

# 浅析地下混凝土工程裂缝成因与修复治理技术

孙石头

南宁轨道交通集团有限责任公司

**摘要:** 文章探讨城市轨道交通地下工程防水现状,对地下混凝土工程裂缝进行具体分析,阐述地下混凝土工程裂缝修复治理施工技术及施工过程中采取的具体措施,总结修复治理混凝土裂缝使用材料及配合比,综述值得借鉴和推广的社会效益和经济效益。

**关键词:** 混凝土工程; 地下; 裂缝; 成因; 修复; 治理

## 引言

随着我国改革开放的深化和城市化程度的扩大,各大中城市已建设大量建造地铁、停车场、商场、会展中心、隧道、洞库、综合管廊和体育场馆等地下空间工程,为缓解交通拥堵、停车难和通过顶板种植,降低城市的“热岛效应”以及维持空气中的碳(CO<sub>2</sub>)氧(O<sub>2</sub>)平衡、节省能源、改善生态环境等,都起到了重要的作用。

## 一、地下工程防水现状

众所周知,建造地下工程的首要条件是要解决地下水、地表水、市政管网漏水和毛细管水的渗入,使工程不发生渗漏,才能发挥其使用功能和确保工程的结构安全。然而,在我国新建和既有地下工程的渗漏率长期居高不下,不少地区的渗漏率高达60%以上。在北京市建筑工程研究院建筑工程质量司法鉴定中心10多年承接的案件中,有关渗漏工程的案件占到工程质量总案件的25%左右,其中地下工程渗漏的案件也占到了大多数,从而说明了我国地下工程防水质量问题突出。

有的地下混凝土工程由于发生渗漏而造成顶板滴漏,墙面长期潮湿发霉,地面严重积水而无法使用。甚至会导致混凝土结构内部的钢筋锈蚀而影响结构的安全。为了治理地下工程渗漏水现象,不仅会消耗大量的人力、财力和物资,而且会产生许多建筑垃圾并导致污染环境。造成地下工程渗漏水因素是多方面的,主要有:“设计不合理、材料质量低劣、施工不规范、维护不当或长期受地下水作用影响等”。地下工程出现渗漏水如何有效治理给工程技术人员留下一个研究课题。地下工程渗漏水治理的设计和施工应遵循“以堵为主,堵排结合,因地制宜,多道设防,综合治理”的原则。出现渗漏水大部分是由于混凝土出现裂缝造成的。

## 二、裂缝的类型

地下混凝土裂缝的类型主要有:干缩裂缝、温度裂缝、外荷载作用产生的变形裂缝、施工缝处理不当引起的接茬缝等。

### (一) 干缩裂缝

混凝土在硬化过程中水分逐渐蒸发散失,使水泥石中的凝胶体干燥收缩产生变形,由于受到围岩和模板的约束,变形产生应力,当应力超过混凝土的抗拉强度时,就会出现干缩裂缝。干缩裂缝多为表面性的,走向没有规律。影响混凝土干缩裂缝的因素主要有:水泥品种、用量及水灰比,骨料的大小和级配,外加剂用量和掺量。

### (二) 温度裂缝

水泥水化过程中产生大量的热量,在混凝土内部和表面间形成温度梯度而产生应力,当温度应力超过混凝土内部的约束力时,就会产生温度裂缝。裂缝宽度冬天较宽,夏天较窄。温度裂缝的产生与二次衬砌混凝土的厚度及水泥的品种、用量有关。

### (三) 荷载变形裂缝

基坑基础的虚渣未清理干净,混凝土浇筑后,基底产生不均匀沉降;混凝土模板没有固定牢固,以及过早脱模,或脱模时混凝土受到较大的外力撞击等都容易产生变形裂缝。荷载变

形裂缝在地下衬砌混凝土病害中占有的比例逐年增大,已经引起了广大工程技术人员的重视。

## (四) 施工缝(接茬缝)

施工过程中由于停电、机械故障等原因迫使混凝土浇筑中断时间超过混凝土的初凝时间,继续浇筑混凝土时,原有的混凝土基础表面没有进行凿毛处理,或者凿毛后没有用水冲洗干净,也没有铺设水泥砂浆垫层,就在原混凝土表面浇筑混凝土,致使新旧混凝土接茬间出现裂缝。

## 三、裂缝形成的原因分析

混凝土裂缝形成的原因非常复杂,往往是多种不利因素综合作用的结果。据有关统计,施工不规范造成的混凝土裂缝占15%左右,设计不当引起的裂缝可能占5%。

### (一) 设计粗糙,建设、监理单位工作随意性大

由于多方面的原因,勘察设计单位无法深入地开展地质勘探工作,工程地质类别评价及支护结构设计缺乏科学依据,带有一定的盲目性。个别建设单位限于自身管理和专业技术水平的欠缺,任意变更原设计。少数工程由业主的内部人员组成监理单位,监理工作失去独立性。随着建筑市场的规范,这些问题会逐渐得到解决。

### (二) 施工工艺或现场操作不规范

①基坑开挖成型差,混凝土厚度严重不均匀;欠挖或初期支护侵入衬砌界限,造成衬砌混凝土厚度不足。个别衬砌混凝土背后存在脱空现象。

②未开展监控量测工作,仅凭经验来确定二次衬砌的施作时间,安全可靠,造成二次衬砌超设计荷载承受围岩压力。

③混凝土生产时原材料计量误差大,尤其外加剂的掺和随意性大,没有根据砂、石料的实际含水率及时调整施工用水量,造成混凝土水灰比增大。在混凝土运输及泵送过程中加水的现象也比较普遍。

④采用混凝土整体式模板施工,混凝土浇筑时不振捣或漏振,混凝土均质性差。

⑤盲目追求施工进度,随意提前脱模时间,使低强度混凝土过量承受荷载,破坏了混凝土的结构。脱模后没有进行混凝土的潮湿养护。

⑥夏季施工时砂、石料露天堆放,无切实有效的降温措施,混凝土入模温度高。冬季施工时采取的防寒保温措施不力。

### (三) 原材料质量差、配合比设计不合理

水泥品种选择不当,安定性不良,不同批次的水泥混用。碎石、砂级配差,含泥量超标,碎石中石粉含量大,针片状物过多,影响了水泥与骨料的胶结。

进行配合比设计时,忽视水泥用量增多对混凝土品质的影响,错误认为水泥用量越多混凝土强度越高。对掺和料和外加剂的选用缺乏专业技术人员的指导,往往达不到预期的效果。

## 四、混凝土裂缝的治理

混凝土作为多组材料组成的脆性材料,裂缝的存在是客观的。对于施工单位应加强衬砌混凝土的施工管理,避免和减少裂缝的产生。对于出现的裂缝,应认真分析原因,分清是有害裂缝还是无害裂缝,并对有害裂缝进行处理,防止裂缝继续发展,影响衬砌结构的稳定。

### (一) 细微裂缝

地下混凝土表面常出现一些没有扩展性的细微裂缝,这种裂缝是稳定的,一般可自愈,不会影响结构的使用和耐久性。

(下转第117页)

业, 必须认真落实监管工作, 以此树立良好的工程形象<sup>[5]</sup>。

#### 四、市政高架桥加宽段箱梁分幅施工技术的应用

##### (一) 工期分析

箱梁加宽段受沿线市政管线、建筑物等拆迁进度影响, 如该工程对总体进度安排进行分析后, 认为整幅箱梁具备施工条件的时间将拖后, 为避免增加后续箱梁施工强度, 最终应用了分幅施工技术, 以此满足工程的实际建设需求。在市政高架桥加宽段箱梁分幅施工开展的过程中, 通过分幅施工对组织、工期、成本等进行有效控制, 将具备施工条件的半幅箱梁先行施工, 并在此基础上采用分幅施工方案控制施工成本, 降低后续箱梁施工强度, 提高工程的整体建设效益, 促进工期目标的实现。

##### (二) 结构分析

在该工程应用分幅施工的过程中, 通过相应混凝土、钢筋、预应力等设计, 将承台尺寸设计为  $10.3\text{ m} \times 6.4\text{ m} \times 1.5\text{ m} + 8.3\text{ m} \times 3.8\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ , 要求顶板无预应力布置, 以此使结构相互不影响。同时, 墩采用双花瓶墩柱, 加宽段箱梁左右半幅相邻翼板间隙为  $2\text{ cm}$ , 高约  $7.5\sim 8.5\text{ m}$ , 基础为  $6$  根直径  $1.5\text{ m}$  的钻孔灌注桩, 预应力布置在左右半幅箱梁横梁及腹板上, 截面尺寸为  $1.8\text{ m} \times 1.8\text{ m}$ , 中墩承台采用矩形台阶型承台, 且中间由预应力系梁连接, 在此基础上对所受内力、裂缝、沉降等进行计算, 确定各项参数。最后, 由设计单位对中墩及不利荷载作用进行分析, 从而保障结构受力安全。

##### (三) 技术实施

为监控中墩及基础变形情况, 将社会交通分流至半幅箱梁施工区域以外进行观测, 如该工程在中墩承台上布置  $6$  个观测点, 每天上、下午各测量  $1$  次, 以便在不利情况出现时及时采取应急措施。同时, 工程实际建设要求箱梁加宽段进行社会

交通导改, 随后进行支架基础硬化、支架搭设, 在预应力张拉前, 在中墩双花瓶顶上各布置  $4$  个观测点, 使预压、箱梁模板、钢筋、钢绞线的各项数据能够得到合理控制, 保证工程的建设安全。同时, 该项目加宽段箱梁全部采取分幅施工方案, 在技术实施中, 分析监测数据变化速率及幅度是否在允许范围内, 如混凝土、预应力张拉、落架等工序, 确保测量观测点平面能够获取数据, 在观测  $30\text{d}$  后发现, 相关数据变化速率及幅度极其微小, 现如今该项目快速路高架桥已建成通车, 且整体运行质量良好。

##### 三、结束语

市政高架桥箱梁加宽段结构形式有很多种, 在实际建设中应对结构的合理性进行分析, 可以通过分幅施工技术解决存在的问题, 在此过程中需要确认其是否能够达到施工要求, 探寻不利荷载条件下墩身的受力状况, 及时发现和解决不利情况, 以此提高工程的建设质量。

##### 参考文献

- [1] 邓德员, 戴维, 吴有明, 等. 大跨径双幅筒支钢箱梁同步顶推施工技术研究与应用[J]. 钢结构, 2019, 34(8): 87-91.
- [2] 李传习, 陈卓, 董创文, 等. 横向四滑道步履式顶推宽幅钢箱梁局部应力分析[J]. 公路交通科技, 2019, 36(4): 72-79.
- [3] 王汉章, 夏钦, 易彤, 等. 徐州北三环丁万河大桥主线钢箱梁双向滑移施工技术[J]. 施工技术, 2018, 47(5): 34-39.
- [4] 马琼峰, 严小卫. 超宽混合梁斜拉桥钢箱梁悬臂拼装施工关键技术[J]. 中外公路, 2019, 39(6): 144-146.
- [5] 李宁. 现浇箱梁及预制箱梁施工关键技术[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(11): 87-88.

(上接第28页)

从美观考虑, 可先清洗干净裂缝表面, 然后涂刷环氧树脂浆二至三遍, 最后用刮抹料、调色料处理混凝土表面, 使其颜色与周围衬砌混凝土颜色一致。

环氧树脂浆液配比: 环氧树脂: 501 稀释剂: 二甲苯: 乙二胺 =  $1: 0.2: 0.35: 0.08$ 。刮抹料配比: 水泥: 细砂: 水 =  $1: 2: 0.35$ 。调色材料配比: 水泥: 白水泥: 107 胶 =  $5: 3: 1$ 。施工时应经试验确定。

##### (二) 贯通性裂缝

贯通性裂缝危害极大, 它直接影响建筑物的使用寿命和安全, 必须采取有效的方法进行修复治理, 确保建筑物的正常使用。

##### 1. 贯通性裂缝的治理方法及工艺流程

(1) 首先清除表面浮尘, 刷净缝隙尘粒, 用云石胶、固化剂、水泥

等化工原料勾兑成糊状刚性胶泥进行封口, 此胶泥有抗裂功能, 保持在两三分钟干燥。此胶泥无再生能力, 所以随配随用以防干燥硬化造成不必要的浪费。

(2) 封口时要将所有缝口封严实堵实, 以防高压注浆跑浆影响治理效果。

(3) 缝口封好干燥后, 沿缝每三十公分钻一个注浆孔埋注浆针头, 针头埋好注环氧树脂 AB 胶。电钻必须  $45^\circ$  角向缝隙方向钻透, 钻尖穿过缝隙, 使浆液在注浆机高压的压力下, 从缝下面向上压浆, 使缝隙浆液饱满, 才能达到治理效果。工程完工附工程影像资料。

##### 2. 处理效果

按此方案的化工原料、浆液配比、施工工艺流程, 可达到地下工程的各项规定, 达到部优质工程奖的要求。

##### 五、结束语

地下工程防水质量关系到人民群众的切身利益和生命财产安全, 南宁轨道交通工程防水施工遵循“以防为主、刚柔结合、多道防线、因地制宜、综合治理”原则, 采取以结构自防水为主, 外防水(附加防水)为辅的施工方法, 重点抓好结构自防水混凝土施工质量, 关键处理好施工缝、变形缝、诱导缝等薄弱环节施工质量。

渗漏水处理作为防水体系中一项补救措施, 往往因为主要材料选择错误, 施工工艺不得当错过最佳治理时间而出现质量事故, 造成重大经济损失, 值得相关技术人员高度重视和研究。

地下防水工程是一项系统工程, 若能采取有效措施, 使我国地下混凝土工程的使用寿命延长  $20\sim 30$  年, 就可以为节能、节材、节地、节水、减排和保护环境作出重大贡献。

##### 参考文献

- [1] 李颖, 陈哲. 混凝土拌合物含气量测试及误差分析[J]. 广东建材, 2017, (03)
- [2] 李子强. 建筑工程施工混凝土裂缝及控制措施[J]. 新建: 现代物业上旬刊, 2012, (02)
- [3] 贾宏波. 分析道桥工程混凝土裂缝产生的原因以及修复技术[J]. 城市建筑 2014, (36)
- [4] 郭磊. 道桥工程混凝土裂缝问题分析[J]. 建筑工程与设计, 2015, (7)