

双排管桩在软土深基坑支护工程中的应用

汪新平, 张俊, 杨志银, 张兴杰

(中冶集团建筑研究总院深圳分院, 深圳 518054)

摘要:就双排预应力管桩在软土深基坑支护工程中应用的某些问题进行了探讨,介绍了具体的工程应用实例,可供类似工程参考。

关键词:双排管桩; 软土; 基坑支护

作者简介:汪新平(1976—),男,硕士,主要从事岩土工程设计、施工工作。

0 前言

软土具有高含水量、高灵敏度、高压缩性、低密度、低强度、低渗透性等特性,其流变性显著。在这种土层中进行深基坑施工具有很大的风险性,如基坑设计施工不当,易造成过大的围护体侧向位移、周围地表沉陷及坑底隆起,进而影响基坑的稳定及其邻近设施的安全和正常使用,所以应引起足够的重视。

近年来预应力管桩在基础工程中得到了广泛的应用。由于管桩桩身混凝土强度高,再加上使用了高强度、低松弛的预应力钢筋使桩身具有较高的有效应力(5~8 MPa),因此管桩具有较大的抗弯及抗拉能力。相对于灌注桩而言,管桩施工具有进度快、污染少、质量好控制、单桩造价低的特点,如能将其应用到基坑支护工程中则具有较强的竞争性。

双排桩是一种新型的基坑支护结构,它是由两排平行的钢筋混凝土桩、桩顶冠梁形成的空间门架式支护结构体系。双排护坡桩的前桩与后桩之间用刚性节点和刚性横梁联成的一个整体单元,是三次超静定结构。它利用超静定刚架结构随支撑条件及荷载条件的变化而自动调整结构内力的特性,解决基坑支护问题,具有适应性强、安全度高、施工方便等多种优点。

1 双排管桩支护的几个问题

1.1 管桩的抗弯承载力

预应力管桩的桩身混凝土强度较高,作为基

坑支护结构主要承受土压力,在水平向的荷载作用下桩身挠曲从而发挥其抗弯性能。管桩的弯矩设计值可按周边均匀配筋的环形截面抗弯承载力计算。具体计算方法见《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)。

需要指出的是由于管桩的接头抗弯刚度差,管桩接头处属于支护结构抗弯的薄弱环节,因此在基坑支护工程中通常使用单节桩。由于预应力管桩具有良好的桩身质量,且桩身采用单节桩,支护桩设计安全性更可靠。基坑支护工程作为临时结构,在安全的前提下还要考虑到经济性,在结构内力乘以必要的安全系数后,可将极限弯矩作为弯矩设计值使用。

1.2 管桩的间距

双排支护管桩间距的选取主要考虑以下两个问题:①能发挥双排桩的优势;②尽可能减少成桩的挤土效应对周边环境的不良影响。

合理选择前后桩排距是双排管桩支护的最关键的问题之一,它直接关系到双排桩与桩间土共同作用的效果。当双排桩排距过小时,双排桩支护结构类似于单排桩特性;而当排距过大时,后排桩对前排桩类似于拉锚桩的特性,这两种情况下均无法使双排桩及其桩间土有效地发挥共同作用。一般而言,为了达到安全和经济的目的,双排桩排距可设计为4~6倍的桩直径,不宜过大或过小。如受施工场地的限制,桩距可适当减少,但最小不宜小于3倍的桩直径。

预应力管桩在软土中成桩时挤土效应非常明显,桩的压入对桩周土产生强烈的挤压、剪切扰动。管桩作为支护桩时为密排线状排列,压桩时

土体以向基坑内外两侧位移为主,在桩轴线内外1~2倍桩径左右范围内土体强烈扰动,随着距离增加土体扰动逐渐减少。因此,软土基坑支护桩施工时对邻近工程桩和外侧地下管线的保护、支护与其最小间距一般不宜小于 $3d$ (d 为管桩直径)。由于支护桩一般采用单节桩,入土深度较小,土体以侧向挤压为主,施工时若不使用桩尖,可大大减小挤土效应。

1.3 管桩长度

在很多双排桩支护设计中,前后排桩的长度是相等的。但也有人认为前后排桩的长度可以取不同值,以节省工程投资。根据张兴杰等对双排护坡桩的计算分析结果,在支护深度不变的条件下,适当的减少后排桩的长度,前后排桩的最大桩身弯矩值将变大,前排桩的最大弯矩出现方向发生变化,最大弯矩将出现在靠基坑侧,即此时前后排桩均受到一个反向弯矩的作用,减小了支护结构向基坑侧的位移。在前排桩长度减小后,将造成支护结构水平位移的显著的增加。

因此在双排管桩支护的设计中,在满足支护结构的整体稳定性验算要求的前提下,后排桩的长度可以适当减小,但不宜减小前排桩的长度,以免支护结构位移过大造成支护失败。

1.4 桩顶冠梁

双排护坡桩桩顶冠梁和联系梁是保证双排护坡桩整体刚度和控制侧向位移的重要结构,在设计 and 施工中必须给予高度的重视。在实际施工过程中,桩顶冠梁与连梁是一起现浇成型的,连梁与桩顶的连接实际上是连梁、冠梁组成的整体框架与桩顶的连接。因此可假定冠梁与桩顶的连接为刚性连接,可以传递弯矩作用。

在双排桩支护结构的设计中,为了使冠梁及前后排桩的力学性能得到合理的发挥,要特别注意冠梁与前后排桩的刚度匹配问题。连梁刚度过大,对支护结构的受力变形性状得到明显的改善有限;而在冠梁刚度偏小时,会造成支护结构水平位移偏大,且前后排桩弯矩差值过大,影响基坑支护结构的安全和使用。

1.5 双排管桩与其他支护形式的结合

软土基坑双排管桩支护结构中,一般在前后排桩中间设置相互搭接的深层搅拌桩作为止水帷幕,并可起到防止管桩间淤泥坍塌的作用。单头搅拌桩直径通常为500~600 mm,搅拌桩间距400~

450 mm。当淤泥较厚或砂层透水性较强时,可采用两排或三排搅拌桩。搅拌桩一般要求伸入基坑底部2~3 m,并需要穿过强透水层或淤泥进入到好土层1~2 m。

在基坑较深或土质较差的情况下,如双排管桩采用悬臂结构,桩顶位移通常较大,且悬臂结构所承受的弯矩也较大,往往会超过管桩的抗弯能力。因此有必要采取设置支撑或锚索的措施控制支护结构的变形,减少管桩所承受的弯矩,以保证支护结构及基坑周边环境安全。

1.6 双排管桩支护的局限性

由于管桩作为支护桩使用只能使用单节桩(长度为10~15 m),如基坑较深或坑底淤泥较厚时,管桩的嵌固深度无法保证,使用管桩支护时应慎重。

双排管桩支护结构较宽,一般为2.5~4 m,对基坑周边施工空间要求较高。如施工场地狭小或管桩成桩时对基坑周边管线或建筑物产生损害,则双排管桩支护不宜使用。

2 工程实例

2.1 工程概况

场地位于深圳市宝安区中心区N2地块,新湖路与罗田路交汇处,宝安体育馆西侧,设二层地下室,基坑开挖深度8.6 m,基坑周长约600 m,具体见图1基坑支护平面图。场地东南及西南侧均为主要道路,且邻用地红线分布有电力缆线、通讯光缆、给水管,对基坑支护结构的变形有较严格的限制。

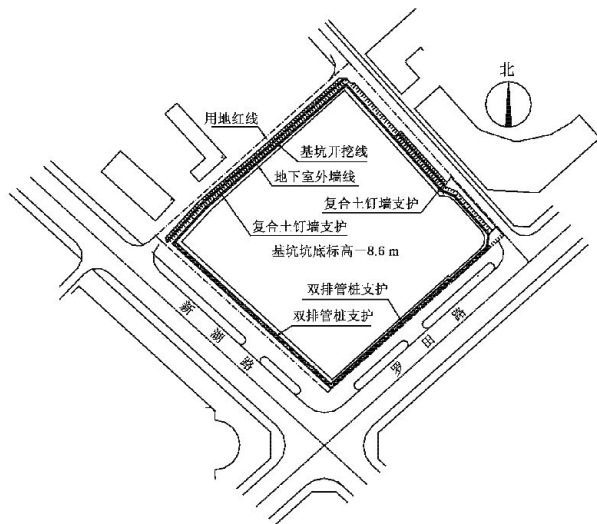


图1 基坑支护平面图

2.2 工程地质和水文地质条件

场地内分布的地层有：人工填土层、淤泥层、第四系冲洪积层、第四系残积层及下伏基岩为燕山期花岗岩，各土层物理力学性质见表 1。

表 1 地基土的物理力学指标

土层名称	厚度 (m)	重度 (kN/m ³)	摩擦角 (°)	黏聚力 (kPa)
人工填土	5.1	17.5	8	10
淤泥层	3.2	16.5	5	8
第四系冲洪积层	3.5	18.5	15	20
第四系残积层	2.6	19.0	20	25

场地内地下水主要赋存于第四系砾砂、圆砾层中，属第四系孔隙水，含水透水性强。稳定水位埋深为 1.0 m。

2.3 支护方案

本基坑支护工程具有如下特点：

(1) 软弱土层较厚。在基坑开挖深度内分布淤泥平均层厚 3.2 m，最大厚度达到 5.6 m，饱和、流塑，是支护要重点考虑的地层。

(2) 场地地下水丰富，周边土层对沉降影响敏感。场地内地下水主要赋存于第四系砾砂、圆砾层中，属第四系孔隙水，含水透水性强。

(3) 场地东南及西南侧均为主要道路，且邻近用地红线分布有电力缆线、通讯光缆、给水管，安全性要求高。

根据拟建工程性质、场地工程地质条件、基坑周边环境条件的实际情况，经过多个方案从技术、安全、经济、工期等多方面比较，确定在基坑东南及西南侧采用放坡加双排管桩加预应力锚索支护，双排搅拌桩止水帷幕设在双排桩中间（见图 2 双排管桩支护剖面图）。

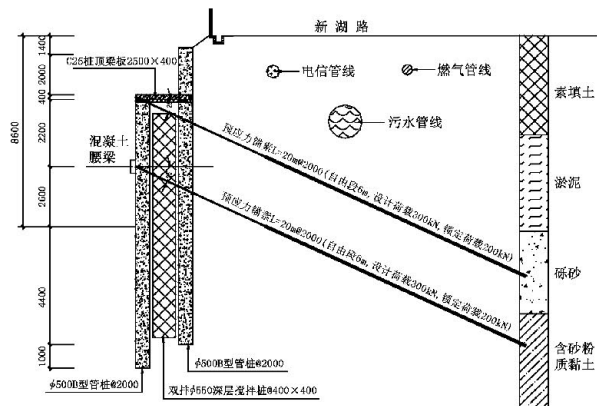


图 2 双排管桩支护剖面图

本基坑双排桩支护方案的主要设计参数如下： $\phi 500B$ 型管桩水平间距及前后排桩距为 2.0 m，前排管桩嵌固深度为 5.4 m，后排管桩嵌固深度为 4.4 m，桩顶冠梁采用 2 500 mm \times 400 mm 钢筋混凝土板，设置两道锚索，前后排桩之间设置两排 $\phi 550@400\text{mm}\times 400\text{mm}$ 搅拌桩作为止水帷幕并防止桩间淤泥脱落。

2.4 施工和监测情况

该基坑于 2005 年 8 月—2005 年 11 月完成基坑开挖和支护工作。从基坑开挖至地下室会填期间进行了较全面的监测，包括基坑周边水平位移，基坑周边建筑物、道路的沉降观测等。

监测结果表明，采用双排管桩作支护结构体系取得了较好的效果。支护结构桩顶水平位移最大 28 mm，平均 22 mm；周边道路沉降最大为 24 mm，平均 19 mm，满足基坑及周边环境的安全和使用要求。

2.5 经济性分析

场地东南及西南侧采用双排管桩支护，造价约 380 万元，如采用灌注桩加预应力锚索支护，造价约 500 万元，采用双排管桩支护可节省工程造价约 30%。此外，管桩施工速度快，工期短，不产生泥浆等污染，具有良好的社会效益。

3 结 论

在软土基坑深度不深（一般不大于 10 m）、基坑周边施工空间允许等特定条件下，双排管桩支护与常用的灌注桩等支护形式相比具有独特的优越性。双排管桩不仅适用于深基坑支护，还可用于码头、堤坝、桥梁、山体滑坡的边坡支护，具有较广泛的实用前景。但目前双排管桩工程实例较少，其作用机理及计算模式等理论分析缺乏系统的研究，在今后的工程实践中还需进一步探索。

参 考 文 献

[1] Bromhead E.N. Stability of slopes, surrey[M]. New York: University Press, 1986.
 [2] 黄广龙,李勇,等. 预应力管桩在深基坑支护工程中的应用研究[J]. 建筑施工,2005,25(7).
 [3] 张兴杰. 基坑支护中双排桩结构的受力性状研究[D]. 深圳:中冶集团建筑研究总院,2008.
 [4] 汪新平,张俊,杨志银. 双排护坡桩的应用[J]. 工业建筑,2006,36(增刊).