

高速公路隧道衬砌裂缝分析与治理措施

曾刚

(北京城建道桥建设集团有限公司, 北京 100018)

摘要: 隧道混凝土衬砌开裂问题是隧道施工中普遍存在的问题, 为了探究衬砌混凝土开裂的原因, 本文提出了一些裂缝处置措施防治的方法, 以期有助于提高混凝土衬砌和建造水平。

关键词: 隧道衬砌裂缝; 成因; 防治

中图分类号: U457.2 **文献标志码:** A



目前, 隧道衬砌裂缝(图1)是在隧道项目作业中经常发生的病害问题。其发生易导致衬砌断面承载面积减小, 并伴随隧道结构承载力的下降。发生在水文条件较差或受暴雨影响的地区, 也容易发生泄漏, 造成巨大损失。对此, 需要准确认识隧道衬砌裂缝产生的原因, 采取有效的防治措施。本文结合公路隧道施工案例并根据现场地质特点, 分析衬砌裂缝产生的原因, 针对隔墙、边墙、螺栓缺陷提出合适的施工处理方法, 以供相关人员参考。



图1 隧道衬砌裂缝

1 衬砌开裂的成因

第一, 隧道项目的作业区域基本土质一般都是沙土、黏土和岩石; 稳定性差并容易松散, 同时, 受雨水干扰的问题, 隧道开挖的阶段中会出现机械振动, 损害衬砌稳定性。第二, 不稳定区位于隧道出口处, 岩石和砂黏土较大, 强度较低。该场地的地形相对陡峭, 大雨过后, 吸水导致岩石和土壤质量明显增加,

变形和流速增加, 这会在隧道中产生明显的横向推力, 会导致隧道的一侧移动, 衬砌损坏。由于开挖扰动形成明显的交界裂缝, 内部多为砂土和黏土填充, 强度和模量均为低坍塌和顶板坍塌。第三, 失稳分布在以沙土和风化残块为主的浅层松散的山坡上, 与水接触时变得不稳定并明显增加流动性, 导致浅层滑坡。恶劣的地质条件增加了隧道施工难度; 隧道入口周围的岩石被扰动而稳定性不够; 甚至可能造成安全事故。

2 裂缝的类型

2.1 干缩裂缝

当混凝土硬化时, 水分蒸发, 由水泥石固化的胶体干燥、收缩和变形。如果应力值超过混凝土的抗拉强度, 干燥过程中就会出现收缩和裂缝。收缩裂缝大多是表面的, 是不规则的。出现此类裂缝的根源在于水泥的品种、配合比、水灰的配比、骨料的选用、外加剂的种类和配合量^[1]。

2.2 温度裂缝

在水泥水化时, 会在这一段时间产生很多热量。产生的这些热量又从混凝土的内部到其面层间变成温度梯度, 出现应力。这种裂缝会随着季节的变化而发生变化, 例如, 在冬季可能比较宽, 夏季则就较窄。

2.3 荷载变形裂缝

荷载裂缝的成因有许多, 例如地基的不均匀沉降、混凝土的模具过早脱模、混凝土被较大的外力所冲击。近些年来, 由于荷载变形、隧道开裂的事件频发, 引起了广大技术人员的高度关注。

2.4 施工缝（接槎缝）

在施工中，有可能出现一些突发状况，例如，停电、机械设备出现故障等，致使混凝土浇筑的中断，所以其浇筑时间不得超过混凝土的初始凝结时间。在切割后，混凝土基础表面不洒水，水泥砂浆层铺设，并将混凝土浇筑在原混凝土表面，以避免新混凝土桩之间开裂。大约80%的裂缝是由混凝土造成的，15%的裂缝是由材料不足或配合比不足造成的，其余大约5%的裂缝是由结构不足造成的。

3. 裂缝形成的原因分析

3.1 作业工艺不规范

隧道开挖不当，就会造成衬砌混凝土厚度不均匀，个别隧道的混凝土衬砌后面有空白。

（1）由于二次衬砌的施工时间仅凭经验确定，没有监测和测量工作，导致二次衬砌因安全可靠差而未安装。

（2）过多的设计荷载围绕着岩石压力。

（3）在混凝土的制作环节中，原料的配比偏差过大，尤其是外加剂的掺量随意性大，并非以砂石的实际含水率为依据。应适时调整施工用水量，提高混凝土水灰比。在混凝土运输和泵送过程中加水也很常见。

（4）脱模时间不准确，使低强混凝土过早承受外力的荷载，破坏混凝土结构。

（5）在夏季施工时，由于原材料都是放在室外，原材料在受光照和高温的影响，没有对其采取降温措施，所以导致在进入模具时，混凝土的温度比较高。相反，如果在冬季不注意防寒的话，混凝土同样也会出现问题。

3.2 原材料质量差、配合比设计不合理

首先，在施工中，由于原材料的放置没有相应的管理，导致多种水泥混合在一起，有可能在选择水泥时，就出现了种类选择不当的问题，多种原因作用下，导致混凝土的稳定性降低。其次，在选择购买碎石和砂子时，没有对其质量进行把关，买来的原材料可能是含泥量超标、碎石石粉含量大的，这些因素都会影响水泥和骨料的稳定性。最后，原料的配比环节，不关注水泥的使用量与混凝土质量的关系，误认为使用量越多，其强度越高。外加剂的使用也没有技术人员的指导，种种原因的作用下，原材料的稳定性达不到合理的效果。

4. 高速隧道衬砌裂缝病害分析

4.1 设计方面

公路隧道最初是采用公路隧道规格JTJ 026—1990设计的，在相同的领域和相同类型的隧道中，由于公

路隧道地质条件不好，围岩压力较高。其次，由于二次衬砌是普通混凝土，所以它可以承受承重结构后变形围岩的较大压力，所以它就不能完全保证涂层的保护。与现行的设计标准对比，JTJ 026—1990规范存在很多缺陷：（1）锚杆过短；（2）使用较多的钢筋格栅拱架和更少的工字钢型钢拱架，所以进一步出现网格高度不够的情况；（3）设计的混凝土挡块初始厚度小，强度低；（4）大量变形沉积物；（5）二次成型混凝土路面为普通混凝土，强度低，厚度小；（6）永久荷载不考虑地下水在隧道工程中的作用^[2]。

4.2 施工方面

隧道施工时，监控和测量被忽视，操作系统测量数据和信息也没有得到及时分析和反馈。因此，就没法为设计和施工提供指导。在隧道施工中，围岩、一次支护和二次初砌之间的关系没有得到充分利用，存在下列问题：（1）混凝土的二次浇筑作业有缺陷，竖向砌块或砌块模型不明确，混凝土质量不良分层；（2）预留圆弧的筛分值未适当调整，侧壁残渣未及时清理；（3）过早拆除模具，混凝土阻力不到设计阻力的75%就拆除支架和模型；（4）混凝土施工中断，且中断时间超过初始凝结时间。之后在浇筑时，原混凝土表面处理不当。

4.3 环境方面

（1）温差的因素。在高速公路的某些路段，温差较大，特别是冬季，气温快速下降时，封闭的环衬表层，其温度剧烈降低，内部结构和围岩相邻，因此出现形变。被岩石的作用力影响，加上内外极大的温差环节，让衬砌出现非常大的应力，造成衬砌出现裂缝。

（2）地下水的因素。隧道通常会出现渗漏的问题，在JTJ 026—1990规格中，隧道的持续荷载没有考虑到地下水的因素，水压对隧道衬砌结构有严重影响。如果不排放地下水，地下水将影响支撑结构，加大路面侧向压力，使隧道侧壁上拱形的热裂缝和循环裂缝数量增加。

5. 高速公路隧道衬砌裂缝的成因

5.1 设计原因

与其他公路工程相比，公路隧道工程更为复杂，对施工、设计和技术要求较高。关于隧道设计，包括全路线布置、进出口参数、施工钻孔计划等。假如忽视了设计环节，会对隧道项目的作业成效带来整体的负面影响，衬砌开裂的问题无法管控。因此，相关的设计人员需要关注结构受力的设计，以及围岩的稳定性能，同时，不能忽视细部构造的设计工作。例如，在隧道纵向排水沟的设计中，没有考虑单独的位置，

这可能导致泄漏和油漆裂缝。

5.2 施工原因

道路建设需要先进的技术和工艺。先进科学的施工技术能确保隧道项目的作业成效，提升隧道的安全、稳定性能。在公路隧道施工建设的过程中，由于受到施工方法、施工环境和施工工艺水平的影响，一些缺陷和问题在施工过程中很容易出现，作业工艺不合理会造成衬砌缝隙的问题；作业成效是否满足标准，是影响隧道项目后期运营的关键因素。所以，如果施工作业环节的管控不完善，在后续隧道的使用过程中，很容易引起事故的发生^[3]。

5.3 建造隧道的核心原因

除了人工，对隧道施工影响最大的就是材料的质量。因此，材料质量是否合格就直接对隧道的质量和后续运营产生影响。相反，如果在隧道施工建设中，原材料的计量出现了误差，那么隧道衬砌的稳定性和可靠性也就无法保证了，就可能导致涂层的开裂。

6 裂缝处置措施

根据现场实际情况和施工队以往的经验，采取了以下处理方法。

(1) 狭缝紧而倾斜。对不漏水的斜柱状裂缝，主要的方法是用“凿子填充”来固定：沿着裂缝切一个5 cm×5 cm宽的深槽，清洁槽。将凹槽填充到4 cm的高度。槽为抗拉强度（配合比为水泥：细骨料：UEA膨胀材料：速干系数=1：1.2：1.2：0.6），使用彩色砂浆（配合比为普通水泥：细骨料：白水泥：水=1.8：4.0：1.0：1.1）将凹槽的剩余表面平滑至1 cm的厚度。

(2) 周边及斜裂缝防水。对漏水的圆形和斜裂缝，主要采用“凿+移+填”的方法进行修正。换句话说，使用普通的排水管将水沿裂缝方向引导到裂缝中。将它们连接在PVC50支管的一半进行排水，然后将表面填平并沿缝隙切出5 cm×8 cm宽的深槽，并继续在溢流盆中间做深切宽。测量3 cm×5 cm和润滑；安装一半a50PVC管绕开，用双液悬浮液（水泥悬浮液：玻璃水=1：1）密封，用单面塑料胶带密封，然后填充至2 cm厚。砂浆后使用。关闭用塑料胶带封边，用2 cm高强度膨胀砂浆填满密封胶带，最后擦拭匹配的颜色，将1 cm厚凹槽的剩余表面平整。

(3) 纵向裂纹。如果出现纵向裂缝，无论有水还是无水，都应进行灌浆处理，以确保隧道衬砌结构的完整性，如图2所示。具体方法是沿缝隙切出8 cm宽的深槽，将槽清理干净，用7 cm厚的高强膨胀

浆填满槽内，沿槽每60 cm合并“6”。填充时，接缝型（接缝长8 cm），接缝必须放在凹槽的底部，以保证下接缝的效果。凝固孔悬空后，向接缝注入高强度膨胀浆液（环氧树脂：二丁基润滑脂：乙二胺：滑石=1：1.2：0.7：0.8）填充后，使用相应颜色的浆料将剩余的凹槽一侧抹平。如果有部分纵向狭缝，请使用加固固定螺钉。



图2 纵向裂纹处理

(4) 0.2 mm以下裂纹的处理：将裂纹宽度在0.2 mm以下的裂纹用吸水性树脂表层密封干燥，用制备的环氧树脂在反面层压。此时，树脂溶液需要一定的流动性。具体程序如下。①标记：检查裂纹，发现并标记裂纹。②初步表面处理。对混凝土表面的裂缝，用钢丝刷清除表面的灰尘、碎屑，然后用蘸有有机溶剂的吸水软毛刷清洁表面2~4 cm树脂。③关节的两侧压合封口。用刮刀将制备好的环氧树脂压紧，沿垂直裂纹方向反复刮擦，使树脂溶液附着好，伸长率增加。树脂完全硬化后，可根据现场情况进行表面改性。

7 结束语

在隧道施工过程中，隧道二衬混凝土裂缝管理是比较重要的一个环节，如果管理稍有不妥，就会直接影响其工程的质量，进而引发事故。所以，合理处理衬砌混凝土裂缝的关键是严格控制材料的侵入，加强过程控制，只要抓住问题的关键，采取科学、合理的措施，就可以保证施工质量。当然，没有100%可靠的材料，也没有完美的施工方法，只有正确的材料选择和合理的施工才能达到有效控制施工质量的目的。

参考文献

- [1] 贺超.隧道衬砌裂缝及渗漏水病害整治技术研究[J].工程技术研究, 2019, 4(14): 88-89.
- [2] 张涛.公路隧道工程中的常见病害及其养护管理探讨[J].工程技术研究, 2019, 4(15): 126-127.
- [3] 张问坪.公路隧道病害检测及处治探讨[J].住宅与房地产, 2019(27): 204.