

文章编号: 1002-0268 (2003) 06-0066-03

隧道二次衬砌裂缝分析与治理

徐琳

(温州市市政工程建设开发办公室, 浙江 温州 325000)

摘要: 衬砌裂缝是岩石隧道的一种质量通病。本文阐述了某高速公路两隧道二次衬砌产生裂缝情况, 以理论分析与实践相结合, 多角度总结了两隧道裂缝的成因, 并提出了裂缝治理的方法。
关键词: 隧道; 二次衬砌; 裂缝; 原因; 治理
中图分类号: U455.91 **文献标识码:** A

Analysis and Control of Tunnel Secondary Lining Cracking

XU Lin

(Wenzhou Urban Engineering Development Office, Zhejiang Wenzhou 325000, China)

Abstract: Lining cracking is a common quality problem in rock tunnel engineering. This paper analyzes the causes of the cracking of the secondary lining of two expressway tunnels, in terms of theory and practice, and sets forth proposals to prevent and control the cracking.
Key words: Tunnel; Secondary lining; Cracking; Cause; Control

随着我国公路建设的发展, 公路等级、质量要求越来越高。在公路隧道建设过程中, 衬砌裂缝是一种常见质量缺陷^[1]。有些裂缝是由施工原因造成的, 这种裂缝多发生在衬砌上部, 而且, 由于隧道内光线昏暗, 能见度差, 出现裂缝后难以及时发现, 往往导致同类裂缝在整条隧道中多次出现。本文分析了某高速公路两隧道二次衬砌裂缝的产生原因, 并阐述了裂缝治理的方法, 希望为类似工程提供参考。

1 隧道简介

隧道一为双向分离式隧道, 左、右线长度分别为 289.7m 和 309.7m, 建筑宽度 11m, 高 7m。围岩以 V 类为主, 仅在洞口段局部出现 II 类围岩。施工时基本无地下水。该隧道于 1998 年 5 月 11 日开工, 1998 年 8~12 月进行二次衬砌 (以下简称衬砌) 浇筑, 1999 年 7 月 31 日完工。

隧道二亦为双向分离式隧道, 左、右线长度分别为 345.7m 和 319.6m, 建筑宽度和高度与隧道一相同。围岩以 IV 类居多, III 类围岩较少, 仅洞口段局部

出现 II 类围岩, 施工时地下水较丰富。该隧道于 1998 年 6 月 30 日开工, 1998 年 12 月~1999 年 6 月进行衬砌浇筑, 1999 年 11 月 25 日完工。

两隧道均按新奥法设计和施工, 为曲墙式隧道。衬砌断面结构见图 1 和表 1。

根据新奥法施工要求, 两隧道开挖后及时支护, 加强监控量测, 确定围岩变形基本稳定后进行衬砌浇筑。1999 年 10 月, 发现两隧道衬砌存在多条裂缝。裂缝主要分布在拱顶和边墙, 拱脚较少; 大部分裂缝

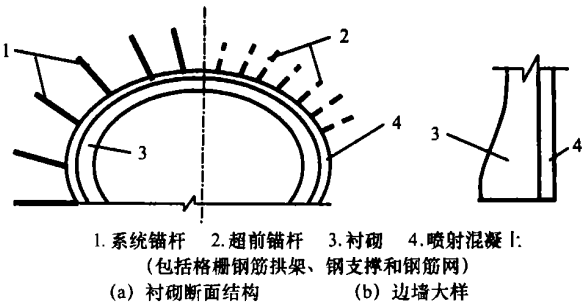


图 1 衬砌断面结构

衬砌断面结构 表 1

围岩类型	II 类	III类	IV类	V 类
系统锚杆 (20MnS ϕ 22)	长 300cm, 间距 100cm $\times$ 100cm, 梅花型布置	长 300cm, 间距 120cm $\times$ 120cm, 梅花型布置	长 250cm, 间距 150cm $\times$ 150cm, 梅花型布置	/
超前锚杆 (20MnS ϕ 22)	/	长 350cm, 环向间 距 40cm, 纵向间距 200cm	/	/
格栅钢筋拱架 (20MnS ϕ 22)	/	4 根钢筋组成一 幅, 幅间距 100cm	/	/
钢支撑(I22b)	间距 75cm	/	/	/
钢筋网(ϕ 8)	间距 25 $\times$ 25cm	间距 20 $\times$ 20cm	间距 20 $\times$ 20cm, 局部	/
喷射混凝土 厚度(C20)	25cm	20cm	12cm	8cm
衬砌厚度(C20 防水混凝土)	50cm	45cm	40cm	30cm

为水平向，少量为斜裂和竖向裂缝（不包括环向施工缝处开裂）。裂缝长度 2 ~ 10m，宽度 0.7 ~ 0.15mm，深度 11.8 ~ 56.6mm。裂缝展示如图 2。

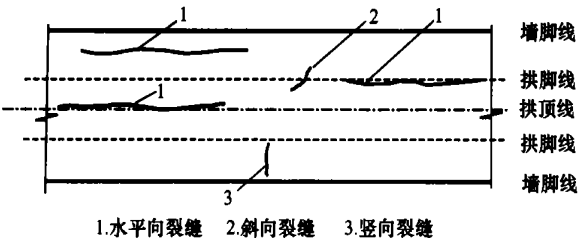


图 2 裂缝展示示意图

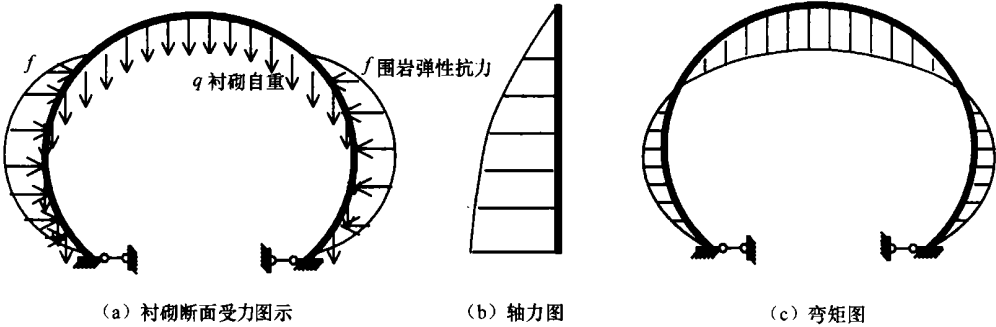


图 3 衬砌断面受力及内力分布示意图

衬砌为曲墙式，墙脚断面尺寸远大于拱脚断面（图 1 (b)），虽然墙脚轴力最大（图 3 (b)），但压应力最大值却发生在边墙中部附近，该处裂缝（碎裂）相对集中，这与实际情况亦吻合。

拆模时曾在边墙处发现水平向裂缝，表现特征为挤出变形带，带宽约 0.5 ~ 1cm，凸起高约 2 ~ 3mm，长度与衬砌分段施工长度基本相等。干缩后该挤出带较宽。

3 2 混凝土配合比不科学

2 衬砌受力分析

根据新奥法理论，围岩是承载结构的主体^[2]，锚喷支护仅承受部分松散荷载和围岩形变压力。在 IV、V 类围岩中，二次衬砌为安全储备，并承受部分流变荷载、地震力等，不承受地层荷载和水压力；在 II、III 类围岩中，衬砌除承受部分流变荷载、地震力外，还承受部分围岩形变压力（围岩变形未稳定时）。两隧道围岩均较好，衬砌的施工均在围岩变形稳定后进行，并且排水设施完善，排水状况良好，拆模后，衬砌主要承受自重及围岩弹性抗力，其受力及内力图示如图 3。

由图 3 可知衬砌拱部内表面弯拉应力较大，该处容易产生弯拉裂缝；拱脚和边墙轴力较大，该处受挤压容易碎裂。

3 裂缝成因分析

3 1 拆模过早

拆模过早是导致衬砌产生裂缝的主要原因。拆模时部分混凝土龄期只有 10h 左右，强度低，难以达到抗压和抗拉要求，致使拱部混凝土受自重作用而产生水平向的弯拉裂缝。由图 3 (c) 可知，拱顶弯矩最大，故拱部裂缝多集中在拱顶，这与实际情况吻合。拆模后，拱部衬砌自重全部传递给拱脚和边墙，此时混凝土强度很低，无法承受如此大的自重应力。由于

衬砌采用泵送混凝土，水灰比大且砂细，早期强度低。拌合物粘聚性和保水性较差^[3]，浇筑振捣容易使混凝土均匀性受到影响，同时，混凝土收缩变形大。

3 3 衬砌厚度不均匀

光面爆破控制不好，岩面不平整，围岩超挖部分衬砌变厚，而局部欠挖处围岩又侵入衬砌，使得衬砌厚度不均匀。由于衬砌局部偏薄等原因，在衬砌内形成了多处薄弱面。这些薄弱面受混凝土收缩、温度变

化等综合作用而开裂，形成不规则的斜向和竖向裂缝。

3.4 施工原因

衬砌分段施工，分段长度约 12m，每段衬砌浇筑时间 20h 左右。浇筑期间偶遇停电，而自备发电设备无法及时供电，造成水平施工缝。因模板为整体式，施工中不能进行单块拆卸，施工缝无法按规范进行接缝处理，形成一薄弱层。该薄弱层处易形成水平向裂缝。

4 裂缝处治方案

4.1 裂缝检查和观测

全面检查裂缝的长度、宽度及分布情况，选取有代表性的裂缝定期观测其长度、宽度及深度变化情况。选取方法应综合考虑裂缝长度、宽度和位置、围岩类别、衬砌类型、地下水等情况，数量应不少于裂缝总数的 30%。对代表性裂缝作好标记，先用超声波法检测 1 次深度，然后每隔半个月观测 1 次裂缝宽度和长度，作好记录。连续 3 个月内裂缝长度和宽度没有变化时，可改为每月观测 1 次。半年后作 1 次深度检测。若连续半年以上裂缝长度、宽度及深度均没有变化，应认为裂缝没有发展，可进行裂缝封闭处理。若裂缝继续发展，应重新分析原因，视情况进行补强处理。

观测时应作好空气温度、湿度记录，便于修正温度、湿度变化对裂缝产生的影响。

4.2 裂缝处治——环氧树脂补强

环氧树脂硬化后有较高的强度。一般抗压强度为 167~174MPa，抗弯强度为 90~120MPa，抗拉强度为 46~70MPa，粘结强度可达 10MPa 以上，大大超过混凝土的相应强度。同时，环氧树脂收缩率较小，热膨胀系数小，可以在常温下固化。

4.2.1 环向裂缝处治——环氧树脂混凝土修补

衬砌分段施工时，由于端模板安装不牢固，在挤压下局部跑模，或者由于环向施工缝处粘连，在温度作用下，将另一侧的衬砌拉裂，致使环向裂缝不整齐，影响美观。可在环向裂缝两侧各切开一条缝，将中间凿除，形成一深度不小于 3cm 的凹槽，用毛刷蘸甲苯、丙酮等有机溶液清洗表面并保持干燥，然后用环氧树脂填补，填补至与衬砌表面齐平后抹光，待环氧树脂达到一定强度时进行环向切缝，切缝要规则，深度 3cm。处理措施如图 4。

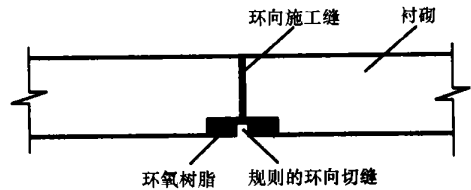


图 4 环向裂缝处理措施示意图

4.2.2 水平向、斜向、竖向裂缝处治——高压注射环氧树脂

修补方法：沿裂缝走向密集钻孔，孔距为 20~30cm，注入前先清除裂缝表面浮渣、灰尘等污物，用毛刷蘸甲苯、丙酮等有机溶液清洗表面并保持干燥，然后安装注入嘴，用环氧树脂将其余部分裂缝封闭；最后注入环氧树脂。处理措施如图 5。

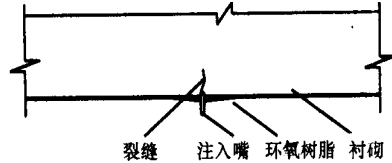


图 5 水平向、斜向、竖向裂缝处理措施示意图

由于现实的需要，两隧道建成后即投入营运。实际操作中，对隧道裂缝采取的是先治理后观测的方法，即先按照上文所述方法进行裂缝治理，并做好标记，通车后进行不定期的观测。经过 2 年多不定期观测，两隧道内雨季无渗水、冬季无开裂，原裂缝标记完好如初。说明本文的裂缝分析与治理方法是正确的。

5 结论

按新奥法施工的隧道中，按成因分类，衬砌裂缝大致可分为两类：一类是由未收敛的围岩形变压力引起，另一类则是由于衬砌自身结构、施工方法或其他缺陷等因素引起。对于前者，裂缝表征多为动态的、发展的，一般随着时间的推移，裂缝会逐渐增大，收敛时间也很长。而对于后者，裂缝多表征为静态，收敛时间很短，这种裂缝一般在发现后很短一段时间内，甚至在刚发现时就不再发展。本文所述方法适用于后者，可为同类工程提供参考。

参考文献：

[1] 王梦恕. 21 世纪山岭隧道修建的趋势 [C]. 四川省公路学会隧道专业委员会论文集, 1998.
[2] 王毅才. 隧道工程 [M]. 人民交通出版社, 1987.
[3] 谢凤举. 道路建筑材料 [M]. 重庆大学出版社, 1989.