

综合管廊施工缝渗漏水原因及其预防措施

刘冬祥¹ 盘 竞¹ 吴振宇^{2,3} 郑东平^{2,3} 柴德华^{2,3}

- 1.深圳地铁建设集团有限公司 广东深圳 518000;
- 2.中铁二十五局集团有限公司 广东广州 510000;
- 3.中铁二十五局集团有限公司盾构工程分公司 广东佛山 528000

摘要:管廊工程因埋置深、水压大,从结构设计和工法来看,要保证工程的防渗漏质量要求较高,而渗漏水问题对运维影响较大。本文深入分析管廊结构渗漏水原因,特别是施工缝的防水效果。从设计、材料和工艺上采取新技术和新工艺,提高成品的质量,并在验收前采用地下渗漏检测仪进行低水位条件下的检测,提前处理潜在的渗漏水缺陷,降低运营后的渗漏水风险。

关键词:管廊;施工缝;渗漏水;预防;检测

中图分类号: U213

The cause of water leakage in the construction joint of the comprehensive pipe gallery and its preventive measures

Dongxiang Liu¹, Pan Jing¹, Zhenyu Wu^{2,3}, Dongping Zheng^{2,3}, Dehua Cai^{2,3}

1. Shenzhen Metro Construction Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518000;
2. China Railway 25th Bureau Group Co., Ltd, Guangzhou, Guangdong 510000;
3. Shield Engineering Branch of China Railway 25th Bureau Group Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528000

Abstract: Due to the deep burial depth and large water pressure of the pipe corridor project, from the perspective of structural design and construction method, it is necessary to ensure that the anti-leakage quality of the project is higher, and the leakage water problem has a greater impact on operation and maintenance. In this paper, the causes of water leakage in the pipe gallery structure are analyzed in depth, especially the waterproof effect of the construction joint. Adopt new technologies and processes from the design, materials and processes to improve the quality of the finished product, and use underground leakage detectors for low water level testing before acceptance, deal with potential leakage defects in advance, and reduce the risk of leakage water after operation.

Key words: Pipe gallery; Construction joints; Seepage of water; Prevention; Detection;

1 引言

混凝土开裂的质量问题,直接影响到主体结构的安全性和耐久性,不容忽视。国内同类工程出现的主体混凝土结构渗漏水情况比较普遍,其中施工缝渗漏水是最常见,也是最容易被忽视的细节。本文深入的研究和探索施工缝混凝土开裂的机理,对混凝土开裂以及对产生开裂的应力进行分析,优化设计、施工工艺,最终实现解决混凝土主体结构混凝土渗漏水质量缺陷。

2 施工缝部位渗漏水原因分析

2.1 施工缝部位混凝土开裂机制分析

2.1.1 温度应力

混凝土早期温度应力是混凝土早期产生开裂的主要原因之一,其早期温度应力大体分为两类:内部约束温度应力和外部约束温度应力。其中外部约束温度应力是新浇筑混凝土边界因受已浇筑的混凝土或地基的约束而不能发生边界自由伸缩而产生的混凝土应力。

外部约束温度应力的大小与接触面大小和外部约束的刚度有关。如图1所示,在水化反应初期,混凝土随着整体温度升高,体积受热膨胀,接触边界的约束作用等同于在接触边界上施加一个抵抗混凝土膨胀的分布应力。在水化反应后期,混凝土随着整体温度降低,体积降温收缩,接触边界的约束作用等同于在接触边界上施加了一个抵抗混凝土收缩的分布应力。混凝土在水化反应前期具有一定的塑性,所以前期的外部约束应力对混凝土开裂影响不大。混凝土在水化反应后期,强度达到一定水平,塑性较低,此时的外部约束温度应力容易导致混凝土在接触面附近的区域出现受拉开裂

现象。因此,对于施工缝部位混凝土结构开裂,外部约束温度应力起主导作用。

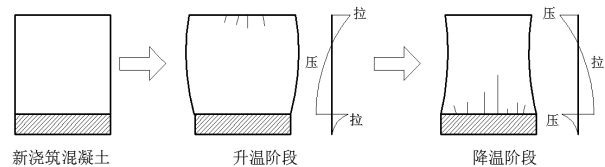


图1 外部约束条件及温度应力变化

2.1.2 收缩应力

和温度应力类似,收缩应力也分为外部约束收缩应力和内部约束收缩应力。混凝土早期温度场不均匀,各处混凝土水化进程(即等效龄期)不一致,这导致各处的收缩发展也存在差异。混凝土在没有外部约束的情况下,混凝土内部收缩不均匀、自身不同区域变形不协调导致的约束压力,称为内部约束收缩应力;新浇筑混凝土边界因受已浇筑的混凝土或地基的约束而不能发生边界自由收缩而产生的混凝土应力,称为外部约束收缩应力。

在早期混凝土的降温阶段,收缩应力与温度应力叠加,会导致最大拉应力的水平更高,拉应力超过混凝土抗拉强度的范围也更大。这意味着混凝土开裂程度会增加,开裂深度更深,裂缝宽度更大。

2.2 施工缝止水工艺

目前管廊结构施工缝设计普遍采用钢板橡胶腻子止水带和钢边橡胶止水带两种,综合统计此类施工缝渗漏水比例大,效果很不

理想,验证其质量极其困难,因此并不适用地下工程施工工艺。

钢板橡胶腻子止水带:利用橡胶腻子黏性与混凝土黏结形成止水,对施工缝新老混凝土交界面施工质量要求极高,在施工过程中必须保证橡胶的粘性,才能与后浇段混凝土结构较好黏结。而地下工程现实情况均处于地质条件复杂,地下水丰富的环境下作业,先浇混凝土结构在浇筑前,已止水带保护膜撕掉,先浇段混凝土浇筑、施工缝凿毛、后浇段结构施工环境产生的灰尘、阴雨天气以及围护结构渗漏水都避免影响橡胶腻子的质量。这是施工单位精细化管理也无法达到的。

钢板橡胶止水带:止水带本厚重,安装加固控制不好容易被混凝土挤压偏位,接头热熔焊接难度大且接头位置精度不易控制。



图2 钢板橡胶腻子止水带施工示例

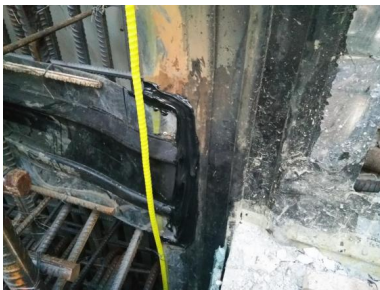


图3 钢边橡胶止水带施工示例

3 施工缝部位渗漏水预防措施

3.1 设计方案优化措施

设计对混凝土配合比的要求应更偏重混凝土的抗裂性能,混凝土的耐久性要求应该服从结构耐久性的要求。在混凝土贯穿性裂缝不受控制的情况下,以确保不发生有害裂缝为首要目标。设计对混凝土的配比要求更有针对性和可操作性,必须进行同条件下的抗裂性能验证试验,防止在主体结构采用时,产生负面作用。

混凝土浇筑完毕后,随之而来的水化会导致化学收缩和自干燥收缩,同时,混凝土水化过程中产生的温升温使得结构物理温度升高,使混凝土体积受热膨胀,随后温度降至环境温度的同时,会产生混凝土体积温度收缩。拆模后,混凝土向外界散发水分,还会产生干燥收缩。因此,降低混凝土自身收缩及干缩性能,降低混凝土水化温升,提高混凝土在应力条件下的抗裂能力是配合比设计优化主要考虑的方向。

3.1.1 采用较低的混凝土设计等级和抗渗等级:

充分分析水文条件和设计条件,提出最低程度的混凝土强度等级和抗渗等级。尽可能地降低胶凝材料总量,减小绝热温升和收缩率。分析不同介质的腐蚀性,有针对性的采取措施。

3.1.2 降低混凝土自收缩

混凝土早龄期的体积变形最为复杂,有导致膨胀的因素,也有促使收缩的影响因素,但收缩是导致混凝土结构开裂(非外力作用

开裂)的主要原因。在原材料品种及性能基本确定的情况下,混凝土性能优化只能从配合比方向考虑,重点是水胶比、胶凝材料总用量、矿物掺合料掺量、浆骨比等参数控制收缩率值。

(1) 采用适宜的水胶比

水胶比是保证混凝土强度和耐久性能的重要指标,过高水胶比,水泥在水化过程中,多余的水残留在混凝土内部形成水泡或水道,随着混凝土硬化而蒸发成为孔隙,对混凝土抗裂和耐久性不利,环境变化对后期混凝土的干缩影响加大。反之,过低水胶比,可以使混凝土自身收缩减少,但混凝土拌合物粘性加大,可施工性能降低。根据工程所处环境条件及抗裂和耐久性设计要求,建议将大体积混凝土水胶比控制在0.36~0.40间。

(2) 胶凝材料总用量

胶凝材料总用量低,混凝土拌合物和易性、保水性变差,混凝土耐久性性能也难以保证。但过高的胶凝材料又会增加混凝土早期的自收缩及较高的水化温升,浆骨比提高,混凝土收缩加大,混凝土经济性降低。考虑工程混凝土拌合物施工性能和耐久性等要求,推荐配合比胶凝材料总用量为(380~420) kg/m³。

(3) 矿物掺合料掺量

① 粉煤灰掺量

大量试验结果表明,混凝土中掺入适量的优质粉煤灰可减少用水量,减少混凝土泌水率,降低混凝土自身体积变形和混凝土干缩,降低胶凝材料水化热,减少混凝土温升,削减温峰,推迟温升时间;同时,随着粉煤灰掺量的增加,混凝土早期强度发展将受到影响,混凝土中Ca(OH)₂含量降低,中性化趋势加重,不利于酸性环境防腐。推荐采用F类Ⅱ级以上粉煤灰,掺量为胶凝材料总用量的20%~30%。

② 矿渣粉掺量

矿渣粉成分较为复杂,其活性比粉煤灰高,细度较细,掺入混凝土后水化反应速度也相对较快。大量试验研究表明,掺入较大量矿粉后,混凝土收缩加大,抗裂性降低。另外由于混凝土是碱性环境,过高的矿渣粉掺量,会过多消耗混凝土中的碱性成分,不利于二氧化碳腐蚀环境,应注意限制矿渣粉的掺量。结合过往试验应用情况,可掺入适量S95级矿渣粉,但掺量应控制在胶凝材料总用量的15%以内。

(4) 外加剂掺量

外加剂的掺量应以保证混凝土保水性、黏聚性、流动性良好为原则。优选减水率高、收缩率比小的高性能减水剂(缓凝型)。计算水胶比时应将外加剂中的水量加入,以保证混凝土基本性能满足要求。

3.2 施工工艺优化措施

3.2.1 施工缝止水带和侧模设计优化

施工缝新老混凝土交界面施工处理需要管理到位、施工到位,各种处理细节均要到位。止水带建议优先选用钢板止水带,其便于施工,焊接接缝质量易于检查,可靠度高,价格较橡胶止水带低。

施工缝封模建议采用成熟的钢板网侧模(俗称快速收口网),在混凝土终凝后剔除浮浆,效果良好。

施工缝先浇结构面应涂刷水泥基渗透结晶型防水材料作为界面剂。

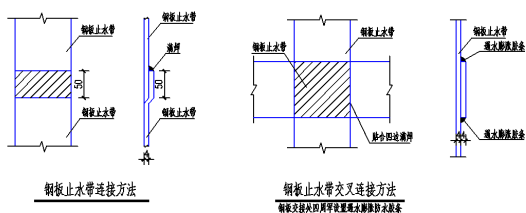


图4 钢板止水带连接方法



图5 未采用钢板止水带施工缝渗漏情况

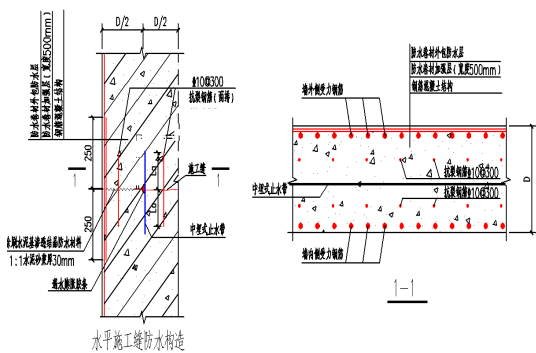


图6 采用钢板止水带无渗漏

3.2.2 施工缝拉结筋设计

分段浇筑的混凝土结构在施工缝处的拉应力最大，措施不当，造成施工缝开裂渗漏的情况比比皆是。设计需要增加拉结筋提高混凝土早期抗拉强度，约束应变。

由于主体结构长度较长，混凝土必须分仓施工。施工缝处的拉应力和应变最大，裂缝的几率增大，特别是早期混凝土抗拉能力弱，为确保施工缝不开裂，应设置密而细的拉结钢筋。根据《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018 第 3.0.2 条：大体积混凝土的结构配筋除应满足结构承载力和构造要求外，还应结合大体积混凝土的施工方法配置控制温度和收缩的构造钢筋。建议在施工缝处布置直径 6~8mm 间距不大于 150 的双层拉结筋。



3.2.3 混凝土施工工艺的设计

对于大体积混凝土的施工工艺的设计，应该严格按照《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018 执行。大体积混凝土的应该制定专项施工方案，方案应全面考虑到环境条件、原材料选择和大体积

混凝土配合比设计与试验、混凝土的运输浇灌与养护，并且严格按照所批准的施工方案严格执行。

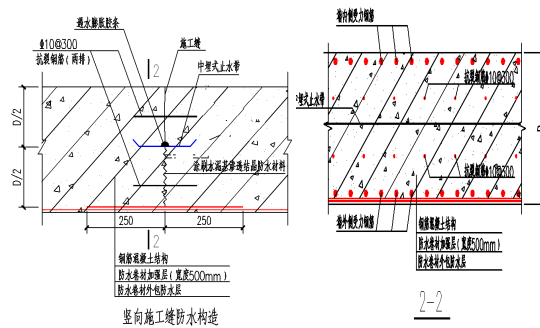


图7 拉结筋布置图

4 地下建筑渗漏检测新技术应用

地下建筑渗漏检测是一种针对地下建筑混凝土结构裂缝进行漏水检测判定的方法，检测是运用负压模拟水压力的原理，在地下建筑结构背面水位低的情况下，按照检测负压压力值设定的大小，可以模拟混凝土结构背面水位最高 10 米的水压力。在地下建筑混凝土结构的背水面裂缝处选取多个检测点，在检测点处设置检测负压压力，检测压力的方向自迎水面指向背水面方向一致。检测压力达到规定压力值持续若干时间，测量并记录所述检测点的渗漏情况，根据所述检测点的性质与渗漏情况判定所述检测点的防水质量。

负压漏水检测判定方法：每间隔 100m 设置 3 处所述检测点，或每 1000m² 的迎水面设置 3 处所述检测点，也可以按照检测方案或者甲方要求设置。

根据管廊工程的使用特点，检测合格需同时满足：总湿迹面积不大于总迎水面积的千分之一；任意 100m² 的迎水面内湿迹点不超过 2 处；单个湿迹点的最大面积不大于 0.1m²。



图8 地下渗漏检测仪

5 结束语

施工缝渗漏预防工作虽小，但至关重要，结构渗漏都是安全隐患问题，处理费用高昂。结构长期受到地下水的侵蚀必然会造成结构钢筋锈蚀而影响建筑物的使用寿命，主体结构承受的力较大也会出现严重的结构裂缝，对运维管理产生影响。技术优化还需结合项目特点具体分析，也需要技术监管机制促进其良性循环。

参考文献：

[1]王彦会，郭林强等. 地铁车站大体积混凝土底板早期减缩防裂措施研究[J]. 现代城市轨道交通. 2021 增刊：51-60.
[2]杨骏，张磊，邹晋华. 地铁明挖车站和区间结构底板裂缝机理分析及对策探讨[J]. 现代城市轨道交通. 2020[12]：65-68.
[3]GB 50496-2018 大体积混凝土施工标准[S]. 北京：中国计划出版社，2018.

作者简介：刘冬祥，单位：深圳地铁建设集团有限公司，出生年份：1991.10.07，性别：男，职称：中级。