焊缝必须连续饱满，确保焊缝质量；焊接接桩完成后，应待焊缝自然冷却不少于2 min后，继续沉桩。

(5) 压桩应一次到位，如不能一次到位，则桩尖必须停留在软土中，且停留时间应小于24 h。

(6) 压桩时，沉桩控制标准应以控制桩的设计标高为主，并根据土层情况、压桩力和设计承载力要求综合确定；如桩端未能达到设计标高，经设计认可后可进行截桩，截桩时应先固定桩头，凿除30~50 mm深，切割钢筋后再截断桩身，避免悬臂情况下截桩。

本工程从2016年4月19日设备进场，到2016年6月27日完成全部施工，历时共计74 d。监测资料显示，采用锚杆静压桩加固后，本项目建筑沉降得到了有效控制，没有明显新增沉降发生，地基加固取得了良好的效果。

## 5 结 论

(1) 本文以上海市中山南二路30号综合楼项目为例，针对既有建筑不均匀沉降的现状，采取了锚杆静压桩地基基础加固设计，目前本项目已经顺利实施，既有建筑的沉降速率得到了有效控制，达到了预期的效果。

(2) 本项目针对既有建筑地基基础加固采用的锚杆静压桩设计，可以为软土地区类似工程的推广应用提供一定的参考。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] 杜雄舜, 李灿灿. 锚杆静压桩在某危房住宅纠偏加固中的应用[J]. 上海建设科技, 2006(2): 51-53.
- [3] DG/TJ 08-40-2010 地基处理技术规范[S]. 上海: 上海市建筑建材业市场管理总站, 2010.