

某既有基坑加深后围护结构加固技术

金小荣¹, 赵海佳², 李斌³, 莫立成¹, 孙樵¹

(1. 浙江大学建筑设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310028; 2. 浙江智兴集团有限公司, 浙江 杭州 311223;
3. 浙江化工工程地质勘察院有限公司, 浙江 杭州 311122)

摘要: 某基坑工程有2层地下室, 原设计方案采用放坡、土钉墙和拉锚式排桩墙的围护结构。在原基坑围护桩已施工完成, 部分锚杆已施工, 开挖至2层地下室的情况下, 因规划设计调整, 将2层地下室改为3层地下室, 该调整会导致原围护桩形成吊脚桩。因此, 在基坑原围护结构的基础上, 根据现场周边环境和实际土质情况, 3层地下室围护采用多种围护加固技术相结合的设计方案。监测数据表明, 土体水平位移值和沉降值均满足要求, 可见该既有基坑加深后围护结构加固技术是成功的, 具有一定的借鉴作用。

关键词: 地下室改建; 拉锚式排桩墙; 土钉墙; 围护结构

中图分类号: TU472

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)04-0312-05

Reinforcement technology for the retaining structure of an existing foundation pit after deepening

JIN Xiao-rong¹, ZHAO Hai-jia², LI Bin³, MO Li-cheng¹, SUN Qiao¹

(1. The Architectural Design & Research Institute of Zhejiang University Co., Ltd., Hangzhou 310028, China;

2. Zhejiang Zhixing Group Co., Ltd., Hangzhou 311223, China;

3. Zhejiang Chemical Engineering Geological Survey Institute Co., Ltd., Hangzhou 311122, China)

Abstract: There is a two-story basement of a foundation pit project, and the original design scheme adopts the retaining structure composed of slope excavation, soil nail wall and anchored pile and wall. When the retaining pile, part of the anchor rod and the second-story basement of original foundation pit has been constructed, due to planning and design adjustments, the two-story basement was changed into a three-story basement. This turns the original retaining pile into the end-suspended pile. Therefore, based on the original retaining structure of the foundation pit, and according to the surrounding environment and actual soil conditions, the three-story basement enclosure adopts a design scheme that combines multiple reinforcement technologies. The monitoring data shows that both the horizontal displacement and settlement of the soil meet the requirements, which proves that the reinforcement technology for the retaining structure of an existing foundation pit after deepening is successful and has a certain reference value.

Key words: basement reconstruction; anchored pile and wall; soil nail wall; retaining structure

1 工程概况

义乌市某一级基坑工程, 其安全等级重要性系数 γ_0 为 1.1。基坑场地位于义乌市稠城街道, 东侧为江滨北路, 南侧为一已建道路, 西侧为国际商贸城一期市场, 北侧为商城大道, 基坑周边环境具体分布情况如表 1 所述。

该工程总用地面积 80 116.64 m², 建筑占地面积 34 204.33 m², 原总建筑面积 231 376.7 m², 其中

地上建筑面积 135 011.62 m², 地下建筑面积 96 365.08 m², 地上 5 层, 地下 2 层。后在基坑围护桩已施工完毕, 部分锚杆已施工, 基坑开挖至 2 层地下室的情况下, 该工程的规划设计由 2 层地下室调整为 3 层地下室, 现地下建筑总面积为 134 390.76 m²。该工程地下室采用独立柱基和抗拔锚杆基础。

该工程 ±0.000 为绝对标高 64.600 m, 基坑四周自然地坪较平坦, 周边场地为相对标高 -0.500 m。

收稿日期: 2020-07-04

作者简介: 金小荣 (1977—), 男, 浙江萧山人, 高级工程师, 工学博士, 国家注册土木 (岩土) 工程师, 长期从事基坑围护和地基处理等岩土工程设计, 并参与 PC 工法桩和 IMS 工法等研发工作。E-mail: 369057407@qq.com。

原设计2层地下室底板底标高为-10.300 m, 开挖深度为9.80 m, 现3层地下室底板底标高为-14.800 m, 开挖深度为14.30 m, 开挖深度较原2层地下室增加4.50 m。

该基坑具有开挖面积大、开挖深度大、周边环境复杂和基础施工的不利影响等难点。同时, 基坑场地地基土层分布不均匀, 浅部的杂填土和粉细砂和圆砾富水性好, 土层渗透系数较大, 基坑距离义乌江较近, 施工需切实做好降水和止水工作。

2 工程地质概况

该基坑工程最大开挖深度为14.30 m, 工程典型地质剖面详见图1所示, ①层为杂填土、②₁层为黏土、②₂层为粉砂、②₃层为圆砾、③₁层为强风化钙质粉砂岩、③₂层为中风化钙质粉砂岩、③₃层为微风化钙质粉砂岩, 各岩层主要物理力学性质指标见表2。

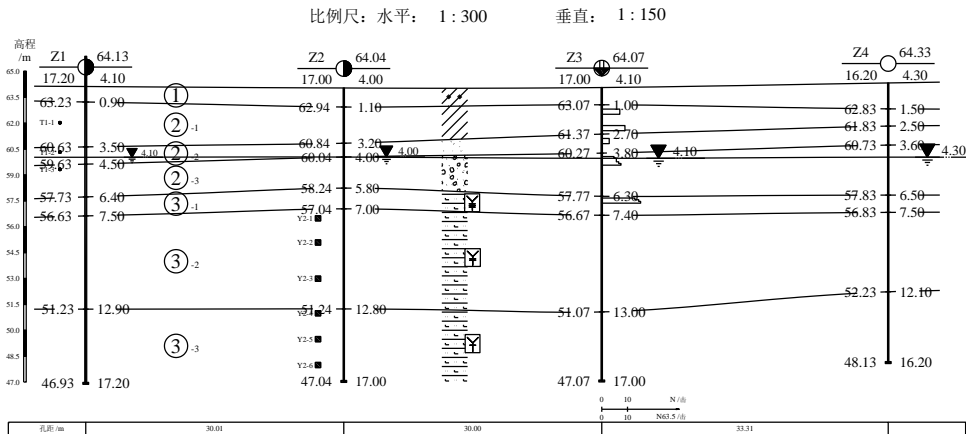


图1 典型工程地质剖面图

Fig. 1 Typical engineering geological profile

表1 基坑周围环境

Tab. 1 Surrounding environment of the foundation pit

方位	建(构)筑物	与用地红线距离/m	周围环境
东侧	江滨北路	>7.8	基坑东北角距离用地红线较远, 红线外为江滨北路, 道路东侧为在建的世贸大厦用地(3层地下室, 采用排桩加预应力锚杆结合土钉墙支护, 已施工基础, 锚杆最大长度12 m)
南侧	已建道路	0.1~22.9	道路宽约18.0 m, 道路外侧为海关用地
西侧	国际商贸城一期市场	1.3~64.5	基坑西北角距离用地红线较近, 红线外为市场道路, 道路外为市场商铺(浅基础), 商铺西侧为一期市场(1层地下室, 大放坡支护)
北侧	商城大道	>13.7	红线外为商城大道

表2 土层物理力学参数

Tab. 2 Physical and mechanical parameters of soil layers

层号	土层名称	$\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$	固结快剪		渗透系数 $k/(\text{cm}/\text{s})$
			c/kPa	$\varphi/^\circ$	
①	杂填土	18.5	10	15	1×10^{-3}
② ₁	黏土	19	*37.0	*17.4	1×10^{-6}
② ₂	粉砂	*19.1	2	28	1×10^{-3}
② ₃	圆砾	19.0	0	35	1×10^{-2}
③ ₁	强风化粉砂岩	19.8	120	25	1×10^{-3}
③ ₂	中风化粉砂岩	20.0	180	35	1×10^{-4}
③ ₃	微风化粉砂岩	20.0	200	45	1×10^{-3}

注: 表中带“*”的值为讨论值, 其他均为当地类似土层经验值。

根据地质勘查报告，土层潜在水位在绝对标高 60.000 m 左右，受季节变化影响较大，与义乌江有一定的水力联系，其中②₂层粉砂、②₃层圆砾含水量高，渗透系数大，基坑开挖时，在水头差的作用下，局部可能会产生管涌及流砂现象。基坑坑底土质较好，但③₂层中风化钙质粉砂岩内存在软弱夹层。

3 基坑围护选型

3.1 基坑工程的特点：

- (1) 该基坑开挖面积大，基坑周长约 995 m，东西长约 220 m，南北长约 370 m；
- (2) 该基坑开挖深度大，原基坑设计开挖深度为 9.80 m，现基坑设计开挖深度为 14.30 m；
- (3) 场地地基土层分布不均匀，且地基浅部的杂填土、粉细砂和圆砾富水性好，土层渗透系数较大，基坑距离义乌江较近，场地与义乌江水有密切联系，切实做好该基坑的降水和止水工作是本基坑成功的关键；
- (4) 该工程周围环境条件复杂，基坑西南两面大部分与福田市场和海关大楼相距较近，北面紧邻商城大道，东面局部紧靠江滨北路，基坑四周道路下埋有大量管线，社会影响较大；
- (5) 该工程基础采用预应力锚杆抗浮，其施工时间长，坑底施工导致坑底岩土扰动使应力释放将对基坑产生不利影响。

3.2 围护方案的选择

结合该工程上述特点，根据“安全、经济、方便施工”的原则，采用放坡、土钉墙和拉锚式排桩墙支护结合预应力锚杆，同时采用简易深井降水和明沟排水基坑围护方案是比较经济合适的。

对于邻近已建道路处，因距离较近，采用旋挖桩形成拉锚式排桩墙同时结合土钉支护，以控制土体的变形，保证周围道路的安全和正常使用。其余区域采用放坡和土钉墙的围护结构。基坑围护平面布置见图 2，原 2 层地下室典型围护剖面见图 3~图 5。

在该基坑开挖过程中，因规划设计调整，2 层地下室调整为 3 层地下室，开挖深度由 9.80 m 增加至 14.30 m。基坑开挖深度的增加必然导致基坑围护方案的调整，该方案调整主要存在 3 个难点：(1) 因该工程围护桩已按原设计施工完毕，局部土钉和锚杆也已施工，基坑围护设计不可能按 3 层地下室开挖深度重新对该基坑进行设计，只能在原设计方

案上进行补充设计加固，这在本地区尚无先例，没有可以参考的实际工程；(2) 因基坑坑底土质较好，原设计围护桩嵌固深度较小，第 3 层地下室开挖会导致原围护桩成为吊脚桩，对基坑整体稳定和围护桩受力均产生不利影响；(3) 根据地质勘查报告，第 3 层地下室开挖范围内存在局部软弱夹层，这需要设计单位和施工单位在基坑开挖过程中根据现场土层情况及时应对。

经综合考虑，由于第 3 层地下室开挖深度范围内已是中风化钙质粉砂岩和微风化钙质粉砂岩，土质条件好，根据当地经验，对该基坑采用了 3 种不同的加固围护技术：

- (1) 对原放坡区域，在原放坡基础上，采用小放坡结合土钉墙的加固措施，围护剖面见图 6；
- (2) 对已施工围护桩但 3 层地下室无充足放坡条件的区域，在原围护基础上，为减少吊脚桩的危害，在 2 层地下室坑底位置增加一道预应力锚杆，增加围护桩稳定性，并采用小放坡结合土钉墙的加固措施，围护剖面见图 7；
- (3) 对已施工围护桩且 3 层地下室有充足放

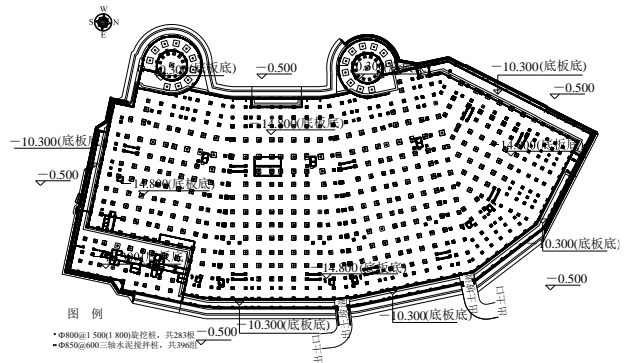


图 2 基坑围护平面布置图
Fig. 2 Layout plan of foundation pit

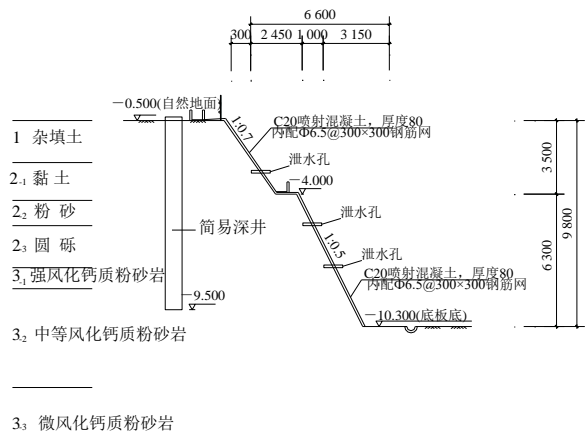


图 3 原基坑围护典型剖面布置图 (I)
Fig. 3 Typical cross-sectional layout of the original foundation pit enclosure (I)

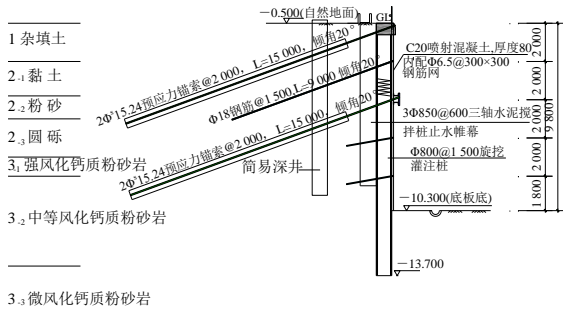


图 4 原基坑围护典型剖面布置图 (II)

Fig. 4 Typical cross-sectional layout of the original foundation pit enclosure (II)

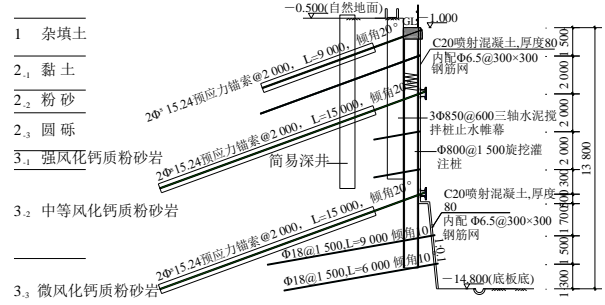


图 7 现基坑支护典型剖面布置图 (II)

Fig. 7 Typical cross-sectional layout of the current foundation pit enclosure (II)

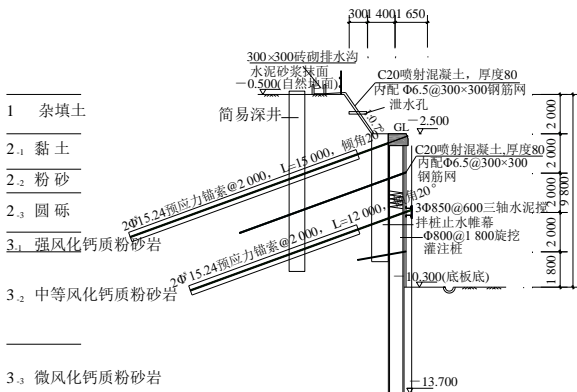


图 5 原基坑围护典型剖面布置图 (III)

Fig. 5 Typical cross-sectional layout of the original foundation pit enclosure (III)

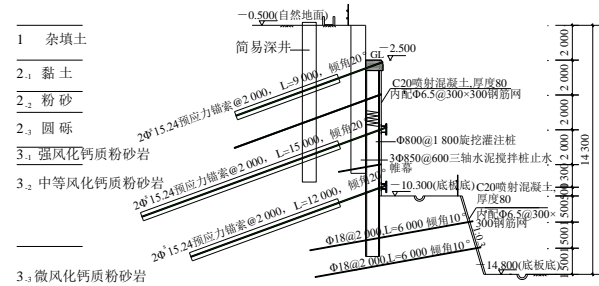


图 8 现基坑支护典型剖面布置图 (III)

Fig. 8 Typical cross-sectional layout of the current foundation pit enclosure (III)

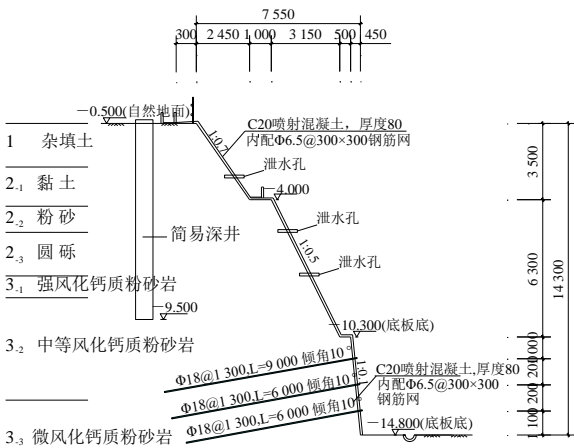


图 6 现基坑围护典型剖面布置图 (I)

Fig. 6 Typical cross-sectional layout of the current foundation pit enclosure (I)

坡条件的区域, 采用设置平台并大放坡结合土钉墙的加固措施, 围护剖面见图 8。

另外, 对 3 层地下室开挖深度范围内中风化钙质粉砂岩层局部出现软弱夹层的情况, 局部采用土钉加密及增加泄水孔的加固措施, 增加基坑的稳定性。

3.3 支护安全性分析

基坑单元计算剖面采用北京理正《深基坑支护

结构设计》软件 (高级版) 及同济启明星软件进行基坑开挖计算分析。本文主要从 4 个方面考虑: (1) 分析各工况下围护结构的内力、变形; (2) 验算基坑抗隆起稳定; (3) 验算基坑整体稳定; (4) 验算基坑抗渗流稳定。

开挖计算结果显示, 整体稳定性 $k=6.524$, 满足规范要求。

4 监测情况分析

该基坑开挖面积大, 开挖深度大, 周边环境复杂, 为了确保基坑自身及周边环境的安全性, 开挖过程必须加强信息化施工, 对施工全过程进行动态控制。监测数据必须及时、准确和完整, 发现异常情况, 加强监测并及时控制, 现场施工照片见图 9。

该工程从土方开挖至施工到地下室顶板历时近 15 个月, 通过对周边环境、地下水位和锚索轴力及土体侧向位移等进行监测情况来看: 该工程在加层后再开挖基坑稳定, 深层土体水平累计位移 39.36 mm, 地表累计沉降 16.00 mm, 地下水位累计变化值为 7.00 m, 锚索最大轴力为 112.8 kN, 均未超过警戒值, 表明该工程开挖深度增加后的加固围护设计及施工均是成功的。



图9 基坑开挖现场

Fig. 9 Construction site of foundation pit excavation

5 结 论

(1) 义乌某基坑开挖面积大, 开挖深度深, 周边环境复杂, 采用放坡、土钉墙和拉锚式排桩墙支护结合预应力锚杆的围护方案是安全可靠且经济合理的。

(2) 该基坑开挖过程中, 规划设计由 2 层地下室调整为 3 层地下室, 开挖深度增加, 且局部原围护桩形成吊脚桩, 围护加固方案因地制宜, 根据当地土质情况和现场条件, 在原基坑围护方案基础上, 采用多种不同加固围护技术对该基坑 3 层地下室进行加固, 施工和监测数据表明, 这些加固围护

技术是安全可行的, 可作为类似工程类似情况的借鉴方法。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑基坑支护技术规程: JGJ 120-2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 浙江省住房和城乡建设厅. 建筑基坑工程技术规程: DB 33/T1096-2014[S]. 杭州: 浙江工商大学出版社, 2014.
- [3] 义乌市国际商贸城一区市场扩建工程地下室岩土工程勘察报告[R]. 浙江经纬勘察工程有限公司, 2012. 03.
- [4] 义乌市国际商贸城一区市场扩建工程地下室围护设计[R]. 浙江大学建筑设计研究院有限公司, 2013. 06.
- [5] 义乌市国际商贸城一区市场扩建工程基坑开挖监测总结报告[R]. 浙江经纬勘察工程有限公司, 2014. 11.
- [6] 蔡信国. 砂性土地基中深基坑围护方案的优化与实施[J]. 地基处理, 2020, 2(3): 226-230.
CAI Xin-guo. Optimization and implementation of retaining structure scheme for deep foundation pit in sandy soil foundation[J]. Chinese Journal of Ground Improvement, 2020, 2(3): 226-230.

【简 讯】

第三届全国交通岩土工程学术会议（一号通知）

一、会议时间与地点

拟定会议时间 2020 年 11 月初, 地点: 南京

二、主办单位

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会交通岩土工程专业委员会

三、承办单位

东南大学

江苏省岩土力学与工程学会

四、会议专题

征文内容涵盖交通岩土工程的研究领域, 主要包括:

- (1) 交通基础设施地基基础的勘察、设计、施工、检测和加固
- (2) 交通隧道和地下工程的设计、施工和运营

(3) 交通基础设施地基处理

(4) 边坡与支挡结构

(5) 交通岩土工程抗震

(6) 车-路-地基共同作用

(7) 特殊地区的交通岩土工程

(8) 交通基础工程环境保护与修复

(9) 轨道交通岩土及地下水问题

(10) 岩土工程智能化技术

五、会议秘书处及联系方式

秘书长: 章定文 13813065390

秘书处: 丁建文, 邓永锋, 蔡国军, 李宏
025-83795086

联系地址: 南京市江宁区东南大学路 2 号东南大学交通学院岩土工程研究所 邮编: 211189