

摘要：通过广州市轨道交通三号线北延线段同和站基坑连续墙的实地位移监测数据，对该地铁基坑的支护结构作用效果进行分析，提出了相应的基坑支撑设计优化措施，以及数据处理过程中误差的消除方法。

关键词：基坑；连续墙；位移监测；分析；误差消除

## 1 工程概况

广州市轨道交通三号线北延线段同和站位于广州大道北同和路段、同泰路和同大路以南，呈南北走向，站位处的路面现状为路宽 40m 的 8 车道城市主干道。车站有效站台中心里程 YDK5-178.0，起点、终点分别为 YDK5-105.2 和 YDK5-557.1，外包全长 451.9m，其中存车线及折返线长 284.2m，车站标准段宽 19.5m，基坑自南往北由 17.1m 加深至 26.9m。

本工程主体结构基坑除 YDK5-(421.1~537.8) 段采用盖挖法施工外，其余均采用明挖法施工，采用“地下连续墙+支撑”支护形式，连续墙厚 800mm，嵌固深度为进入基坑底面花岗岩残积土、全风化土层不小于 6.5m，进入强、微风化层分别不小于 3.5m 和 1.5m，其中南端因设计变更采用吊角墙施工。混凝土冠梁截面 1200×1000，围檩为 800×800 钢筋混凝土腰梁；明挖段第 1 道支撑采用钢筋混凝土支撑（800×1000），盖挖段第 1 道支撑改为钢筋混凝土盖板，其余均采用钢支撑（f 600，t=14mm）。

车站范围内无断层通过，地质构造较简单。主要工程地质评价如下：①第四系地层较差，分布有淤泥质土和砂层，砂层具轻~中等液化；②花岗岩、花岗岩片麻残积土层及全、强风化带，遇水易软化、崩解，对明挖基坑有一定的不利影响。勘察揭露的地下水位埋藏较浅，稳定水位埋深为 2.6~3.6m。本段松散岩类孔隙水主要赋存于冲积~洪积层，砂层分布范围内地下水较丰富；本段块状基岩裂隙水主要赋存在花岗岩和变质岩强风化带中，地下水富水性不强。地下水对混凝土结构无腐蚀性，但对钢筋混凝土结构中的钢筋和钢结构有弱腐蚀性。

## 2 基坑位移监测布置方案

本基坑开挖深度 17~25m，属深基坑范畴，按照相关规范，本基坑设计安全等级为一级，变形控制保护等级为特级。根据周边环境状况，监测重点为基坑支护结构及周边环境，参照施工图的要求，本基坑监测内容确定如下：①围护结构周边土体的侧向变形；②围护墙体的变形（测斜）；③支撑轴力；④基坑周围地面沉降；⑤围护墙顶水平位移；⑥基坑周边地下水位；⑦周边建筑物的沉降、倾斜。其中连续墙变形和支撑轴力是该工程监测的重点内容。

### 2.1 连续墙的变形监测

(1)采用 CX-01 型测斜仪对支护结构及土体进行监测，精度 0.1mm，材料为  $\Phi 70$  的 PVC 管。在地下连续墙中埋设测斜管时，将其现场组装后绑扎固定在钢筋笼背土面上，绑扎间距不大于 1.5m，且保持管体干净、通畅和平直，管底宜与笼底持平或略低，随钢筋笼一起放入槽内并浇筑在混凝土内，浇筑前应封好管底盖并在测斜管内注满清水以防止在浇筑时浮起，并检查接头处密封情况，防止水泥浆渗入。测斜管应露出冠梁顶部约 10~20cm，做好孔口保护，用镀锌管焊接在钢筋笼上，并用堵头封住，镀锌管与测斜管之间用水泥砂浆填满。

(2)对于北端盖挖段，由于盖板完成后将恢复路面交通，在施工段回填后对该段测斜管驳接引至路面上并采取保护措施，防止车辆行驶造成其破坏。对于南端吊角施工连续墙，测斜管长度进行相应调整，其底部以与吊角处连续墙钢筋笼底持平为准。

(3)测试时保证测斜仪导轮在导槽内，轻轻滑入管底待稳定后每隔 50cm 测读一次，直至管口，得各测点位置上读数  $A_i (+)$ ；然后测斜仪反转 180°，重新测试一遍，以消除仪器的误差，得各测点位置上读数  $A_i (-)$ 。第 1 次测试（基坑开挖前）时每个测斜孔至少测试 2 次，取其平均值作为初始值。第 i 次量测值取  $A_i (+) - A_i (-)$ ；变量=本次测量值-上次测量值；本次位移  $\Delta S = K \times$  变量（ $K=0.02$ ）（mm）；第 i 点绝对位移为各测点相对于孔底测点的位移。

(4)量测后应绘制位移-历时、孔深-位移曲线，当水平位移速率突然过分增大时，应立即对各种量测信息进行综合分析，判断施工是否正常，并及时采取施工安全保证对策。

### 2.2 支撑轴力监测

(1)监测目的：钢支撑采用支撑轴力计来监测其支撑轴力的变化，从而了解围护及支撑体系因相应位置土体的挖除而承受的侧向土压力，分析围护体及支撑体系的稳定情况。



(2)测点埋设:对钢筋混凝土支撑梁,采用钢筋应变计进行测试,绑扎钢筋笼时进行埋设,在每个测试断面的上、下主筋上各焊接2只钢筋应变计,将导线引出。对钢管支撑,采用端头轴力计进行测试,将其安装架与钢支撑死端头对中并牢固焊接。在拟安装轴力计位置的墙体钢板上焊接1块250×250×25的加强垫板,以防止钢支撑受力后轴力计陷入钢板,影响测试结果;待焊接温度降低后,将轴力计推入安装架并用螺丝固定,必须注意轴力计与钢支撑在一直线上,各接触面平整,确保钢支撑受力状态通过轴力计正常传递到支护结构上。

(3)量测与计算:对混凝土支撑梁轴力的观测用频率仪可测试到钢筋计的振动频率,通过换算可得到钢筋计所受的轴力。根据钢筋与混凝土共同工作、变形协调的条件求得混凝土支撑梁的轴力。基坑开挖时用频率仪测试钢支撑的应变,再用弹性原理即可计算钢支撑的轴力。

(4)根据轴力值绘制轴力-时间变化曲线图。

### 3 位移监测成果分析

位移监测能很好地指导地铁施工并起到积极的预警作用,在实际施工中应引起足够的重视,因此对每次监测采集到的数据必须进行科学的处理分析。根据图1可以分析该连续墙体的位移变化及钢支撑的支撑效果。

(1)通过对连续墙为期近5个月的位移监测,发现初期浇注圈梁时基本无水平位移,后期浇注地板后最大累计位移发生在10m深的位置,累计水平位移偏向基坑外侧36mm。

(2)在圈梁下2m位处设置钢筋混凝土支撑来抵御连续墙因土体侧压力产生的位移变形,该处最大位移小于2mm,证明效果良好,相应的轴力测试也说明了这点。

(3)第1道钢支撑设于8m深处,其作用相当重要,从图1可见此次开挖后位移较以前有很大变化,位移最大达到约10mm,并有向基坑内侧发展的趋势。

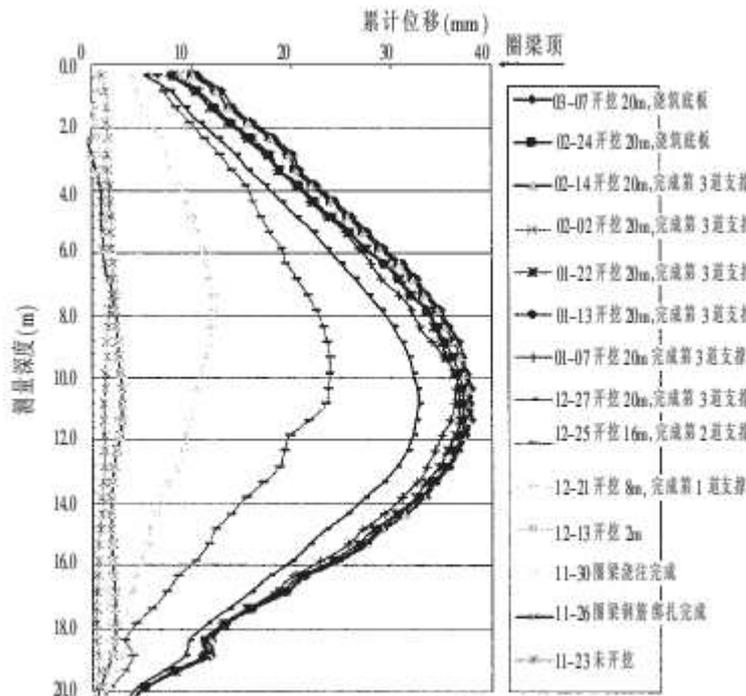


图1 连续墙某处在不同工况下的位移曲线

(4)第2道钢支撑设于16m深处,此时连续墙从下到上的水平位移呈抛物线型变化,最大位移发生在11m深处,最大达20mm,可见此处的支撑相当重要。

(5)第3道钢支撑设于20m深处,开挖到20m时测得位移曲线呈平滑的抛物线型且进一步发展,在地板浇注后连续墙侧向位移基本变化稳定,最大位移约为35mm,但未随时间的推移而继续发展。



(6)从图 1 可见基坑位移最大集中在 8~14m 的深度段,而连续墙底部和顶部位移变化则很小。另外在 18~20m 深度处位移曲线出现转折,这是因地质资料揭示该处土质较坚硬,存在微岩层而导致。

#### 4 结束语

通过对该基坑连续墙沿深度的位移变化曲线的分析,认为此基坑支护设计应注意加强 8~14m 深度处的支撑体系,密切关注这道支撑的轴力变化情况,十分重视各监测项目初读数的准确性,基坑开挖前所得的数据是判断施工安全的基准点,测读的数据应尽可能在现场整理分析,在数据处理过程中应注意消除误差,尽快将结果提交给施工单位和项目决策部门,真正起到指导施工和安全预警方面的作用。

#### 参考文献

- [1] 李明峰,卜建阳等.基坑支护结构深层位移监测数据处理方法研究[J].江苏测绘,2002(12)
- [2] 夏才初,李永盛.地下工程测试理论与监测技术[M].上海:同济大学出版社,1999
- [3] 陈忠汉,程丽萍.深基坑工程[M].北京:机械工业出版社,1999
- [4] 江权,谭松林等.深圳地铁罗湖车站深基坑位移监测结果分析[J].安全与环境工程,2003(9)

