

城区顶管施工工艺探讨

叶耀东,唐益群,叶为民

(同济大学,上海 200092)

[中图分类号] TU94⁺1

[文献标识码] B

[文章编号] 100228498(2002)0120034202

Discussion of Pipejacking Construction Technique in Urban Area

YE Yao2dong, TANG Yi2qun, YE Wei2min

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

淮阴某发电厂循环水压力管共 2 根,采用地下顶管方式施工。顶管(DN=2000mm,DW=2040mm)起始中心轴线标高为 51000m,终点 51225m。单根顶管长 225m,管线坡度为 1‰,为斜距离钢管,两管中心间距为 2800mm,顶管上部覆盖层厚度仅 4m 左右,沿途穿越密集的居民房和交通干道,对地面沉降控制要求很高。

1 施工区域水文地质情况

施工场地地貌属黄泛冲积平原,地势平坦,地面标高在 10m 左右,场区地层分布较稳定,具体分以下几层:杂填土,由煤渣、煤灰、碎石及前期施工的建筑垃圾混合而成,土质不均,结构松散;粘土,土质较均匀,中等压缩性,厚度较大,工程地质条件好,推荐承载力 $f=180\text{kPa}$,顶管主要顶进线路从该层穿过;粉土,土质较均匀,夹粘土,局部与粘土层呈互层状,含水量较大,扰动后强度较低。

2 顶力计算及中继环布置

顶管顶进主要通过克服工具管正面阻力及管段周边摩阻力来实现,当千斤顶顶力不足以克服该阻力时,需通过中继环接力来加以补充。

2.1 顶力计算

钢管顶力通常按下式计算:

$$F_k = \frac{1}{4} \mu D_1 \left[2H + (2H + D_1) \tan^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) + \frac{G_k}{D_1} \right] L + N_F$$

式中: F_k ——顶力的标准值(kN);

μ ——顶进时,管道表面与周围土层之间的摩擦系数,根据土的类别和不同含水量,钢管采用 0.13~0.15,本文取 0.14;

——土的重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

D_1 ——管道外径(m);

H ——管道顶部以上覆盖层厚度(m);

α ——管道所处土层的内摩擦角标准值(°),本文按土工试验资料取 17° ;

G_k ——单位长度管道自重标准值(kN/m);

L ——管道的计算顶进长度(m);

N_F ——顶进时,工具管迎面阻力标准值(kN),本文按

网格挤压公式: $N_F = \frac{1}{4} D_1^2 R_1 + \frac{1}{4} D_1^2 R_2$ 计算

(其中: R_1 为工具管正面阻力(kN/m^2), R_2 为局部气压标准值(kN/m^2),为网格截面参数,取 0.16~0.110,本文按 0.18 计算)。

具体计算如下:

因该顶管主要穿越粘土层,根据地质勘察资料,该土层的主要物理力学指标为: $\gamma=20.11\text{kN/m}^3$, $\alpha=17^\circ$,覆盖层 $H=4\text{m}$, $R_2=60\text{kN/m}^2$ 。经计算,顶力 $F_k=40841\text{kN}$ 。

由于该顶力过大,本工程采用触变泥浆减阻,顶力计算如下: $f_k = D_1 f_1 L + N_F$ (式中: f_1 为触变泥浆中管壁与土的平均摩阻力(kPa),本文按 $f_1=7\text{kPa}$ 计算)。

实际顶力 $F_k=10553\text{kN}$,根据地质情况及水泥挡墙的承载能力,后座顶力应控制在 8000kN 以下,二者差值需通过中继环接力来加以补充。

2.2 中继环布置

采用上海市基础工程公司研制开发的中继接力环,每道环安装 28 只 250kN 千斤顶,最大顶力为 7000kN。因此,需增加 1 道中继环才可满足设计顶力要求。该道中继环放在距工具管头部 35m 处。

3 施工技术措施

3.1 穿墙管附近设置深井降水

根据地质勘察资料,顶管工作井位置处为 1 层含水量丰富的粉土层。在工作井土方开挖至地面以下 7.13m 时,开始进行钢筋混凝土底板的施工。同时,在穿墙管附近底板处设置集水井(“600mm、深 210mm”)2 只,由潜水泵将井水排出井外,有效降低地下水位,确保工具管穿墙时管内土体的干燥。

3.2 触变泥浆减阻

为减少管壁摩阻力,施工过程中采取触变泥浆减阻措施,结合中继环的顶力与施工区域的地质情况,第 1 道补浆孔设置在距工具管头部 25m 处,然后沿顶进方向每 45m 再设置 1 道补浆孔,随着浆液的压入(泵压控制在 0.119kPa 以下,

[收稿日期] 2002.12.20; [修订日期] 2001.20.21

[作者简介] 叶耀东(1974—),男,安徽安庆人,同济大学地下系研究生,硕士,助理工程师,同济大学地下系 76 信箱 200092,电话: (021) 65980935

期、质量等多目标函数,对具体情况进行优化分析,得出定量比较是今后的研究方向。

参考文献:

[1] 上海市建设委员会科学技术委员会. 地铁一号线工程[M]. 上海:上海科学技术出版社,1998.

[2] 夏明耀,曾进伦. 地下工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999.

[3] 施仲衡. 地下铁道设计与施工[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1997.

[4] 张炳华,侯昶. 土建结构优化设计[M]. 上海:同济大学出版社,1998.

稍大于地下水压力),管壁周围形成泥浆套,并迅速在土体表面形成泥皮,阻止浆液向土中进一步渗透,泥浆压力通过泥皮与土压力平衡,不使土体坍塌,利用触变泥浆的润滑作用,大幅度的减少了管壁与土的摩阻力,顶进结果与实际计算值相比,在粘性土层中管壁摩阻力减少到 5kN/m^2 以下,减阻效果十分显著。但由于该顶管具有覆盖层薄,净距小,1号管超前2号管514m左右以及两管的不同步顶进等特点,1号管的浆液穿至2号管工具头部,致使1号管的压浆量比2号管多 20m^3 左右。

313 勤测勤纠,避免顶进管道产生较大的侧向应力

顶管施工难免有顶进偏差。为此,顶管施工前,测量人员需将轴线及高程引入工作井内并作好记录。其次,在每个冲程顶进结束后再测量一次并及时将测量数据通知中央控制室指导纠偏,坚持“勤顶、勤测、勤纠”原则,不得大起大落。本次施工中的每次纠偏角度基本控制在 $10' \sim 20'$ 之间,最大纠偏角度为 $54'$ 。竣工测量结果表明,1号管轴线偏上10mm,偏右80mm,2号管轴线偏下33mm,偏右65mm(其中两管左右偏差根据设计要求尽可能偏向右侧,以减少对附近道路的影响),质量优良。

4 地表沉降原因分析及控制

411 地面沉降原因分析

该顶管位于淮阴市中心约1km处,沿途穿越密集的居民房和交通干道(按照设计要求沉降量控制在 $-2 \sim +1\text{cm}$),施工时沿每根管的轴线方向分别设置12只地面沉降观测点,通过这24只点的沉降数据和在该地层中顶进时可能产生的沉降原因等进行分析,制定适当的控制沉降方案。

(1)本工程采取人工干出土方式施工,由于顶进速度与

出土量不相协调,造成的超量出土引起地面沉降。

(2)由于顶管主要穿越粘土层,考虑压浆的需要,故将泥浆套厚度设计为215cm。当工具管上下纠偏时,在工具头部刃脚处势必产生约510cm左右的空隙。为此,在工具头穿越的区域纠偏角度较大部位处,土体受扰动较大先隆起,几天后将发生较明显的沉降,最大沉降量为119cm。

(3)由于该顶管上部覆盖层较薄,而且局部区域为河浜填土。因此,压浆过程中泥浆泵压力过大时出现了地面冒浆现象,导致管外壁周围的泥水分离和水土流失,引起地面产生沉降现象。

412 控制地面沉降的施工技术措施

(1)采用局部气压法顶进,防止淤泥质土大量涌入管内,导致地面沉降。

(2)考虑大部分区域为粘土层,而且后座为水泥搅拌桩地基,为减少顶力对后座基础的影响,采取触变泥浆减阻措施。

(3)顶管结束后,通过原压浆孔向管壁周围注入泥浆,其中1号管壁周围压入由3000kg水泥,300kg膨润土及10000kg水配制而成的泥浆约 10m^3 。2号管为2000kg水泥,200kg膨润土及7000kg水配合而成的泥浆约 7m^3 ,两管压浆泵的压力均控制在 $0.115 \sim 0.125\text{kPa}$ 之间。后期竣工测量结果表明水泥浆的压入对稳固地基的效果十分明显。

参考文献:

- [1] 余彬泉,陈串灿.顶管施工技术[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [2] Ernest O. Doebelin. Measurement System2Application and Designs [M]. McGraw2Hill Book Company, 1983.
- [3] 马.谢尔勒.顶管工程[M].北京:中国建筑工业出版社,1983.