

狭窄基坑地下室外墙单侧支模施工技术与质量控制研究

田 映

上海市浦东新区建设(集团)有限公司 上海 200120

摘 要:城市高密度开发背景下,地下结构施工空间持续压缩,地下室外墙与基坑围护间距常不足 200mm,传统双侧支模技术已无法实施。本文以浦东新区合庆镇安置房项目为依托,针对围护桩偏移导致的支模操作面不足问题,提出“分段浇筑+单排预埋钢管斜抛撑+反向斜撑加固”的单侧支模体系,完整阐述其构造设计、力学计算、施工流程、质量控制及安全应急措施。工程实践表明,该体系可有效控制墙体尺寸偏差与渗漏风险,墙体垂直度最大偏差 2mm,未出现贯通裂缝与渗漏点,为同类型狭窄场地地下结构外墙施工提供了可直接落地的技术方案。

关键词:狭窄基坑;地下室外墙;单侧支模;斜抛撑加固;质量控制

引言:随着城市更新进程加快,建设用地资源日益紧张,地下工程施工空间被最大限度压缩。在基坑围护设计与施工偏差叠加影响下,地下室外墙与围护桩之间的净距常小于 200mm,无法满足传统双侧支模的操作空间要求。单侧支模技术以基坑围护结构为外侧模板依托,仅在内侧构建模板与支撑体系,成为解决此类问题的可行途径之一。然而,单侧支模体系缺乏对拉螺栓的约束,混凝土侧压力完全由内侧支撑承担,易发生跑模、爆模等质量安全事故。现有研究多聚焦于高支模单侧支模技术,对支模高度 3~4m、围护桩偏移工况下的窄空间单侧支模研究较少,且缺乏完整的施工流程与质量控制标准。

本文结合浦东新区合庆镇征收安置房项目地下车库外墙施工实践,系统介绍狭窄基坑单侧支模体系的设计与施工关键技术,重点解决围护桩偏移导致的操作面不足、混凝土侧压力控制、防水抗裂等核心问题,为同类工程提供参考。

1 单侧支模体系构造设计与关键参数确定

1.1 支撑体系材料选型与进场性能控制

单侧支模体系的承载能力与变形控制依赖构配件自身性能达标,所有材料均按照工程设计与规范限值执行进场核验。面板采用 15mm 厚覆面木胶合板,板面保持完整平整,存在缺棱掉角、鼓泡脱胶缺陷的板材不得用于结构成型面。竖向小梁选用 40mm×90mm 方木,木料无腐朽、严重开裂与连续变形问题,4m 长方木整体弯曲度控制在 30mm 以内,3m 长方木弯曲度不超过 20mm,单根木料上树节直径不大于 12mm 且数量不超过两处。横向主梁采用 Φ48×3.0mm 焊接钢管,现场使用游标卡尺

逐批检测壁厚,壁厚低于 2.8mm 的钢管不得进入施工区域,钢管表面无裂缝、结疤、深压痕与严重锈蚀,锈蚀深度控制在 0.5mm 以内。对拉部件采用 M14 规格止水螺栓,地下室外墙部位全程采用止水构造,阻断水分沿杆件渗透路径,螺栓进场需附带力学性能检测报告,抗拔承载力满足混凝土侧压力作用下的受力需求^[1]。可调托座螺杆直径不小于 36mm,螺杆与螺母旋合长度不低于 5 扣,螺母厚度大于 30mm,支托板厚度不小于 5mm,焊缝均匀饱满且无咬肉、夹渣等缺陷,托座悬臂长度控制在 500mm 以内,避免悬臂过长引发局部失稳。

1.2 支撑体系布置与构造参数精准设定

本工程地下室外墙设计厚度 300mm,底板面至顶板高度 3.75m,单侧支模区域外墙与围护桩间距仅 100~200mm,支撑体系按照受力路径与空间条件完成布置。内侧模板外侧竖向布设 40mm×90mm 方木小梁,间距严格控制为 180mm,小梁外部设置横向双拼 Φ48×3.0mm 钢管主梁,间距设定为 500mm,形成面板—小梁—主梁的稳定受力传递结构。底板施工阶段预埋锚固短钢管,钢管伸入底板混凝土内部 200~300mm,横向间距保持 1000mm,布设位置距离外墙内侧 2600mm,预埋钢管之间采用水平钢管拉通形成整体锚固基础。斜抛撑选用 Φ48×3.0mm 钢管,顶端安装可调顶托顶住横向主梁,底端与预埋钢管连接并采用扣件锁紧,斜撑与竖向构件形成固定夹角,同步设置反向斜撑以减小斜杆计算长度,提升整体抗侧移与抗倾覆性能^[2]。墙体施工划分为两个阶段实施,第一段支模高度设定为底板上方 2.0m,第二段支模从已浇筑墙体顶部下方 500mm 处起步,两段模板搭接区域保持密封贴合,避免浇筑过程出现漏浆与错台

现象（如图 1 所示）。



图 1 支撑体系布置实景图

1.3 围护侧处理与防水抗裂构造实施

缓冲层设置：在围护桩与墙体之间铺设 30mm 厚挤塑聚苯板，缓冲混凝土浇筑侧压力，避免墙体与围护桩直接接触形成应力集中；

抗裂钢筋网片：因墙体实际厚度大于设计值，在距围护边 80mm 处增设 C10@200 双向抗裂钢筋网片，抵消混凝土收缩应力；

防水体系：墙板与围护之间采用 1.5 厚 SAM-921 高强度自粘沥青防水卷材，电表间区域内侧增设 2 厚水泥基防水涂料，形成双重防水屏障。

2 关键施工工序与管控要点

2.1 施工总体流程

单侧支模区域分两段施工，总体流程如下：底板施工 → 预埋短钢管 → 第一段墙体钢筋绑扎 → 止水钢板焊接 → 第一段模板安装 → 斜抛撑搭设 → 第一段混凝土浇筑（至底板上 2.0m → 混凝土养护 → 第一段模板拆除 → 第二段墙体钢筋绑扎 → 第二段模板安装（搭接已浇墙体

500mm）→ 斜抛撑加固 → 第二段混凝土浇筑 → 养护 → 模板拆除 → 防水施工。

2.2 测量放线与定位控制

仪器设备：采用 GTS-602 型全站仪进行轴线定位，DSZ2 型水准仪进行高程传递；放线精度：墙体边线、模板定位线误差 ≤ 5mm，预埋钢管定位误差 ≤ 10mm；复核要求：坐标/高程引测点每 7d 复核一次，结构平面坐标/高程每 30d 复核一次，复核精度要求：角度 $\nlessgtr 10''$ ，测距 $\nlessgtr \pm 15\text{mm}$ 。

2.3 预埋钢管施工

底板钢筋绑扎完成后，按设计位置预埋 $\Phi 48 \times 3.0\text{mm}$ 短钢管，确保钢管垂直于底板；预埋钢管与底板钢筋焊接固定，防止浇筑过程中移位；预埋钢管上口用塑料布封堵，避免混凝土进入管内；底板混凝土浇筑完成后，及时清理预埋钢管周边混凝土，确保水平杆连接顺畅。

2.4 模板安装与支撑搭设

基层清理：彻底清理墙体根部浮土、杂物及钢筋锈屑，确保新旧混凝土结合面洁净；模板预拼：模板按分段高度工厂化裁切，拼接处粘贴双面密封胶带，拼缝宽度 ≤ 1mm；小梁安装：竖向方木小梁与面板钉接固定，钉点间距 ≤ 300mm，确保小梁与板面完全贴合；主梁安装：横向双拼钢管主梁与竖向小梁采用专用扣件连接，扣件螺栓拧紧扭矩矩控制在 40~65N·m，现场用扭力扳手逐点检测；斜抛撑安装：斜抛撑顶端安装可调托座，调整顶托伸出长度使顶托与主梁紧密接触，无偏心受力；底端与预埋钢管采用直角扣件连接，扣件数量不少于 2 个；反向斜撑安装：在主斜撑中部设置反向斜撑，两端分别与主斜撑和水平杆连接，减小主斜撑计算长度；整体加固：支撑体系设置纵横向扫地杆（距底 ≤ 200mm）、水平拉杆（步距 ≤ 1500mm）及垂直剪刀撑（夹角 45°~60°），立杆垂直度偏差 ≤ 3‰。

2.5 特殊节点处理

型钢与墙体钢筋连接：当墙板与型钢相交时，50% 钢筋通过型钢预开洞穿过，剩余 50% 钢筋断开后双面焊接于型钢表面，焊缝长度 ≥ 10d，确保钢筋传力连续；施工缝处理：两段墙体施工缝处设置 3mm 厚止水钢板，止水钢板居中布置，搭接长度 ≥ 100mm，双面焊接；电表间防水节点：电表间区域内侧水泥基防水涂料涂刷范围超出电表间周边 500mm，涂刷厚度均匀，无漏刷、鼓泡现象。

2.6 混凝土浇筑控制

浇筑顺序：先浇筑墙柱竖向构件，分层厚度 ≤

500mm,浇筑至板底后停歇 1~1.5h,待混凝土沉降稳定后再浇筑梁板;浇筑速度:严格控制浇筑速度 $\leq 2.5\text{m/h}$,避免侧压力骤增;振捣要求:插入式振捣棒深入下层混凝土 50mm,快插慢拔,振捣至混凝土表面泛浆且无气泡冒出,严禁漏振、过振;过程监测:浇筑期间安排专职人员全程观测模板、支撑及扣件受力状态,发现松动、位移立即停止浇筑并加固;养护措施:混凝土初凝后覆盖保湿土工布与塑料薄膜,养护时间不少于 14d,确保混凝土强度均匀增长。

2.7 模板拆除管理

拆模条件:侧模在混凝土表面棱角不受损伤时(约 48h)拆除;底模需待同条件养护试块强度达到 100%设计强度后方可拆除;

拆模令审批:拆模前提交《拆模令》,附同条件养护试块报告,经监理单位签字确认后实施;

拆除顺序:遵循“先支后拆、后支先拆”原则,自上而下逐层拆除,严禁上下同时作业;材料保护:拆除的模板、钢管及扣件严禁高空抛掷,由专人传递至地面,分类堆放整齐。

3 单侧支模质量控制与安全应急管理

3.1 材料进场验收与全过程质量管控

支撑体系所用钢管、扣件、方木、模板、止水螺栓、可调托座等构配件进场时必须附带产品合格证与检测报告,无质量证明文件或检测不合格的材料严禁投入使用。钢管外观平直光滑,无裂缝、分层、硬弯、电焊结疤与深划道,外径偏差不大于 0.5mm,端面切斜偏差不大于 1.7mm。扣件无裂纹、变形与滑丝问题,螺栓拧紧至 65N·m 时不发生破坏,进场按规定比例抽样检测抗滑、抗压、抗扭性能^[3]。方木刨面平整顺直,无波浪状毛刺与边角变形,边皮厚度小于 20mm 且长度不大于 1m,尺寸偏差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内。模板表面无腐朽、霉斑、鼓泡与板边缺损,每平方米脱胶与污染面积符合规范限值。材料进场按 30%比例抽样检测,不合格批次全部清退出场,已进场材料按规格分类堆放,采取防雨、防潮、防变形措施,避免堆放条件不佳导致性能衰减。

3.2 分阶段验收与施工偏差控制管理

模板支撑体系按照基础完工、支架搭设完成、混凝土浇筑前三个节点开展分阶段验收,验收内容覆盖材料规格、构件布置、节点紧固、防水构造、定位精度等全部项目。模板安装完成后检测墙体轴线位移、截面尺寸、垂直度、表面平整度等指标,轴线位移误差不超过 5mm,截面尺寸误差控制在 +4mm 至 -5mm 之间,每层垂

直度偏差不大于 3mm,相邻板面高低差不超过 2mm,表面平整度用 2m 靠尺检测误差不大于 5mm。支撑体系验收合格后由施工单位技术负责人与总监理工程师签字确认,形成完整验收记录。模板拆除依据同条件养护试块强度确定拆除时间,不承重侧模在混凝土表面棱角不受损伤时开展拆除作业,承重模板必须达到设计强度 100%后方可拆除,拆除前办理拆模令并经监理单位签字确认^[4]。

3.3 安全风险防控与应急处置管理

单侧支模施工区域划定专门警戒范围,设置明显警示标识并安排专人现场监护,无关人员不得进入模板下方与支撑体系作业范围。支撑体系搭设与拆除作业由持有有效证件的架子工承担,作业人员佩戴安全帽、安全带并穿着防滑鞋,高处作业部位搭设稳定操作平台,禁止攀爬支撑体系上下。混凝土输送泵管单独搭设独立支架,不与模板支撑体系发生连接,避免泵送振动引发支撑体系松动与失稳。现场定期开展支撑体系沉降与变形监测,检查立杆基础、扣件紧固、剪刀撑设置、扫地杆完整性等项目,发现立杆悬空、基础积水、扣件松动等问题立即停止作业并整改。施工现场建立模板支架坍塌、高处坠落、触电、机械伤害等突发事件应急处置机制,明确应急组织架构、人员职责与处置流程,储备担架、急救药品、灭火器、警戒带、抢险工具等应急物资,施工现场距离上海市浦东新区人民医院约 4.7 公里,可在事故发生后快速启动医疗救援。

结语

狭窄基坑地下室外墙单侧支模施工以构造设计为基础、流程控制为核心、质量安全为保障,通过精准材料选型、标准化支撑搭设、精细化浇筑管理实现结构质量与施工安全的双重目标。该技术体系在解决作业空间不足问题的基础上,有效控制墙体尺寸偏差、裂缝与渗漏风险,提升地下室外墙结构耐久性与防水可靠性,为城市密集区域地下结构工程提供成熟稳定的施工路径与管理模式。

参考文献

- [1] 晏雄,皮佳亮,邹思泽,等.地下室外墙单侧支模应用关键技术[J].建筑技术开发,2024,51(10):26-28.
- [2] 马涛.深浅基础交界处狭窄区域单侧支模施工技术[J].四川建材,2025,51(7):134-137.
- [3] 刘天煜.狭窄空间超深地下室外墙预铺反粘防水技术应用[J].中国建筑防水,2023(1):39-42.
- [4] 刘滨.深基坑狭窄空间地下防水护墙施工技术[J].建筑技术,2022,53(5):599-601.