

地库顶板加固施工关键技术及工程应用研究

侯意彬

上海市浦东新区建设(集团)有限公司 上海 201206

摘要:城市更新背景下,复杂的周边环境使得施工场地愈发受限,地下车库顶板作为临时施工场地、材料堆场及施工便道的需求正日益增长,但其设计承载力往往无法满足施工阶段的重载需求。本文以上海市浦东新区某安置房项目为研究背景,针对地库顶板在施工阶段的重载需求,系统探讨了荷载估算方法、型钢支撑加固技术、钢管扣件支撑加固技术、后浇带专项加固技术等关键施工工艺,并归纳总结了施工质量控制措施、安全保障体系及应急预案。工程实践表明,通过合理的加固设计与精细化施工,可有效提升地库顶板的承载能力,确保施工过程中结构安全,为同类工程提供有益参考。

关键词:地库顶板加固技术;型钢支撑;钢管扣件支撑;施工结构安全

0 引言

近年来,我国城市化进程不断加快,城市建设用地日益紧张,地下空间开发利用规模持续扩大。地下车库作为现代建筑的重要配套设施,其顶板在施工阶段常被用作临时施工道路、材料堆场、施工设备基础等重载场地。然而,地库顶板的设计承载力通常仅考虑正常使用阶段的覆土荷载、消防车荷载及民用活荷载,无法满足施工阶段重型运输车辆、预制构件堆放等重载需求,若不采取有效的加固措施,极易引发顶板开裂等质量问题^[1]。目前,国内针对地库顶板临时加固的研究多集中在单一支撑形式的应用,缺乏对不同加固技术的系统对比和工程适用性分析。部分项目在顶板加固过程中存在荷载估算不准确、支撑体系设计不合理、施工质量控制不到位等问题,导致加固效果不佳或资源浪费^[2]。因此,开展地库顶板加固施工关键技术研究,形成一套科学、高效、安全的加固技术体系,具有重要的工程实用价值。

本文以上海市浦东新区某安置房项目为依托,针对该项目地库顶板需承担50吨级运输车辆通行、重型材料堆放及施工升降机安装的需求,系统研究了不同工况下的顶板加固技术方案、施工工艺及质量安全控制措施,为同类工程的顶板加固施工提供参考。

1 项目概况

1.1 工程基本概况

本项目位于上海市浦东新区,建设内容主要为6栋高层住宅及相关配套单体。地下车库为现浇钢筋混凝土框架结构,顶板厚度300mm,混凝土强度等级C35,地下室层高3.85m。顶板设计荷载为:覆土厚1.5m,覆土自重 27kN/m^2 ,施工活荷载 5kN/m^2 ,总设计承载力 32kN/m^2 (约 3.2t/m^2);消防车道区域考虑消防车荷载,总设计承载力

54kN/m^2 (约 5.4t/m^2)。

1.2 加固需求及难点分析

根据施工组织设计,部分号楼周边地库顶板需设置临时施工道路、钢筋加工场、装配式预制构件构件堆场、砌体材料堆场及施工升降机基础,具体加固需求如下:

- ① 临时施工道路需满足50吨级混凝土罐车、47吨级装配式预制构件运输车、42吨级钢筋运输车通行要求;
- ② 装配式预制构件构件堆场需满足 20kN/m^2 的均布荷载要求;
- ③ 施工升降机基础传至顶板的总荷载约35吨;
- ④ 临时道路局部区域有后浇带贯穿,需进行专项加固处理。

本项目顶板加固施工主要难点包括:一是重载荷载类型多样,动荷载与静荷载叠加,荷载计算难度大;二是加固区域分散,涉及临时道路、堆场、设备基础、后浇带等多种工况,支撑体系设计需兼顾安全性与经济性;三是加固施工与主体结构施工交叉进行,场地协调难度大;四是加固体系需经历整个主体结构施工周期,长期稳定性要求高。

2 荷载估算及堆场高度分析

2.1 典型荷载计算

根据地库顶板设计参数,顶板设计总承载力为 32kN/m^2 (非消防车道区域)。对施工阶段主要重载进行如下换算:

- ① 50吨混凝土罐车:车身投影面积约 $9.5\text{m} \times 2.1\text{m} = 19.95\text{m}^2$,单位面积荷载为 $50/19.95 = 2.51\text{t/m}^2$,换算为 24.56kN/m^2 ,接近设计承载力,考虑车辆行驶的动力系数1.1后,实际荷载为 27.02kN/m^2 ,需进行回顶加固;
- ② 47吨装配式预制构件运输车:单位面积荷载为 $47/19.95 = 2.36\text{t/m}^2$,换算为 23.13kN/m^2 ,考虑动力系数后

为25.44kN/m²，需回顶加固；

③装配式预制构件构件堆场：均布活荷载20kN/m²，接近设计承载力，需回顶加固；

④施工升降机基础：总荷载35吨，基础尺寸4.5m×3.8m，单位面积荷载为35/(4.5×3.8)=2.05t/m²，换算为20.07kN/m²，需回顶加固。

经综合分析，临时道路、材料堆场、施工升降机基础及后浇带区域均需进行回顶加固，其余区域不进行回

顶。加固区域堆载按设计承载力的70%进行折减控制，非消防车道区域堆载不超过2.2t/m²，消防车道区域堆载不超过3.7t/m²。

2.2 不同材料堆场高度控制

根据各类材料的自重特性，结合顶板承载力要求，对无支撑和有支撑条件下的材料堆放高度进行计算，具体控制值见表1。

表1 材料堆放高度控制表

材料类型	材料自重（kN/m ³ ）	无支撑时堆放高度（m）	有支撑时堆放高度（m）	现场控制限值（m）
钢筋原材	72.34	0.45	0.98	0.9
盘圆钢	—	1层	2层	2层
加气块	5.5	5.75	12.91	2.0
钢筋半成品	—	0.67	1.47	0.6
钢管	26.94	1.17	2.64	1.1
方木	9.0	3.51	7.89	2.0
模板	6.0	6.00	11.84	2.0

其中加气块、方木、模板等轻质材料的计算堆放高度远超安全操作高度，现场按不超过2m进行控制，无需设置支撑；钢筋、盘圆钢等重型材料在有支撑条件下可适当提高堆放高度，提高场地利用率。

3 地库顶板加固施工关键技术

3.1 加固支撑体系选型

针对不同工况的荷载特点和使用要求，本项目采用三种加固支撑体系：

① 材料运输车辆行驶的临时施工道路采用18#槽钢或16#工字钢支撑体系，具备承载力高、占用空间小、安装拆除方便的特点，可减少地下室空间使用的影响；

② 施工升降机基础及后浇带区域采用Φ48×3.0钢管扣件支撑体系，具备搭设灵活、适应性强的特点，可满足不规则区域和集中荷载区域的加固需求；

③ 材料堆场区域根据后续使用需求，可选择型钢支撑或钢管扣件支撑体系，具备较强的通用性。

各支撑体系均通过理论计算验证，确保承载力满足要求。

3.2 型钢支撑架体施工技术

型钢支撑可根据现场施工进度选择先回顶（与地库支模架同步搭设）或后回顶（地库模板拆除后搭设）两种方式，先回顶方式可避免二次搭设对结构的扰动，优先采用（如图1）。

① 材料准备：选用国标18#槽钢或16#工字钢，具备出厂质量证明文件，表面平直光滑，无裂缝、变形等缺陷，壁厚抽检合格率100%。根据支撑高度裁割相应长度

的型钢，顶部和底部焊接10mm厚250mm×200mm钢板作为垫板，槽钢后顶时立杆底部增设15mm连接板焊脚。



图1 型钢回顶实景图

② 定位放线：在地下室底板和顶板对应位置弹线定位支撑点，纵向及横向间距结合柱间距情况均分，支撑点尽量设置在顶板梁位置，提高支撑效率。

③ 安装支撑：采用移动吊装工具配合叉车进行型钢安装，型钢顶部与顶板之间的缝隙用木楔塞紧，确保支撑受力均匀。支撑垂直度偏差不大于1/500，且不大于10mm。

④ 区域隔离：在顶板施工车辆行走位置两侧设置固定围栏，将加固区域与未加固区域有效分隔，设置明显的限重、限速标识，严禁超载车辆进入加固区域。

3.3 钢管扣件支撑架体施工技术

① 材料准备: 钢管采用Q235普通钢管, 壁厚不小于3.0mm, 表面无锈蚀、裂纹、变形等缺陷; 扣件采用可锻铸铁制作, 螺栓拧紧扭力矩达65N·m时不发生破坏, 具备出厂合格证明。

② 搭设参数: 施工升降机基础区域立杆间距600mm×600mm, 步距1500mm; 后浇带区域立杆间距900mm×900mm, 步距1500mm。立杆底部设置厚度不小于50mm的木垫板, 离地200mm设置扫地杆, 立杆顶部采用可调节U型托, 螺杆伸出长度不大于200mm, U型托上部设置50mm×100mm木方分散荷载。

③ 后浇带模板支撑体系独立搭设, 不与周边支撑体系连接, 避免周边荷载对后浇带区域的影响。后浇带顶面铺设10mm厚钢板, 钢板宽度超出后浇带两侧各500mm, 与周边顶板平齐, 确保车辆行驶平稳, 避免应力集中。

④ 剪刀撑设置: 沿纵横方向连续设置竖向剪刀撑, 斜杆与水平面夹角为45°~60°, 每道剪刀撑宽度为4~6跨, 且不小于6m。剪刀撑斜杆接长采用搭接, 搭接长度不小于1m, 设置3个旋转扣件固定。后浇带区域沿后浇带延伸方向满设剪刀撑, 悬挑板两端增设剪刀撑加固^[3]。

⑤ 验收合格后方可使用: 支撑架搭设完成后, 经施工、技术、质量、安全等部门联合验收合格, 方可投入使用。

4 施工质量与安全保障措施

4.1 施工质量控制措施

① 材料质量控制: 所有进场材料均需具备出厂质量证明文件, 按规范要求抽样检测, 不合格材料严禁使用。

② 施工过程控制: 加固施工前进行详细的技术交底, 施工过程中严格按专项方案执行, 每道工序完成后经质检员验收合格方可进行下道工序。重点控制支撑点定位、支撑垂直度、扣件拧紧力矩、剪刀撑设置等关键工序。

③ 验收管理: 支撑体系搭设完成后, 由项目技术负责人组织施工、质量、安全、监理等单位进行联合验收, 验收内容包括材料质量、搭设参数、节点构造、整体稳定性等, 验收合格后挂牌方可投入使用。

4.2 安全管理措施

① 安全管理制度: 建立安全生产责任制, 明确各级人员安全职责, 签订安全生产责任书。施工前对作业人员进行安全培训和技术交底, 特种作业人员持证上岗。

② 交通管理: 在地下室顶板临时道路入口与转弯处

悬挂限重、限速标识, 所有车辆限速5km/h。安排专人对进出车辆进行指挥, 大型运输车辆必须过磅称重。

③ 荷载管理: 加固区域严格按设计荷载控制堆载, 严禁超载。各材料堆场设置明显的限载标识牌, 明确堆放高度、总重量等控制参数。严禁在顶板上集中堆放重型材料, 材料分散堆放, 避免局部荷载过大。

5 应用效果与结语

5.1 应用效果

本项目地库顶板加固体系从投入使用到拆除, 历时9个月。使用期间, 未发生顶板开裂、支撑失稳等任何质量安全事故。经监测, 顶板最大挠度为1.2mm, 远小于规范允许值($L/500=15.8\text{mm}$), 未出现裂缝、支撑变形等异常情况, 加固效果良好, 确保了主体结构施工的顺利进行。

与传统的满堂钢管支撑加固方案相比, 本项目采用的型钢支撑与钢管支撑相结合的加固方案, 节约钢管用量约60%, 减少人工投入约40%, 取得了显著的经济效益和社会效益。

5.2 结语

地库顶板临时加固是建筑施工过程中的常见技术难题, 本文依托实际工程, 系统研究了不同工况下的顶板加固技术方案、施工工艺及质量安全控制措施, 形成了一套科学、高效、安全的加固技术体系。工程实践表明, 通过合理的荷载估算、科学的支撑体系设计、精细化的施工管理和完善的安全保障措施, 可有效提升地库顶板的承载能力, 满足施工阶段的重载需求, 确保结构安全。

未来的研究可进一步开展不同加固体系的对比试验研究, 优化支撑参数, 开发更为高效、经济、环保的加固技术, 为地下空间开发利用提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 张志凯, 柴涛, 彭红雨, 等. 既有地下室结构顶板回顶加固创新性施工关键技术研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (05): 186-188.
- [2] 张坚, 韩安国, 段新卫, 等. 地下室顶板荷载计算及加固方法分析[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 中国建筑第八工程局有限公司西北分公司, 2024: 389-391.
- [3] 贾化意. 施工电梯基础设计及地下室顶板区域型钢加固技术应用[J]. 江西建材, 2024, (11): 295-297.