

文章编号:1007-2993(2015)01-0038-04

预压托换桩与土钉联合支护方法在某基坑工程中的应用

雷珂娜¹ 张玲² 赵来顺³

(1. 陕西省建筑设计研究院有限责任公司, 陕西西安 710018; 2. 柳州东方工程橡胶制品有限公司, 广西柳州 545005; 3. 西安科技大学建筑与土木工程学院, 陕西西安 710054)

【摘要】 结合实际工程,介绍了预压托换桩与土钉联合支护方法的作用原理,设计方法、施工过程及其工程应用成果。结果表明,对于紧贴既有建筑物的基坑工程,预压托换桩与土钉联合支护是一种有效的支护方法。应用成果可供类似工程参考。

【关键词】 既有建筑;基坑支护;预压托换桩;土钉墙

【中图分类号】 TU 942

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.01.009

Application of the Supporting Method Combined by Preloading Underpinning Pile and Soil Nailing in a Foundation Pit

Lei Ke'na¹ Zhang Ling² Zhao Laishun³

(1. Shaanxi Architectural Design & Research Institute Co., Ltd, Xi'an 710018, Shaanxi, China;

2. Liuzhou Dongfang Engineering Rubber Products Co., Ltd, Liuzhou 545005, Guangxi, China;

3. College of Architecture and Civil Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

【Abstract】 Combined with practical engineering, the supporting method combined by preloading underpinning pile and soil nailing was introduced, including the mechanism, design method, construction process and the application results. Through the application result in the practical engineering, it can be concluded that supporting method was effective to the engineering of foundation pit adjacent to the existing building. The result can be referenced by the similar projects.

【Key words】 existing building; foundation pit; preloading underpinning pile; soil nailing

1 工程概况

某基坑工程长40 m,宽12 m,开挖深度8 m。基坑位于繁华市区内,周围环境复杂,南侧紧邻城市主街道,西侧为一美术展览馆,美术展览馆为地上6层地下2层的框架结构,地下二层地面标高-5.0 m。基坑紧贴

美术展览馆走道外墙直立开挖,走道外墙采用砖砌条形基础,埋深1.05 m,基坑边距地下室外墙仅2.5 m。基坑平面位置见图1。基坑工程重要性等级为二级^[1]。基坑开挖期间,美术馆正常使用,为保证既有建筑安全和正常使用及基坑稳定,必须进行基坑支护。

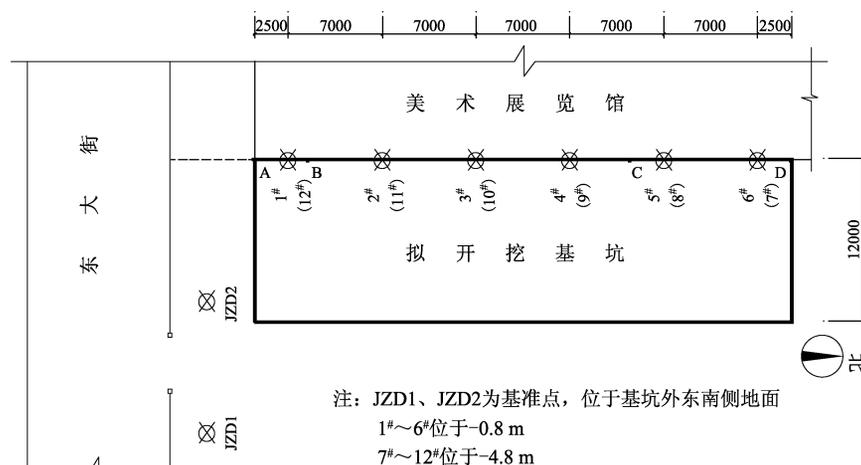


图1 基坑平面位置图(单位:mm)

2 工程地质条件

工程场地位于市区内, 地势平坦。勘查期间场地进行拆迁作业, 表层分布有许多建筑垃圾。根据

岩土工程勘查报告, 场地土层从上到下依次为人工填土、黄土、粉质粘土。各层土体物理力学参数见表 1。

表 1 土体物理力学参数表

土层名称	土层厚度 /m	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	体积模量 K/MPa	剪切模量 G/MPa
杂填土	4	16.0	5	10	7.80	3.60
回填土	1	18.0	14	14	14.00	6.00
①-黄土	3	19.0	20	16	19.20	8.80
②-黄土	7	16.8	18	20	11.70	5.40
粉质粘土	13	19.8	30	27	16.70	7.70

场地地下水稳定埋深为 9.20~9.70 m, 属潜水类型, 补给主要来自大气降水和地表水渗入, 排泄以径流、人工开采和蒸发为主。

3 基坑支护设计

根据场地土层物理力学特性、现场施工条件及有关工程经验^[2-3]和相关课题研究^[4-5], 设计采用预压托换桩与土钉墙联合支护方案。即先通过预压托换桩对既有建筑的荷载进行桩式托换, 卸去基坑边上的部分荷载, 将其传递到深部土层, 既减少基坑开挖对既有建筑的影响, 同时也减小了基坑边上的地面超载; 基坑开挖过程中进行注浆土钉及喷射混凝土面层施工。土钉墙与预压托换桩共同工作抵抗土体产生的侧压力。

3.1 预压托换桩设计

3.1.1 桩体设计参数

预压托换桩采用桩身截面尺寸为 200 mm × 200 mm 的预制钢筋混凝土微型桩, 桩身竖筋 4B12, 箍筋 A6.5@200, 桩身混凝土强度等级为 C30, 每节桩长 1.0~1.5 m, 两端设有预埋钢板, 节段之间采用焊接方式连接。

根据岩土工程勘查报告所给拟建工程场地土层参数及预制桩的桩端阻力特征值 q_{pa} 和桩侧阻力特征值 q_{sia} , 选择⑤-粉质粘土 Q_5^l 作为预压托换桩的持力层, 初步确定桩长为 15 m, 桩尖入土深度 16.5 m, 最终桩长由最终压桩力确定。预制桩的桩端阻力特征值 q_{pa} 和桩侧阻力特征值 q_{sia} 见表 2。

表 2 预制桩的桩端阻力特征值 (q_{pa}) 和桩侧阻力特征值 (q_{sia})

土层名称	①-杂填土	②-黄土 Q_2^{cl}	③-黄土 Q_3^{cl}	④-古土壤 Q_4^l	⑤-粉质粘土 Q_5^l
土层厚度/m	5	3.5	3.5	3	9
q_{pa}/kPa				1250	2800
q_{sia}/kPa		22	29	41	49

3.1.2 单桩承载力特征值

预压托换桩单桩承载力特征值根据《建筑地基基础设计规范》中 8.5.5 条式(8.5.6-1)^[6]计算, 由于托换桩截面面积小, 不计桩端阻力, 仅考虑桩侧摩阻力, 同时由于基坑紧贴既有建筑进行开挖, 造成桩体一侧暴露, 所以仅考虑桩体三面的侧摩阻力。计算所得托换桩单桩承载力特征值 $R_a = 206.1 \text{ kN}$, 取 $R_a = 200 \text{ kN}$ 。

3.1.3 预压托换桩数

预压托换桩数按下式确定:

$$n = \frac{\sum Q - \sum R}{R_a} \quad (1)$$

式中: n 为托换桩数; $\sum Q$ 为上部建筑总荷载, kN; $\sum R$ 为考虑修正后原地基基础的承载能力, kN; R_a 为单桩承载力标准值, kN。

通过初步计算, 上部建筑物总荷载为 6100 kN, 不考虑原地基基础的承载能力, 假定全部荷载均被托换。计算共需设置 32 根预压托换桩。桩间距 1.2~1.3 m(施工中根据实际情况调整)。预压托换桩平面布置图见图 2。预压托换桩做法示意图见图 3。

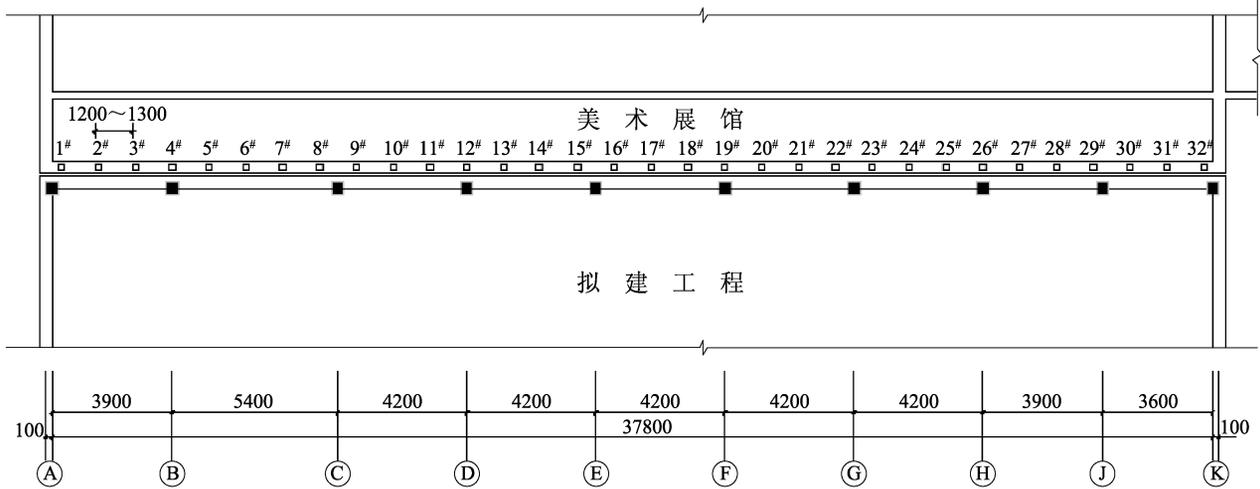


图2 预压托换桩平面布置图(单位:mm)

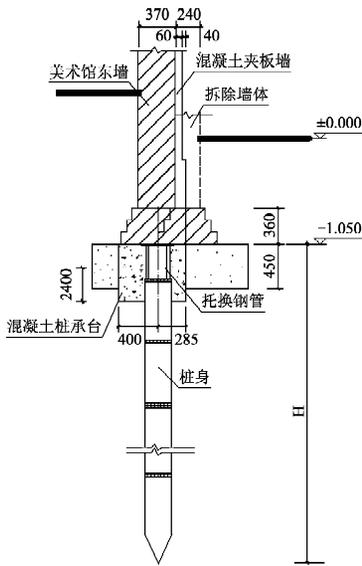


图3 预压托换桩做法示意图

3.2 土钉墙设计

根据本基坑工程现场实际情况,考虑基坑与美术馆隔墙基础及美术展览馆地下室的位置关系和其它相关设施布置情况,基坑西侧坑壁自南向北,分为AB(5 m)、BC(24 m)、CD(11 m)3个区段布置土钉,区段划分见图1。除AB(5 m)区段外,BC(24 m)和CD(11 m)区段坑壁后2.5 m处为美术展览馆地下室外墙,且BC区段走道下布设有水沟,CD区段布设有地下通道,工程条件比较复杂。

根据《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012中有规定进行土钉墙设计。初步确定土钉均采用1B18钢筋,土钉与水平面夹角取15°,水平间距1.5 m,竖向间距1.1~1.5 m,钻孔直径150 mm,采用高压注浆(注浆材料为1:1水泥浆),部分区段

设置预应力锚杆(锚杆体为2B18钢筋)。喷射混凝土面层厚100 mm,强度等级C20(细石混凝土),内置A8@200(双向)钢筋网片。各区段土钉布置如下:AB、BC区段设置5排土钉,1排锚杆;CD区段设置4排土钉,1排锚杆。基坑剖面见图4—图6。

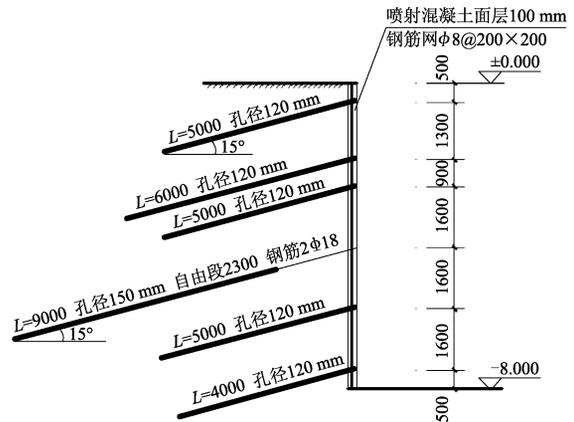


图4 AB区段支护施工图(单位:mm)

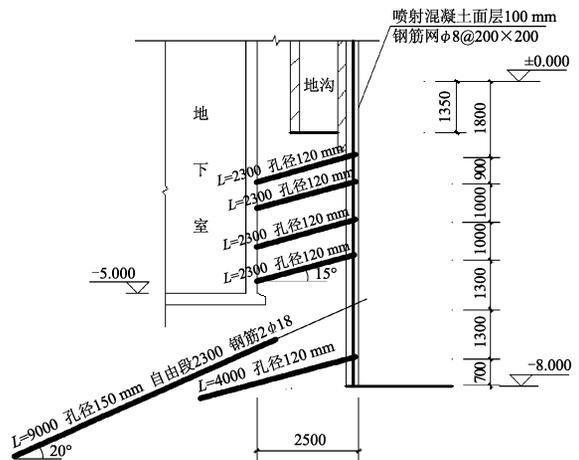


图5 BC区段支护施工图

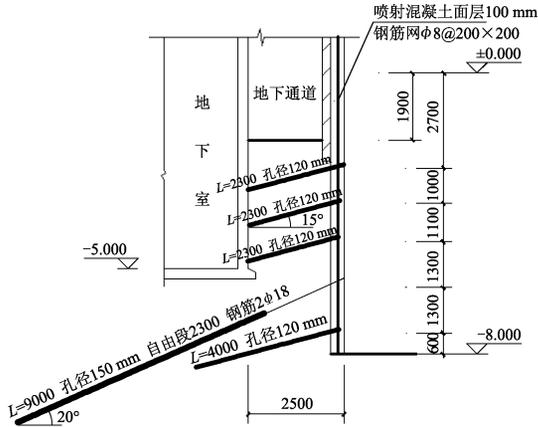


图6 CD区段支护施工图

3.3 基坑坑壁监测方案

基坑支护施工过程应对该基坑西侧基坑顶位移进行监测^[6]。本工程共设置12个监测点及2个基准点。基准点及监测点的平面布置见图1。监测过程中,根据变形测量的规定,当基坑顶侧移量达到32 mm(0.004h)或测点的侧移速率达到5~10 mm/d时应停止开挖,认为变形达到监测警戒值。

表3 单桩承载力试验结果

桩号	桩尖入土深度 /m	试验终止压力 /kN	比例界限承载力 P_s /kN	$s=7$ mm 对应压力 $P_{0.007}$ /kN	单桩承载力试验值 /kN
1#	17.24	300	220	210	210
14#	17.40	320	260	245	245
27#	17.45	300	240	205	205

4.3 基坑开挖及土钉墙施工

基坑开挖分段分层进行,土钉墙施工随基坑开挖进行,随挖随支。基坑开挖过程,开挖深度根据现场实际情况确定(不超过2 m),随挖随支。基坑宽度方向靠近西侧1.0 m范围内土体采用人工开挖,其余采用机械开挖。施工过程应尽量减少开挖对上部既有建筑的影响,且应注意防排水,避免基坑土体浸水。土钉和锚杆采用洛阳铲和钻机成孔方式,遇土体内碎砖碎瓦采用人工方法捣碎后继续打孔,遇灰土时采用钻机机械打孔。注浆采用机械注浆,(注浆材料为

4 基坑支护施工

基坑支护施工过程主要包括预压托换桩施工和土钉墙施工两个过程。

4.1 预压托换桩施工

预压托换桩施工主要包括操作坑(导洞)开挖、压桩、桩式托换、承台浇筑和操作坑回填几个步骤^[7]。压桩过程中,最小压桩终止压力 $P_{压} = 301$ kN < 300 kN (设计压桩终止压力 $P_{压} = 300$ kN)。实际桩尖入土深度为15.72~18.94 m,平均桩尖入土深度17.11 m。终止压桩力和桩尖入土深度均满足设计要求。每根桩压到预定压力后,在预加压力下进行托换,托换压力不小于最终压桩力 $P_{压}$,也不宜大于 $1.05P_{压}$ 。

4.2 单桩承载力试验

为保证预压托换桩单桩承载力满足设计要求,按规范要求进行预压托换桩单桩承载力试验。本工程将1#、14#、27#三根桩作为试桩进行单桩承载力试验,试验结果见表3。从试验结果看,单桩承载力均满足设计要求。

1:1水泥浆)注浆压力控制在0.1~0.4 MPa,并在孔口采取堵塞措施,保证孔内注浆饱满。每层土钉及锚杆注浆完成后及时钢筋网喷射混凝土。喷射混凝土3天后,在锚杆外端安装槽钢(本工程用槽钢作腰梁),对锚杆施加预应力。

4.4 基坑侧壁位移监测

基坑开挖过程中,按照监测方案对基坑顶位移进行了监测,实际监测过程中由于施工影响,标高-4.8m处8号和11号2个监测点损坏,实际监测点共10个。各监测点累计位移量和侧移速率见表4。

表4 监测点累计位移和位移速率表

监测点号	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12
累计位移/mm	7.9	10.8	12.1	12.8	13.1	9.6	4.1	6.5	5.9	4.3
位移速率/(mm·d ⁻¹)	0.125	0.171	0.192	0.203	0.208	0.152	0.207	0.273	0.245	0.210

从表4可以得到,各监测点累计位移量为4.1~13.1 mm,侧移速率为0.125~0.273 mm/d。当基坑侧壁安全等级为二级时,基坑壁最大水平变形限值为

0.004h^[8],本工程基坑顶水平位移限值为32 mm,侧移速率限值5~10 mm/d。监测结果均在警戒值范围内。

(下转第50页)

5) 支护结构可作为地下室外墙侧模, 采用无操作面施工, 降低地下室墙体厚度(支护结构已分担大部分土压力), 并加快地下室施工进度。

6 工程应用实例

陕西瀛湖大厦基坑支护工程是采用双向支座法的第一个项目, 该工程位于西安市未央区龙首北路十字, 基坑开挖深度 13.47 m, 周边距市政道路及相邻建筑物较近, 基坑南侧距 3 层砖混民房仅 1.2 m。采用一桩一锚支护型式, 桩径 0.8 m, 间距 1.5 m, 双向支座锁锚, 已于 2014 年 4 月完成施工。根据已完工 8 个月来的变形观测资料, 支护结构的水平位移变形最大为 13 mm, 小于原估计的变形值, 支护结构及临边建筑安全。

7 结论

综合陕西地区已完成的十余项采用双向支座锁锚的基坑支护工程, 有以下特点:

1) 降低基坑支护工程综合造价约 10 % (含土方

开挖及回填等); 支护工程钢材用量节约 17 % 左右。

2) 施工快捷、便利。

3) 支护结构受力均匀、变形易控制。

4) 由于无腰梁凸出, 本工法可以直接为无肥槽施工提供支持, 为主体地下室施工创造有利条件, 同时有利于施工场地的布置。

双向支座作为新技术、新工艺, 目前正在进行大量的观测以及相关理论和实验分析, 使其臻于完善。

参考文献

- [1] 中国知识产权局. 实用新型专利证书. 注册专利号: ZL 2013 2 0526248. 2.
- [2] 相关工程信息及现场图片详见 <http://www.tryt.com.cn>
- [3] 王宪章, 姜晓光, 李伟. 无腰梁预应力锚索护壁桩锚固新技术. 岩土工程学报, 2010, 32(S1): 321-323.

收稿日期: 2014-06-25

(上接第 41 页)

5 预压托换桩与土钉联合支护工程应用成果

本基坑支护工程经过 2 个多月顺利完成, 图 7 为基坑开挖完成后现场情况。施工期间受雨天影响工期较多, 由于采取了相关措施, 施工过程中未发生任何安全事故, 且西侧美术馆展览馆正常运营。目前该工程已完工并投入使用一年多, 西侧美术馆建筑物依旧完好无损。本工程实例表明了预压托换桩与土钉联合支护达到了预期保证即有建筑安全和基坑稳定的效果, 是一种有效的加固支护方法。

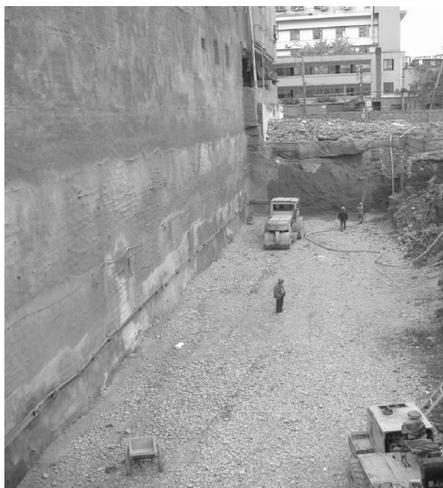


图 7 基坑支护施工完成后现场情况

参考文献

- [1] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 赵来顺, 雷珂娜. 某电厂 1# 冷却塔不均匀沉降成因分析及处理方案研究[J]. 结构工程师, 2013, 29(3): 150-154.
- [3] 陈家琪, 褚既武. 浅谈超前托换对深基坑周边建筑物的保护[J]. 有色金属矿产与勘察, 1998, 7(3): 187-189.
- [4] 姜灏. 预压托换桩的压桩机理与压桩研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2006.
- [5] 胡玉定. 黄土地区既有建筑物基础托换技术研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2009.
- [6] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [7] 雷珂娜. 紧贴既有建筑物的基坑工程支护方法和作用机理研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2013.
- [8] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

收稿日期: 2014-08-05