

# 自密实混凝土在早期人防隧道二衬加固中的研究与应用

刘圣明 刘 桥 余西洋 魏 琳 曾 璐  
中建五局土木工程有限公司 湖南 长沙 410004

**摘要:** 早期人防工程由于年代久远、建设标准低、缺少维护,然而老旧人防仍然是现代城市人防体系中不可忽略的部分,因此,老旧人防工程的加固改造可用于人防记忆展示宣传、人防研学教育、爱国主义教育基地等,兼顾平战结合功能,满足周边人民群众需求。由于早期人防隧道运输通道狭窄,常用的隧道台车工艺无法实现,且混凝土输送困难。因此,在隧道二衬加固时,采用支架模板体系是必然选择,我们探讨的是在这种施工条件下混凝土的输送和易性以及解决此体系下混凝土无法振捣的技术问题。本文首先分析自密实混凝土的性能,其次研究在人防隧道二衬加固中的应用。

**关键词:** 人防工程;隧道加固;二衬;自密实混凝土

**概述:** 城市老旧人防工程的加固改造施工环境受限,研究自密实混凝土在支架模板体系下提高隧道二衬的施工质量。

## 1 工程概况

郑州市“7401工程”人防隧道于1974年修建,建设年代久远,结构性能下降,需要加固治理。隧道加固改造主体结构全长230m,现有两个竖井出入口,直径3m,隧道有4个断面,长度30~60m、宽4~14m、高5~8m。改造完成后平战结合使用:平时综合开发利用,作为城市记忆场所对外开放;战时作为人防工程,发挥平战效益。工程处于地下22m-30m,由于竖井通道狭窄,大型机械无法运输,常用的隧道台车二衬工艺无法实现,且人防隧道断面多、距离短,台车措施费用高。综合比选,选用满堂支架搭设+木模板组合体系进行二衬加固施工,用自密实混凝土浇筑解决无法振捣的问题,提高施工质量。<sup>[1]</sup>

## 2 自密实混凝土的技术要求

### 2.1 原材料

(1) 水泥:应选用早期强度高、后期强度稳定的水泥品种,如硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥等。

(2) 骨料:粗骨料的粒径通常不宜超过16~20mm,且应控制针片状颗粒含量。细骨料宜选用中砂,细度模数不小于2.5。

(3) 掺合料:常用的掺合料包括粉煤灰、矿渣粉、硅灰等,这些材料能改善自密实混凝土的工作性和强度。

(4) 外加剂:高效减水剂是必不可少的成分,常用的

有聚羧酸高效减水剂,能提高混凝土的流动性和粘聚性。

### 2.2 工作性能

(1) 混凝土的流动性:大流动性是自密实混凝土的必要条件,要求混凝土入模时扩展度600+50mm,而且混凝土和易性良好,不泌水、不离析、不分层。

(2) 自密实混凝土的自密实性能包括流动性、抗离析性和填充性,可采用坍落扩展度试验、V漏斗试验和型箱试验进行检测,本工程采用坍落扩展度试验测定自密实混凝土的性能。

(3) 混凝土的稳定性:要求混凝土高处自由下落混凝土不发生分离现象。

(4) 混凝土的密实性:要求混凝土能自动填充密实模板内整个空间。

(5) 混凝土的收缩性:要求混凝土收缩性要小,不能与模板内壁发生分离。<sup>[2]</sup>

### 2.3 配合比设计

本工程自密实混凝土配合比如下,保证了混凝土的各项性能和施工性能,施工质量良好。

设计强度等级C40P10,水泥品种三门峡锦荣P.0.42.5,砂为南阳Ⅱ区中砂,碎石产地为郑州贾峪,颗粒级配为5-20mm连续级配,外加剂为郑州新海洋公司生产的聚羧酸高性能减水剂,掺合料为郑州泰明Ⅱ级粉煤灰和湖北木之君TZ-Ⅲ型粘度改性材料,膨胀剂为河南豫盛Ⅰ型膨胀剂,本工程施工方法为泵送,坍落度200-220mm。

表1 自密实混凝土配合比

材料名称	水	水泥	中砂	粉煤灰	碎石	减水剂	粘改剂	膨胀剂	砂率(%)	坍落度(mm)	水胶比
材料用量(kg/m <sup>3</sup> )	175	380	755	60	975	12.0	15	60	44	220	0.35
配合比	胶材:砂:碎石:水:外加剂=1:1.51:1.95:0.35:0.024										

### 3 自密实混凝土在隧道二衬加固中的应用

#### 3.1 工艺流程

止水堵漏→防水板安装、防水材料涂刷→底板钢筋安装→底板混凝土浇筑→侧墙及拱顶钢筋安装→侧墙支架模板安装→侧墙混凝土浇筑→拱圈支架模板安装→拱圈混凝土浇筑。

#### 3.2 现场试验

每次混凝土浇筑时设1名试验人员, 试验人员做好坍落扩展度试验, 要求混凝土坍落扩展度 $650\pm 50\text{mm}$ , 并观察自密实混凝土的流动性和抗离析性, 严格控制自密实混凝土质量, 混凝土试块在浇筑地点随机抽取, 每 $100\text{m}^3$ 取样一组, 不足 $100\text{m}^3$ 部分另取一组。

#### 3.3 混凝土浇筑

罐车到达现场后, 通过地泵将混凝土输送至隧道内, 连接管道至二衬浇筑部位, 由于施工环境限制, 泵管转角较多, 泵送最远距离达到了 $150\text{m}$ , 充分利用地泵强大的压力以及自密实混凝土强大的流动性, 避免了混凝土在泵送过程中的堵管, 有效降低了混凝土的坍落度损失, 在混凝土泵送至模板内依旧保持着符合要求的和易性, 混凝土无需振捣, 凭借其自身性能流动至模板各角落, 填充密实。



图1 地泵垂直输送



图2 隧道内部泵管



图3 拱顶混凝土浇筑

### 4 自密实混凝土在隧道二衬中的应用优势

(1) 提高工程质量: 自密实混凝土具有良好的流动性和自密实性能, 能够充分填充模板内的空隙, 减少混凝土中的空洞和缺陷, 从而提高隧道二衬的工程质量。

(2) 提高施工效率: 自密实混凝土的施工无需振捣, 可以减少施工过程中的噪音和振动, 提高施工效率。同时, 其自流平特性降低了对施工技术的要求, 便于现场操作。

(3) 增强耐久性: 自密实混凝土的密实度高, 抗渗性好, 能够有效防止水分和有害物质的侵入, 从而提高隧道二衬的耐久性。<sup>[3]</sup>

#### 结语

综上所述, 随着社会的发展和国际关系的日益变化, 我国新的人防工程要求更高。在此背景下, 一些老旧人防的加固改造利用是必不可少的, 尤其是对于提高战时防护能力、保障城市安全有着重要意义。老旧人防的施工局限性也很明显, 混凝土作为工程的“血液”, 质量过硬才能保障未来城市的安全, 自密实混凝土的应用, 最大程度避免了受限空间隧道加固的质量隐患, 老旧人防隧道加固改造施工技术的应用还需专业人员加大研究力度, 从根源为项目的质量安全提供技术保障。

#### 参考文献

- [1]冷红狮, 阙升华, 邹福平. 自密实混凝土技术在工程中的应用分析[J]. 建筑与装饰, 2022, (16): 151-153.
- [2]郑健, 郑建和. 自密实混凝土技术的应用及质量控制[J]. 城市地理, 2017, (6X): 161-161.
- [3]雷勇锋. 高铁隧道小空间42号高速道岔自密实混凝土技术应用[J]. 国防交通工程与技术, 2014, 12(06): 63-67.