

隧道半盖挖法长距离平行下穿既有国道低影响 施工技术研究

陈春华

腾达建设集团股份有限公司 浙江 台州 318000

摘要：本文以杭州至富阳城际铁路工程土建施工SGHF-9标段为例，在拆迁受制约路段，在平行基坑方向设置盖板，保障保通道路通行和作为基坑施工便道。通过半盖挖法基坑开挖与支护仿真模拟、隧道半盖挖法低影响开挖施工技术、隧道半盖挖法施工安全监控与分析三个方面展开，研究在基坑两侧通行的重交通道路中间半盖挖施工，并有效控制基坑变形和周边沉降。

关键词：隧道半盖挖法；支护仿真模拟；采取的降水措施；快挖快撑快筑；监测信息化

引言：随着社会经济的发展和汽车保有量的增加，原有平面交通体系受到巨大挑战，道路两侧巨量建、构筑物拆除成本过大，同时为了更好地保护土地资源，以隧道、地下轨道交通工程、高架桥梁等立体式交通工程不断涌现。杭州地铁也因运力巨大，不占用地面空间而得到快速发展。但本工程地铁因国道无法断路施工，为保证国道通行，需设置盖板，给本项目带来了巨大的施工难度。

1 项目概况

杭州至富阳城际铁路工程土建施工SGHF-9标段包括：科-受风井~受降站明挖区间、受降站及附属工程，造价约11.7亿。

本文分析距离房屋最近的节段，长约30m，位于科-受风井~受降站明挖区间中部，主体结构采用单箱三层钢筋混凝土矩形框架结构，地下一层为隧道、二层为架空层、三层为地铁明挖区间。中间廊道宽1.5m，标准段结构总宽度约31.5m，开挖深度约22m，围护结构采用1.2m钻孔咬合桩、内支撑采用“两道钢筋砼支撑+三道钢管支撑”的混合支撑体系，采用半盖挖顺作法施工。

该段盖板位于基坑南侧，平行于南侧保通道路，宽度约10m，长约136m，采用40cm厚C35混凝土，采用双层HRB400 ϕ 25@150 \times 150网片，盖板下采用支撑梁和600 \times 600格构柱支承。盖板主要用于施工便道，局部作为保通道路。

1.1 水文地质条件

半盖挖段主要位于①层填土层、⑨层圆砾、(11)层碎石土层、(15)层碎石土层，部分位于(22)层风化基岩及(31)层风化基岩。

本工点地表水体主要为上宋溪，为山溪性溪流，平常溪沟中水较浅，主要为生活废水等，雨季时受地表汇水影响，水位暴涨。

1.2 周边环境情况

原320国道采用双向六车道主路+辅路形式，为一级公路标准，兼顾城市道路功能，车流量较大。六号隧道投影面位于国道中间，盖挖段影响范围内建筑为民房，沿320国道坐落，建筑围护结构外边线最小距离不足10m，为5层浅基础钢筋混凝土框架结构。

基坑两侧管线距基坑从近到远依次为：给水、雨水、污水、燃气、通信、电力，位于保通道路下方，距离基坑约2~9m。

2 仿真模拟

2.1 半盖挖法基坑开挖与支护仿真模拟

2.1.1 数值模型与材料参数

(1) 数值模型

依据《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013^[1]基坑工程影响分区及监测范围相关规定，拟定模型的尺寸为30 \times 33 \times 22m（长 \times 宽 \times 高），网格划分原则为基坑附近密集，远处稀疏。

(2) 模拟基坑施工过程工况，按支撑位置设置

(3) 相关假定

①考虑降水，故计算不考虑地下水作用影响。

②对支撑进行了一定的模型简化，不考虑混凝土系梁间的影响。

③简化了开挖顺序，不考虑分区开挖带来的影响。

2.1.2 建模与计算

(1) 基坑x方向变形图（仅考虑受力和变形最大位置的情况）

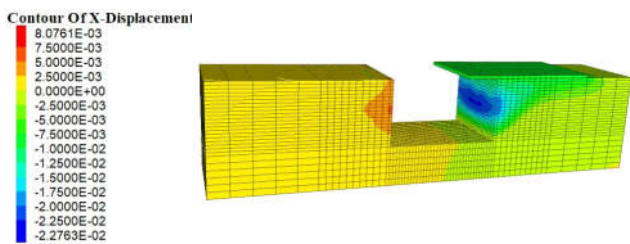


图1 开挖至基底时基坑x方向位移图

根据图1建模计算可以得出基坑最大侧向位移为22.7mm, 发生在右侧围护结构的第三道支撑位置, 左侧围护结构侧向位移明显最大仅为8mm。左右两侧围护结构x方向位移差异大主要原因是右侧地表存在较大车辆荷载与建筑荷载。

基坑侧向位移相对较小, 因此周边地面的沉降和水平位移也相对可控。

(2) 围护结构位移 (效果放大100倍)

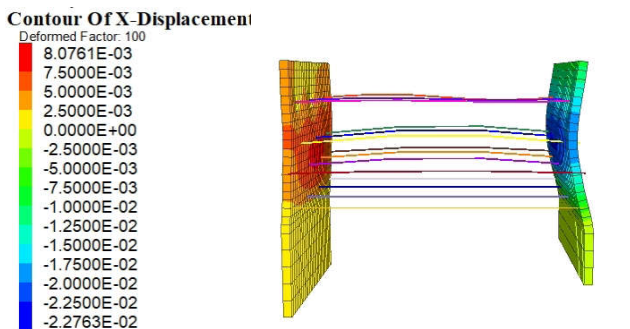


图2 开挖到基坑底部围护结构x方向变形云图

对模型进行一定的简化, 仅考虑开挖至基底变形最大的情况。

根据图2围护结构最大水平位移处出现在第三道支撑混凝土与第四道钢支撑之间, 约为23mm。

在有钢筋混凝土支撑和钢支撑附近, 围护结构的水平位移量明显变小, 这说明钢筋混凝土支撑和钢支撑在限制基坑变形的作用上发挥了重要作用。

2.2 确定主要工艺

为了确保本试验段顺利进行, 根据模拟分析结果, 采用了分层抽条开挖法。在每一抽条内采用先挖核心土的盆式开挖法, 以减少基坑无支撑暴露时间, 在坑内加强降水和排水, 同时为确保通道和房屋建筑的安全, 坑外设置的降水以应急降水为主。开挖期间加强各工序衔接, 减少基坑及坑底暴露时间, 开挖到位后第一时间施作混凝土支撑和结构板, 以减少基坑变形。

3 隧道半盖挖法低影响施工技术

项目基坑工程整体采取快挖、快撑、快筑等方式, 通过紧凑的施工组织安排和流水施工方式, 在时间上减少基

坑变形累积, 在空间上通过支撑和结构约束基坑变形。

3.1 采用的围护结构和支撑概况

基坑围护结构采用1200mm钻孔咬合桩, 基坑内支撑采用“钢筋砼支撑+钢管支撑”的混合支撑体系。回筑阶段支撑随主体结构回筑逐层拆除, 并视基坑变形情况设置钢支撑换撑。

其中混凝土支撑采用C35钢筋混凝土, 第一道钢支撑 $\phi 609\text{mm}$, 其余采用 $\phi 800\text{mm}$, 壁厚 $t = 16\text{mm}$ 。

3.2 采取的降水措施

本段基坑主要位于砂卵石层, 局部位置为中风化基岩, 坑内降水砂卵石层主要采用管井降水方法, 降水深度宜控制在开挖面下1m, 基岩处采用明排方式抽排地下水, 坑外为应急降水井。降水过程中注意降水对周围环境的影响, 加强监测, 必要时采取坑外回灌等措施, 确保基坑及周边建筑和管线的安全。

3.3 主要开挖工艺

当基坑开挖前的准备工作已经就绪, 围护结构已经达到设计强度, 降水已经达到设计预期效果后开始进行基坑开挖。

在开挖过程中掌握好“分段、分层、分步、对称、平衡、限时”要点, 遵循“竖向分层、纵向分区、横向分块开挖, 先支后挖”的原则进行基坑抽条开挖, 快挖快撑。采用台阶式土方开挖, 随挖随撑。每抽条内在条状基坑中挖核心通道的方法, 即每一开挖段内采用“盆式”土方开挖法, 既先挖核心土, 保留围护结构两侧土方用于平衡侧压力, 再挖除两侧土方, 以减少土方无支撑暴露时间和减少围护结构变形量。这种开挖方式的优点是围护结构的无支撑暴露时间短, 可利用两侧留土减少围护结构的变形。

基坑采用多级放坡开挖方式, 纵坡坡度不宜大于1:1.5, 应对纵向坡度进行人工修坡。基坑上部采用挖掘机直接挖掘, 中部和深基坑处采用挖掘机翻土、挖土, 码头吊负责土方的出土、装运; 基坑底面以上30cm厚土方采用人工开挖。

3.4 支撑施工

考虑基坑的“时空效应”, 台阶法开挖至支撑深度时立刻架设支撑或浇筑混凝土支撑。对支撑安装实行限时, 每段开挖到位后混凝土支撑应在3d内完成浇筑, 钢支撑在8h内安装好并按照设计要求轴力施加预应力。

钢支撑施工时对地墙变形和地层移动等进行监测, 信息化施工。在第一次加预应力后12h内观测预应力损失及墙体位移, 并复加预应力至设计值。当昼夜温差过大导致支撑预应力有损失时, 应立即在当天低温时段复加

预应力至设计值。

墙体水平位移速率过快超过警戒值时,可在设计容许范围内适当增加支撑轴力以控制变形或另外增加应急钢支撑。

4 隧道半盖挖法施工安全监控与分析

通过对隧道及其近接构筑物,布置沉降、地下水

位,裂隙、位移等监测布点,实时监测施工过程中周围环境变化,确认隧道开挖对保通道路影响,核对所有变形量均在可控范围,确保基坑、道路、周边建构筑物安全。

4.1 半盖挖段监测情况

(1) 试验段测点最大变形情况如下:

表1 沉降及变形数据(单位: mm)

日期	2019/11/1	2019/12/1	2020/1/1	2020/2/1	2020/3/1	2020/4/1	2020/5/1	2020/6/1
各点名称	累计沉降	累计沉降	累计沉降	累计沉降	累计沉降	累计沉降	累计沉降	累计沉降
地表沉降								
DBC32-1	-2.3	-3.42	-2.77	-4.4	-5	-3.74	-8.11	-9.65
DBC33-3	-7.01	-13.64	-10.34	-15.63	-14.9	-13.95	-15.77	-16.05
DBC93-3	0.12	-4.22	-8.58	-9.34	-7.75	-14.31	-18.33	-17.28
DBC94-3	-0.34	-1.65	-4.73	-8.62	-9.58	-14.69	-10.81	-13.21
管线								
GXC-WS39	-3.97	-0.59	-1.86	-2.24	-6.84	-7.2	-11.78	-11.34
GXC-YS82	-2.38	-2.42	-2.21	-3.37	-8.5	-10.88	-10.09	-10.53
GXC-DL103	-1.01	-5.99	-5.32	-5.36	-4.23	-7.55	-8.56	-9.12
GXC-GS46	-0.22	-2.66	-3.27	-3.26	-6.34	-7.77	-9.47	-9.68
GXC-GS48	-12.99	-11.36	-7.8	-8.72	-10.36	-10.6	-13.3	-14.22
GXC-RQ106	-2.75	-6.61	-7.39	-5.78	-8.05	-10.52	-13.22	-12.58
GXC-RQ107	0.82	-0.68	-2.17	-2.26	-6.15	-8.45	-11.65	-10.63
建筑物								
JGC24-4	-3.71	-4.4	-1.23	-1.95	-3.58	-3.86	-4.25	-4.32
JGC24-5	0.25	-3.52	-4.22	-4.78	-4.84	-5.24	-5.32	-5.38
围护结构墙体深层水平位移								
ZQT91	6.52	9.65	12.34	12.74	14.53	13.26	15.69	14.82
ZQT92	4.37	7.34	9.54	10.26	16.04	18.57	18.06	17.43
围护结构立柱沉降								
LZC25	0.75	1.62	2.03	2.45	3.62	4.71	4.88	5.1
LZC51	-0.49	1.38	1.45	2.12	2.54	2.85	3.02	3.07
围护结构墙顶水平位移								
ZQS33	1.70	-1.43	2.56	3.34	3.00	1.78	0.93	1.19
ZQS91	-2.36	-3.09	-2.59	-2.66	-3.20	-2.11	-1.32	-1.22
ZQS93	-1.60	1.14	1.27	1.10	-2.69	-1.96	-1.28	-1.57
围护结构墙顶沉降								
ZQC91	1.14	1.68	2.23	3.65	5.8	6.89	6.93	6.77
坑外水位变化								
DSW03	-105.4	110.0	-251.0	-291.0	87.0	127.0	-39.0	-61.0

(2) 裂隙情况

根据日常巡视情况,由于基坑整体变化较小,基坑周边硬化区域无明显裂隙产生和发展。

4.2 监测结论

数据分析:累计变形远小于预警值。通过采用了先挖核心土的盆式开挖方法,缩短了基坑无支撑暴露时间,通过及时架设支撑以及紧凑的施工组织步序、采取的其他保障措施,有效地降低了基坑开挖的变形风险。

监测结果：未发生预警、报警。在施工期间内，基坑经受了不断变化的重载、动载、坑边0.7倍范围内大量房屋等不利因素影响。基坑及周边重要管线、民房等建筑物构筑物均变形正常，始终处于安全可控状态。

结束语：根据从有限元分析模型，制定行之有效的开挖方案和其他措施，在施工中严格按方案实施，过程中通过监测来校核实施效果，证明了在重交通道路中央施工，只要施工方法、施工工艺选择恰当，过程实施得当，基坑变形是可以有效控制的。通过本工程开展，主要获得了以下经验：

(1) 验证了理论数据模型和现场实际工况基本吻合，在深基坑施工作业前进行相关模拟，可有效减少后期施工开挖带来的变形等风险。

(2) 验证了盆式开挖方式先挖核心土的适用性，能有

效地缩短基坑无支撑暴露时间，可有效降低基坑变形量。

(3) 验证了在近距离建筑物边进行深基坑作业，通过开挖、支撑、支护形式的优化及快速施工等措施的采取，是可以解决基坑变形和建筑物保护的问题的。

(4) 本项目是在大流量、重载交通下，利用盖板减少拆迁的一次成功尝试，能有效解决了当前市政、轨道交通工程普遍面临的场地不足等问题。

参考文献

[1] 地铁车站深基坑开挖与邻近建筑物相互影响分析[J]. 刘喆. 土工基础, 2024(03)

[2] 广州地铁某明挖段深基坑工程稳定性研究[D]. 苏钰钦. 兰州交通大学, 2022

[3] 深基坑水平位移监测数据及预测模型分析[J]. 马林. 江西建材, 2023(05)