

隧道二衬混凝土结构裂缝成因分析及对策研究

吴燚业¹ 朱旭²

1. 身份证号码: 3326241993****213X

2. 身份证号码: 2308261997****161X

摘要: 在开展隧道项目施工建设的过程中, 隧道二衬施工环节至关重要, 与隧道结构的安全性和稳定性息息相关。但是混凝土开裂问题的存在严重地影响了隧道二衬的施工效果和整体工程的使用寿命, 开展全面势在必行。论文首先进行了隧道二衬混凝土结构裂缝类型的分析, 其次讨论了造成裂缝的主要原因, 最后制定了科学的应对策略, 仅供参考。

关键词: 隧道二衬; 混凝土开裂; 成因

Analysis and Countermeasures of Cracks in Tunnel Second Lining Concrete Structure

Yiye Wu¹ Xu Zhu²

1. ID No.: 3326241993****213X

2. ID No.: 2308261997****161X

Abstract: In the process of carrying out tunnel project construction, the construction of tunnel lining is crucial and closely related to the safety and stability of the tunnel structure. However, the existence of concrete cracking seriously affects the construction effect of tunnel lining and the overall service life of the project, and it is imperative to carry out comprehensive measures. The following text first analyzes the types of cracks in the concrete structure of the tunnel lining, then discusses the main causes of the cracks, and finally formulates scientific response strategies for reference only.

Keywords: tunnel lining; concrete cracking; cause

0 前言

隧道项目作为交通工程建设中的重要组成部分, 此环节的施工效果不仅关系到项目的建设质量, 同时还与公众的日常出行安全息息相关。尤其是在进行隧道二衬施工的过程中, 需要高度关注混凝土施工环境, 降低裂缝问题的影响, 为项目后续的正常运营提供保障。

1 隧道二衬混凝土结构裂缝类型

1.1 温度裂缝

隧道二衬施工阶段, 混凝土浇筑环节会适当大量水化热, 内外部温度迅速上升, 尤其是内部温度能够达到 60℃~80℃, 而外部温度通常维持在 20℃~30℃, 受到巨大内外部温差的影响, 就导致混凝土抗拉强度超过极限值。特别是在初期养护阶段, 由于混凝土内部持续放热, 一旦内外温差超过了 25℃, 受到拉应力的影响混凝土就会出现裂缝问题, 并发展成贯穿性温度裂缝^[1]。另外, 在混凝土硬化的过程中, 随着水化热的释放内部温度也会逐渐下降, 受到昼夜温差的影响, 表面温度出现了周期性变化问题, 在二者的共同作用下, 裂缝会不断扩宽。特别是在寒冷冬季施工阶段, 混凝土表面温度急剧下降, 内外温差最大能够达到 35℃, 极大地加快的裂缝的发展。如果使用了大量的高标号水泥, 水化热的释放就会增加温度应力并且加大混凝土的收缩变形, 贯穿性温度裂缝产生的可能更大^[2]。

1.2 收缩裂缝

收缩裂缝问题的出现, 主要是混凝土浇筑完成后表面水分的蒸发速度明显超越了内部析出水的上浮速度, 进而导致了塑性收缩变形。特别是在水泥水化作用不断发展的过程中, 极大地消耗了混凝土内部的孔隙水, 体积缩小阶段自收缩也会逐渐增强。一旦混凝土内外收缩差异超过了限值, 便出现了收缩裂缝的贯通。对于二衬结构来讲, 同初衬与管壁借助面之间的变形约束较强, 收缩应力常集中于边墙、拱顶等部位, 尤其是环境湿度的下降, 极大地加快了混凝土的干缩速度, 加之自收缩作用的影响, 造成裂缝的快速扩散^[3]。

1.3 荷载裂缝

由于长期受到自重、水压、围岩压力等复杂荷载作用的影响, 隧道结构的拱顶、边墙等应力集中的区域就会出现荷载裂缝问题。受到弯压复合应力的影响, 如果拱顶部位的拉应力超过混凝土抗拉强度, 就将在 60 度范围内出现放射状裂缝群。另外, 由于承受较大的水平推力和横向荷载, 边墙底部就会出现斜向贯穿裂缝, 并且有基底开始裂缝的宽度也会逐渐减少^[4]。

2 隧道二衬混凝土结构裂缝成因分析

2.1 设计原因

第一, 隧道二衬混凝土裂缝的产生与施工缝和伸缩缝设计不当有关。在项目设计过程中, 若伸缩缝距离设置不合

理,可能导致伸缩缝间距超出最大允许值。第二,钢筋设计的科学性不足。在隧道项目施工中,需要严格按照正负弯矩布置钢筋,实现拉应力的有效调节。如果结构中混凝土中钢筋的间距和数量不合理,会导致内应力不足,成为引发结构开裂的关键原因^[5]。

2.2 材料原因

首先为水泥水化热的影响,混凝土内部会出现温度应力。为此,选择水化热较低的水泥是保证混凝土性能的关键。其次是骨料的影响。在混凝土结构施工中,骨料中含泥量过多会导致混凝土出现网状开裂。再次是碱-骨料反应的影响。混凝土材料中的碱性物质与骨料和砂石反应生成胶凝物质,当胶凝物质与水反应后体积增大,造成混凝土应力增加,从而加大裂缝出现的可能性。最后是水灰比和坍落度设计的影响。设计的不精确性或细砂用量的过度,将导致混凝土裂缝发生的可能性增加。在实际施工过程中,水灰比对混凝土的强度具有决定性影响,同时水泥材料剂量的不一致性亦可能引发混凝土裂缝的问题^[6]。

2.3 施工原因

首先,若混凝土的静置时间超过预定时长或其坍落度超出标准范围,将对混凝土的性能产生直接的负面影响。针对混凝土的浇筑及振捣工序,若存在振捣不合规、压实不均等状况,将影响混凝土材料的均匀性和密实度。其次,若中间位置的接茬时间过长,将导致混凝土凝固并伴随自身收缩,从而产生不同类型的裂缝。再次,若钢筋与固定装置的连接不合理,将导致位移变形。最后,模板拼接若出现刚度不足、漏浆或拆模时间过早,支撑体系若不完善,将导致结

构裂缝。特别是混凝土的养护过程至关重要,养护时间和措施将决定混凝土裂缝情况的产生与否。

3 隧道二衬开裂的处理和预防措施

3.1 前期严格的地质勘察

在隧道项目施工建设正式开始之前,充分的前期准备工作至关重要,开展系统化的区域勘察工作至关重要,能够掌握项目建设区域气候情况、水文情况、地质结构等多项因素,为项目的施工设计提供科学指导。具体设计阶段,需要综合考虑布局结构情况,保证支护和二衬混凝土结构的强度均满足要求,降低二衬混凝土开裂情况出现的可能。施工过程中一旦出现实际地质与勘察结果不相符的情况,就需要及时进行设计变更,实现二者的统一,将地质因素对隧道二衬混凝土施工的影响降到最低^[7]。

3.2 加强材料性能管控

对于隧道二衬施工来讲,混凝土的配合比直接影响到裂缝的发生情况,需要将降低水化热和保证结构稳定性作为工作重点。搅拌水泥混凝土材料的过程中,各项指标的检测必不可少,根据项目的建设和使用需求,明确具体的材料配比要求如表 1 所示。项目施工阶段水泥材料的用量较大,因此就需要从多个方面落实材料的管理工作,严格选择材料供应商,确保所提供的水泥材料性能稳定,质量达标。当材料运输到工程现场后,制定科学的存储策略,降低外部因素对材料使用效果的影响。混凝土拌制作阶段,按照技术规范进行具体粗骨料、细骨料的标准化检测,确保满足要求后才能使用。配合每批进场材料的试验检测,以保证材料的均匀性^[8]。

表 1 隧道二衬混凝土配合比及性能指标

序号	水泥用量 / (kg/m ³)	粉煤灰用量 / (kg/m ³)	水胶比	砂率 / %	外加剂掺量 / %	7d 抗压强度 / MPa	28d 抗压强度 / MPa
1	400	60	0.40	36	1.0	28.5	38.6
2	390	70	0.39	35	1.1	29.2	39.4
3	380	80	0.38	34	1.2	30.1	40.2

3.3 科学设计爆破任务

爆破施工是隧道项目作业阶段重要的环节,但爆破作业的开展也会对二衬混凝土的稳定性产生影响,严重的还会出现裂缝问题。因此就需要合理选择爆破区域,综合考量爆破位置的合理性,加大爆破强度控制,确保爆破安全,降低爆破因素对二衬混凝土施工的影响^[9]。

3.4 制定施工进度计划

由于隧道项目建设规模较大,为了能够在规定期限内顺利交工,一些项目建设过程中就出现了压缩工期的情况,掌子面施工技术后立即进行二衬混凝土浇筑。但是受到周围结构稳定性不达标情况的影响,围岩结构就会出现微小的变形问题,直接影响了二衬混凝土施工环节。因此就说明需要制定科学的施工进度计划,在掌子面施工结束之后需要先进行附近围岩结构变形情况的监测,确保结构完全稳定后,

才能进行二衬混凝土浇筑作业,不仅保证能够按照既定要求完成项目建设,同时又能够提升二衬混凝土结构施工的稳定性的,将裂缝出现的可能降到最低^[10]。

4 结语

总之,在开展隧道项目施工的过程中,二衬混凝土裂缝问题的控制不容忽视,关系到整体结构的稳定性,因此就需要正确认识造成混凝土裂缝的形式以及诱因,制定科学的施工管理策略,通过配合充分的前期勘察、材料控制、设计规划、进度管理等相关工作,在保证隧道二衬混凝土施工效果的同时,降低混凝土裂缝问题出现的概率。

参考文献:

[1] 芮正雄.隧道二衬混凝土质量通病成因及防治研究[J].工程技术研究,2019,4(9):113-114.
[2] 夏丰勇.隧道二次衬砌结构混凝土开裂原因分析与控制[J].建材

与装饰,2018(22):239-240.

[3] 轩俭良,轩宁.隧道衬砌裂缝检测与分析研究[J].公路,2015,60(6):263-267.

[4] 欧书福,丁龙,位志伟.岩溶地区高速公路隧道绿色施工评价模型研究[J].土木工程,2020,9(1):53-61.

[5] 孟超.隧道施工缺陷整治施工技术[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2019,18(1):72-76.

[6] 朱星宇,刘征,张志强,等.铁路隧道结构设计参数对二次衬砌裂缝影响规律研究[J].现代隧道技术,2023,60(5):1-10.

[7] 陈诚,孙晓伟,陈骏.隧道二衬混凝土裂缝分析论证及处理[J].施工技术,2016,45(S1):958-963.

[8] 熊晓晖.隧道二衬搭接技术优化分析及应用研究[J].铁道建筑技术,2022(8):20-23+60.

[9] 陈彦,马禧祥,李全,等.高速铁路富水黄土隧道二衬裂缝整治技术研究[J].城市建筑,2021,18(29):172-175.

[10] 郭亲琳.高速公路隧道洞口山体滑坡综合治理[J].安徽建筑,2021,28(9):196-198.

作者简介: 吴燧业(1993-), 男, 中国浙江台州人, 本科, 中级工程师, 从事桥梁隧道施工方面的研究。