

深中通道沉管隧道检修道路缘石预制施工技术

柳阳

(中交一航局第一工程有限公司)

摘 要: 深中通道沉管隧道检修道路缘石设计结构异形, 单个构件较重, 施工难度大, 施工质量要求高。为了提高施工效率及成品外观质量以达到工厂化预制标准, 施工采用一体化模具作为模板、清水混凝土配比、钢筋标准化绑扎提前成型、混合式振捣, 智能化喷淋养护等施工方法, 使预制的混凝土构件施工效率得到很大提升, 施工质量较普通预制构件外观及实体质量更高, 可直接作为隧道通车最终完成面的一部分。通过对施工各环节的细致研究形成了整套的混凝土异形预制施工技术, 保证了施工质量, 确保工程按时完成, 可为类似工程提供参考。

关键词: 深中通道; 检修道路缘石; 结构异形; 预制构件

1 工程概况

深中通道沉管隧道段全长 5 035 m, 为了满足后续隧道检修及消防管线布置, 同时兼具车辆防撞的功能需求, 在隧道结构两道中墙侧处各设置 1 道检修道路缘石, 与隧道中墙墙体形成管沟, 在其上部安装混凝土盖板, 作为后续人员的检修通道。检修道路缘石采用倒 T 形结构设计形式, 底部设置趾板, 用于安装时固定并锁固于路面结构层内, 顶部设计企口, 用于搁置检修道盖板。路缘石混凝土强度等级 C40, 其结构形式^[1]如图 1 所示。

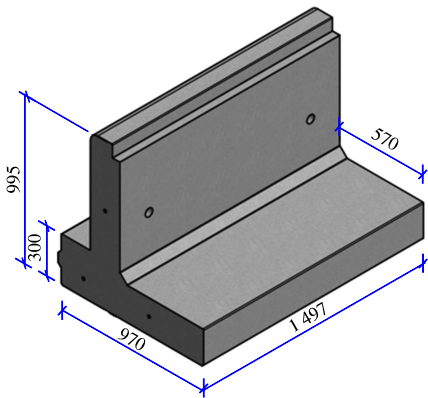


图 1 检修道路缘石断面图(mm)

2 路缘石模具及吊具设计

为保证路缘石的预制质量加快路缘石预制进度, 路缘石模板采用定做的模具式钢模板, 模板为开合式结构, 四周均可开合, 开合角度可达 35°, 可减少模板拼缝, 缩短模板拼装时间。模板为一体式底部自带台座, 总重约 3 t, 单元模板与底部通过销轴及螺栓铰接。模板外侧设置 2 道横

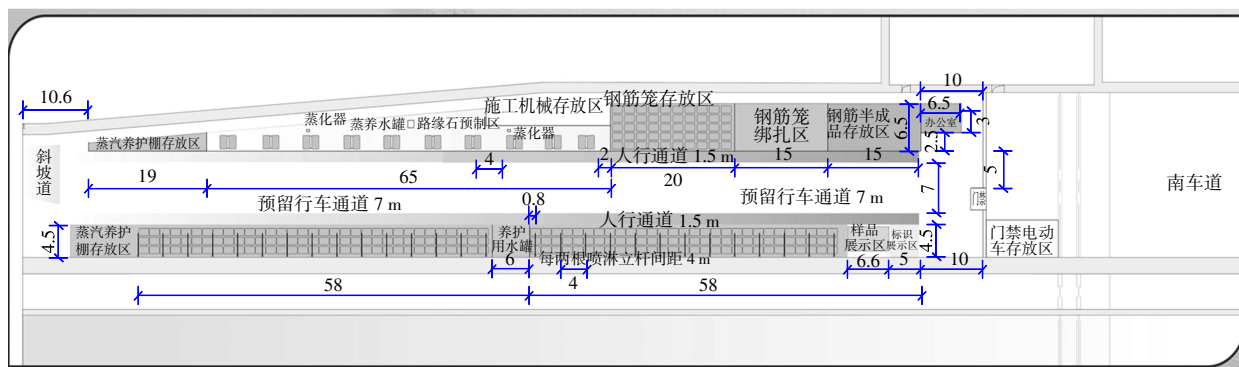
向围檩、3 道纵向围檩, 宽 12 cm, 作为主要模板受力支撑体系。面板为 5 mm 厚高强度不锈钢板, 采用整块钢板热弯, 避免在预制块表面留下拼装印记。模板通过直径 36 mm 拉杆与中隔墙进行加固连接。相邻模板间设置 2 道锁扣保证模板紧固, 模板支撑过程主要由锁扣和顶部拉杆固定, 保证模板拼装稳固, 模板拆除时先松开顶部拉杆, 再打开紧固锁扣, 缓慢打开四周面板。每套模板可同时制作 2 块成品, 采用倒立的预制方式, 模板外侧距底部 40 cm 位置附着高频振捣器。模板上预留直径 8 cm 蒸汽进气孔, 可通入蒸汽使路缘石快速脱模。

因构件倒立预制, 预制完成后需进行翻转。采用吊架加翻身体系, 在隧道净空受限空间下, 能够实现构件 180° 翻转。吊架使用工字钢制作而成, 呈门形结构, 下方设置转盘与构件通过销钉固定。构件侧面提前预埋吊装孔, 安装后可被其他块体遮盖, 无需后续封堵。

3 检修道路缘石预制施工工艺

3.1 预制场设置

路缘石预制场地设置在暗埋段隧道南车道, 利用现场既有场地, 不受天气因素制约, 施工高效, 节约施工成本, 且临近安装位置, 可以避免远距离运输对构件造成的损坏, 成品质量更加有保障。预制场地面积约为 3 400 m²。场地中间预留 7 m 行车通道及两侧各预留 1.5 m 人行通道, 车道两侧分别设置钢筋加工区、标准样品展示区、构件预制区及喷淋养护存放区。预制场地布置如图 2 所示。



模板拆除完成后, 及时对模板板面的混凝土杂物进行清理, 并对模板板面涂刷脱模剂进行保护, 以增加模板使用寿命。

3.5 混凝土施工

3.5.1 配合比优化

混凝土构件外观质量要求高, 因此, 配合比设计时需将外观质量与实体质量同时考虑, 满足“内实外美”的要求。

配合比设计不仅关系到混凝土的工作性能, 还关系到混凝土的力学性能、耐久性和外观质量, 特别是小型混凝土预制构件。好的配合比设计应将混凝土的工作性能(如流动性、黏聚性、保水性等)、力学性能(如强度、变形等)、耐久性(如抗渗性、耐腐蚀性等)及外观质量(如颜色均匀性、气孔密度等)进行综合考虑, 同时考虑材料成本, 力求以最小的经济成本达到最优的实体质量和外观质量^[4]。

本工程混凝土性能直接关系到成品表观质量, 清水混凝土具有表面颜色更好、立体感更强、表面光滑、不污染环境等优点, 采用清水混凝土可提升构件一次成型后的表观质量, 无需进行外观装饰。构件混凝土坍落度为 (180 ± 10) mm, 经过大量配合比设计试验和现场浇筑试验, 对配合比进行了优化。虽然掺入适量粉煤灰可以改善混凝土工作性能, 但由于粉煤灰自身呈现灰黑色, 影响混凝土的颜色^[5], 因此构件预制配合比选用只掺入矿粉, 具体参数见表 1。

表 1 检修道路缘石配合比设计

材料名称	优化前材料用量	优化后材料用量	材料指标
水泥	160.0	240.0	P. II 42.5 硅酸盐水泥
矿粉	120.0	160.0	S95 级矿粉
粉煤灰	120.0	—	F 类 I 级粉煤灰
碎石(大石)	755.0	727.0	级配 10~25 mm
碎石(小石)	324.0	312.0	级配 5~10 mm
砂	781.0	816.0	中砂, 细度模数 2.7
外加剂	4.2	4.2	聚羧酸高性能减水剂

3.5.2 混凝土浇筑

采用混凝土罐车直接入模的施工工艺分层浇筑预制件混凝土。混凝土振捣采用附着式振捣器和插入式振捣棒相结合的方式, 保证混凝土振捣密实, 尽可能减少气泡产生。附着式振捣器输出电容 9.1 Kva, 输出频率 100~240 Hz, 转速 3 000

r/min。为确定最佳施工工艺, 对分层高度、振捣时间、振捣频率等参数进行对比试验, 对拆模后的构件表观质量进行评比, 最终确定浇筑参数。

检修道路缘石预制件分 3 层布料, 单层厚度为 30~40 cm, 布料由中间向两侧进行布料。第 1 层浇筑高度 40 cm, 第 2 层浇筑高度 30 cm, 第 3 层浇筑高度 30 cm, 见图 4。浇筑时速度均匀缓慢, 确保混凝土均匀平整。浇筑过程中严禁人员站立在钢筋骨架上部, 避免造成骨架变形。

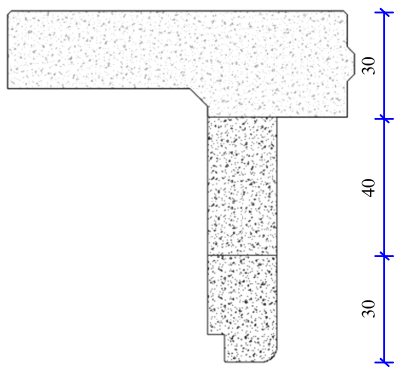


图 4 浇筑布料示意图(cm)

附着式振捣器由专人操作, 根据混凝土坍落度对振捣时间动态调整, 以混凝土流平为准, 保证均匀密实。附着式振捣器将混凝土振捣流平后, 为加强气泡排出, 提高外观质量, 采用 $\phi 30$ mm 插入式振捣棒复振, 利用其高频低振幅的特点, 在模具上定位振捣, 将模具两侧的大气泡变为小气泡, 并通过缓慢提棒, 把剩余气泡引出表面。混凝土振捣参数见表 2。

表 2 检修道路缘石混凝土浇筑振捣参数

布料层数	布料后混凝土高度/cm	附着式振捣器		插入式振捣器
		振捣频率/Hz	振捣时间/s	
第 1 层	40	150	30~40	未使用
第 2 层	70	160	30~40	使用
第 3 层	100	—	—	使用

3.5.3 混凝土养护

混凝土浇筑完成后进行初次整平提浆; 混凝土初凝时对混凝土面进行抹面压实, 参照模具标高, 控制混凝土表面平整且与模具平齐, 将蒸汽养护管通入模板内并开启蒸汽发生器低档位模式, 养护 3 h; 混凝土终凝时进行收面提光, 保证成品外观质量, 收面完成后将蒸汽发生器转为高档位模式, 并加盖蒸汽养护棚。蒸汽养护共分为静置、

升温、恒温、降温4个阶段,升温速率设定为 $\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C/h}$,恒温养护时间为5.5 h,恒温温度为 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降温速率为 $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ^[6]。

预制件拆模后,及时进行喷淋养护,养护时间7 d。检修道路缘石预制件养护及成品。

3.5.4 混凝土防护涂装

为提升检修道路缘石防腐耐久功能,降低后续运营期管理维保费用,对路缘石结构外露面增设混凝土防护涂装。采用硅体系混凝土涂装施工工艺进行涂刷,主要施工步骤为表面处理、修补、涂刷底漆、面漆层涂刷和清理保护。

涂刷水性混凝土保护专用底漆,可以渗透到混凝土基面深层,形成特殊防水结构,产生防止渗透性吸水效果,同时起到封固作用,抑制混凝土基面吸收不均匀,防止墙体出现润湿痕迹而影响美观,避免混凝土由于暴露在空气中而产生表面氧化、老化及中性化等不良反应。

使用混凝土保护硅透明漆的涂装是整个混凝土保护工艺中解决耐污性、耐候性、耐久性的关键工序。能有效地抑制墙体因紫外线及酸雨作用产生的劣化、风化及盐害现象。同时,面漆和底漆产生的吸水防止层相辅相成,可以防止内部钢筋被腐蚀,长久保持建筑物的坚固^[7]。

4 结语

异形路缘石在国内沉管隧道工程中应用相对较少,深中通道检修道路缘石外观质量要求极高,受外海孤岛影响,难以在大型预制场制作。通过优化施工部署、深化模具设计、使用一体化模板倒立预制、清水混凝土配合比设计、创新转运方式以及浇筑工艺试验,成功实现了异形混凝土构件工厂化生产,一次成型质量良好。该工程的成功应用,总结了成套的施工技术,可为今后类似工程提供借鉴参考。

参考文献:

- [1] 陈鸿,刘洪洲.深中通道施工图联合设计——隧道防火、内装、排水及附属设施[R].上海:上海市隧道工程轨道交通设计研究院,2019.
- [2] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] 杨永宏.海底隧道预制清水混凝土小型构件技术的运用及研究[J].建材与装饰,2016,424(20):254-255.
- [4] 李超,张宝兰,胡文刚,等.小型复杂预制构件清水混凝土配合比试验研究[J].施工技术,2017,46(6):73-76.
- [5] 林辉,张玉峰,朱爱民,等.清水混凝土配合比设计的优化与应用[J].中国标准化,2019(16):10-11,14.
- [6] 盖忠林.高速公路装配式混凝土构件的蒸养装置的研究[J].低碳世界,2019,9(2):235-236.
- [7] 郭伟,路林海,王龙志,等.清水混凝土概念、研究现状、存在问题及配合比设计方法综述[J].混凝土与水泥制品,2016(10):23-27.