

文章编号: 1673- 9469(2011) 01- 0022- 03

超深地下连续墙施工

李慧霞, 鹿群, 原建博

(天津城市建设学院 天津市软土特性与工程环境重点实验室, 天津 300384)

摘要: 超深地下连续墙在地铁、隧道等地下工程中得到越来越多的应用, 其对垂直度、防水性能、稳定性等要求都较高, 因此, 施工难度较大。本文对其施工技术难点、施工方法以及新材料新工艺的应用进行了讨论。详细阐述了成槽垂直度的控制和工程中常采取的改善槽壁稳定性和接头处止水性能的措施, 并分析了 GFRP 筋、TRD 工法、TRUST 工法、CRM 工法优点及适用性。此外, 对超深地下连续墙墙身质量的检验尚存在的不足提出了建议。

关键词: 超深地下连续墙; 成槽垂直度; 槽壁稳定; 接头止水

中图分类号: TU 443

文献标识码: A

Construction of super deep diaphragm wall

LI Hu-xia, LU Qun, YUAN Jian-bo

(Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment, TIUC, Tianjin 300384, China)

Abstract: Super deep diaphragm wall is being used widely in subways, tunnels and such underground projects. It requires highly in perpendicularity, waterproof capability, stability, etc. So this brings about lots of difficulties in construction. Construction problems are introduced and discussed, including technology difficulties, methods, and the use of new material as well as new techniques. The control of trench perpendicularity is illustrated in detail, and the main measure is to choose proper construction machine and technology. The measures of improving the stability of slurry trench and the performance of joint waterproof are introduced. Besides, GFRP bar, TRD method, TRUST method and CRM method are introduced, and their outstanding advantages and applicability are given. In addition, suggestions are given about the deficiency in checking the quality of walls.

Key words: super deep diaphragm wall; trench perpendicularity; trench stability; joint waterproof

地下连续墙以其整体性好, 刚度大, 施工噪音小, 防渗性能好等优点, 越来越多地被用于超深基坑工程中。由于城市地下空间逐步向大尺寸、超深的方向发展, 地连墙技术也随之向超深超厚的方向发展。与此同时, 由于各地地质条件的差异, 以及不同的工程要求, 超深地下连续墙施工中出现了很多技术难题, 需要借鉴成功的施工经验, 不断学习新技术, 确保经济性和安全性的有机统一。

1 超深地下连续墙及其应用

地下连续墙作为支护结构和止水帷幕, 按稳

定性验算, 软土地层中, 嵌入基底以下的深度一般接近或大于开挖深度即可满足要求。基底以下土层物理力学性质较好时, 嵌入深度还可大大缩短。但很多工程中地连墙需要隔断坑内外潜水及承压水的水力联系形成可靠的隔水边界, 因此在原来的基础上增大入土深度。比如天津津塔工程以及天津站交通枢纽工程中, 设置超深地下连续墙都是为了满足隔断第二承压含水层的需要^[1-2]。

深度超过 40m 的地下连续墙, 施工时成槽垂直度、槽壁稳定、接头止水等的难度较一般地下连续墙大, 本文暂定为超深地下连续墙。

我国早在 1993 年小浪底工程中, 用作坝基右

侧防渗墙的地连墙深达 81.9m^[1]; 2007 年建成的武汉阳逻大桥采用了深 62m、厚 1.5m 的地连墙; 穿黄工程的地连墙深达 76.6m^[3]; 上海世博 500kV 变电站的地下连续墙深 57.5m; 上海轨道交通 4 号线采用了 65.5m 深的地下连续墙^[4]; 2007 年扩建的天津站交通枢纽, 地下连续墙深至 55m^[5]; 在建的天津市文化中心地下连续墙深 66~70m, 目前为天津软土地区最深。国外以日本发展较为迅速, 日本东京湾横断道路工程中, 研究开发了 3.2m 厚, 深达 170m 的超大型地下连续墙施工技术; 日本建设省关东地方建设局外郭放水路立坑, 地下连续墙深达 140m^[6]。

2 超深地下连续墙的施工要点

2.1 成槽垂直度的控制

成槽垂直度不仅关系到钢筋笼的吊放及整个地下连续墙工程的质量, 而且影响超深地下连续墙的受力性能, 对其后期的变形和位移也有不可忽视的影响。建筑地基基础工程施工质量验收规范(GB50202-2002)^[7]规定: 地下连续墙作为永久结构时, 垂直度需达到 1/300。而对超深地下连续墙的垂直度, 国家规范目前没有明确的规定, 王卫东等认为, 工程中一般要求达到 1/600^[8]。

施工工艺由单一的工法向多种工法相组合发展。天津站交通枢纽工程中, 采用液压抓斗顺序成槽的施工工艺^[5]; 上海世博 500kV 变电站地下连续墙^[9]施工采用“抓铣结合”的工法, 成槽效率提高, 且垂直度满足要求; 上海轨道交通 9 号线 R408 标中间风井, 地连墙深 49m^[10], 采用钻挖结合、二钻一挖的施工方案, 以导孔的垂直度控制成槽垂直度, 效果理想; 武汉阳逻大桥地连墙施工考虑到土层条件较复杂, 采用纯抓、纯铣、凿铣相结合的施工方法, 成槽垂直度控制较好。

2.2 槽壁稳定性的改善

超深地下连续墙施工中经常发生槽壁坍塌事故, 对人身和财产安全造成了不可估量的损害。因此, 槽壁稳定性的改善成为一个重要的技术问题。工程施工中, 一般对软弱土、埋深较浅的松散地层提前加固, 成槽之前试成槽, 控制泥浆液面与导墙顶的距离, 合理控制泥浆重度等。

当需穿过较厚的砂层时, 由于其透水性很强, 容易产生管涌、流砂等。可采用优质泥浆护壁, 适

当的提高泥浆的黏度指标, 或者考虑采用超级泥浆 SM^[2]。

2.3 接头处的止水措施

接头处的止水性能对超深地下连续墙正常使用阶段的性能影响很大, 工程实例表明, 可采取以下几个措施提高接头处的止水性能。

超深地下连续墙一般采用防水性能较好的刚性接头。十字板接头(如图 1 所示)、工字钢接头、H 型钢隔板式接头^[9]等刚性接头水流路径长、防水性能较好, 且能够较好地传递应力, 在超深地下连续墙中应用较多。

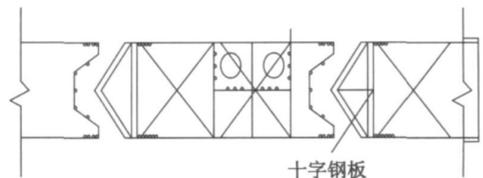


图1 地下连续墙十字型钢板插入式接头

Fig.1 Cross-shaped steel plate joint inserted in diaphragm wall

前期施工完成的槽壁泥皮必须清理干净, 保证高质量的刷壁效果, 否则很容易导致接头处接触不好, 外露处混凝土渗水。

在每个槽段的接缝位置内侧设置钢筋混凝土壁柱, 以延长接缝位置的渗流路径, 外侧采用高压旋喷桩加固, 增强接缝位置处的止水性能。在地连墙内侧设置内衬砖墙和导流沟, 疏排结合, 确保地连墙在正常使用阶段的止水功能。

3 新材料新工艺的应用

3.1 GFRP 筋在超深地下连续墙中的应用

Glass-Fiber-Reinforced polymer(玻璃纤维增强聚合物, 以下简称 GFRP) 是一种新型纤维复合材料。GFRP 筋轻质、抗剪能力较低, 越来越多地代替普通钢筋在盾构机掘进部位地下连续墙中应用。盾构机切削采用普通钢筋的地连墙时, 对刀具损坏较大, 施工效率低, 且容易引起土体的坍塌, 安全性和经济性都得不到保障。而 GFRP 筋以其独特的性能应用在地连墙盾构穿越区, 既不过大影响地连墙的受力性能, 又使得盾构机进出洞时直接切削地下连续墙掘进, 尤其在超深地下连续墙中应用较多^[11]。但 GFRP 筋抗弯变形能力较弱, 无法进行焊接等加工, 也致使其在施工过程中

有诸多难点。

1) GFRP 筋与普通钢筋的连接^[11-12]。GFRP 筋置于地连墙钢筋笼的最下端时用钢丝绑扎即可满足要求,但若下部还有钢筋,钢丝绑扎连接过于薄弱,采用钢丝绳卡扣连接。通过选择合理的卡扣数,能够提供足够的拉力,更安全合理。

2) GFRP 筋的吊装。为了保证整体刚度,一般在钢筋笼内插入特制的桁架、钢管、槽钢等,防止折断。桁架须保证钢筋笼稳固,还应拆卸方便,能够重复利用。

3) GFRP 筋变形和内力的监测。其弹性模量只有普通钢筋的 25% 左右,应加强对其变形的监测。通常采用贴应变片的方法监测内力和变形。

3.2 新工艺在超深地下连续墙中的应用

我国 08-09 年从日本新引进的 TRD 工法,主机液压马达驱动链锯式切割箱分段连接钻至预定深度,水平横向挖掘推进,同时在切割箱底部,注入挖掘液或固化液,与原位土体强制搅拌,形成水泥土地下连续墙,也可插入型钢以增加地连墙的刚度和强度。

TRUST 工法施工地下连续墙^[6]。采用液体护壁进行开挖,将挖掘出的土砂全部置换,清渣后向沟槽内填充止水材料,构造出超薄止水壁式连续墙。该工法采用专门的挖槽机械,并配有高精度位置管理系统,挖掘深度达 150m。通过改变墙体充填物的性能,可使止水墙体的渗透系数控制在 $10^{-6} \sim 10^{-9} \text{ cm/s}$ 以内,对于含砂层较厚的土层有很可靠的止水保障,较普通止水措施更加有效。对我国地连墙施工有很强的借鉴意义,也为超深地下连续墙未来的发展提供一个较好的研究方向。

CRM 工法^[6]与普通钢筋混凝土地连墙施工技术相似,但挖掘出的大部分土砂被制成混合浆体,重复利用。形成的墙体等厚,内插型材比较灵活,从而大幅度提高墙体的刚度和强度,以达到增大槽壁稳定性的目的。

4 超深地下连续墙的监测和检验

超深地下连续墙属超深隐蔽工程对周围环境影响较大,应做好监测工作。墙身侧移和周围环境的监测是超深地下连续墙监测的重点,应确保监测值低于相关规范规定的警戒值,并对变形和内力做出正确的预测。此外,墙段完成后,对墙身

质量进行检测,可采用钻孔取芯法或声波投射法。声波投射法不但可以检测墙身质量,还可以检验墙身混凝土强度。目前,深处墙身质量检验的报道很少,建议收集相关资料加以分析研究,以便采取有效措施保证超深地下连续墙墙身质量。

5 结论

1) 超深地下连续墙可用于软土、砂土、卵石及高水位的地基中,在不同地质条件下,应选择不同的设备、施工方法、接头形式,以保证成槽垂直度、槽壁稳定性和止水的要求。

(2) 相对于采取施工措施提高超深地下连续墙的稳定性和止水效果,改善墙体本身的性能更有效。

参考文献:

- [1] 丛霏森. 地下连续墙的设计施工与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] 程瑞明, 怀小刚. 超深地下连续墙施工技术及其常见问题处理[J]. 隧道建设, 2007, 27(2): 64-67.
- [4] 余暄平, 朱卫杰. 上海轨道交通 4 号线施工中流砂事故的修复工程[J]. 中国市政工程, 2008(2): 64-67.
- [5] 滕瑞振, 王建华. 天津站交通枢纽超深超厚地下连续墙接头型式优化及施工探究[J]. 地基基础, 2010, 32(2): 132-133.
- [6] 彭芳乐, 孙德新. 日本地下连续墙技术的最新进展[J]. 施工技术, 2003, 32(8): 51-53.
- [7] GB50202-2002, 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [8] 王卫东, 王建华. 深基坑支护结构与主体结构相结合的设计、分析与实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [9] 文新伦, 马仕. 上海世博 500kV 地下变电站 57.5m 深地下连续墙施工质量的控制与实践[J]. 建筑施工, 2009, 31(1): 5-7.
- [10] 张冰, 胡军, 王恺华. 二钻一抓法在超深地下连续墙施工中的应用[J]. 施工技术, 2006, 35(11): 24-26.
- [11] 葛以衡, 叶可炯, 陈立生. GFRP 筋笼地下连续墙施工及现场测试[J]. 上海建设科技, 2010(2): 50-52.
- [12] 方卫. GFRP 筋在超长地下连续墙钢筋笼中的应用及笼体吊装施工的研究[J]. 建筑施工, 2009, 31(9): 767-769.

(责任编辑 刘存英)