

46-18 地下连续墙为围护结构在地铁基坑开挖中的受力分析

张新江

张占宝

(上海浦东新区建管署·上海·200135)(上海浦东新区交建发展公司·上海·200135)

以地铁二号线浦东新区段杨高路车站围护结构的设计说明、施工方案及监测数据为依据,分析了地下连续墙作为围护结构在基坑开挖过程中的受力特点。

关键词 地下连续墙 围护结构 受力分析 地铁



岩土工程

1 工程概况

上海地铁二号线杨高路车站位于浦东新区轴线大道杨高路以东路段,西起杨高路,东至西华农场,车站全长 600.8 m,占地面积 13798.8 m²,车站由车站端头井及标准段 2 部分构成(图 1)。

车站的西端头井长 22.65 m,宽 29.04 m,基坑开挖深度为 15.9 m,车站标准段前部

分施工的平面尺寸为 21.34 m × 20.00 m,开挖深度 14.7 m,形状为矩形。

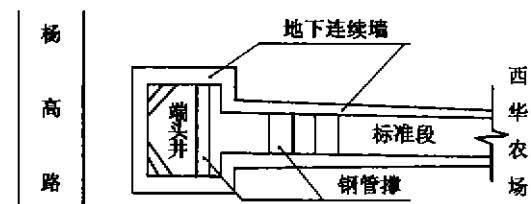


图 1 地铁二号线所处位置示意图

地层为高压缩性淤泥质粘土及粉质粘土(表 1),其中(5)及(6)层土受力状态较好。

表 1 各土层主要物理参数表

地层编号	土层	厚度(m)	层底标高	粘聚力 C(kPa)	内摩擦角 ϕ	容许承载力(kPa)
(1)1	填土	1.28	+2.32	18.2	17.0	
(2)1	褐黄色粘土	2.09	+0.23	4.7	20.6	120
(2)2	灰色砂质粘土	3.90	-3.67	12.3	9.5	100
(3)	淤泥粉质粘土	3.3	-6.97	12.3	7.3	70
(4)	灰色淤泥质粘土	7.7	-14.7	12.2	9.2	60
(5)1	灰色粘土	6.89	-20.5	14.6	7.3	80
(5)2	灰色砂质粘土	0.89	-21.6	19.0	9.2	120
(6)1	暗绿色粘土	1.8	-23.4	24.3	17.5	180
(6)2	灰色淤泥粉质粘土	6.6	-30.0	15.1	20.3	160

2 围护结构

该地铁车站的围护结构可分 2 部分,一部分为端头井,其围护结构由厚度 800 mm、槽幅宽 6 m 的地下连续墙和圆形钢管支撑组成,端头井设斜撑和直撑 2 部分,共设 4 道支撑。其中,第 1、2 道支撑采用 580 型钢管;第 3、4 道支撑采用 609 型钢管,在这 2 种钢管之

间设置一道钢砼圈梁支撑。端头井的墙体深度为 25.6 m,其开挖深度为 15.9 m。为了加强各幅槽段间的连接作用,提高围护结构的整体刚度,墙体顶端设置一道 0.8 m × 0.8 m 的钢筋砼圈梁。另一部分为标准段,其围护结构由厚度为 600 mm、槽幅宽为 6 m 的地下连续墙和 580 型圆形钢管支撑组成,支撑全部为直撑。此外,由于端头井直支撑的跨度

本文 1997 年 12 月收到,1998 年 3 月改回,王 梅编辑。

较大,为防止其变形过大,在其中间位置自下而上设置一水平支架支撑钢管。

3 基坑的开挖与支撑

基坑开挖分两段(东段和西段),并沿其长形方向进行,开挖时按 1:2 放坡。在每次开挖前,设置支撑,从开挖到底板完成浇筑所需工期为 4 个月,开挖前要满足几点要求。

3.1 井内降水

开挖前的半个月至 20 天内要在坑内进行持续降水工作,降水的滤管埋入开挖面以下 3.5 m 处的位置,按 10 m~15 m 降水影响半径设置滤网并加入粗砂作为砂滤层,其高度为 12 m。孔底至滤网底 1.5 m 范围做为砂井。

3.2 井点布置及观察孔设置

西端头井内布置 4 根井点,和槽壁的距离为 3.5 m 左右,在井的中部设置一个观察孔,以观察端部井口的降水情况;标准段两侧各设一排降水管,距槽壁为 4 m,两排管相距 1.5 m,在距槽壁 2 m 处设 2 个观察孔。

3.3 支撑的设置

土体开挖及支撑设置要严格遵照“先撑后挖,边撑边挖,不准超挖”的原则进行。每层土体开挖前,要求开挖至水平支撑的底部标高,待该道支撑设置后,方可开挖。当第 3 道和第 4 道支撑(特别是第 4 道支撑)设置完毕后,才可对第 3 和第 4 道支撑的土层进行开挖。由于第 2、3 道支撑之间设置了钢筋砼支撑,且土体直接被开挖,因而,在第 3 道支撑处架设钢管支撑后,才可对下部土体进行开挖。

为了加快施工进度,便于开挖的顺利进行,开挖期间采用了 2 种挖机。第 1 道支撑的土体采用 0.4 m 的反铲挖土机挖土,并在基坑内设置跑板,用反铲挖土机置于跑板的长度内挖土,待开挖深度达到一定的距离后,挖土机及抓斗在基坑周边的地面上挖土。在对支撑以下的土体开挖时,通过 1 m³/次抓斗、

挖机进行垂直挖土。此外,在端头井的西部铺设钢筋砼路面,以加强抓斗机对土体开挖提升的工作面。

4 计算说明

4.1 计算假定

(1)将连续墙及顶部圈梁作为整体结构来考虑。

(2)计算中,墙体外侧有作用的主动土压力和基坑下的水压力,内侧除了有设置的水平支撑力外,还有基坑土体因墙体变形产生的抗力,即被动土压力。

(3)墙内侧为开挖面,以水平基床系数模拟基土抗力,采用竖向弹性地基梁的基床系数法进行分析,并使用有限元法数值解进行。计算中,设基床系数随深度大致呈线性增加,并满足温克尔假定(见图 2)。

(4)对于水土合算和水土分算 2 种情况下,其所得墙体的内力大体相同。在水土分算,如摩擦角 ϕ ,粘聚力 C 的值取固结快剪峰值小些时,则所得的内力和变形偏大。

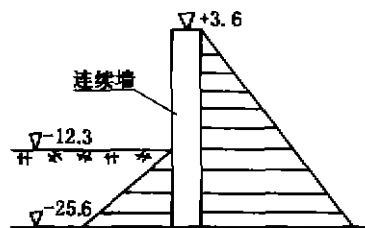


图2 基床系数随深度成正比关系

4.2 计算参数与支撑设置说明

(1)计算中,支撑设置如图 3 所示,支撑间的排距为 3 m。

(2)计算中土的 μ 通过 K_0 求得。

测得土的侧压力系数的平均值为 $K_0 = 0.43$,则:

$$\mu = \frac{K_0}{1 + K_0} = 0.3$$

E 取 1200kPa; C 取 15kPa; ϕ 取 10。

(3)采用有限元进行数值计算公式为:

$$|P| = |K| \delta$$

式中: $|P|$ 为计算应力; $|K|$ 为刚度矩阵; $|\delta|$ 为位移。

$|\delta|$ 值通过测定每道支撑的应变得到, 应变量为相对位移, 经换算得计算位移。

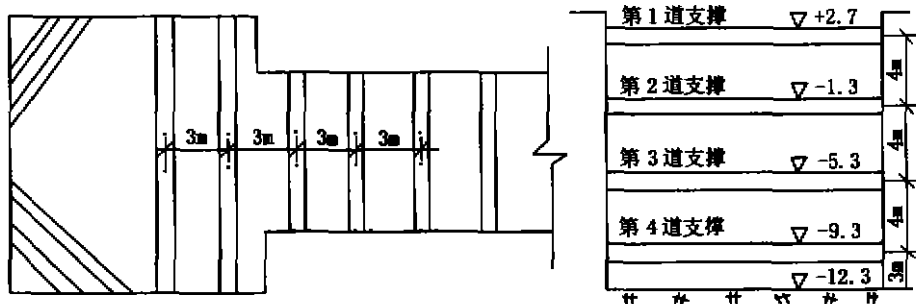


图3 支撑设置说明图

实际测定所选支撑的相对位移为:

	相对位移 (mm)	计算位移 (mm)
第1道支撑	5.0	2.5
第2道支撑	10.4	5.2
第3道支撑	12.6	6.3
第4道支撑	8.2	4.1

计算中的各道支撑被视为杆单元。

4.3 计算结果

通过计算, 得墙体轴力的理论计算最大值, 并与实测值进行比较, 结果如下:

	理论值 (kN)	实测值 (kN)
第1道支撑	1738	1553
第2道支撑	2152	1829
第3道支撑	2365	2083
第4道支撑	1608	1357

通过计算与分析可得结论:

(1) 墙体厚度在墙体变形的情况下, 对墙体轴力有一定影响, 由此可见, 通过增加墙体厚度的方法控制墙体的变形来改善墙体的受力, 其效果较明显。

(2) 支撑材料的不同对墙体轴力的影响较显著, 采用钢筋混凝土支撑来控制变形以达到改善墙体的受力, 其效果较好。但在支护中, 考虑到支护方便、材料周转以及砼拆除需爆破等较复杂的原因, 采用钢管支撑较为经济合理。

(3) 土力学参数, 如摩擦角、粘聚力以及基床系数选取的不同对墙体的变形和内力影

响极大, 尤其是基床系数 K 值直接反映了坑内土体的抗力。且它与坑内的井点降水及基坑加固等施工因素密切相关。

4.4 支撑轴力的现场实际测量与分析

在西端头井的每道斜撑和水平支撑上安装应力传感器, 以定期量测支撑轴力, 通过传感器可得到各水平轴力的变化规律 (见图4)。

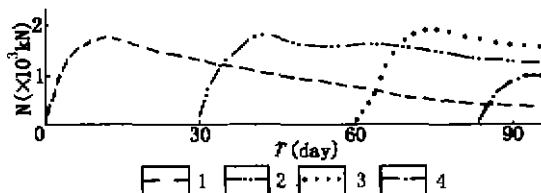


图4 各水平轴力的变化情况图

1—第1道支撑的受力情况; 2—第2道支撑的受力情况;
3—第3道支撑的受力情况; 4—第4道支撑的受力情况

从实测回归曲线中可知:

(1) 4道钢管支撑中, 轴力最大的为第3道支撑, 其轴力的最大值为 2365kN; 其次为第2道支撑; 最小的为第4道支撑, 其最小值为 1357kN。理论计算中, 最大的轴力发生在第3道支撑, 这和实测的情况较为吻合。相比之下, 第1道支撑的轴力值和计算中所得的较为接近。第3道支撑实测的最大轴力为理论计算的 13.5%。

(2) 第2道支撑设置受力后, 第1道支撑的轴力则有所减小, 但减小的幅度不大。在第3道支撑设置并受力后第1道支撑的轴力

将迅速减小,此时,第2道支撑的轴力将增加并达到最大值。实测表明:当挖土至基底标高时,围护结构中主要承担地层中水土压力的是第3道支撑和第2道支撑。

5 总结

上海市地铁二号线杨高路车站的西部已施工到地面,该工程的成功经验表明:采用地下连续墙及钢管(含钢筋砼)的支护体系,采用现场监测手段和开挖前的井点降水施工等技术方案和控制方法,能够取得较好的施工

效果,能够安全地对深基坑进行开挖和支撑。其施工方法和支护手段在地下建筑工程中所获得的经验和数据,对提高基坑的围护施工和结构设计具有较大的参考和借鉴价值。

参考文献

- 1 软土市政地下工程施工技术手册.上海市市政工程施工局编.1990版
- 2 叶书麟,等.基础工程学.北京:中国建筑工业出版社,1993
- 3 李永盛.钻孔灌注桩围护结构的变形实测研究.建筑施工,1994,4

THE ANALYSIS ON STRESS OF UNDERGROUND DIAPHRAGM WALL AS AN EXTERIOR - PROTECTED CONSTRUCTION IN EXCAVATING AND BRACING OF A PIT

Zhang Xinjiang, Zhang Zhanbao

On the basis of design description, construction method and monitoring data of support system of Yanggao subway station of Metro line 2 in the Pudong New Area, Shanghai. The support system and its mechanical behavior are studied in earth excavation of the pit, the discussion and analysis will be significant for earth excavating and bracing of a pit in soft soil layer.

Key words underground diaphragm wall, exterior - protected construction, stress analysis, subway

第一作者简介:



张新江 男,1963年生。1986年毕业于辽宁工程技术大学采矿系矿建专业,1989年于东北大学获采矿工程硕士学位,1995年在同济大学获岩土工程博士学位。1995年~1997年在上海浦东新区建管署从事工程监理。目前主要从事建筑工程项目管理工作。

通讯地址:上海市浦东川沙城南路627弄3支弄11号303室 邮政编码:200127

(上接45页)

EXPLOITATION AND UTILITY OF HEAVY CALCIUM CARBONATE

Zhang Shouwen

The situation of utility of heavy calcium carbonate was analysed from its main field of consumption. The development future of heavy calcium carbonate was discussed from technical progress and industrial development of consuming field. Economical and technical reference was provided for exploitation and utility of heavy calcium carbonate and developed products of processing factory.

Key words heavy calcium carbonate, paper - making filling, paper - making paint, volume paints, filling of rubber and plastics, quality index, consuming field



第一作者简介:

张寿稳 男,1956年生。1981年毕业于中南矿冶学院地质系矿产普查及勘探专业。1992进修非金属矿开发利用。现任冶金工业部华东地质勘查局地质研究所高级工程师,主要从事矿产品应用开发研究和地质找矿科研工作。

通讯地址:安徽省合肥市黄山路254号 冶金工业部华东地质勘查局地质研究所 邮政编码:230022