

软土地区复杂环境半逆作施工关键技术

王英鹏 夏永鹏 高振华 张鑫 李海龙
中建一局集团建设发展有限公司 北京 100102

摘要：以天津某工程为依托，分析总结了该工程案例从基坑支护、施工立柱桩与格构柱到地下结构完成半逆作施工步骤的全过程，重点探讨了临时格构柱支撑与正式柱位置不重合，采用临时双梁技术施工正负零板，避免格构柱支撑偏移产生不利荷载对逆作板损坏，简要阐述了格构柱与顶板梁关键部位连接做法与逆作板正式柱预留构造作法。采用该施工技术大大缩短了施工工期，为今后同类工程提供参考经验。

关键词：半逆作法施工、临时双梁、内支撑、格构柱

引言

逆作法是相对于敞开式开挖基坑顺作法而言的。针对顺作法施工工期较长，基坑变形较大，作业面大，结构成本高的不足，提出了逆做法的施工方法^[1-5]。我国1955年首次应用于哈尔滨人防工程；上海于1976年开始系统研究地下连续墙在工业与民用建筑的地下工程的应用。进入90年代随着我国经济建设的发展，地下结构逆作法的应用逐渐推广开来^[1-3]。发展至今逆作法技术已基本成熟完备，逆作法实践中根据地质条件，施工环境、施工流程的不同，又演变出全逆作法、半逆作法、部分逆作法几种作法^[6-8]。本工程属于逆作法中半逆作法，通过对本工程半逆作法全过程总结与逆作板关键技术探讨以及关键部位作法阐述，希望为今后同类工程提供参考经验。

1 工程概况

本工程位于滨海新区金融大道与汇福街交口，地处华北平原，属冲积、海积低平原，为拟建售楼处。地上两层，建筑高度10m，层高5m，结构形式为钢结构，单层投影面积600m²；地下三层，为框架结构，桩加筏板基础，该工程设计±0.000相当于大沽高程4.720m。基坑开挖深度13.03m，基坑等级为一级，根据地质勘探资料，本场地地基土在埋深105.00m范围内按成因年代可分为12层，按力学性质可进一步划分为24个亚层，其中开挖深度范围的土层有：①杂填土，厚度为0.50~6.00m不等，松散状态；②素填土，厚度为0.50~5.00m不等，软塑~可塑状态，属中~高压压缩性土；③黏土，厚度为0.50~2.50m，可塑状态为主，属中(近高)压缩性土；④粉质黏土，厚度为1.50~3.50m，软塑状态为主，属中压缩性土；⑤粉土，厚度为1.50~3.00m，中密状态为主，属中压缩性土；⑥淤泥质黏土，厚度为6.00~7.50m，流塑状态，属高压压缩性土；⑦粉质

黏土，厚度为2.00~4.90m，软塑~可塑状态，属中压缩性土。基坑开挖范围属于潜水层，含水介质颗粒较细，水力坡度小，地下水径流十分缓慢，初见水位埋深2.00~3.50m，相当于标高0.22~-0.34m。静止水位埋深0.60~2.20m，相当于标高1.04~0.95m。本次半逆作法的施工特点如下：①施工工期短，作业面狭小；②基坑支护、水平支撑、竖向支撑施工要求高，格构柱顶与梁板结构连接处施工复杂。

2 施工工艺流程

2.1 本工程半逆作法主要思路

本次半逆作法主要思路：基坑支护采用钻孔灌注桩加两道混凝土内支撑，半逆作施工的售楼处采用立柱桩加格构柱的结构形式，两者互相独立，避免基坑变形对正式结构的影响^[8-10]，由基础底板向上与逆作板对接完成地下施工。

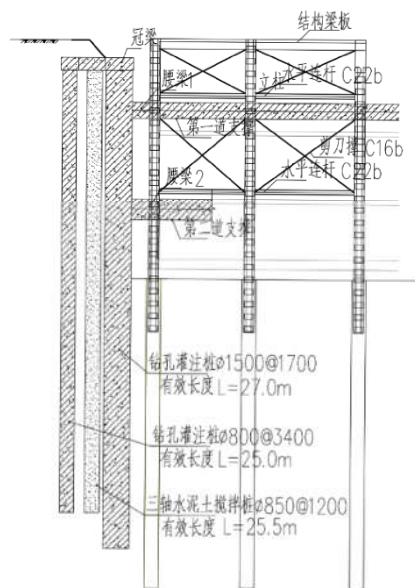
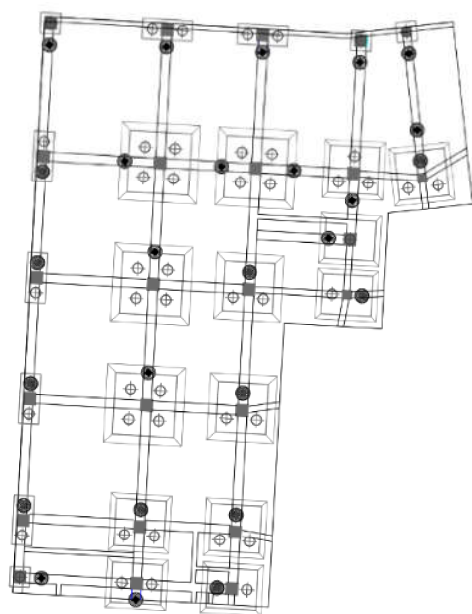


图1 半逆作示意图



- 利用工程桩及立柱 LZ1, 11根, 格构柱型号L200*20, 截面520×520, 角钢钢材牌号Q345
- 新增立柱桩及立柱 LZ2, 15根, 格构柱型号L200*20, 截面520×520, 角钢钢材牌号Q345

图2 桩位平面图

2.2 本工程半逆作法具体步骤

本工程半逆作法施工具体步骤如下:

第一步: 基坑支护。由于基坑较深, 整体采用钻孔灌注桩加两道钢筋混凝土内支撑的支护形式, 采用三轴水泥土搅拌桩全封闭进行止水, 见图1。

第二步: 施工立柱桩和格构柱。结合图1半逆作法示意图与图2桩基平面布置图可以看出, 整个逆作体系共设计26根立柱桩, 其中11根与原工程桩共用(设置编号为LZ1), 另增设15根立柱桩(设置编号为LZ2), 格构柱自基坑底标高嵌入桩基3m。

第三步: 开挖第一步土方, 逆作区投影外扩200mm范围, 在第一道内支撑底0.15m标高处施工200mm厚C20垫层, 作为零层梁板支撑体系, 施工地下一层顶结构梁板, 同时开展地上结构施工。

第四步: 施工第一道混凝土支撑、水平及斜向连杆。如图1所示, 为保证立柱整体稳定性, 垂直方向设置一道水平连杆, 标高为1.400m。

第五步: 继续开挖土方至第二道支撑工作面, 施工第二道支撑和连杆, 垂直方向设置一道水平连杆, 标高分别为-4.000m。其它与第四步相同。

第六步: 基坑开挖到底, 施工基础底板和传力板带, 达到设计要求强度后, 拆除第二道支撑。施工地下三层结构, 拆除第二道连杆。

第七步: 施工地下二层结构, 并施工传力带, 达到

设计要求强度后拆除第一道支撑和连杆。

第八步: 施工地下室外墙和边柱至地下一层顶板, 肥槽回填。

第九步: 拆除临时钢立柱, 剔除多余结构梁。

3 临时双梁施工技术

由图2半逆作法立柱平面布置可以看出, 正式结构共设计24根正式柱子, 其中5根由单桩承台承载, 9根为双承台承载, 6根为三桩承台承载, 剩余4根由四桩承台承载。在半逆作法施工中, 均采用单桩单柱, 采用原工程桩的位置和新增桩的位置与正式柱保持了一定距离, 为正式柱的施工提供作业面。根据结构荷载传递的路线, 避免增加新结构体系, 所有桩位选择布置在正式梁下方, 使格构柱与正式梁正下方对接。基于以上施工原则考虑, 桩基数量发生改变, 支撑结构(立柱加格构柱)相较正式柱结构位置发生偏移, 构件受力也发生改变, 如何保障在半逆施工过程中支撑结构满足承载力需求与地下一层顶板正式结构不受破坏成为施工技术关键所在。

3.1 临时双梁基本原理

支撑结构(立柱加格构柱)相较正式柱结构位置发生偏移, 地上地下同步施工, 地下一层顶板结构受力较大, 尤其作为与格构柱直接连接的梁受影响最大, 为了保护正式梁受不利荷载造成损坏, 采用临时双梁技术。如图3所示, 临时双梁技术主要是通过增大正式梁横截面的方法提高其承载能力来抵抗不利荷载对正式梁损坏。

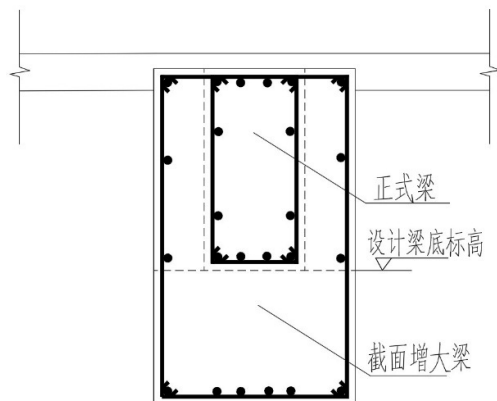


图3 临时双梁结构施工示意图

本工程地下一层顶板正式梁截面尺寸为300×600mm, 增大正式梁截面后尺寸为600×1000mm, 正式框架梁配筋仍按原设计进行配筋, 大截面后的梁再整体进行配筋, 正式梁与增大截面梁整体浇筑混凝土, 形成临时双梁, 如下图4与图5分别为临时双梁钢筋绑扎施工与混凝土浇筑完拆模后。地下室结构施工完毕后, 将临时双梁梁底剔凿至设计标高, 以满足净空要求。



图4 临时双梁钢筋绑扎施工

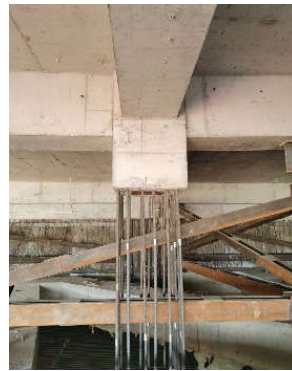


图5 临时双梁拆模后

4 关键部位作法

4.1 格构柱与顶板连接作法

格构柱嵌入顶板结构梁，使格构柱顶距结构梁顶面

100mm，格构柱设置长500mm，高500mm的工字钢托支撑于结构梁底，并在嵌入结构梁的格构柱四周每个面绑扎3根直径25mm的三级钢，锚固长度1500mm，如下图所示：

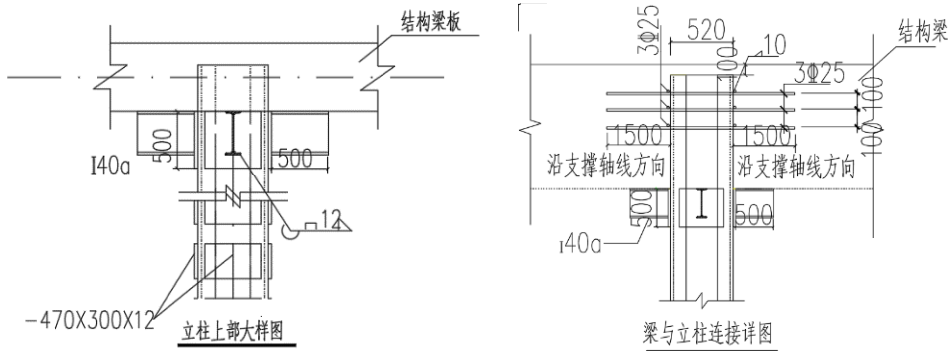


图6 格构柱与顶板连接作法

4.2 梁柱节点预留

本次半逆作地下正式柱的施工顺序是：在施工地下一层顶板正式结构过程中，同时向下预留一定长度的正式柱钢筋，使其与顶板其它构件共同绑扎钢筋支模浇筑，再与后序由底板施工上来的正式柱进行对接。如下图7所示正式柱预留部分自顶板梁底向下延伸500mm，钢筋向下预留部分由柱非连接区延伸到连接区，长短钢筋交错布置。该正式柱长钢筋自预留正式柱低向下延伸1800mm，短钢筋向下延伸600mm。

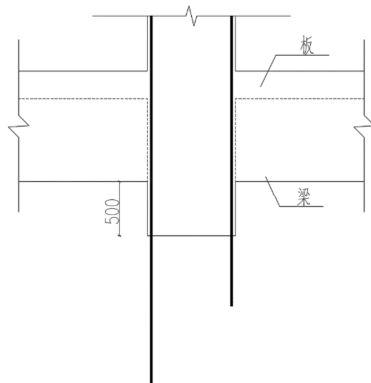


图7 柱钢筋预留示意图

5 结论

5.1 通过工程实践证明，该逆作体系设计及施工合理可靠，适用于软土地区复杂环境下作业，充分保证了基坑开挖过程中已逆作施工的结构及周边建筑的安全。同时，临时双梁抵抗了正式梁结构原本受到的不利荷载作用。关键部位连接作法使格构柱与逆作梁板能良好协同受力，具有良好的实施效果。

5.2 相比传统基坑敞挖施工工期，半逆作法施工技术节约了土方开挖、内支撑、垫层、破桩、防水、基础底板、地下三层结构施工、地下二层结构以及地下一层结构施工等工期，总共节约工期144天（合同计划工期自2020年6月30日到2021年4月30日，共计305天；实际工期自2020年11月18日到2021年4月25日，共计161天）。半逆作法施工技术加快了流水作业，减小了窝工损失，地地下地上结构同时施工，最终使总体施工进度缩短47.2%。

参考文献

[1]陆建澄. 城市地下人防商业街半逆作施工方法与人防取水方案的研究[D]. 东南大学, 2019. DOI:10.27014/d.cnki.gdnau.2019.000620.

- [2]胡德生.软土地区高层建筑全逆作施工技术研究[D].同济大学,2008.
- [3]鲁卫康,顾春风,陈珍刚,董秀福.天津泰达广场深大基坑部分逆作法施工技术[J].施工技术,2012,41(18):98-101.
- [4]丁应章,华苗,徐强,王飞,熊超逸,孙玉叶.深基坑半逆作法施工中的双层栈桥平面组[J].建筑施工,2021,43(04):567-569+573.DOI:10.14144/j.cnki.jzsg.2021.04.009.
- [5]邢旭亮.半逆作法深基坑设计与实践[D].南昌航空大学,2015.
- [6]凌荣超.某工程半逆作法施工技术在复杂环境下的应用[J].施工技术,2017,46(13):89-91.
- [7]彭云林,雷隆贤,侯聚玲,彭俊,黄劲超.浅谈汕头华润中心局部半逆作法施工技术[J].施工技术,2017,46(S2):1156-1157.
- [8]莫杜毅,黄云飞,郑述芳.后浇永久柱半逆作法技术应用研究[J].广东土木与建筑,2020,27(02):78-80.DOI:10.19731/j.gdtmyjz.2020.02.018.
- [9]彭涛.复杂地质条件半逆作法基坑内支撑结构施工关键技术研究.四川省,中冶成都勘察研究总院有限公司,2021-01-19.
- [10]顾云磊.半逆作法地下空间钢管混凝土柱的节点设计[J].城市道桥与防洪,2021(08):337-340+35.DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.08.088.