

珠海某软土地 PRC 管桩基坑支护设计

●王骏骐



[摘要] PRC 管桩为近年来出现的新型管桩,相比于传统的灌注桩支护结构,其应用范围尚小。相比于 PHC 管桩,其具有抗弯、抗剪强度高、延性好的优点;相比于灌注桩,其具有造价低、施工快的优点。在目前工程项目越来越追求经济性的背景下,PRC 管桩作为基坑支护桩使用具有重要意义。本文对珠海某软土地 PRC 管桩基坑支护设计进行了介绍与总结,以期能为类似工程设计提供一定参考价值。

[关键词] PRC 管桩;软土地;基坑设计

基坑施工是工程项目的重点与难点所在,其造价可能达到整个工程造价的 30%~40%。基坑施工或使用过程中一旦出现问题,将会造成严重的经济损失。此外,基坑方案的选择对工程投资有着重要影响。因此,选择合理的基坑设计方案对于保障工程的经济性至关重要。特别是在当前经济环境下,建设和审计单位对于成本控制极为重视。对于深基坑,灌注桩排桩为传统常用桩型,其具有支护刚度大、场地地质条件适应性强的优点,可称为万能桩。但同时也具有造价高、施工周期长、桩身质量受施工水平影响较大的缺点。而成本较低的 PHC 桩,由于其延性较差、抗弯抗剪承载力较低,一旦出现裂缝容易造成脆性破坏的特性,较少应用于对抗弯、抗剪承载力以及变形能力要求较高的基坑支护工程。PRC 桩全称为混合配筋预应力混凝土管桩,在传统 PHC 桩的基础上,增加配置了非预应力钢筋,起到了增强管桩延性、抗裂能力和极限承载力的作用。在破坏性试验中,PRC 管桩展现出典型的弹塑性构件破坏形态,开裂弯矩实测值 1.2~1.5 倍于规范公式理论值,极限弯矩与规范公式理论值接近,可满足工程施工计算要求。PRC 桩结合了灌注桩支护刚度大、抗弯抗剪剪承载力高、延性好,以及 PHC 桩造价低、施工速度快的优点,在一定环境条件下可以作为基坑支护桩使用,在保证工程安全的前提下,具有良好的经济效益。在软土地中,PRC 管桩作为基坑支护桩已经有了一些成功案例。在深厚淤泥场地,基坑开挖深度 7.8~9m,采用 0.8m 直径间距 1m 的“PRC 管桩+双道内支撑”的方案,实施效果良好,有效节约了成本,减少了工程周期。在深厚淤泥场地,基坑开挖深度 7.7~8.2m,采用“坑顶放坡+0.6m 直径的 PRC 管桩+锚索”的方案,实施效果良好,监测数据显示基坑变形与计

算结果较为相符。由于无需泥浆护壁,基坑支护桩施工过程中大量减少了水泥、泥浆污染。

Q 基坑设计

本文主要介绍并总结珠海某软土地 PRC 管桩基坑工程的设计特点,希望能为其他工程设计提供一定的参考。

(一)工程概况

本工程位于珠海市斗门区,为某水厂扩建工程,建设场地为水厂内预留空地。该基坑为送水泵房基坑,送水泵房为地下钢筋混凝土水池、地上单层钢筋混凝土框架结构的二层建筑物。平面尺寸 41×91m。建筑室外设计地坪标高 3.20m,下部水池底板面标高-0.150m~-2.40m。周边环境:南侧距离现状围墙约 11m,距离现状 DN2000 给水管道约 6m;北侧距离现状配电间约 16m;西侧距离现状道路约 10m;东侧距离现状阀门井约 18m。场地环境整体较为开阔,基坑开挖影响范围内现状建构筑物较少。根据广东省标准《建筑基坑工程技术规范》(DBJ/T 15-20-2016),本工程基坑环境等级定为二级,结构安全等级定为二级。

(二)地质条件

本场地主要地层情况如下:

素填土:浅黄、灰黄色,由弃土堆填而成,堆填时未分层压实,填料主要为黏性土,偶夹碎块石,土质不均匀,不具湿陷性,堆填年限 10 年左右,基本完成自重固结,稍密状。

填石:灰白、灰黄色,由弃土堆填而成,堆填时未分层压实,填料主要为碎块石及黏性土,碎块石含量约 50%~75%,最大块径约 25cm,土质不均匀,不具湿陷性,堆填年限 10 年左右,基本完成自重固结,稍密状。

淤泥：灰黑色、深灰黑色，含少量贝壳碎屑及粉细砂，含少量有机质，稍具腥臭味，手握滑腻，饱和，流塑。

粉质黏土：砖红、土黄色为主，由砂岩风化土残积形成，原岩结构和层理基本无法分辨，组分主要为粉细砂和黏性土，韧性及干强度中等，岩芯遇水易软化，可塑；局部揭露有碎块石。

全风化砂岩：浅黄、砖红色为主，原岩结构和层理尚可分辨，主要由粉砂和粘性土组成，手握具滑腻感，为极软岩，手拈易碎，遇水易软化，硬塑，局部揭露有碎块石；为极软岩，极破碎，岩体基本质量等级为V类。

本基坑开挖深度 5.68~6.58m，基坑开挖深度范围内主要土层为：素填土、填石、淤泥层，坑底为淤泥层。典型的勘钻孔剖面为：4~5m 的素填土或填石层→7~13m 的淤泥层→5~8m 粉质黏土层→全风化层。场地地层厚度变化较大，约 1/3 的区域存在填石，整个场地都存在深厚的淤泥层，为典型的软土地场，淤泥土性质极差。根据当地习惯，计算淤泥土采用直剪快剪强度指标，黏聚力仅为 3.5kPa，内摩擦角仅为 2.8°。

Q 基坑设计方案

本工程基坑开挖深度超过 5m，最深处接近 7m，且基坑周边存在道路、给水管线、阀门井等现状建构筑物，空间条件限制，不具备放坡开挖条件。由于锚索需穿越软土层进入较好的土层，锚索长度将达到 40m 以上，无法避开现状建构筑物桩基，因此不具备实施锚索的条件。基坑形状接近矩形，采用带支撑排桩支护较为合适。本工程场地为典型的软土地场，淤泥层较为深厚，灌注桩施工存在较大的塌孔风险，成桩质量较难控制，综合考虑成本及施工速度，选择 PRC 管桩。经济性方面，初步估算 PRC 管桩较灌注桩方案降低约 20% 成本。

根据开挖深度、建筑平面尺寸形状，本工程具体基坑方案如下：坑顶“1m 放坡+单排 PRC 管桩排桩+一道钢管支撑+水泥土搅拌桩/双重管高压旋喷桩止水帷幕”的支护形式。同时对坑底土层进行水泥土搅拌桩/双重管高压旋喷桩坑底加固，处理深度 5m，改善支护桩受力条件。由于存在上部结构，钢管支撑需在底板及底板传力带达到设计强度后拆除，支撑拆除后支护桩存在约 6m 高的悬臂状态。由于局部存在填石，无法实施水泥土搅拌桩，故本基坑根据地质条件的不同，在素填土区域采用水泥土搅拌桩，在填石区域采用高压旋喷桩实施止水帷幕及坑底加固。

根据计算结果选择 PRC800C110 管桩，间距 1.1m，该型 PRC 管桩计算时根据混凝土强度及截面模量等刚度代换为 0.78m 直径 C30 混凝土灌注桩，性能接近于 0.8m 直径的灌注桩；钢支撑为 $\Phi 609 \times 16$ 钢管，支撑最大间距约 6.2m。

基坑支护顶部水平位移限值为 45mm。由于地层厚度变化较大，支护桩长度变化也较大，从 10~24m 均有，桩底嵌固层为粉质黏土层。计算结果表明，PRC 管桩最大弯矩标准值 661kN·m，小于改型管桩的抗裂弯矩 712kN·m；最大剪力设计值 468kN，小于改型管桩的抗剪承载力设计值 536kN；桩顶最大位移 39.7mm；均满足设计要求。支护平面及典型支护剖面详见图 1、图 2。

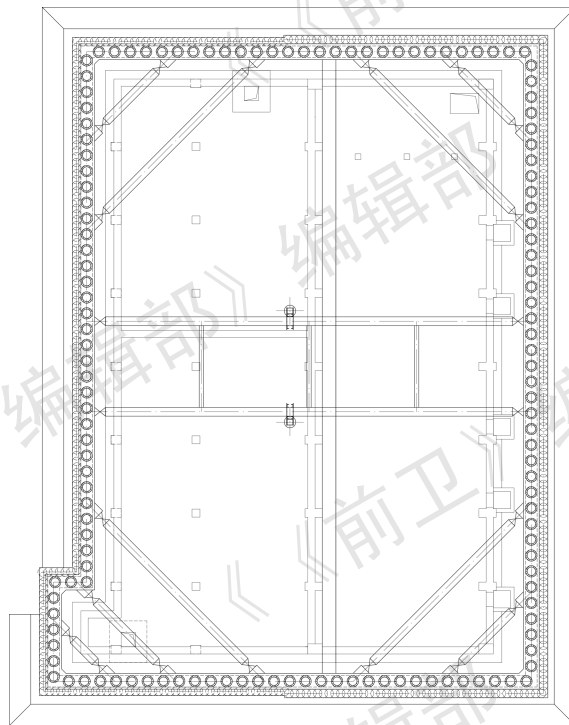


图 1 支护平面图

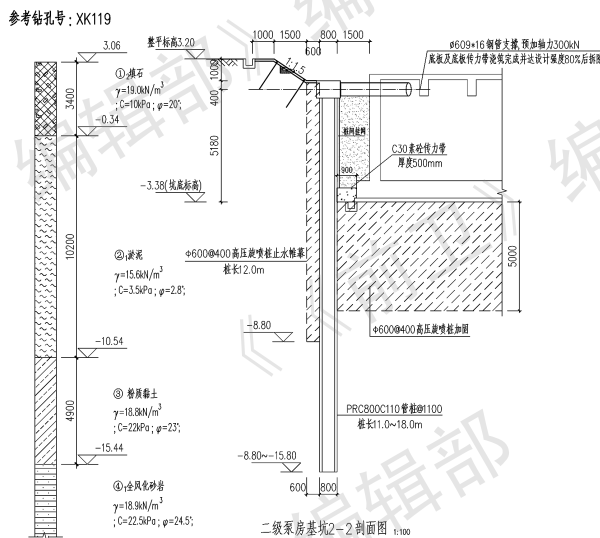


图 2 典型支护剖面

Q 设计施工注意事项

是否采用 PRC 管桩作为支护桩，应主要从成本、工

期、基坑周边环境、场地地质条件等方面考虑,其中决定性因素为地质条件和周边环境条件。如果场地中存在大面积深厚填石、卵石、大量孤石,或淤泥直接进入岩层的场地,管桩沉桩困难、桩端无法嵌固时,则不建议采用 PRC 管桩。场地周边较近距离内存在对变形敏感的重要建构筑物,也不建议采用 PRC 桩,因为 PRC 桩为挤土桩,施工过程中不可避免会对周边土体产生较大影响。在场地地质条件及环境条件允许的前提下,PRC 管桩相比较灌注桩在成本、施工周期、环境保护、桩身质量等方面更具优势。

虽然 PRC 管桩与等直径的灌注桩刚度接近,但不等于 PRC 管桩能直接替代等直径的灌注桩。灌注桩可以通过调整配筋来适应不同的抗弯、抗剪承载力要求,而 PRC 管桩为预制桩,型号有限,配筋为固定搭配,其抗弯和抗剪承载力为固定值。设计过程中应根据计算结果选择 PRC 管桩桩型,注意设计内力不超过限值。虽然基坑支护为临时结构,但 PRC 管桩为预应力构件,仍应控制其弯矩标准值不超过抗裂弯矩,弯矩设计值不超过抗弯极限承载力设计值。

单根管桩长度有限,一般为 15m,不超过 15m 的桩不应接桩。设计桩长较长时需进行接桩处理,施工过程中应格外注意接桩施工的质量。合理制定接桩方案,接桩位置不应在最大弯矩或剪力位置,且相邻桩的接头不应在同一水平位置。如何制定合理的配桩、接桩方案对于施工单位是个考验,接桩方案需经设计方认可后方可实施。

钢围檩牛腿预埋件在灌注桩施工时可以现场预埋,较为灵活,而 PRC 管桩在出厂前就应该按设计标高预埋好。此项目应该作为 PRC 管桩进场验收项目,如忽略此项,则会导致现场无法安装钢牛腿。

软土场地坑底土层较差时,往往需要进行坑底加固。图纸设计时,为避免施工单位随意施工,应明确画出水泥土搅拌桩或高压旋喷桩的桩位布置。从成本方面考虑,可采用格栅布置方式。如采用水泥土搅拌桩,搅拌桩边缘与基础桩边缘应保留一定的净距;如采用高压旋喷桩,旋喷桩钻杆与基础桩边缘应保留一定的净距,避免施工过程中损伤已施工的基础桩。

由于支护管桩排布很密集,软土场地施工时,存在较大的挤土风险,可能导致已施工的支护桩出现倾斜,浮起等情况。对于该种风险,可以采用袋装砂井或塑料排水等措施排水,并注意管桩施工顺序,采用跳打等方式施工。必要时也可以采用引孔措施。一旦出现该种情况,应立即停止施工,直至风险完全排除方可复工。

Q 结束语

本文介绍了珠海地区某软土场地基坑 PRC 管桩基坑支护设计方案,概括了 PRC 管桩的设计施工注意事项。PRC 管桩刚度与同直径灌注桩接近,但在成本、施工周期及环境保护方面有显著优势。若场地条件允许,PRC 管桩具备沉桩能力,与传统灌注桩相比,采用 PRC 管桩具有更好的综合经济效益。此外,软土场地 PRC 支护桩施工过程中,应格外关注挤土问题,并制定相应处理预案。

参考文献

- [1]杨玉贵.PRC 管桩在珠三角地区某软土基坑工程中的应用研究[D].衡阳:南华大学,2016.
- [2]杨东雄.PRC 管桩在基坑支护中的应用[J].西部资源,2022(04):149-151.
- [3]王清,匡红杰,路瞳,等.混合配筋预应力混凝土管桩(PRC 桩)受弯承载力计算[J].混凝土与水泥制品,2022(08):41-44.
- [4]毛永平,季永光.PRC 管桩在深厚淤泥地质条件下基坑工程中的应用[J].广东建材,2022,38(08):71-74.
- [5]郑宣恭.PRC 管桩及灌注桩在基坑支护中的应用分析[J].福建建材,2021(01):73-74,77.
- [6]朱进军,韩逸江,朱连勇.软土场地预应力管桩倾斜事故分析与处理[J].建筑技术,2007,38(09):658-660.

作者简介:

王骏骐(1990—),男,汉族,湖北黄冈人,硕士,工程师,上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司深圳分公司,研究方向:水池结构、基坑工程。