

SMW 工法桩与内支撑支护在复杂环境深基坑工程中的应用

陈光镇

福建省晓沃建设工程有限公司 福建福州

摘要: 基于品润商务大楼深基坑工程的设计与施工情况,对 SMW 工法桩与内支撑的组合支护形式进行讨论。以实际施工效果和监测情况,结果表明,SMW 工法桩与内支撑形式有效地支撑基坑,防止地下水和砂土的流失,保证止水帷幕的完整性;型钢常规布置形式可以调整支护桩的刚度,使支护设计方案更加具有针对性和经济性,可在其它类似的深基坑工程中进行推广、应用。

关键词: SMW 工法; 内支撑; 复杂环境; 深基坑

引言

SMW 工法,即型钢水泥土搅拌墙技术,主要通过连续连接的三轴水泥土搅拌桩中嵌入 H 型钢,构建复合防渗和支撑结构^[1-3]。该工法巧妙地利用了 H 型钢的高强度、高刚性优势与水泥土的优良密封性能,形成坚固且连续的地下墙体,具备良好的抗侧移性能和优异的力学特性和均匀性,不仅无缝隙,且型钢在完成围护任务后可重复利用^[4]。SMW 工法因其广泛的适用性、环保效益和经济效益,既可以独立使用,也可与其他支撑手段如内支撑、锚杆等协同工作,以增强整体支撑效果^[5,6]。

内支撑系统作为基坑挖掘过程中的关键临时支撑体系,对维持坑壁稳定、防止土体塌陷至关重要,其核心功能在于直接抵消围护结构承受的土壤侧压力和地下水压力^[7]。其设计简洁,受力明确,无需额外占用基坑外部的地下空间,有助于提升整个支撑系统的强度和刚度,并能有效地控制坑底的变形,特别适用于深挖且周边地质条件复杂,特别是软土地区的深基坑施工。

常用的内支撑为钢筋混凝土内支撑和钢支撑,对于施工技术要求,第一道支撑必须为钢筋混凝土支撑,第二及其它道支撑可采用钢支撑。支撑刚度是影响基坑变形的关键因素之一^[8,9],钢筋混凝土支撑具有整体性好,平面内刚度大,结构变形小,可有效保护基坑周边建筑物基础的变形。钢支撑具有施工速度快,并能在基坑开挖期间施加预压力,可重复利用,对确保基坑稳定和施工安全也能起到积极有效作用,然而,钢支撑的节点构造相对复杂,安装过程中若处理不当,可能因节点变形或传力不直接而导致基坑位移过大,从而影响工程安全。本文结合工程成功案例,探讨了 SMW 工法桩与内支撑支护在复杂环境深基坑工程中的应用。

1 工程概况

工程为福建省品润房地产集团有限公司开发的品润商务大楼项目,南面为道路,东面为在建工程,西面为项目部办公区生活区,北面为已建完成小区,环境条件复杂。本工程设有三层地下室,基坑开挖深度约 10.65m,基坑侧壁安全等级一级。

2 本基坑工程难点

考虑到周围已建完成的建筑,因此,需要考虑施工对周围建筑物的影响,主要包括以下几个方面:①地基沉降和墙面开裂:桩基施工需要挖掘深坑,可能会导致周围地下土壤的重心移动,进而

引起相邻建筑物地基的不均匀沉降,以及墙体出现裂缝。②噪声污染:打桩过程会产生较大的噪音,这不仅会干扰周围居民的生活,还可能对建筑物的内部设备造成损害,如噪声引起的共振可能导致设备损坏或故障。③振动问题:桩基施工中的振动可能会影响建筑结构的稳定性,尤其是当振动频率较高时,可能会对建筑结构产生冲击振动,从而损坏建筑结构。④土壤和地下水扰动:打桩工程可能会对土壤和地下水造成扰动,改变土壤的物理和力学特性,有时甚至可能影响地下水位或引起水质变化。⑤空气污染:打桩过程中产生的粉尘也会对周围空气质量产生负面影响。⑥管线问题:基坑范围内有重要管线等需要严加保护的基坑,对变形控制要求更为严格。

同时,挖掘工程的深度达到 10.65 米,基坑内部存在一层脆弱的软泥层,土质松散,土压高,土层的稳定性堪忧。再者,基坑周边的建筑物已完工,对变形的控制有极高的需求,建筑群的环境条件极其复杂。因此,基坑支撑结构的设计不仅要保证结构的安全强度,还需精细管理变形。此外,挖掘过程中会穿透含水的细中砂和薄层淤泥层,导致大幅度的水位下降对附近道路和建筑物的形变带来显著影响。因此,基坑的支撑策略必须包含有效的防水和排水方案,以及预防附近建筑变形的对策。

3 基坑支护方案选型

针对相关问题,在制定基坑工程的支撑策略时,必须优先考虑控制基坑变形,同时兼顾成本效益和施工周期。对于本项目,主要有三种潜在的支持选项可供深入探讨:(1)以冲孔灌注桩为基础,辅以预应力锚索和高压旋喷桩的防渗设计;(2)冲孔灌注桩结合内部支撑结构,再强化高压旋喷桩的防水措施;(3)SMW 工法桩配合内部支撑体系。

本工程周边环境复杂,设有三层地下室,基坑开挖深度为 10.65 米。鉴于本工程周边环境的复杂性,特别是基坑开挖深度范围内存在强透水层,采用外锚式支护形式可能导致地下水携带砂土流出,这不仅会破坏止水帷幕的完整性,还可能引发基坑周边沉降,对周围环境造成不良影响。

鉴于工程周边环境的复杂特性,尤其是 10.65 米深的开挖深度会触及强透水层,传统的外锚支护方案难以解决渗透问题。外部锚固可能会导致地下水携带着土壤溢出,从而威胁到止水屏障的完整

性和稳定性,进而引发基坑周边的沉降问题,对周围环境构成潜在威胁。此外,锚杆施工容易超出用地红线,增加了工程的复杂性。综上所述,外锚式支护形式在此工程中并不可行。

考虑到工程周围建筑的沉降影响,内支撑支护形式能够有效地支撑基坑,防止地下水和砂土的流失,保证止水帷幕的完整性,同时避免基坑周边沉降的发生。

冲孔灌注桩结合高压旋喷桩止水具备一定的止水效果,然而,高压旋喷桩的施工质量要求极为严格,且整体造价高昂。高压旋喷桩基坑支护每延米的造价将高达 25000 元左右。通常而言,SMW 工法桩具有施工工期短,止水效果好,且对周围环境和环境污染的影响较小,适用于本工程所处的环境条件。与此同时,SMW 工法桩的造价相对较低,基坑支护每延米的造价约为 20000 元^[10-11]。综上所述,考虑到工程造价、施工工期、止水效果以及对周边环境的影响,本基坑采用 SMW 工法桩结合内支撑的支护形式。本基坑支护采用 SMW 工法桩+一道钢筋混凝土内支撑进行支护。

4 基坑支护设计方案

4.1 基坑水平支护体系

本项目采用了桩撑结构作为基坑支护方案,配备了一层内部水平支撑,该支撑由现浇钢筋混凝土构建。依据基坑的具体条件,内部支撑采取对撑和角撑相结合的布局,确保了支撑构件的力传递路径简洁,受力状态明了,有效增强了围护桩和支撑梁的协同工作性能。需要注意的是,南、北面(场地平面往下 2 米)采用挡土墙形式支护,东、西两面(场地平面往下 2 米)采用 1:1 放坡并铺设钢筋网片及喷射混凝土进行支护。

4.2 基坑垂直支护体系

4.2.1 SMW 工法桩作用原理

SMW 工法桩由混凝土、H 型钢等材料组成,素混凝土整体的强度低,通过插入型钢提高桩结构的强度和刚度,形成一道稳固且防水的桩排式地下连续墙。该桩法具有较高的强度和止水性,在工程中的适用性较强。

4.2.2 SMW 工法桩施工流程

支护桩采用 SMW 工法桩,其施工流程为导沟开挖→置放导轨→设定施工标志→SMW 搅拌桩施工→置放应力补强材(H 型钢)→固定应力补强材→施工完成 SMW(型钢回拔)。

1、挖掘导向沟槽

导向沟槽的开挖需严格控制尺寸,其宽度通常保持在 0.8 至 1.0 米,深度则在 0.6 至 1.0 米的范围内。为提高精度需要以 SMW 防护结构的中央线为参照进行放样,沿着沟槽两侧设立标识点,以便在沟槽开挖完成后能校验其方向和中心线,从而维持其准确性。

2、安装导向装置

导向装置用于保证施工导向的精确度及 H 型钢的定位无误。在沟槽的横向位置设置两根 200×200 规格、2.5m 长的定位型钢;而在纵向则配置两根 300×300 规格、约 8 至 12m 长的定位型钢。H 型钢的位置通过专用的定位卡进行固定,确保施工时的位置准确。

3、设置施工标记

依据 H 型钢的预设间距,于沟槽两侧的定位型钢上用红色标记作为施工参照,以确保搅拌桩每次都能准确对位。

4、搅拌桩作业

三轴搅拌机是 SMW 工法中的主力设备。通过重复套钻的方式

调整三轴搅拌桩的搭接和桩体垂直度,以此形成有效的防水屏障。普遍采用的套钻连接方式是跳跃式双孔复搅连接方法。

5、插入型钢

SMW 工法施工过程中,型钢的处理和插入是一个至关重要的环节。以下是关于型钢处理和插入的详细步骤和注意事项:

①型钢表面收各种因素影响,容易出现锈蚀,导致与水泥之间的粘结性不足,针对这一问题需在施工之前进行除锈处理②搬运与保护:在施工过程中需要做好型钢的保护,防止型钢因挤压或碰撞变形。③位置校正与导向装置:为确保型钢能够垂直、准确地插入预定位置,在插入型钢之前,应校正其位置,并设立导向装置。应保证型钢的垂直度小于 1%,以确保支护结构的稳定性和精度。④插入过程:施工时,需确保型钢保持垂直,依赖其自身重量进行稳定沉降,以保证其垂直度和坚固性。若 H 型钢在放置后未达预设高度,应采用提升并再次插入的策略,直至其达到设计要求的高度。如若经过多次自然沉降仍然无法准确就位,可借助振动辅助手段将其下沉至预定的设计标高。⑤垂直度控制:在型钢的下插作业中,需持续借助线锤来确保 H 型钢保持垂直状态,并利用经纬仪进行精确校对。遵循上述操作流程和要点,能够有效保证型钢在 SMW 工法施工过程中的准确操作与定位,维护支撑结构的稳固性进而提升工程品质。

6、固定型钢

型钢下插至设计标高后,用吊筋将 H 型钢固定不再下沉,待水泥土深层搅拌桩硬化后,撤除吊筋及沟槽定位型钢。

7、型钢回拔

在主体结构满足设计强度要求后,需要对 H 型钢的进行拔出。在拔出过程中,需要使用液压起拔机确保拔出过程的平稳和安全。同时,为了避免施工中出现脱落,将起重机的吊钩与 H 型钢进行固定。

当 H 型钢被拔出后,对于拔出型钢后产生的孔隙要进行注浆加固处理。注浆材料选用水灰比在 0.7 左右的水泥浆。为了提高水泥浆的流动性和注浆效果,加入 3%~7% 的膨润土和细砂,并掺入 0.5%~1% 的减水剂。注浆过程中,需要保证注浆压力不小于设计值。

4.2.3 SMW 工法桩布置

钢结构的配置方式通常包括紧密排列型、间隔二跳一型及间隔一跳一型三种类型。鉴于本项目的实际情况,东侧正在进行建设,而北侧是已建成的居民区,故选用紧密排列型的 H 型钢布置,以此强化围护桩的刚度,有效抑制建筑物的沉降变形。在接近南部车辆通道的区域,采用间隔二跳一型的 H 型钢设计;至于西侧的项目部办公区和生活区,选择间隔一跳一型的方案,旨在降低成本。

4.2.4 存在问题

SMW 工法桩作为一种常用的基坑支护结构,具有施工速度快、对周围环境影响小等特点。与此同时,SMW 工法桩也存在一些问题和挑战。

首先,相比于传统的施工技术,如钻孔灌注桩、人工挖孔桩和地下连续墙,SMW 工法桩在执行基坑开挖任务时,往往表现出更大的形变问题。其原因在于 SMW 工法桩的支撑体系相对柔韧,对横向土壤压力的抵御性能不强。为了解决这一问题,提高支撑的刚度以及改进支撑布局的设计是关键。

(下转第 57 页)

.....
(上接第 54 页)

其次, SMW 工法桩施工过程中一旦出现意外情况导致停工时间过长, 此时出现的施工冷缝会影响支护结构的整体性能, 降低其承载能力。为了避免冷缝的产生, 施工过程中应严格控制施工速度和质量, 确保施工过程的连续性和稳定性。

此外, 建设期间若桩基定位偏差显著增加, 将引起渗水故障, 并对构筑物的硬度造成影响, 进而可能造成支护体系的失效。故此, 施工时必须严谨地把控打桩精确度及工程质量, 执行适当的纠偏策略, 以保证每一根桩能精确地安放在预设的位置上。

5 支护体系变形监测

从本工程的特点来看, 不仅基坑深度较深, 工程面积大, 且周边的环境较为复杂。为了确保施工的稳定性和邻近结构如建筑物、道路的安全, 需要采取严格的现场监控措施。监控的重点涵盖: 支护结构的三维动态, 特别是帽梁、腰梁、环梁及辐射撑等的应力分布与形变分析; 支撑柱的垂直稳定性, 关注其下沉或隆起现象; 同时, 对周边环境的微小变动也需密切关注, 包括建筑物、地下设施、道路和管线的沉降情况, 以及对道路表面完整性的细致检查, 防止裂缝的产生; 此外, 地下水位的波动以及支撑结构的任何潜在裂纹都应列入监控范畴。

6 结语

(1) 在复杂施工条件以及深基坑情况情况下, 采用 SMW 工法桩结合内部支撑的保护系统能显著缩短施工时间, 并具有良好的防水性能。该支撑体系能稳固地维护基坑, 防止地下水和沙土的流失, 确保防水帷幕的完整无损, 同时也能防止基坑周边的地下面下沉问题。

(2) 考虑基坑开挖支护结构的变形控制以及周边环境沉降, 通过采用多元型钢排列策略, 如如密排型、插二跳一型和插一跳一型的模式, 精细调节了支护结构, 提升设计的适应性和经济效益,

同时保持施工操作的灵活性和高效性。

(3) 与传统的“灌注排桩+内支撑”的支护体系相比, SMW 工法桩的内插型钢可以回收再利用, 能够节约工程费用和社会资源。

参考文献:

- [1]陈建国, 胡文发.深基坑支护技术的现状及其应用前景[J]. 城市道桥与防洪, 2011, (01): 91-94+9.
 - [2]王禹.SMW 工法桩在高水位淤泥地层中的应用[J]. 施工技术, 2021, 50 (01): 80-82.
 - [3]李凤明, 倪西民.SMW 工法的设计与应用[J]. 市政技术, 2007, (01): 21-25+28.
 - [4]张小刚. 复杂环境下 SMW 工法桩与斜抛撑组合支护体系在深基坑工程中的应用[J]. 建筑安全, 2020, 35 (06): 18-21.
 - [5]JGJ94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
 - [6]张璞, 柳荣华.SMW 工法在深基坑工程中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19.
 - [7]刘树亚, 潘晓明, 欧阳蓉, 等.用钢筋混凝土支撑代替钢支撑的深基坑支护特性研究[J].岩土工程学报, 2012, 34 (S1): 309-314.
 - [8]黄镜华.深基坑支护结构设计理论及工程应用[J]. 科技信息, 2009, (35): 696-697.
 - [9]夏文, 李攀, 汪建军, 等. 深基坑钢筋混凝土内支撑拆除施工技术研究[J]. 施工技术, 2020, 49 (01): 19-24.
 - [10]林希鹤.SMW 工法桩与内支撑支护在复杂环境深基坑工程中的应用[J]. 福建建筑, 2013 (08): 75-77+ 103.
 - [11]陈琦.SMW 工法桩施工工艺及技术要点[J]. 福建建筑, 2011 (07): 75-77.
- 作者简介: 陈光镇, 男, 出生年月日: 1989.10.6, 籍贯: 福建闽清, 民族: 汉, 学历: 本科, 职称: 中级工程师 (专业: 工程建设管理), 研究方向: 深基坑施工技术。