

双排桩支护运用于淤泥质软土基坑的实践研究

易 星, 何成燕

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 611072)

摘要:昆明地区地下土层多为古滇池沉积而成,地下多存在较厚的淤泥质土。该地区常用的基坑支护形式为桩锚结构,在昆明二环东路的昙华山水园项目,创新性地在该地区使用了双排桩支护结构,取得了良好效果。结合该工程分析了双排桩的支护特点、计算模型及施工效果,总结了施工技术经验,并提出了淤泥质软土地层采用双排桩进行支护的改进建议。

关键词:淤泥质土;软土地层;基坑支护;双排桩支护

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)02-0079-03

Practice Research on Application of Double-row Piles Used in Foundation Pit Retaining in Silt Soft Soil/YI Xing, HE Cheng-yan (Sinohydro Bureau 10 Co. Ltd., Chengdu Sichuan 611072, China)

Abstract: The soil layer in Kunming is mostly formed by the deposition of ancient Dianchi, thick silt soil exists in the underground. The pile anchor structure is commonly used for foundation pit retaining in this area. The innovative application of double-row piles retaining was carried out in a project with good effects. According to this project construction, the paper analyzes the retaining characteristics, calculation model and construction effect, summarizes the technical experience and puts forward the improvement suggestions to double-row piles retaining in silt soft soil layer.

Key words: silty soil; soft soil layer; foundation pit retaining; double-row piles retaining

0 引言

近年来,随着高层建筑和各类地下工程的大量兴建,基坑围护结构日益增多。而工程的开挖深度日渐加深,周边环境日趋复杂,这无疑都会给基坑工程带来严峻的考验。在软土地区进行深基坑支护工程设计与施工时,为保证邻近建筑物安全,控制位移十分重要,常用的支护结构有单(多)点锚拉支护、单(多)点内支撑板桩及地下连续墙等。但有时由于政策和场地条件限制,不允许使用锚杆,或基坑宽度过大,或成本太高,以上方法往往存在不足或不被允许使用。

双排桩支护结构是指在地基土中设置 2 排平行桩,前后 2 排桩桩体呈矩形或梅花形布置,在 2 排桩桩顶用刚性冠梁连接,沿基坑平行方向,形成门式空间结构。这种结构具有较大的侧向刚度,可以有效地限制基坑变形。双排桩支护结构具有以下优点:

(1) 双排桩支护结构因由刚性冠梁与前后排桩组成一个空间超静定结构,整体刚度很大,加上前后排桩形成与侧压力反向作用的力偶的原因,使双排

桩支护结构的位移会明显减小,同时桩身内力也有所下降,可以用较小的桩径代替单排桩中较大直径的桩,降低成本。

(2) 双排桩支护结构为超静定结构,在复杂多变的外荷载作用下能自动调节结构本身的内力,使之适应复杂而又往往难以预料的荷载条件。

(3) 双排桩支护结构与锚拉结构相比,无需太多的场地,对环境要求低,在不具备锚杆施工条件的密集建筑区更有优势。

(4) 在同样采用锚杆(或支撑)的情况下,锚杆(支撑)双排桩比锚杆(支撑)单排桩要经济的多,因为前者支护深度更大,所用支护桩的直径更小,研究表明,在一定范围内用双排桩替代悬臂式单桩,可减少 30% 以上的材料。

笔者通过双排桩支护在昆明软土地区的基坑工程的使用,总结成功经验,同时结合工程实践对双排桩设计及施工的若干问题进行探讨。

收稿日期:2014-06-03; 修回日期:2015-01-15

作者简介:易星,男,汉族,1985 年生,工程师,从事水利水电、城市建设地基与基础工程施工与技术管理工作,四川省成都市都江堰市蒲阳路 164 号,117226815@qq.com;何成燕,女,汉族,1983 年生,工程师,从事水利水电、城市建设地基与基础工程施工与技术管理工作,80911926@qq.com。

1 工程概况

1.1 基坑概况

中国水电建设集团房地产(昆明)开发有限公司县华山水园项目,位于昆明市二环路东侧,景泰路与人民东路之间,东侧紧临金汁河及县华寺公园,本工程±0.0 相对的绝对标高 1898.8 m,基坑面积 23390.9 m²,基坑尺寸大致为 275 m × 100 m 的矩形,基坑开挖标高:整体地下室为 1887.7 m,含有桩基承台的为 1886.7 m。基坑普遍开挖深度 11.1 m。

1.2 场地及环境概况

(1) 基坑西侧紧邻二环东路高架桥(宽约 30 m),距基坑范围线约 30.0 m,为二环东路主干道,该段中部有 2 根高压电杆,距离基坑范围线分别约 14、16 m。二环东路西侧为新迎小区,小区内为较密集的 4~7 层砖混结构建筑。

(2) 基坑南侧紧邻通往县华寺的道路,道路宽约 20 m(包括绿化带),混凝土路面。东南侧为 2 栋 6 层砖混结构建筑。

(3) 基坑东侧紧邻金汁河,与金苑住宅小区、沐东村隔河相望,金汁河距基坑范围线约 18.0~30.0 m,河宽约 4.0 m,河床深 3.0 m,为人工浆砌石河堤;金汁河东侧紧邻金苑住宅小区、沐东村,小区及村内为较密集的 2~7 层砖混结构建筑。

(4) 基坑西侧、北侧的二环东路、景泰路人行道下分布有煤气管及市政给、排水管道等,场地南侧道路人行道路下可能有少量管线分布。

可以看出,本基坑周边环境条件较复杂,对基坑支护施工要求较高,影响较大。

1.3 地层情况

根据现场工程地质调查及钻探揭露,场区表层分布第四系人工堆积层(Q^{ml}),其下分布第四系冲洪积层(Q^{al+pl}),岩性为粉质粘土;中、下部分布第四系湖积层(Q^l),岩性为粘土、粉质粘土、泥炭质土、有机质土、粉土、粉砂、含粘性土砾砂、砾砂、含粉土圆砾等。各层土的抗剪强度指标见表 1。

表 1 基坑开挖深度范围内各层土的抗剪强度指标

层号	土层名称	天然重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	抗剪强度指标(标准值)								土体与锚固体极限摩阻力标准值 $q_{\text{sik}}/\text{kPa}$
			直剪快剪		固结快剪		不固结不排水三轴剪		综合建议值		
			内摩擦角 $\varphi_q/(\text{°})$	粘聚力 c_q/kPa	内摩擦角 $\varphi_q/(\text{°})$	粘聚力 c_q/kPa	内摩擦角 $\varphi_{\text{un}}/(\text{°})$	粘聚力 c_{un}/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	粘聚力 c/kPa	
① ₁	素填土	19.2		10.9	48.9	3.9	37.8	7.5	25.0	18.0	
②	粉质粘土	19.6	5.5	33.0	10.5	50.4	4.0	35.2	8.5	42.0	45.0
③	泥炭质土	13.7	4.9	23.5	8.5	25.2	1.3	6.4	3.0	15.0	8.0
③ ₁	粉土	20.2	11.1	35.7	10.0	51.3	2.9	24.2	8.0	25.0	55.0
③ ₂	粉质粘土	18.2	3.6	16.8	8.7	32.8	2.5	14.5	6.0	22.0	45.0
④	粘土	18.0	4.4	26.2	9.1	36.1	3.2	22.8	7.0	25.0	35.0
④ ₁	有机质土	14.7	5.3	21.6	13.6	33.4	1.2	25.7	4.5	15.0	15.0
④ ₂	粉土	20.3	7.0	8.8	14.5	51.5	4.9	19.4	10.0	25.0	58.0
⑤	粉质粘土	19.0	5.9	36.6	8.8	31.3	3.4	28.6	8.0	30.0	50.0
⑤ ₃	含粘性土砾砂	20.8							14.0	18.0	190.0

2 双排桩基坑支护设计

由于基坑周边紧邻河道,锚索施工范围存在大量地下管线,建设方工期要求紧,没有足够的时间进行锚索张拉,所以优先选用双排桩支护方案。经计算确定双排桩桩径为 600 mm,前排桩距 1.1 m,局部 1.4 m,后排桩为间隔跳桩布置,桩径 600 mm,排距 2.4 m,嵌固比为 1: 1.3~1: 1.6 不等,2 排桩均设 800 mm × 600 mm 贯通冠梁,前后排桩之间设 800 mm × 600 mm 拉梁,基坑西侧冠梁顶较场地地坪低 2.0~2.5 m,基坑东侧在场地地坪进行施工。前后

排桩之间打设单排水泥土搅拌桩止水帷幕。由于建设方的成本考虑,桩间未做锚喷封闭。

3 双排桩施工技术

由于淤泥质土地层和支护结构的特殊性,在本工程施工过程中,遇到了许多问题,主要有以下 2 点。

3.1 水泥土搅拌桩止水帷幕早期强度低、凝结时间长

本工程地层广泛分布泥炭质土(层厚 2~8 m),泥炭质土有机质的结构特征使土壤具有较大的水容

量和塑性,较大的膨胀性和低渗透性,并使土壤具有酸性,这些因素阻碍了水泥土的加固作用,导致水泥加固土的效果差,水泥土的强度一般较低,凝结时间长。

通过将掺入的水泥标号由原来的 P. O 32.5 提高到 P. O 42.5、掺入量由原来的 15%~20% 提高到 25%,加入硫酸钠 2%、氯化钠 0.5%、三乙醇胺 0.05%,添加粉煤灰,搅拌方式由原来的两喷四搅变更为三喷六搅等,提高水泥土的早期强度和最终性能参数。

3.2 双排桩之间的节点钢筋设置多,施工要求高

由于双排桩的结构特点,冠梁、拉梁与桩体之间必须形成刚性连接,组成门式结构,前后排桩才能良好地协同工作,发挥支护效果。如果梁与桩体之间连接不良,在连接点形成铰接结构,将大大降低双排桩的支护效果。

在施工过程中,项目部重点管控支护桩与冠梁,冠梁与连梁连接部位的钢筋锚入长度、焊接质量,混凝土浇筑面的凿毛处理、浇筑质量等,使双排桩支护节点部位达到了良好的工作性能。

4 支护效果

工程自支护桩开始施工到完成止水帷幕施工,共历时 3 个月。支护结构全部施工完毕后待深层搅拌止水帷幕水泥土产生强度后开始基坑开挖。开挖 2 个月后,春节临近,基坑深度已开挖一半。节后回到施工现场发现基坑长边中部冠梁后已经产生裂缝,宽度最大达 8 mm。后经分析,认为基坑安全,继续进行开挖至设计底标高。在开挖过程中,发现坑顶变形进一步扩大,最大部位达到报警值,同时沉降现象明显,支护系统后较远地点产生轻微裂缝。前排桩间土由于无锚喷护壁,土中水分大量流失,出现开裂垮塌现象。

项目部经分析并听取专家意见,认为基坑当时处于基本安全状态,采用地表封闭,做好预案等措施,加强施工监测,尽快施工完底板。经过几天时间的抢工,底板施工完毕后,变形速率减小,基本稳定。经过后期对地表的处理,并在地下室施工至地平面后尽快回填长边中段后,基坑变形停止。在经历了昆明地区的 2 个雨旱季节交替后,基坑仍能安全工作,取得了良好效果。

双排桩支护效果分析如下。

(1) 双排桩支护系统为门式支护结构,从根本上说是一种大型超静定悬臂结构,属于被动支护形式,需要先受力,后工作。和锚拉结构及内支撑结构相比,变形较大。结合本工程,可以认为,在春节前的裂缝是支护结构工作的标志。

(2) 本工程地层广泛分布泥炭质土,天然重度 13.7 kN/m^3 ,侵蚀性 CO_2 含量为 $4.40 \sim 26.40 \text{ mg/L}$,pH 值为 $6.08 \sim 6.53$ 。泥炭质土层天然含水量高,质轻,孔隙比大,压缩性高,有机质含量高,含较多腐殖质,pH 值呈酸性,工程性质非常差。经过长时间暴露于空气中,土层失水,造成土体干缩、开裂,并伴有局部垮塌。加之由于有机质含量较高,pH 值呈酸性,深层搅拌桩加固土体作用不如一般地层好,不能将前排桩间土体全部加固,所以在开挖过程中前排桩出现脱空现象,桩土相互作用机制被破坏,双排桩不能很好工作。笔者认为这是造成开挖后期坑顶变形总量、速率较大的原因。

(3) 设计时,由于各方面原因,将桩间挂网喷砼取消,使桩间土暴露于空气中也是变形过大的重要原因之一。

5 经验总结及建议

昆明地区的淤泥质土是较难处理的一种地层,就全国而言,也是相当困难的。频频出现的基坑事故也说明了这点。昙华山水园基坑工程运用双排桩结构进行基坑支护在昆明是创新性的突破,虽然目前双排桩在施工领域运用已经很普遍,但通过此工程,我们仍然总结出软土地层运用双排桩结构支护的一点经验和建议。

(1) 作为悬臂支护结构,双排桩结构运用于软土地区基坑支护是可行的。但是应在基坑长边中段设置部分锚拉结构,可以减小基坑长边效应,降低基坑变形。有条件的地方,可以采用多种锚拉形式,将双排桩支护结构改变成为半主动半被动的支护形式。这样可以大幅降低基坑变形总量,达到良好效果。

(2) 前后排桩之间的土体在门式结构支护基坑时起到传递荷载的作用,使前后支护桩能联合作用,在软土地区由于土层天然含水量高,质轻,孔隙比大,压缩性高,有机质含量高,含较多腐殖质。在设计与施工过程中,结合多位学者研究,建议将排距

(下转第 84 页)