

车站地下方厅浅埋施工中监控量测技术

王敦诚^{1,2}, 胡方田³

(1. 中国地质大学 北京 工程技术学院, 北京 100083; 2. 中国核工业地质局, 北京 100013; 3. 中铁 16 局集团第二工程有限公司, 北京 100018)

摘 要 根据以往地铁施工经验, 结合北京城市铁路东直门车站地下方厅工程实际施工情况, 用有限元分析法分析地表位移, 对围岩受力进行监控, 根据结果指导施工, 保证施工安全。

关键词 浅埋 地下方厅 监控量测 受力检测

中图分类号: U455.4 文献标识码: B 文章编号: 1000-3746(2003)S1-0099-03

北京城市铁路东直门车站地下方厅为目前国内最大的平顶浅埋暗挖结构, 该工程施工过程中的监控量测方法、结果及施工过程中围岩受力的测试结果对今后施工类似工程具有很重要的借鉴意义。

1 工程概况

北京城市铁路东直门车站地下方厅位于东直门立交桥下, 城铁东直门车站的南端, 北侧通过换乘通道南段与车站相连, 西侧通过南北两条连接通道与环线地铁相连, 南侧通过风道连接到风亭。地下方厅南北宽 24 m, 东西长 35 m, 矩形框架结构, 顶板覆土厚约 11 m 左右。工程所处地区工程地质条件差, 地层分布自上而下分别为: 粘质粉土、粉质粘土、素填土、杂填土、粉细砂、中粗砂、粉质粘土。顶部填土层结构松散, 土体自稳能力差, 在施工过程中, 由于地应力平衡受到破坏, 同时受地下水的影响, 可能产生坍塌、流沙、涌水、潜蚀等工程问题。另外该地区地下管线众多, 地面为交通枢纽, 车流量大。根据以上情况, 工程施工采用暗挖分步开挖法, 先上导洞, 后下导洞, 待全部土体开挖完毕后逐步拆除支撑, 做边墙、顶底板和梁柱。

2 监控量测技术

2.1 理论量测分析

采用日本软脑公司的 2D- σ 岩土分析软件计算。计算范围取方厅两侧各 50 m, 向下计算到绝对标高零点。对计算范围进行网格划分, 计算中用梁单元模拟初期支护、钢支撑和柱, 用块体单元模拟顶

板、边墙和底板。

2.2 地表位移分析

通过上述模型的计算, 分别给出了地表的各个施工阶段的沉降曲线图。如图 1 所示, 方厅的结构中心作为横坐标零点, 地表线作为纵轴零点。

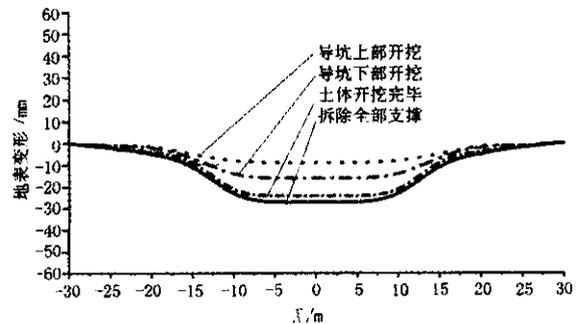


图 1 各施工阶段地表位移

由此可以看出, 由于方厅施工造成应力重分布从而引起的地表的沉降量为 27 mm 左右, 沉降槽范围可达结构宽度的 1.4 倍左右。

方厅施工产生的地层沉降会使埋设在地层中的管线产生弯曲变形, 产生附加应力和应变, 超过容许值时, 管线就可能破坏。因此, 分析地层沉降对管线的影响, 应根据不同的管道类型, 根据其抗弯能力确定其允许曲率半径。地层沉降曲线的最小曲率半径, 可以通过下式来确定:

$$R = \frac{L^2}{18S_{\max}}$$

式中: R —— 地表沉降曲率半径, m; L —— 沉降范围; S_{\max} —— 横断面上最大沉降值, m。

收稿日期 2003-04-30

作者简介: 王敦诚(1975-), 山东莱芜人, 中国地质大学(北京)博士在读, 中国核工业地质局工程师, 地质工程专业, 从事岩土工程、地下洞室设计与施工工作, 北京市 762 信箱, dluncheng@bog.com.cn; 胡方田(1973-), 山东东营人, 中铁 16 局集团第二工程有限公司工程师, 地下建筑工程专业, 从事地下工程施工与管理工作, 北京市东坝。

根据以上的有限元分析结果,利用上式可估算地层沉降曲率半径为 地表沉降曲率半径约为 3560 m,地表下 4 m 沉降曲率半径约为 3250 m,地表下 7 m 的沉降曲率半径约为 2940 m。

根据方厅上埋设的管道类型和有限元分析结果判断是否需要采取加固措施。

为减轻方厅施工对其上管线的影响需要做以下工作:详细了解地下管线分布情况、管线材料、接头情况,分析允许变形值,如果管线的允许变形小于实际施工造成的变形,应该采取工程措施来保护管线,

比如可以采取托换加固的措施;施工过程中要进行现场监测,测试项目有地面和地下管线的沉降、土体水平位移、地下水位。通过监测、反分析法,指导工程进展,实现信息化施工。

2.3 施工监测

施工监测是保证施工安全的重要环节,整个施工过程贯彻“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测”的原则,实行信息化设计施工。

2.3.1 监测项目(见表 1)

表 1 主要监测项目

测量项目	测点布置	测量要求	测量断面间距
净空水平收敛量测	选择水平线上的 4 个点	变形速度 v (mm/d) > 10, λ ~ 2 次/天 $v \in 10 \sim 5$, 2 次/天 $v \in 5 \sim 1$, λ 次/2 天 $v < 1$, λ 次/周	间距为 10 m 左右
拱顶下沉量及底板隆起量测	初期支护和二次衬砌时均匀选择拱顶及底板上的 20 个点	变形速度 $v > 10$, λ ~ 2 次/天 $v \in 10 \sim 5$, 2 次/天; $v \in 5 \sim 1$, λ 次/2 天 $v < 1$, λ 次/周	间距为 10 m 左右
衬砌及钢筋应力量测	初期支护和二次衬砌时均匀选择拱顶及底板上的 20 个点	测量初期支护、二次衬砌及钢筋随施工过程的应力变化	选择 5 ~ 10 个典型断面
压力量测	初期支护 20 个点 二次衬砌 20 个点	测量结构施工及使用后围岩与地层的压力关系 测量结构施工及使用后初期支护与二次衬砌的压力关系	选择 1 ~ 2 个典型断面
地表沉降量测	沉降均匀选择地表的 40 个点	测量应在开挖工作面前方 H (H 为地面到结构底板的距离) 处开始,直至衬砌结构封闭、下沉基本停止时为止	间距为 10 m 左右
洞内观测	每次开挖后对开挖面进行观测,如发现地质异常应立即通知施工负责人进行处理;对已施工的区段每天至少观察一次,如发现结构开裂、突出等异常现象立即采取应急措施。		

2.3.2 监测项目说明

2.3.2.1 地表沉降观测

对所有暗挖项目周围地面沉降量进行观测。用水准仪进行观测,与初始数据进行对比分析,并绘出地面变形曲线图。测量频率见表 1,使用的仪器为水准仪、钢钢尺。

2.3.2.2 净空收敛量测

通过收敛仪量测暗挖项目侧壁间的相对位移,然后对收敛数据进行分析,来判断围岩的稳定性。

2.3.2.3 拱顶下沉观测及底板隆起量测

目的是监测暗挖项目拱顶下沉量和底板隆起量以判断支护效果,指导施工工序,保证施工质量和安全。量测方法为利用拱顶变位计或水准仪,钢卷尺对拱顶位移和底板位移进行观测,利用读数差系列数据组合,分析判断。从量测数据可以分析确认围岩的稳定性,尤其可以预报拱顶塌方。

2.3.3 监测方法

由于地下方厅地面为东直门交通枢纽,监控量测非常重要,针对混凝土路面强度大,即使拱顶沉降大,但不一定反应到混凝土路面的特点,我们采取钻

孔设置沉降钢筋的方法来解决,具体钻孔设置沉降钢筋做法见图 2。

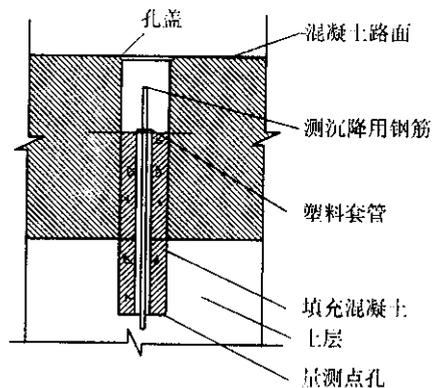


图 2 设置沉降钢筋做法示意图

2.3.4 监测结果(见图 3)

从变化曲线可以看出,小导管超前注浆效果较好,注浆形成拱效应明显,初衬结构上中下台阶封闭 2 天后,拱顶基本稳定;破除中隔墙时,原中隔墙受力重新分布到二衬梁柱上,虽然进行了初衬与二衬间同强度填充注浆,但仍可能有微小缝隙,其次因该沉降监控点布在梁与梁之间,方厅为平顶结构,梁间

顶板易下沉产生挠度,从而破除中隔墙时沉降较大。

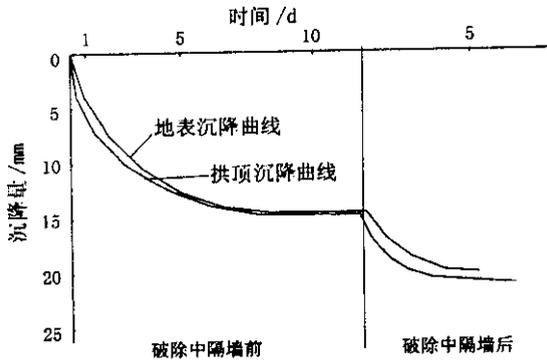


图3 地表及拱顶沉降曲线图

3 围岩受力检测技术

3.1 土柱及洞室周围土体破坏分析

计算结果给出了基坑附近的破坏接近度,反映了周围土体在施工过程中的承压能力。重点分析开挖导洞对中间土柱的影响。图4和图5分别为导洞上部开挖完毕和下部开挖完毕时中间土柱和周围土体的破坏接近度。图中深色代表可能造成土体破坏的区域。

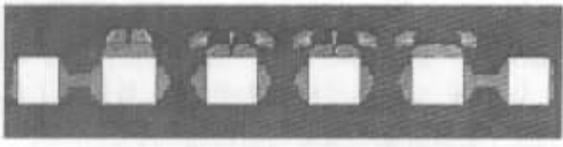


图4 开挖上导洞完毕时洞室周围土体破坏接近度

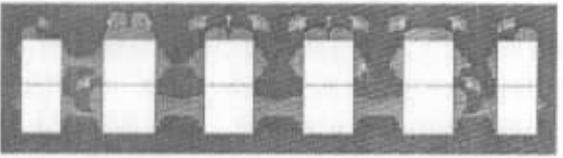


图5 开挖导洞下侧完毕时洞室周围土体破坏接近度

由图4和图5可以看出:导洞开挖时中间土柱会局部出现塑性,可能出现局部破坏,从而引起土体

的应力重分布,因此在开挖过程中注浆是必要的。结构主要位于粉细砂和中粗砂之间,在开挖过程中应注意保持土体的稳定,注意监测,从而防止土体局部失稳发生。

3.2 实地检测

3.2.1 元件埋设

架设格栅后,在格栅顶部埋设JXY-4型土压力传感器和JXG-1型钢筋应力传感器,用铁丝固定,然后喷射混凝土,本工程测试元件共设6组,分别置于3-1、3-2、3-3、3-4、3-5、3-6导洞顶部。

3.2.2 测试结果(见表2)

表2 测试结果

位置	钢筋受力/kN	土压力/kPa	钢筋应力幅值/kPa
3-1	93.4	36.5	20.5
3-2	88.6	30.3	21.3
3-3	90.2	32.1	22.7
3-4	91.7	31.4	17.4
3-5	85.3	29.8	16.5
3-6	86.8	32.7	18.6

3.2.3 测试分析

以方厅3-1导洞作为分析对象,测得拱顶的静止土压力值远小于开挖前的自重应力(自重应力 $\sigma = 19.6 \times 11 = 215.6 \text{ kPa}$),说明隧道在开挖过程中,由于采用了超前小导管注浆技术及初期支护的支撑作用,使得拱顶受力状态发生了变化,出现了拱效应。

4 结语

本工程施工过程中由于采用了先进的监控量测技术,有效地控制了地表及拱顶下沉,确保了工程施工的顺利安全进行,对今后类似工程的施工积累了经验。