

竖井及排桩一体化支护技术在深基坑中的应用

倪晓荣 任培杰

中国新兴建设开发有限责任公司

DOI:10.12238/btr.v8i2.4663

[摘要] 基坑外侧紧邻竖井且深度大于基坑深度时,基坑预应力锚杆无法穿越竖井,基坑开挖后,因无锚拉支护基坑存在失稳风险。采用竖井结合排桩一体化支护技术,排桩环绕竖井周围布置,竖井紧贴排桩侧壁浇筑墙体,竖井开挖过程中,将预应力锚杆施作于竖井后侧墙体上。紧邻竖井基坑开挖后,环绕竖井排桩形成类似于双排桩结构,竖井后侧预应力锚杆作为双排桩支挡结构锚拉体系,形成竖井与排桩一体化支护,解决了紧邻竖井基坑开挖安全稳定问题。

[关键词] 紧邻竖井深基坑; 双排桩; 一体化

中图分类号: TU43 文献标识码: A

Application of integrated support technology of vertical shaft combined with pile arrangement in deep foundation pit

Xiaorong Ni Peijie Ren

China Xinxing Construction&Development General Co

[Abstract] When the outer side of the foundation pit is adjacent to the vertical shaft and the depth is greater than the depth of the foundation pit, the prestressed anchor rod of the foundation pit cannot pass through the vertical shaft. After excavation, there is a risk of instability of the foundation pit due to the lack of anchor support. Adopting the integrated support technology of wind shaft combined with pile arrangement, the pile arrangement is arranged around the circumference of the vertical shaft, and the vertical shaft is poured against the side wall of the pile arrangement. During the excavation process of the vertical shaft, prestressed anchor rods are applied to the rear wall of the vertical shaft. After the excavation of the adjacent vertical shaft foundation pit, a double row pile structure is formed around the vertical shaft by arranging piles. The prestressed anchor rod at the back of the vertical shaft serves as an anchoring system for the double row pile support structure, forming an integrated support system for the vertical shaft and the piles, solving the safety and stability problems of the adjacent vertical shaft foundation pit excavation.

[Key words] Adjacent to the deep foundation pit of the vertical shaft; Double-row piles; Integration

前言

在深基坑开挖过程中,经常存在基坑外侧存在竖井的工况,此类工况深基坑通常采用桩锚支护^[1],如果竖井先行开挖,通常根据竖井深度采取联合支护型式^[2-4],当竖井紧邻深基坑且竖井深度大于基坑深度时,受竖井结构影响,基坑如采取预应力锚杆支护,锚杆将无法穿越竖井,使得基坑开挖后,基坑支挡结构因无锚拉支护而存在较大的基坑失稳风险。

1 工程概况

某深基坑工程位于北京市西城区太平桥大街,基坑埋深约17~27.5m,基坑西侧紧邻地铁19号线太平桥站,基坑南侧计划为地铁车站建设一通风竖井,通风竖井与地铁站之间有风道联通。受场地限制,地铁通风竖井需紧邻基坑布置,通风竖井与基坑平

面及立面位置关系见图1。

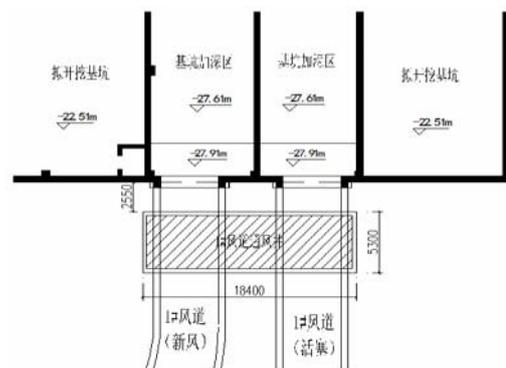


图1 通风竖井与基坑平面位置关系图

通风竖井以及和地铁间连接通道在基坑开挖前建造完毕, 基坑相邻通风井部位基坑槽深为27.9m。基坑采用明挖顺作法施工, 采用桩锚支护体系。因地铁通风竖井紧邻基坑且深度大于基坑深度, 该部位基坑开挖时, 无法施工预应力锚杆。

2 临竖井部位基坑支护设计参数

临近竖井部位基坑支护深度为27.9m, 采用中空双排桩+后预应力锚杆支护体系, 竖井设置在双排桩内部, 竖井尺寸为18.7×5.6m, 竖井将来与地铁采用双通风道连接, 竖井左右两侧设置双排桩连梁, 竖井内部不设置双排桩刚架梁, 竖井顶部设置圈梁。

前后排桩均为Φ1200@1450灌注桩, 预应力锚杆部署在竖井外后排桩, 钢梁作用在竖井初支墙上, 共设置四道预应力锚杆, 长度分别为23.0m、23.0m、22.0m、18m, 一桩一锚。地下水控制设计采用在前排桩桩间设置高压旋喷桩, 参数为Φ800@1450, 竖井左右两侧设置旋喷桩, 竖井外后排桩在地铁进口双通风道之间设置高压旋喷桩。

竖井开挖前先环绕竖井施工排桩, 排桩施工完毕后开挖竖井, 竖井开挖期间完成后排桩预应力锚杆, 预应力锚杆作用在竖井初支结构上, 竖井开挖完成后进行地铁联通风道开挖, 风道开挖时对位于风道结构内的排桩直接进行破碎, 破碎后的后排桩底部与联通风道初支做好锚固连接, 竖井二衬完成后最后进行深基坑开挖。

临竖井部位基坑支护设计参数见图2。

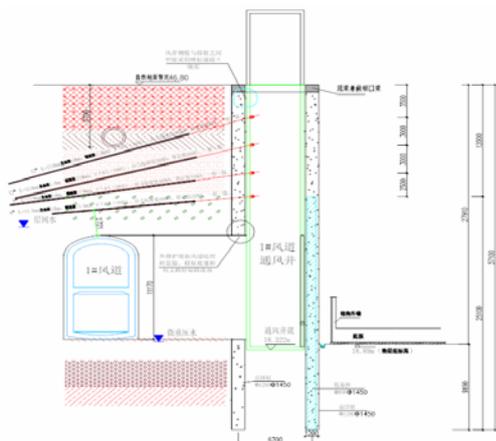


图2 临地铁部位基坑支护设计剖面图

3 中空竖井条件下双排桩受力机理分析

竖井二衬完工后, 如紧贴竖井直接开挖, 虽然可在竖井内直接打设预应力锚杆, 但竖井整体刚度较小, 紧贴竖井开挖后, 其变形势必较大, 易形成安全隐患。如只施工后排桩和预应力锚杆, 虽然能对支护产生贡献, 但不能直接提高竖井刚度。

另外若只施工前、后排桩, 但不形成刚架连接, 前后排桩不能形成协同作用, 因基坑较深, 开挖后前排桩虽然对阻止竖井变形有利, 但因支护高度较高, 其整体稳定性较差, 届时桩体变形较大, 安全风险较高。

综合以上考虑, 采用双排桩体系不仅有利于保障竖井结构安全, 而且也能保障基坑安全。

4 双排桩刚度分析

双排桩计算图形见图3:

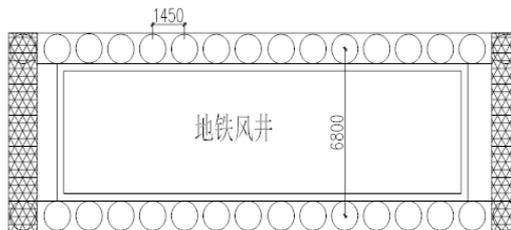


图3 双排桩计算模型图

双排桩采用圈梁浇筑成整体, 将排桩圆形截面等效成矩形截面, 由等效公式:

$$b = 0.8d$$

计算得, $b=0.96m$, 重新换算为矩形截面,

上述组合体分成两部分, 一部分为截面尺寸为7760×960矩形截面, 另一部分为5840×960内部空心截面, 截面惯性矩计算时, 不考虑竖井结构刚度增强作用, 可采用扣减法进行计算。惯性矩计算如下:

$$I = I_w - I_m$$

因实际前后排桩之间没有刚架梁, 刚架梁只在双排桩两端布置, 故前后排桩协同性会受到一定影响, 在计算双排桩刚度时, 应予以折减。为简化计算, 可按照排桩之间距离的远近1/L进行折减, 比如本项目中间部位排桩距两端排桩中心距为10.25m, 则中间部位排桩刚度按照1/10.25进行折减。

另外考虑到前后排桩深部并没有有效连接, 只有顶部有连接, 则刚度还需按照1/2进行折减。

5 本项目双排桩刚度优化计算

5.1 风道初支底部以上双排桩刚度计算

为简化计算, 矩形截面惯性矩计算时不考虑配筋率和保护层厚度, 风道初支底部以上按等效矩形截面计算, 计算如下:

截面尺寸为7760×960矩形截面惯性矩:

$$I = bh^3/12$$

$$I_w = 0.96 \times 7.76^3/12 = 37.383m^4$$

截面尺寸为5840×960矩形截面惯性矩:

$$I_m = 0.96 \times 5.84^3/12 = 15.934m^4$$

计算得 $I=21.449m^4$

计算中间部位排桩刚度, 按照1/10.25及深部无连接1/2进行折减, $I=1.046m^4$

5.2 风道初支底部以下单排桩刚度计算

风道初支底部以下仍为单排桩, 可按照圆形截面计算惯性矩。计算如下:

$$I_x = \pi d^4 / 64$$

$$I_x = 3.14 \times 1^4 / 64 = 0.049 m^4$$

5.3 上下不同刚度组合排桩模拟计算

因本项目基坑支护体系既不同于双排桩支护体系又不同于单排桩支护体系,为了计算方便,将基坑优化为上下不同刚度组合单排桩支护模型。换算后风道初支顶部以上弹性模量为:

$$E_s = \frac{I_w}{I_m} E_x = 21.71 E_x$$

C35弹性模量为 3.15×10^4 MPa,初支顶部以上弹性模量折算后相当于 6.838×10^5 MPa,该弹性模量大于钢材弹性模量。为简化计算,将双排桩概化为等效弹性模量后的单排桩,考虑到双排桩弹性模量较大,采用钢材弹性模量替代混凝土弹性模量。

6 模型模拟计算

为简化计算,采用钢桩代替混凝土桩,用启明星深基坑支护软件模拟现场工况,软件计算基坑变形结果见图4。

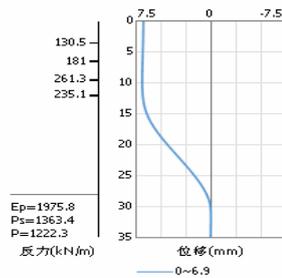


图4 软件计算排桩内力变形图

7 现场监测对比分析

现场工况节点见下表。

现场工况节点表

序号	节点	日期
1	土方开挖	2024/5/7
2	土方开挖至槽底-27.6m	2024/12/17
3	主体结构地下5层完成	2025/1/25

该部位基坑桩顶水平位移发展趋势见图5。

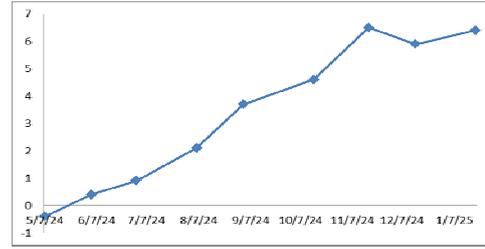


图5 桩顶水平位移实际监测数据趋势图

根据现场监测结果,2025年1月结构施工至地下五层时,最大位移为6.4mm,软件计算桩顶最大位移为6.9mm,实际数据与模型计算结果基本一致。

8 结论

通过理论模型模拟,说明竖井结合排桩一体化支护技术安全可行,能够解决紧邻竖井基坑开挖的安全稳定问题,虽然实际监测与优化模型计算在结果上存在微量偏差,但采用本模型计算得到的总体趋势与实际情况基本一致,说明本理论模型能够适用于竖井与排桩一体化状态下的支护计算,可以应用于指导现场设计及施工。

[参考文献]

- [1]高晓辉.有相邻竖井的地铁桩锚深基坑方案优化[J].价值工程,2019(9):102-104.
- [2]陈德军,闫德刚,周永宏.联合支护在大直径竖井中的应用[C]//第七届全国岩土工程实录交流会论文集,2015:860-865.
- [3]李建,客运专线隧道竖井咬合桩施工关键技术[J],中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2016,(4):81-82.
- [4]孟佑强,刘伟彪.地铁竖井锚喷支护和围护桩支护联合应用施工技术[J],城市建设理论研究(电子版),2023,(18):190-192.

作者简介:

倪晓荣(1977--),男,汉族,浙江乐清人,中国新兴建设开发有限责任公司,硕士,高级工程师,研究方向:岩土工程技术。