

# Application of Anchor Jacked Piles in the Foundation Reinforce of Heritage Building Near Deep Foundation Pit in Soft Soil Area

Liu Yang

Shanghai Geotechnical Investigations & Design Institute Co., Ltd., Shanghai, 200070, China

## Abstract

In recent years, with the increase of construction engineering development scale in the soft soil area of the Yangtze River Delta, there are more and more excellent historical protection buildings near the deep foundation pit. The excavation of deep foundation pit should not only ensure the safety and stability of the foundation pit itself, but also control its impact on the surrounding environment, especially ensure the absolute safety of the historical protection buildings. Historical protection buildings are generally old, with natural shallow foundation and low foundation bearing capacity. It is difficult to control the deformation after the disturbance of foundation pit excavation. Foundation reinforcement measures are generally taken before the construction of foundation pit engineering. Taking the foundation reinforcement of an excellent historical protection building with deep foundation pit in Shanghai, China as an example, this paper introduces the specific reinforcement scheme, theoretical calculation and finite element numerical analysis simulation of anchor static pressure pile. After the verification of later monitoring deformation data, it is concluded that the reinforcement scheme is feasible and can be used as a reference for later similar projects.

## Keywords

anchor jacked piles; deep foundation pit; heritage building; reinforce

# 某临深基坑优秀历史建筑中锚杆静压桩的应用

杨柳

上海勘察设计研究院(集团)有限公司, 中国·上海 200070

## 摘要

近年来随着长三角软土地区建筑工程开发规模增加, 临近深基坑优秀历史保护建筑物日趋增多, 深基坑开挖不仅要保证基坑自身的安全与稳定, 而且需要控制其对周边环境的影响, 尤其要保证临近历史保护建筑物的绝对安全。历史保护建筑一般年代久远, 天然浅基础, 基础承载力低, 基坑开挖扰动后变形控制难度大, 基坑工程施工前一般会采取基础加固的措施。论文以中国上海地区某临深基坑优秀历史保护建筑基础加固为实例, 介绍了锚杆静压桩具体的加固方案、理论计算、有限元数值分析模拟等, 经后期监测变形数据验证, 得出该加固方案切实可行, 可作为后期类似工程参考。

## 关键词

锚杆静压钢管桩; 深基坑; 历史保护建筑; 加固

## 1 引言

近年来随着城市的发展, 对地下空间的开发利用越来越多, 随之出现很多深大基坑, 这些基坑的施工对周边建筑, 尤其是历史建筑的影响不可避免。这些历史建筑结构整体性一般, 基础一般为天然地基。为了建设深大基坑施工过程中对这些历史建筑的影响, 可采取主动的预加固形式。论文通过介绍杨树浦路某优秀历史建筑基础加固, 为后续类似工程参考<sup>[1]</sup>。

【作者简介】杨柳(1984-), 女, 中国江苏扬州人, 本科, 工程师, 从事岩土工程、结构工程设计研究。

## 2 工程概况

某工程位于中国上海市杨浦区, 建于1920年, 于2015年列入上海市第五批优秀历史建筑名单, 保护类别为三类。该房屋平面布局整体近似L形, 长约45m, 宽约19.6m, 为3层钢筋混凝土框架结构, 梁柱承重, 墙体采用粘土砖及混合砂浆砌筑, 室内隔墙采用混凝土小型砌体砌筑。基础为柱下独立基础, 基础埋深约1.5m, 尺寸为3.5m×3.5m、4.2m×4.2m等。建筑原始设计剖面见图1, 建筑物现状见图2。

建筑物西侧、南侧邻近地下三层深基坑, 基坑开挖深度15.6~17.4m, 围护结构采用地下连续墙+三道混凝土支撑的形式, 地下连续墙两侧采用三轴搅拌桩进行槽壁加固,

坑内设置高压旋喷桩封底；基坑内边线距离本工程保护建筑外墙最近约为 7.1m。保护建筑与基坑平面位置示意图 3。

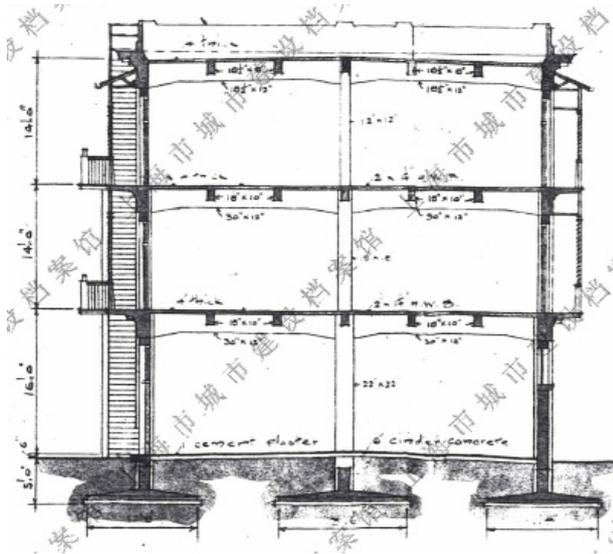


图 1 建筑原始设计剖面图



图 2 建筑物现状图

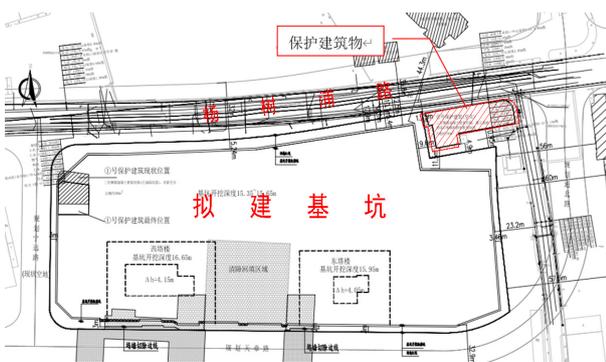


图 3 保护建筑与基坑平面位置示意

### 3 地质条件

场地位于长江三角洲入海口东南前缘，地貌类型属于滨海平原类型。主要土层特性如表 1 所示。

表 1 土层主要物理力学性质参数表

土层名称	Ps (MPa)	fs(kPa)	fp(kPa)
③淤泥质粉质粘土	0.58	20	
④淤泥质粘土	0.66	25	
⑤ 1-1 粘土	0.92	35	
⑤ 1-2 粉质粘土	1.26	45	
⑤ 3 粉质粘土	1.55	55	
⑤ 4 粉质粘土	2.30	65	
⑥粉质粘土	2.91	75	
⑦ 1 砂质粉土	11.71	100	6000
⑦ 2 砂质粉土	21.11	110	7200

## 4 加固方案

### 4.1 加固思路

①保护建筑建设年代久远，历经百年，期间经过多次改建，其基础形式为天然地基石独立基础，无地基梁，结构的整体刚度较弱，承受变形能力较差，同时保护建筑目前向西（即基坑侧）倾斜。

②保护建筑距离基坑较近，基坑内边线距离建筑物外墙最近约 7.1m（一倍基坑开挖范围内），围护结构外边线至保护建筑物外墙最小距离仅为 5.57m，本工程在基坑施工过程中，将不可避免使保护建筑产生附加沉降。

③基坑开挖深度深，开挖面积大，围护桩施工，基坑开挖对土体的扰动变形，将引起建筑物产生一定的沉降和倾斜；基坑开挖范围内以饱和软弱粘性土为主，土体扰动后具有很强的流变及触变性，对控制基坑周边建筑物变形较为不利。

综上所述，通过对原有基础进行适当加固，使基坑影响范围内基础压缩层位于基坑开挖面以下较好的土层上，减少基坑开挖产生土体扰动对其影响。同时通过桩基加固间接起到对建筑物下土体的“遮帘”效应，减少土体的扰动<sup>[2]</sup>。

### 4.2 加固方案

根据上海软土地区既有建筑物加固实践经验，锚杆静压桩加固方法具有受力明确、施工质量易控制、加固成本低、桩基施工无污染等优点，采用锚杆静压桩对整个基础进行加固，锚杆静压桩与天然地基共同承担上部荷载，锚杆静压桩的主要作用是控制后期沉降及差异沉降，使加固后房屋发生整体均匀下沉，并有效控制其过大沉降。具体加固方案如下：保护建筑原基础在无邻近基坑施工前基本能承受上部荷载，本次加固的目的主要是减少基坑施工引起的沉降。故根据距离基坑的远近采取不同的托换比例。一是邻近基坑一倍开挖范围内，桩型采用  $\phi 219 \times 8$  钢管桩，桩长 25m，桩基持力层为⑤<sub>3</sub>层粉质粘土层，单桩竖向承载力设计值为 250kN；

二是邻近基坑一倍开挖范围以外，桩型采用  $\phi 219 \times 8$  钢管桩，桩长 20m，桩基持力层为⑤<sub>1-2</sub>层粉质粘土层，单桩竖向承载力设计值为 160kN。现场施工照片见图 4。



图 4 现场施工照片

## 5 有限元数值分析

为分析基础加固前、后基坑开挖对该房屋的影响，还采用了数值分析的方法对其进行模拟<sup>[3]</sup>。

本工程周边环境较为复杂，本次模拟分析采用 Hardening-Soil 模型模拟土的本构关系，该模型是一种改进了的模拟岩土行为的模型，相对于理想弹塑性模型（Mohr-Coulomb 模型），Hardening-Soil 模型采用三个不同的输入刚度可以将土体的刚度描述得更为准确，即三轴加载刚度 E50、三轴卸载刚度 Eur 和固结仪加载刚度 Eoed，该模型比 Mohr-Coulomb 模型的优越之处不仅在于它使用了一条双曲应力-应变曲线，而非双线性曲线，还在于对应力水平依赖性的控制，也即所有的刚度随着压力的增加而增加，从而更符合实际情况。

保护建筑加固前、后有限元模型网格见图 5、图 6，未加固开挖到底保护建筑水平位移见图 7，加固后开挖到底房屋水平位移见图 8。

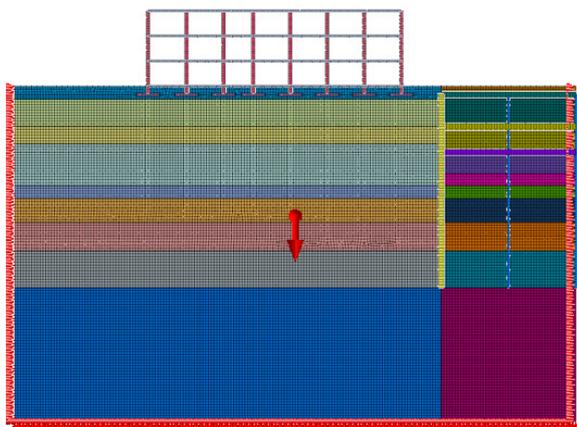


图 5 保护建筑加固前有限元模型网格

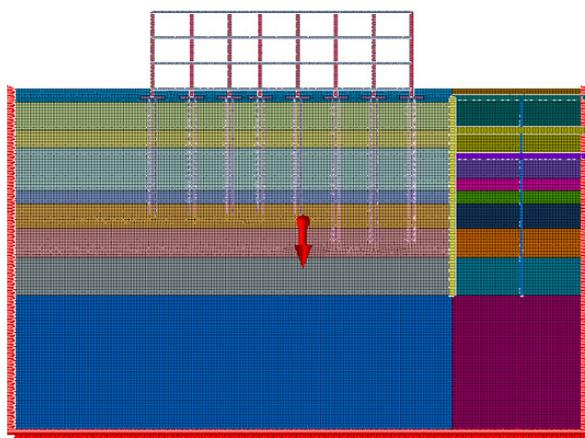


图 6 保护建筑加固后有限元模型网格

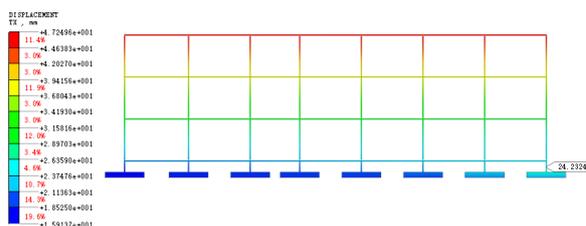


图 7 未加固开挖到底保护建筑水平位移  
(房屋靠近基坑侧底部位移为 24.23mm)

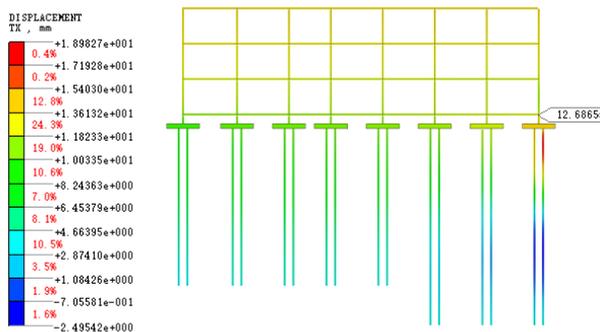


图 8 加固后开挖到底房屋水平位移  
(房屋靠近基坑侧底部位移为 12.7mm)

综上所述分析，通过加固前后基坑开挖到底保护建筑物变形对比可知，基坑开挖到坑底时周边建筑物出现位移最大值，对保护建筑基础采用锚杆静压桩预加固后，可大大减少基坑开挖对其产生的附加变形<sup>[4]</sup>。

## 6 监测结果

本工程在加固施工前，在保护建筑外墙设置了沉降监测点，对加固施工全过程及后期基坑开挖期间对保护建筑的影响通过仪器进行了全过程监测，监测点位布置及监测结果见图 9 和图 10。

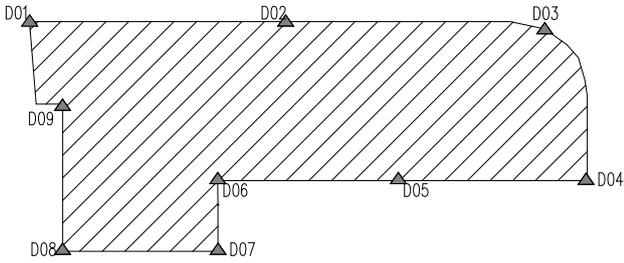


图9 监测点平面布置示意图



图10 监测点沉降变形监测结果

## 7 结语

综上所述可见,保护建筑基础附加沉降主要由钢管桩压桩施工过程中产生的拖带沉降和基坑开挖引起的沉降产生。保护建筑基础经锚杆静压桩加固后,基坑开挖引起的附加沉降与有限元理论模拟预测基本吻合,保护建筑最终总沉降也在安全可控范围内,可见本工程保护建筑物所采取的加固方案是切实可行的<sup>[5]</sup>。

## 参考文献

- [1] JGJ120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2012.
- [2] 刘征.临近历史建筑的深基坑设计与施工[J].地下空间工程与学报,2009,5(增刊2):1653-1659.
- [3] 余兴华,张霞.锚杆静压桩在文物保护建筑纠偏与加固中的应用[J].科技经济市场,2011(8):28-31.
- [4] 周沈华,杨有海,王随新.深基坑开挖对周边地表沉降影响因素分析[J].土工基础,2008,22(2):5.
- [5] BENZ T. Small strain stiffness of soils and its numerical consequences[D]. Stuttgart: University of Stuttgart, 2006.