

明挖隧道整体装配式结构接头形式的研究以及应用

周翔¹, 陈磊基²

[1.上海隧道工程有限公司,上海市 200125; 2.上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125]

摘要:对于大型或超大型城市的核心,利用在地下修建隧道的方式以缓解交通压力,早已成为了城市建设、经济发展以及交通脱困的最无奈的解决方式。但由于周边环境条件的限制,此类隧道的施工方式基本仍停留在最为传统的施工工艺上。隧道的施工周期长,环境影响大,建设投资及损耗也大。装配整体式结构的出现和应用,可以有效解决上述问题。结合武宁路快速化改建工程Ⅱ标整体式结构试验段,对装配整体式结构街头的形式进行了分析及设计,推动配整体式结构在其他明挖隧道工程中的应用,并为后续的相关工程带来一点借鉴。

关键词:整体装配式结构;明挖隧道;接头形式

中图分类号:U45

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)09-0285-04

0 引言

从21世纪开始,我国工程建设科技发展迅速,劳动力资源变得越来越紧缺,从而使得建筑业不得不朝着预制化生产的作业方向发展。经过市场调查,目前预制化生产技术已逐渐应用于住宅楼、大型桥梁、地下管廊等建设工程中。在地下隧道方面,盾构法和顶管法的隧道基本上也采用预制化生产的方式进行施工。然而以明挖为主的浅埋隧道还是停留在最为传统的施工工艺上。在城市核心区域修建交通疏解隧道需要一个简单可靠的,能在最大程度上缩短施工工期、降低对环境影响、节约能源与成本快捷、绿色、对环境友好和经济有效的施工方式。明挖隧道整体装配式结构正符合这一发展的潮流。

武宁路快速化改建工程Ⅱ标整体装配式结构试验段采用预制钢筋笼结构底板、单面叠合侧墙板、叠合顶板的结构体系(结构形式见图1)。结合该试验段的实施,为了满足接头处的防水、受力性能、施工便捷、质量安全可靠等需求。本文对不同位置的接头分别进行了研究分析。

1 既有工程接头形式分析与比较

十堰市地下综合管廊^[1]中的综合舱和电力舱,采用的是叠合墙结构形式。墙体与底板采用螺旋箍连接,相邻墙体采用钢筋暗柱进行抗剪加强,墙体与顶板之间预留钢筋进行锚固连接。

收稿日期:2022-10-16

作者简介:周翔(1988—),男,学士,工程师,主要从事于地下明挖隧道施工管理工作。

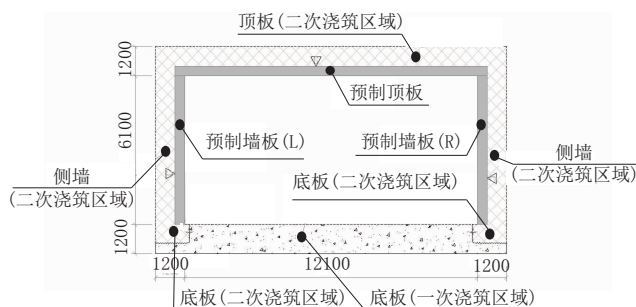


图1 武宁路快速化改建工程Ⅱ标整体装配式结构试验段结构形式(单位:mm)

某新建电力管廊^[2],采用预制夹心墙吊装工艺。节段间竖向连接钢筋主要用于节段连接,将墙板连接成一个整体,竖向钢筋待墙板吊装完成后安装。顶板面筋为双层双向钢筋,待标准段顶板吊装完成后统一铺设,钢筋直接架设于顶板桁架钢筋上部。

2 整体装配式结构环缝接头形式设计

2.1 底板环缝接头

试验段底板采用预制钢筋笼结构形式,可通过一次性浇筑混凝土以避免底板环缝接头的存在,但由于钢筋笼采用预制吊装施工,故不同榀间存在钢筋不连续的问题。为了加快工程进度并满足吊装的可操作性,本次试验采用上排钢筋焊接、下排钢筋搭接的钢筋连接形式,作为不同榀底板的钢筋接头,从而避免产生混凝土间的环缝接头,如图2、图3所示。

2.2 侧墙环缝接头

试验段侧墙采用钢筋桁架型单皮墙板,侧墙外侧为围护墙,内侧为预制混凝土墙板,不存在作业面,无法采用同底板钢筋笼一样的钢筋焊接形式,故采取钢

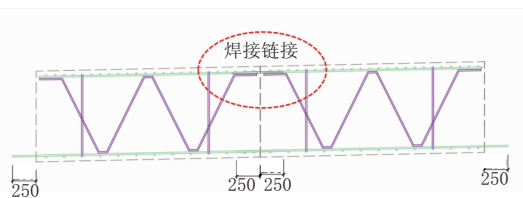


图2 底板钢筋笼接头设计(单位:mm)

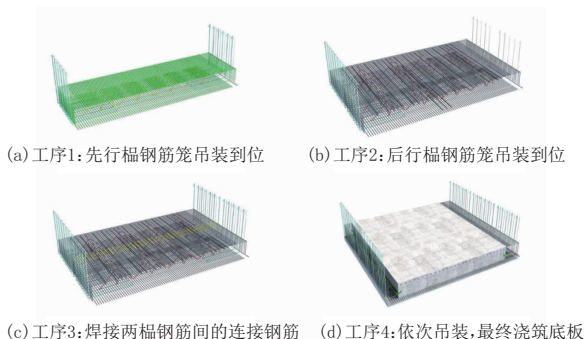


图3 底板环缝接头设计

筋搭接形式。各樁侧墙吊装后,围护与预制墙板间形成一个密闭空间,无需另设模板,即可通过后浇混凝土将相邻预制墙板连接为一个整体。同时,通过在一侧侧墙的后浇混凝土范围内预留矩形钢筋或直线钢筋的方式,实现相邻侧墙间的钢筋互相搭接。采用此方法时,主体结构整体性好,不存在渗水通道,各樁侧墙间形成空间受力体系。侧墙环缝接头设计图、侧墙环缝接头工序示意图如图4、图5所示。

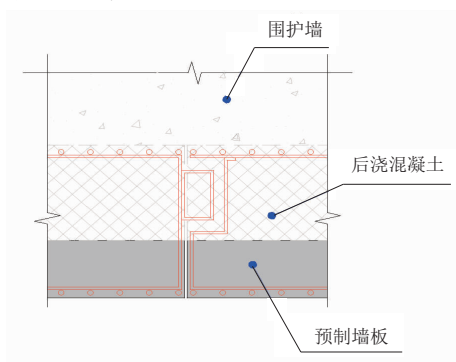


图4 侧墙环缝接头设计

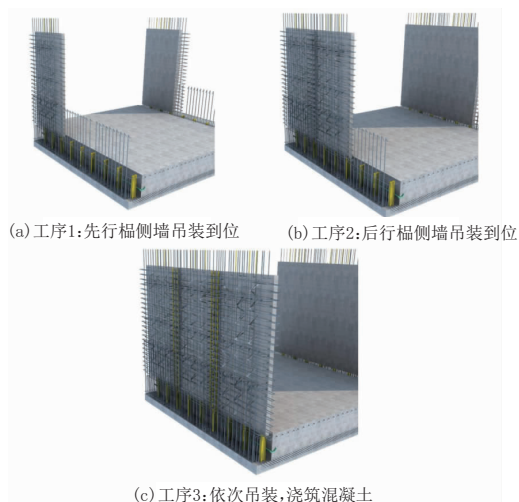


图5 侧墙环缝接头工序示意图

2.3 顶板环缝接头

试验段顶板采用钢筋桁架型单皮板。顶板下侧为预制混凝土板,不存在作业面,上侧为外露空间,有较大操作空间。且顶板存在预制板,无法完全利用底板的钢筋笼接头模式,故对底板的环缝接头进行优化。因此,上排钢筋通过焊接短钢筋连接,下排设置搭接纵筋及分布筋,实现各樁顶板间的共同受力。

工序如下:于每樁顶板的混凝土板上固定搭接传力筋,将各樁顶板吊装到位,移动搭接传力筋至顶板环缝接头处,用短钢筋焊接连接各樁间的上排顶板钢筋,后整体浇筑混凝土。采用此方法时,顶板的整体性好,不存在环缝接头和渗水通道,各樁顶板间形成空间受力体系。顶板环缝接头设计示意图及工序示意图如图6、图7所示。如存在中板结构,可参照此接头形式设计。

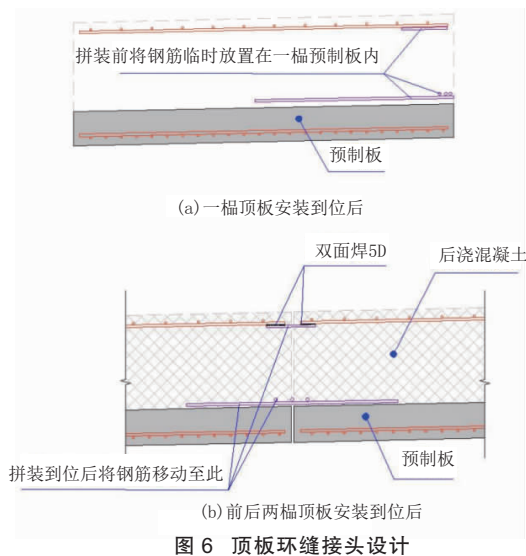


图6 顶板环缝接头设计

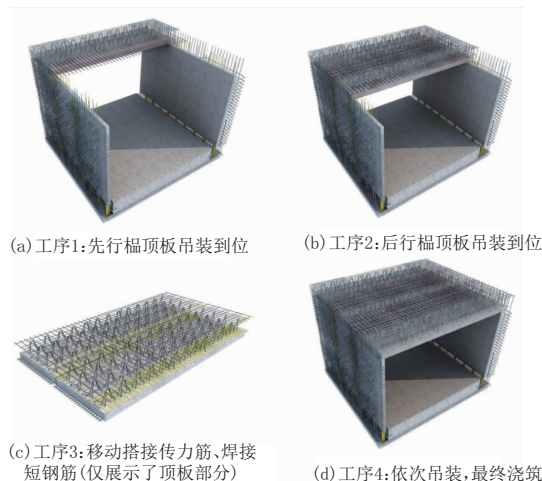


图7 顶板环缝接头工序示意图

3 整体装配式结构纵缝接头形式设计

3.1 单皮板侧墙与底板纵缝接头

在试验段的施工过程中部分底板需先行浇筑,

作为基坑开挖的换撑,故底板与侧墙间的纵缝接头无可避免。

通过底板后浇的形式,下移纵缝接头,将接头设置于底板内,且底板内存在钢筋桁架,后浇部分的底板与先浇部分可共同受力。因此,纵缝接头可以完全避免,仅设置底板先浇部分与后浇部分的施工缝。施工缝内设置中埋钢板止水带并施工水泥基渗透结晶型防水涂料,避免渗水等问题,满足耐久性需求。

侧墙与底板节点处钢筋锚固要求:根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中第 9.3.5 条第 1 款的要求,当计算中不利用该钢筋的强度时,其伸入节点或支座的锚固长度对带肋钢筋不小于 $12d$;根据第 11.6.7 条第 2 款的要求,钢筋在顶层端节点外侧直线搭接长度应 $\geq 1.7l_{abE}$ 。因此,底板第二次浇筑层厚度应与钢筋锚固要求相匹配。纵缝接头(底板与侧墙)设计(含钢筋锚固要求)、工序示意图如图 8、图 9 所示。

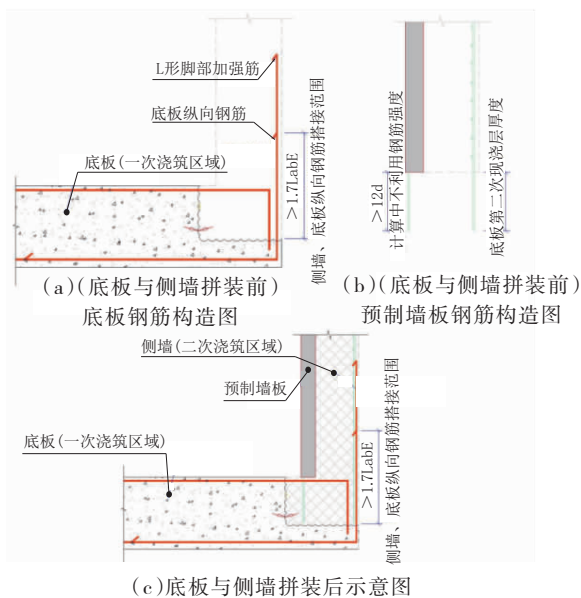


图 8 纵缝接头(底板与侧墙)设计

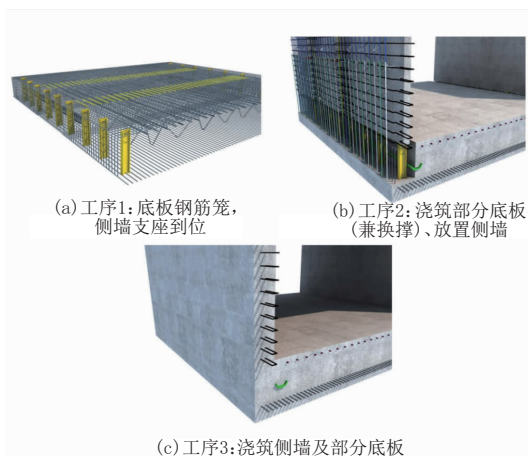


图 9 底板与侧墙间的纵缝接头工序示意图

3.2 单皮板侧墙与单皮板顶板纵缝接头

侧墙与顶板均采用钢筋桁架型单皮板的结构型式,且顶板厚度较小,一次浇筑成型,侧墙与顶板、中板间的环缝接头不同于侧墙与底板之间的纵缝接头。

顶板外侧存在操作空间,且侧墙与顶板、中板均为钢筋桁架型单皮板,外侧存在空间以满足钢筋搭接长度的要求。因此,本研究外侧钢筋通过搭接实现锚固传力。内侧钢筋由于顶板的存在,通过弯钩的形式实现锚固传力。同时,出于顶板架设在侧墙上,可考虑利用部分内侧钢筋的定位作用,于顶板开洞,预留孔洞,供后期侧墙钢筋穿越。

图 10 为侧墙与顶板的纵缝接头设计示意图,图 11 为工序示意图。如存在中板,纵缝接头设计采用相同的形式。

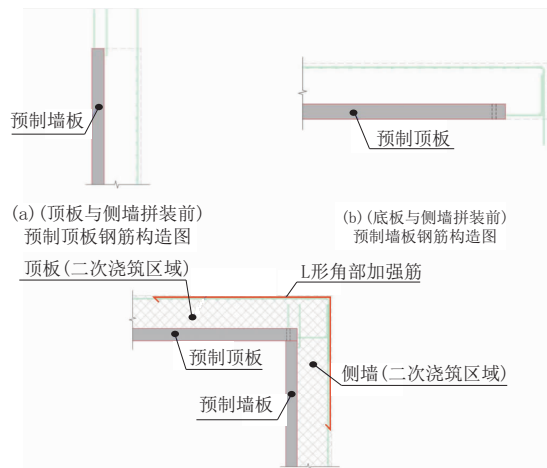


图 10 纵缝接头(顶板与侧墙)设计

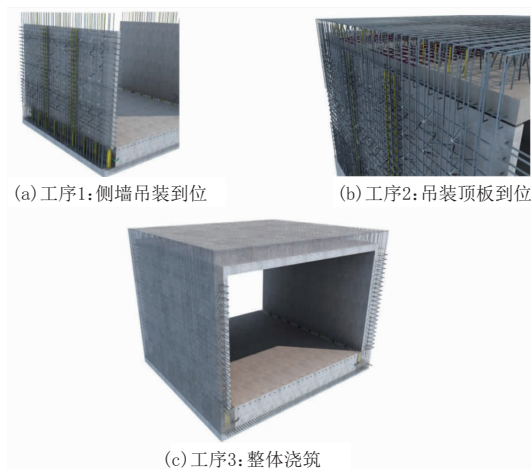


图 11 侧墙与顶板间的纵缝接头工序示意图

3.3 纵缝接头(地墙叠合墙内预留钢筋)

当围护结构采用地墙叠合墙时,地墙叠合墙内预留钢筋均需伸入顶板、中板、底板中。基于上述接头设计,结合现场实际情况,仅研究了地墙叠合墙内

预留钢筋均与顶板、中板、底板的受力钢筋连接方式。具体连接形式如图12所示。

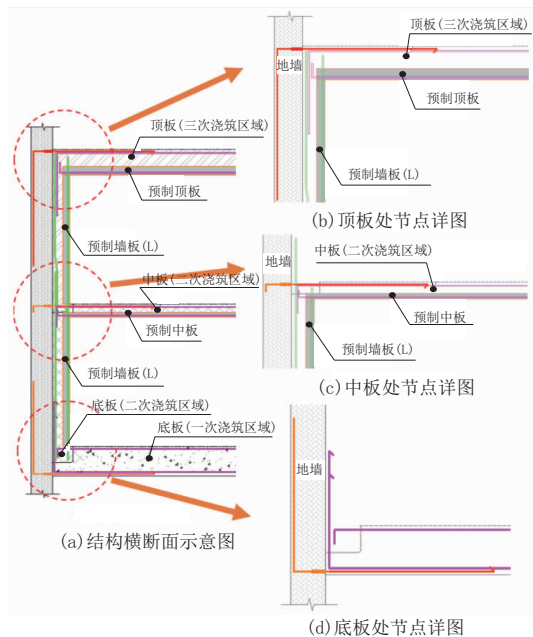


图12 地墙叠合墙内预留钢筋均与顶板、中板、底板的受力钢筋连接方式

顶板处节点为放置预制顶板后,将地墙内的钢筋接出。中板处节点为放置预制中板后,将地墙内的钢筋接出。底板处节点为地墙内的钢筋接出后,将底板

预制钢筋笼放置到位,再浇筑底板(一次浇筑区域)。

4 结 语

整体装配式结构是地下隧道工程的发展的一个方向,制定相应的技术标准,进而逐步推广是行业发展的一个趋势。在武宁路快速化改建工程Ⅱ标整体装配式结构试验段的应用过程中,通过各环缝接头以及纵缝接头的设计,实现了装配整体式结构的受力体系,能较好满足密闭性、耐久性、整体性的功能要求。通过武宁路工程的实践,研究装配整体式结构接头形式,为以后类似工程提供技术指导。同时,推动配整体式结构在其他明挖隧道工程中的应用。

参考文献:

- [1] 周鹏华.叠合墙板结构在地下综合管廊施工中的应用[J].施工技术, 2017,46(19):118-121.
- [2] 邓建军,梁智岳,张友林.预制叠合(装配)式地下综合管廊施工技术[J],广东土木与建筑,2019,26(11):65-69.
- [3] 魏奇科,王宇航,王永超,等.叠合装配式地下综合管廊节点抗震性能试验研究[J].建筑结构学报,2019,40(2):246-254.
- [4] 郭福能. 预制装配整体式混凝土综合管廊构件受力性能试验研究[D].长沙:湖南大学,2018.

(上接第284页)

- [9] 杜明庆,张顶立,张素磊,等.高速铁路隧道仰拱结构受力现场实测分析[J].中国铁道科学,2017(5): 53-61.
- [10] 朱星汁.公路隧道仰拱抗震性能研究及其形式优化[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [11] JTG 3370.1—2018,公路隧道设计规范第一册土建工程[S].

- [12] 朱栋梁,李成学,徐干成,等.别岩槽隧道注浆加固圈及二次衬砌厚度的确定[J].铁道建筑,2006(11):3.
- [13] 刘宽富,冯勇,金明亮,等.基于荷载-结构法的黄土隧道结构静力计算分析[J].中国建材科技,2021,30(6):63-67.
- [14] 韩峰.软岩隧道衬砌内力计算与开挖过程数值模拟[J].铁道建筑技术,2022,353(8):149-153.