

地铁隧道保护区内深基坑施工技术

葛兆源¹, 孙骏新²

(1. 上海建工集团总公司, 上海市 200120; 2. 上海第四建筑有限公司, 上海 200040)

[摘要] 上海广场工程坐落在地铁隧道上方, 施工场地狭小, 施工中必须采取基坑加固措施, 采用合理的土方开挖顺序及信息化施工保护隧道不受影响。

[关键词] 地下工程; 隧道; 基坑加固; 信息化施工

[中图分类号] TU753.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2004)01-0035-02

Construction Technology of Deep Foundation Ditch in Protected Zone of Subway Tunnel

GE Zhao-yuan¹, SUN Jun-xin²

(1. Shanghai Construction Engineering Group Head Company, Shanghai 200120, China;

2. The Forth Shanghai Construction Co., Ltd., Shanghai 200040, China)

Abstract: The Shanghai Plaza project is just above a subway tunnel and its construction field is very small. In construction of the project, engineers must adopt foundation ditch strengthening measures, a proper soil excavation sequence and information construction methods to ensure the subway tunnel not to be influenced.

Key words: underground engineering; tunnel; foundation ditch strengthening; information construction

上海广场工程占地面积约 10000m², 建筑总面积 80860m²。主楼高 129m, 地下 3 层, 地上 34 层, 其中裙房 6 层。箱形基础, 二墙合一地下连续墙与底板采用锥螺纹连接, 与楼板采用预留插筋连接。

上海广场地处淮海中路, 基坑边线紧贴红线, 最近距离不足 2m。开通营运的地铁一号线由东向西贯穿整个南部浅坑区, 将基坑分隔成两大块, 即北部地下 3 层和南部地下 1 层, 南、北基坑交界的中隔墙一部分基壁已进入隧道 3m 宽保护区。

1 工程主要特点

该工程地处闹市, 施工场地狭小, 一旦基坑开挖后四周已贴紧红线, 施工车辆无法通行, 而且没有材料堆放场地。基坑沿地铁一号线延长线长约 151m; 距离地铁隧道线最近处仅 2.61m; 在邻近地铁隧道保护禁区挖土深达 16m, 且比隧道顶部低 0.36 ~ 1.26m; 浅坑基础座落在地铁隧道上方, 距其顶部仅 7.74m。

2 地铁保护设计控制标准

- (1) 隧道的绝对沉降量不大于 20mm。
- (2) 隧道总水平位移不超过 20mm。
- (3) 相对弯曲曲率不超过 1/2500。
- (4) 隧道管片相接处的橡胶密封条张开值小于 0.5mm。
- (5) 因打桩、爆破产生的震动对隧道引起的峰值波速

不超过 25mm/s。

(6) 引起隧道的附加荷载不超过 20kPa。

3 基础施工方案

该工程由于基坑开挖, 会不可避免地引起支护结构体系和坑周地层的位移而造成邻近地铁隧道变形, 一旦这种变形过大, 就会危及地铁隧道的安全。通过比较和论证, 决定采用“先浅后深”方案, 即先开挖南部浅坑区, 待南部基础垫层混凝土浇筑完成后再开挖北部深坑区, 然后南、北两部分基础、结构同时施工。“先浅后深”方案可缩短工期 100d 左右, 能在不同施工阶段充分利用施工场地, 从而加快施工进度, 便于文明施工。

4 采取保护地铁隧道的主要技术措施

4.1 基坑加固措施

4.1.1 北部深基坑加固

出于保护地铁隧道之目的, 除对整个基坑底面以下进行井格状高压旋喷桩加固外, 还在地铁区间隧道一侧沿着中隔墙进行不间断高压旋喷桩加固, 加固宽度达 15m, 坑内加固平面布置如图 1 所示, 基坑剖面及加固部位如图 2 所示。采用三重管高压注浆工艺, 注浆体直径不小于 1m,

[收稿日期] 2003-09-08

[作者简介] 葛兆源(1950—), 男, 浙江宁波人, 上海建工集团总公司生产经营部技术处副处长, 高级工程师, 上海市福山路 33 号 200120, 电话: (021) 58407765

注浆后加固区范围内的无侧限抗压强度必须大于 1MPa, 桩身强度不小于 1MPa。

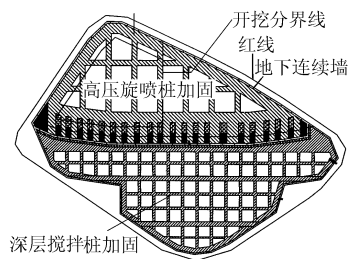


图 1 坑内加固平面布置示意

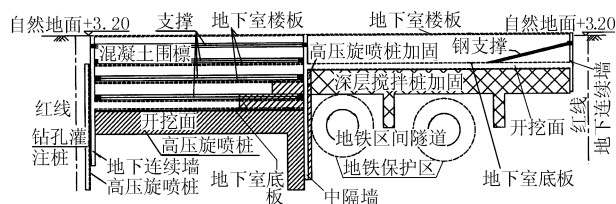


图 2 基坑剖面及加固部位示意

4.1.2 南部浅基坑加固

为了减小开挖时坑底土体回弹,保护地铁,除对整个基坑底面以下进行井格状深层搅拌桩加固外,还重点对地铁隧道两侧进行深层搅拌桩加固,加固宽度各为 2m,加固后土体的无侧限抗压强度不小于 1MPa。

4.1.3 基坑外加固

从与中隔墙变形协调及受力均匀考虑,普安路、金陵路地下连续墙外侧采用钻孔灌注桩加固。地下连续墙与钻孔灌注桩之间的空隙,采用高压旋喷桩加固,使两者紧密结合、共同作用。高压旋喷桩 45d 内的无侧限抗压强度必须达到 2MPa 以上,摩擦阻力必须达到 0.3MPa,桩直径大于 1.4m。

4.2 支撑体系选择

4.2.1 北部深坑

根据深坑区的平面形状以及考虑到临近地铁隧道,选择了 4 道钢筋混凝土支撑,支撑形式为井格式,间距 12m 左右。支撑截面采用 800mm × 1000mm 和 1000mm × 1000mm。立柱桩在基坑底以下采用 φ800mm 钻孔灌注桩,桩长 40m,基坑开挖面以下采用 φ609mm 钢管立柱,钢管立柱插入钻孔灌注桩中约 2m。

4.2.2 南部浅坑

南部浅坑区原设计为 1 道钢筋混凝土支撑,后来根据总结北坑开挖经验,考虑到深坑区基础结束后,中隔墙受力已趋稳定,故将 1 道钢筋混凝土支撑改为 1 道钢斜撑,在有临时设施的基坑边采用 2 道水平钢撑。斜撑为 H400 型钢,一端撑在先期施工完成的底板上,另一端支撑在连续墙上。水平钢撑为 φ609mm 钢管。钢支撑中部设置 H400 型钢立柱,其长度为 24m 和 12m(地铁隧道顶上),钢斜撑节点如图 3 所示。

4.3 土方开挖原则

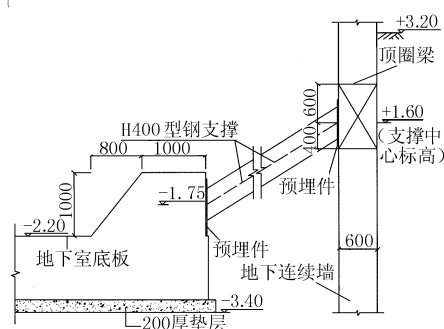


图 3 钢斜撑节点详图

运用“时空效应”规律,严格遵循“分层、分区、分块、分段,留土护壁,先形成中间支撑,后限时对称平衡形成端头支撑,减少无支撑暴露时间”的原则,保证在 48h 内挖除基坑四周相应区段内的土方并浇筑完该区段内的支撑与围檩混凝土。

4.4 挖土和支撑施工

根据土方开挖原则,并根据地铁隧道位移情况,不同层次采用不同的开挖方法。

(1) 第 1 皮土采用大开挖。

(2) 第 2 皮土采用条式开挖,将整个基坑分成 5 条块,且规定相邻后挖的土必须待前条块的混凝土支撑做好后才能开挖。

(3) 第 3、4 皮土采用了“盆”式挖法,即首先挖去基坑中部的土,待这部分支撑成型后,再开挖四周护壁土,护壁土宽度不得小于 12m,坡度为 1:1.5。护壁土必须分块对称开挖,并要求这部分土的挖掘、截桩至混凝土支撑浇捣等整套工序在 48h 内完成。

(4) 第 5 皮土是深基坑开挖最关键的一层,也是影响地铁隧道位移最敏感的一层。当时地铁下行线水平位移最大值已达到 9.2mm。为了缩短基坑暴露时间,保护地铁隧道安全,将基坑分成 2 块来施工,即先裙房后塔楼。同时把垫层厚度由 200mm 改为 300mm,以此改善地下连续墙底部的刚度以防止坑底土体回弹,基坑采用条式开挖,即沿南北向逐条开挖,混凝土垫层及时跟进,使垫层这一“支撑”尽早形成。

(5) 浅坑区基础施工的最大技术难点就是如何控制地铁隧道的回弹。一般来讲,地铁隧道的回弹与基坑暴露时间和面积有关。为此采用区域开挖法,即将整个浅坑区划分为 10 小块进行施工,先分块开挖基坑当中土方,挖好 1 块,浇筑 1 块底板混凝土,底板上留设钢筋混凝土牛腿,再逐次开挖四周土方,做到边撑边挖。

5 信息化施工

5.1 强化信息化管理

要求监督工作与施工同步进行,真正起到指导施工的作用,当第 3 皮中间土挖掉后,个别点的位移已增加至 10.7mm,超过报警值 10mm。同时其他点的位移也相应增大。分析原因是由于“盆”区土体应力释放,而支撑受力体

上海外环沉管隧道最终接头施工技术

潘永仁, 彭 俊, Naotake Saito
(香港建设(控股)有限公司, 上海 200120)

[摘要] 以上海外环沉管隧道江中最终接头施工为工程背景, 对“止水板式”的最终接头的原理进行说明, 对最终接头的流程及工艺进行介绍, 最后分析最终接头施工过程中遇到的问题。

[关键词] 沉管隧道; 最终接头; 施工技术

[中图分类号] U455

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2004)01-0037-03

Construction Technology Employed for the Final Joint of Shanghai Outer-ring Immersed Tube Tunnel

PAN Yong-ren, PENG Jun, Naotake Saito
(Hong Kong Construction (Holdings) Limited, Shanghai 200120, China)

Abstract: The final joint is the key part of immersed tube tunnel. Based on the underwater final joint of Shanghai Outer-ring immersed tube tunnel project, the principle of “closure panel” final joint is briefed in this paper. In addition, the program and technique of this final joint are introduced. Finally the difficulties met in the construction of this final joint are analyzed.

Key words: immersed tube tunnel; final joint; construction technology

上海外环隧道是城市外环线跨越黄浦江下游的越江工程, 距吴淞口约 2km, 是上海市首次采用沉管法修建的双向八车道的大型水底公路隧道, 隧道已于 2003 年 6 月 21 日建成通车。隧道的设计基本参数如下: 车道数 3+2+3; 车道宽 边孔 3.75m+3.75m+3.5m, 中孔 3.75m+3.75m; 设计车速 80km/h; 隧道净空 孔边 5.0m, 中孔 5.5m; 通风方式 射流风机诱导型纵向通风; 隧道长度 1860m。江中段长 736m, 由 7 个管段组成, 管段宽 43m、高 9.55m、长 100~108m 不等, 最大水下埋深超过 30m。

所有的沉管隧道施工, 在最后沉放的管段与已沉管段或暗埋段之间都需预留一定距离的空隙, 以保证最后一个管段沉放过程的安全, 这段空隙即为最终接头。最终接头的施工不同于沉管隧道管段与管段之间的一般接头, 需要专门的施工工艺与流程。

系尚未形成, 造成盆边一侧的中隔墙外土体变形开始加剧。我们立刻采取措施, 沿中隔墙与下行线之间进行双液分层劈裂注浆, 同时在上、下行线之间设置泄压孔, 经过近 20d 的纠偏和加固, 这些点基本回复到原来位置。到第 5 皮土结束, 底板混凝土浇完, 最大水平位移值为 13.1mm, 小于 20mm 的允许值。在浅坑区施工时, 当某块土卸载后, 应力一下子释放, 土体回弹的最大数值达到 2mm/d 以上, 以后逐步趋于平缓, 这时抓紧浇捣这块底板, 并及时加

1 “止水板式”最终接头的原理

江中段的纵剖面如图 1 所示, 从总体工期考虑, 7 节管段制作分别在大、小 2 个坞内进行。E7、E6 管段在大坞制作, 从浦东侧开始往浦西侧先期进行沉放; E1、E2、E3、E4、E5 管段在小坞制作, 在后期从浦西侧开始往浦东侧按序沉放, 这样需在 E5 与 E6 管段之间建造一个最终接头。由于 E5 和 E6 管段坐落在不同龄期的砂基础之上, 需要最终接头具有一定的柔性, 允许 E5 和 E6 管段之间可以有差异沉降发生。为此, 把长度为 108m 的 E6 管段分成三部分:

[收稿日期] 2003-09-02

[基金项目] 上海市建设技术发展基金项目“上海外环线泰和路沉管隧道关键技术研究”(编号 20000112)。

[作者简介] 潘永仁(1965—), 男, 浙江东阳人, 香港建设(控股)有限公司高级工程师, 博士, 上海市政立路 1588 弄 21 号 502 室 200434, 电话: (021) 55396100

载, 使该点的回弹数值逐步回落, 至底板混凝土结束最大的回弹数值为 12.7mm, 小于允许值 20mm。

5.2 以测试数据为依据, 及时调整施工方案

挖深坑时, 个别地方坑外水位降低较快, 达到 40~50cm/d, 究其原因, 该处地下连续墙有渗漏水现象, 暂停抽水, 对连续墙进行修补, 避免了地面进一步沉降。

由于爆破产生的震动波速大于 25m/s, 为使地铁隧道免受爆破影响, 所有混凝土支撑采用人工凿除。