

澳门国际银行境内总部大厦项目基坑支护设计选型研究

石迪秋¹ 李庆凤² 毛乐乐³

1. 2. 广东省工程勘察院 广东广州 510000

3. 汕头大学 广东汕头 515000

【摘要】本研究以广州某基坑为例,结合基坑自身特性、周边环境、场地工程地质及水文地质条件,对基坑的竖向支护、水平支护及侧壁止水进行比选分析并选型。在考虑基坑特征和地质条件的基础上,综合选取五种初步可行方案。利用正深基坑软件对方案进行计算设计和分析,从多方面、多角度确定最经济、合理、安全的支护方案。本研究所提出的支护方案选型为类似基坑支护方案提供了借鉴和参考意义,强调了在基坑支护设计中综合考虑地质条件、环境因素、结构特性的重要性,以确保支护结构的稳定性和安全性。

【关键词】深基坑支护设计方案;选型;对比分析

1 引言

随着城市用地减少,高层建筑不断增多,深基坑也越来越多,其变形控制要求也更为严格,支护结构成了关键的解决方案之一。国内外学者对各种类型的深基坑支护结构进行了大量研究,这些研究为我们提供了宝贵的参考和借鉴,有助于我们更好地设计和实施支护措施。本文从澳门国际银行境内总部大厦项目出发,根据水文地质情况、附近开工基坑项目支护方案特征,结合项目周边环境情况,对可选择的几种基坑支护方案进行讨论分析,通过综合比较来得出适合本基坑的支护方式。

2 工程概况及基坑周边环境

拟建工程位于广州市天河区车陂新涌口西路南侧,场地较为平整,拟建2栋塔楼,地下车库3层。基坑周长369米,开挖深度为14.60~19.00米。项目南侧围墙外为在建临时施工道路;西侧为在建“尚品宅配集团金融城总部项目”拟建3层地下室,地下室边线距离本项目用地红线约23.00m;西北向为“中建四局金融城东区AT091429地块项目”3层地下室,目前基坑已施工完成。北侧为在建“酷狗音乐大楼项目”拟建3层地下室,地下室边线距离本项目用地红线约32.80m;东侧为规划道路。

3 基坑工程水文地质条件

场地地下水赋存于中砂层及强、中风化岩带裂原中,在勘察过程中,测得钻孔地下水的稳定水位埋深为0.50至140米,显示地下水位较浅。场地地下水主要受珠江水系侧间补给及大气降水的垂直补给。地下水水量丰富,勘察期间,场地水位受珠江(距离珠江约120m)涨潮~落潮影响,

河流内水位变幅为100~2.00米。

勘察期为丰水期,地下水位相对较低,丰水期为5~9月份,枯水期为12~2月份,丰枯水期地下水位变化约2米,年度同期相比变化不大。

4 基坑支护方案选比

4.1 基坑支护方案设计依据

根据本项目目前地质钻孔显示,在开挖范围内分布杂填土,粉细砂,淤泥质土,泥质粉砂岩,地质条件相对复杂,基坑支护设计需考虑:

基坑地质条件相对较差(存在厚度不一淤泥质土),流塑状态,具有流变性高,强度低的特点,为不良地基土,易产生不均匀沉降,对场地的稳定性有较大影响;

存在较深厚粉细砂,易发生涌水涌砂现象,对止水帷幕设计,施工质量要求较高;

基坑支护设计要有足够的安全可靠性,并能付诸于实施,工艺简便,工程造价相对低廉,且对周边环境的影响降到允许的范围。

根据地下管线探测资料显示,场地在北侧及南侧存在现状管线埋设,东西两侧未见管线埋设。北侧分布给水、电信、雨水及路灯管线,南侧分布供电、燃气、雨水管线。除南侧新增供电管及雨水管不受影响,其他管线均在用地红线范围内,需对其进行迁改后方可进行施工开挖。

4.2 相邻地块支护方案

为了更加准确的进行支护选型,对项目周边相邻的3处地块的支护方案进行分析。

北侧酷狗音乐大楼项目:基坑周长371m,基坑开挖深

度约13.00~14.40m,采用“1.2m直径钻孔灌注桩@1.5m+两道内支撑+三轴搅拌桩”支护型式。采用常规三轴搅拌桩,之水效果好。工程量约4500万。

西侧尚品宅配集团金融城总部项目:基坑周长约324m,基坑开挖深度约14.30m,采用“1.2m直径旋挖咬合桩@1.8m+两道内支撑”支护型式。止水效果好,相比搅拌桩造价较高,对施工单位施工技术要求较高。工程量约4190万。

西北侧中建四局金融城东区AT091429地块项目:基坑周长约320m,基坑开挖深度约14.95m,采用“1.3m直径旋挖咬合桩@1.45m+两道内支撑”支护型式。止水效果好,相比搅拌桩造价较高,对施工单位施工技术要求较高。工程量约4250万。

三个项目的土方开挖便捷性相似:两道支撑梁,不设对撑,坑内机械设备操作空间相对较好,支撑梁上下间距较大,第二道支撑梁做完可分层开挖出土至基坑底,且坑底与第二道支撑梁有一定高度,土方开挖较顺畅,不受上部支撑梁阻挡。

4.3 支护方案分项选比

4.3.1 竖向支护结构选比

本项目的基坑支护结构安全等级定为1级,综合考虑基坑形状、深度,以及周边地质和水文环境等各项因素,初步确定了竖向支护结构的选择方案。在这方面,可以采用多种方法,如钻孔灌注桩排桩、内插型钢工法墙(如SMW工法桩、TRD工法墙内插型钢、CSM工法墙内插型钢等),或者选择地下连续墙,以确保基坑工程的稳定性和安全性。在制定最佳支护方案时,需要充分考虑这些方案的优势和劣势,以及其适用性和成本效益,从而为项目的顺利进行提供可靠保障。

4.3.2 水平支护结构选比

为确保基坑在开挖过程中的安全稳定,需要考虑其开挖深度和侧壁土体的自稳性。因此,工程计划采用水平支护结构与基坑结合,形成完整的支护体系。在水平支护方面,可以考虑使用坑内钢筋混凝土内支撑或钢支撑;而在锚拉式支护方面,可以选择预应力锚索或锚杆等方式。这样的设计方案不仅能够有效增强基坑的稳定性,还能确保施工过程的顺利进行。

4.3.3 侧壁止水帷幕选比

场地地下水赋存于中砂层及强、中风化岩带裂原中,地下水位埋藏浅,需要在基坑工程中设置止水帷幕,常见的止水帷幕类型包括CSM工法墙、TRD工法墙、三轴搅拌桩、高压旋喷桩以及素混凝土防渗墙等。在选择最适合工程需

求的方案时,充分综合考虑了多方面因素,如工程的地质条件、周边环境、施工成本和便捷性等。初步的备选方案涵盖了CSM工法墙、TRD工法墙、三轴搅拌桩和高压旋喷桩,这些方案各有特点,可以根据具体情况灵活选择。然而,由于素混凝土防渗墙的施工复杂性和造价较高,在初步方案中暂未将其列入考虑范围。

4.4 整体支护方案选比

根据以上选比,经进一步详细设计,优选本基坑五种支护方案,具体如下:方案一:1.2米直径旋挖桩+两道内支撑+三轴搅拌桩;方案二:旋挖咬合桩+两道内支撑;方案三:1米厚度地下连续墙+两道内支撑;方案四:1.2米直径旋挖桩+三道内支撑+三轴搅拌桩。

1.2米直径旋挖桩+两道内支撑+三轴搅拌桩(方案一):不需对结构楼板单独进行加强,亦不会受地质条件影响对结构楼板造成变形等情况;立柱与工程柱单独考虑,施工过程中节点接头处理较为简单方便;基坑安全性、稳定性比较高,且对周边环境的影响较小,基坑的变形相对较小。但是局部受角支撑梁及立柱影响,对开挖土方有一定影响,挖土方相对较慢;且旋挖桩机钻机速度快,主要靠切土钻进,在填土和软土地层,塌孔和缩径较容易发生,在施工过程要控制钻进速度机钻进进尺。

旋挖咬合桩+两道内支撑(方案二):施工灵活,由于咬合桩施工时可以根据需要转折边线,适合于一些平面多变或圆弧基坑;抗渗能力强,对施工技术水平要求较高,第二次施工时,可以在第一次施工完成的两根桩之间进行切割咬合,以保证桩间紧密连接,形成良好的整体连续性,避免单独施工止水帷幕。但是施工过程对质量控制要求较高,需严格控制桩身垂直度,并保证相邻桩的咬合尺寸,保证桩体全部咬合完好;由于咬合桩的直径有限,很多施工单位难以负担购买多种直径套管的经济成本。灌注混凝土后,有时会发生钢筋笼上升的事故。

1米厚度地下连续墙+两道内支撑(方案三):地连墙强度高刚度大,基坑开挖后变形较小;施工时振动相对小,噪音相对较低;墙体抗渗性强,止水整体性较强。但是造价较高;施工不够灵活(对于圆弧基坑,墙槽段区分较多,转折较多,支护面积较大);在砂层及软弱土层开槽需要提前做好护槽措施;对施工单位施工质量要求较高:槽段连接处为止水的薄弱环节,需确保各槽段接口的施工质量。

1.2米直径旋挖桩+三道内支撑+三轴搅拌桩(方案四):不需对结构楼板单独进行加强,亦不会受地质条件影响对结构楼板造成变形等情况;立柱与工程柱单独考虑,

施工过程中节点接头处理较为简单方便；基坑安全性、稳定性比较高，且对周边环境影响较小，基坑的变形相对较小。但是旋挖桩机钻进速度快，主要靠切土钻进，在填土和软土地层，塌孔和缩径较容易发生，在施工过程要控制钻进速度机钻进进尺；三道支撑梁，土方开挖速度慢，且坑底距第三道支撑梁高度较小，受支撑梁阻挡，坑内机械设备操作受限加上局部受角支撑梁及立柱影响，对开挖土方也有一定影响。

5 基坑支护结构计算

鉴于深基坑开挖的复杂性，要完整模拟实际开挖过程相对困难。因此，本项目的基坑支护设计采用北京理正深基坑支护结构软件进行分区计算。

5.1 计算参数及材料选用

本基坑侧壁安全等级为一级，基坑侧壁的重要性系数取 $\gamma_0=1.1$ ；

材料选用：灌注桩、冠梁、支撑梁均选用C30混凝土。

地面超载：基坑周边超载按20kPa计算，基坑出土口及周边道路按40kPa考虑；

地下水位：基坑外侧按自然地面以下1.0米考虑，基坑内侧基坑开挖面以下1.0米；

5.2 不同支护剖面划分

根据场地地质状况、基坑周边建（构）物情况将基坑支护结构划分1-1~10-10及出土口剖面共11个特征支护剖面。

5.3 结构计算

项目中采用了瑞典条分法进行整体稳定计算，并运用有效应力法进行稳定计算。在计算中充分考虑了内支撑和孔隙水压力对稳定性的影响，确保了结构的可靠性和安全性。土条的宽度为1米，同时考虑了刚度折减系数 K 为0.850的影响，以综合考虑土体的力学特性。在设计中特别关注了支护底取矩倾覆稳定问题，并对支撑锚杆的轴心倾覆稳定进行了详细分析和计算，以确保结构在各种情况下的稳定性和可靠性。

5.3.1 整体计算

根据《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012的标准和规定，方案设计采用了增量法进行内力计算，以确保支护结构的可靠性。支护结构的安全等级被定义为一，对应的支护结构重要性系数 γ_0 为1.10，这些措施有助于提高结构的安全性和稳定性。基坑的深度达到了15.100米，嵌固深度为7.800米，桩顶标高为-1.900米，这些参数考虑了地质条件和结构要求。工程选择了钢筋混凝土作为桩的材料，混凝土强度等级为C30，确保了桩的承载能力和耐久

性。桩的截面采用了圆形设计，直径为1.200米，桩间距为1.400米，冠梁的宽度为1.300米，高度为1.000米，水平侧向刚度为0.001MN/m，这些设计均考虑了结构的稳定性和可靠性。在设计中未设置防水帷幕，但我们将坡度分为了2个级数，考虑了2个超载个数，并且对支护结构上的水平集力进行了合理考虑，保障了结构在各种情况下的安全性。

5.3.2 剖面计算

基本信息如下：根据《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012的标准和规定，方案设计采用了增量法进行内力计算，确保了支护结构的安全性。支护结构被定义为一安全等级，对应的支护结构重要性系数 γ_0 为1.10，进一步提高了结构的稳定性。基坑深度达到了16.600米，嵌固深度为7.700米，桩顶标高为-1.900米，这些设计考虑了地质条件和工程要求。工程选用了钢筋混凝土作为桩的材料，并且混凝土强度等级为C30，保证了结构的承载能力和耐久性。桩的截面采用了圆形设计，直径为1.200米，桩间距为1.300米，同时考虑了冠梁的设计，其宽度为1.300米，高度为1.000米，水平侧向刚度为0.001MN/m，这些设计综合考虑了结构的稳定性和承载能力。在设计中未设置防水帷幕，但我们对坡度进行了分级处理，考虑了2个级数，并且综合考虑了2个超载个数，确保了结构在各种情况下的安全性。

6 结果

基坑支护方案选型应综合考虑基坑开挖深度、水文地质条件、场地周边环境、支护形式稳定性、建设成本和施工难易程度等，据此，本案例验证了“1.2米旋挖桩+两道内支撑+三轴搅拌桩”支护方案的可行性和优势。

用理正深基坑软件验证了该支护方案的安全性：基坑挖掘完成后，可以观察到地表沉降呈现出一定的规律。随着距离基坑边缘的距离增加，地表沉降量先上升后降低。具体来说，在距离基坑边缘7米处，地表沉降达到了最大值，约为49毫米；而当距离超过17米后，基坑竖向沉降量几乎可以忽略不计。此外，还观察到基坑支护土体的水平位移也呈现一定的规律。最大水平位移出现在基坑边缘处，然后随着距离增加降低，最终趋近于零。

参考文献：

- [1] 蒋真皓, 陆世超. 窄长基坑开挖围护结构选型对土体变形规律影响研究及施工措施要求分析[J]. 建筑结构, 2023, 53(S1): 2842-2846.
- [2] 朱志华, 刘涛, 单红仙. 土岩结合条件下深基坑支护方式研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(S1): 619-623.
- [3] 杨生彬, 绪新. 北京市创世大厦深基坑支护工程计算实例研究[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(S1): 292-296.