

Analysis on the causes and control factors of tunnel collapse in Qingdao

Fang Xiong, Guan Yan

Jinan-Qingdao High-speed Railway, Jinan

Abstract: Based on the analysis of a large number of highway and railway tunnel collapse engineering examples, and relying on the Yangkou tunnel of Qingdao Binhai Highway, this paper studies the causes and control factors of the collapse, and puts forward the precautions and anti-collapse measures in the construction, so as to make the collapse possible to a minimum.

Key words: Underground engineering; Tunnel collapse; Control factors; Prevention and control measures

Received: 2019-10-20; Accepted: 2019-11-25; Published: 2019-12-12

青岛市隧道塌方的原因及控制因素分析

方 雄 官 燕

济青高速铁路, 济南

邮箱: fangxiong072589@163.com

摘 要: 通过对大量公路、铁路隧道塌方工程实例的分析, 并依托青岛市滨海公路仰口隧道, 研究了塌方发生的原因及控制因素, 并提出了施工中应注意的事项和防塌措施, 以便将塌方发生的可能性降至最低。

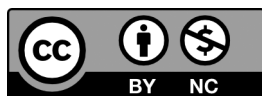
关键词: 地下工程; 隧道塌方; 控制因素; 防治措施

收稿日期: 2019-10-20; 录用日期: 2019-11-25; 发表日期: 2019-12-12

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



引言

随着地下工程建设的大规模开展,隧道的开挖深度、宽度不断增加,遇到的地质条件也越来越复杂,这给地下工程的发展带来了严峻的挑战,与此同时亦伴随着很多隧道工程事故的发生。如 2003 年 7 月 1 日,上海地铁 4 号线由于施工单位用于冷冻法施工的制冷设备发生故障,没有及时采取有效措施排除险情,导致大量流沙涌入,造成地面大幅沉降、建筑物破坏和黄浦江防汛墙断裂,直接经济损失达 1.5 亿元;2006 年 8 月 5 日,宜万铁路野三关隧道突发特大突水、突石事件,造成 3 人死亡、7 人失踪,直接经济损失 1349 万元;2007 年 7 月 15 日下午到 18 日郑西客运专线南山口隧道陆续出现掉块、坍塌,栝钢架压垮、上台阶全部被掩埋,坍塌长度 110 余米,地表房屋开裂,所幸未造成人员伤亡[1]。这些惨痛的事故使从事隧道和地下工程的研究人员深刻认识到分析事故发生的原因至关重要。如果能预先了解事故发生的可能性,预估这些事故所造成的后果和损失,并有针对性地采用相应措施,对减小事故引起的损失有重要意义。本文以青岛市滨海公路仰口隧道为依托,分析了一般隧道塌方的原因及特点,并根据隧道塌方的控制因素,给出了一些预防隧道塌方的措施。

1 工程概况

青岛市滨海公路北段是连接未来城市组团和旅游景区的交通干线,同时也是青岛市奥运行动规划中交通建设和管理专项规划的重要内容。仰口隧道是滨海公路的控制工程,也是山东省上第一条长大隧道。为三车道分离式隧道,左线全长 3874 m,右线全长 3888 m。开挖宽为 16.43 m,高为 11.82 m,开挖断面为 164.02 m²。

2 隧道塌方的原因及特点

人为因素(如经验不足、爆破扰动、施工措施不当等)、非人为因素(如

地质条件、地表水、地下水等)都有可能造成隧道发生塌方。隧道埋深、隧道断面形式及大小也是隧道塌方的主要影响因素。

(1) 地质因素。由于受所选线路位置的限制,有的隧道会遭遇类似膨胀岩、高地应力、岩溶、涌水等不良地质而面临塌方危险;或是在勘察和施工过程中对地质情况认识不清,造成施工时出现塌方;在开挖过程中,围岩的地质条件突然变差或出现较大的断层、破碎带、软弱夹层等,隧道塌方防不胜防;塌方段洞顶覆盖层较薄,施工时开挖扰动原岩,使围岩压力增大,致使塌方发生。

(2) 采用的施工方法不当,在施工过程中会出现很多与设计工况不同的情况。如施工方法与地质条件不相适应的情况下,需要采取超前支护措施而未采取,或虽已采取了措施但其质量和效果未能达到要求;地质条件发生变化时,没有及时改变施工方法,如在软弱围岩的施工中,没有及时施作仰拱,未形成封闭的环状受力;施工支护不及时引起围岩松动、风化,施作二次衬砌的时间太迟,围岩和初期支护无法承受应力重分布后带来的直接作用而发生塌方;未考虑到围岩变形的同时具有连续变形和突然变形的特征,开挖方法不正确,应采用半断面开挖而实际采用了全断面,应该采用分步开挖而实际采用了全断面或半断面等 [2]。

(3) 设计不当。由于地下结构的建设对地质条件的依赖程度很大,工程师通常无法对地质状况有非常详尽的了解。因此,在隧道结构的设计过程中,常会出现对地质情况不完全了解,洞口的位置选择不恰当,如位于较大的滑动体或断层之中,从而引发洞口塌方;设计的支护参数偏小,无法保证围岩从开挖后到二次衬砌施工这段时间内的稳定;针对特殊不良地质地段,设计上给出的处理措施不当等情况。

(4) 管理不当。在施工过程中,往往也会出现管理方式不当或是管理疏漏的情况,如施工过程中存在的工艺操作不符合施工技术规范要求,施工管理不到位;未经上级部门同意,擅自改变施工方法等;安全、质量意识淡薄,在施工中存在侥幸心理、偷工减料、弄虚作假等,造成支护质量远远达不到设计要求;由于不合理工期、不合理造价等宏观决策,引起施工过程中强行追求进度,造成支护强度达不到应有的要求,从而引发塌方等。

3 隧道塌方的控制因素及存在问题

通过对隧道塌方事故的统计资料发现,隧道失稳破坏通常都是沿着结构面发生的,因此隧道结构稳定性与结构面的性质,如结构面的发育程度、发育位置、产状、组合特征及其工程性质等有很大的关系。无论基础岩石如何坚固,只要岩体中存在不利的结构面所构成的软弱地质界面或分割面,岩体就失去了其完整性,就有可能沿着这些结构面发生破坏。

正在进行的失稳研究还涉及到损伤演化诱发失稳 [3]。损伤力学认为,大多数材料与结构,在宏观裂纹出现以前便已出现微裂纹与微观空洞。自然界的岩体既不是理想连续介质,也不是离散介质,目前人们较多地采用连续损伤力学来描述裂隙化岩体的力学行为,但连续损伤力学尚不能准确地描述物质的不连续特性。而这类岩体内修建的隧道可能还会引起初始损伤扩展,甚至引发新的损伤。一般说来,岩石强度是未知的,因而强度判据作为岩石破坏准则应用于实际有一定困难。研究者通常关心的不是破坏的状态,而是发生破坏的全过程及其破坏的程度。大量的试验证明,岩石失稳都发生在峰值强度之后应变弱化段的某一区间。然而有时即使超过峰值强度岩石不一定失稳,有时岩石所受的应力未超过岩石强度,但由于岩石的流变性质,岩石变形很快进入应变弱化区段,随即发生破坏。因此,传统的强度判断岩体稳定往往是失效的。

4 隧道塌方的防治措施

鉴于隧道工程发生塌方的复杂性,对塌方进行主动控制有较大的难度,通常采取一些措施,以防止塌方事故的发生。同时,相关措施在青岛市滨海公路仰口隧道给予了应用,并取得了良好的应用效果,该工程在实施过程中未发生任何一次有危害性的塌方事故。

4.1 设计措施

通常,隧道工程的地质情况具有特殊性、复杂性、不确定性等特征,在设计阶段,设计单位要根据不同的地质情况制定符合实际、能指导施工的方案,

设计参数要满足强度要求,在施工阶段根据实际开挖地质及量测结果修正设计方案、开挖方法及施工工艺。应注意洞口位置的选择是否恰当,尽量避免位于较大的滑动体或断层之中 [4]。对不良地质,通过超前地质预

报进一步掌握地质情况,在工程施工中,主要采用了 TSP203 地质雷达超前地质预报技术,及时的调整支护参数和施工方法,采取防塌工程措施。

4.2 施工措施

在不良地质地段施工时,应合理控制开挖速度,按照“先治水、短开挖、弱爆破、先护顶、早喷锚、强支护、早衬砌”的原则稳步前进,并及时提高初支的刚度和承载力。

循环开挖进尺要短,关键工序间距要控制,控制仰拱和开挖面距离,已开挖段应快速封闭成环,严防工序失衡。根据量测结果,判断支护体系及围岩的受力与变形情况,调整支护参数、施工方法;采用监控量测成果检测防塌措施的效果,指导超前地质预报、设计、施工,实现信息化施工。当发现测量数据有不正常变化或突变、洞内或地表位移值大于允许位移值、洞内或地面出现裂缝以及喷层出现异常裂缝时,必须停止作业,制定处理措施后再继续施工。

4.3 施工过程注意事项

进洞前先做好洞口工程,稳定好洞口的边坡和仰坡,确保地表水不致危及隧道的施工安全;采用降、堵、泄等方法处理地下水;提高围岩自稳能力,提高喷射混凝土质量;及时排水避免岩层长期浸泡 [5]。

在爆破时,注意采用浅眼、密眼,并严格控制装药量,采用导洞超前、预留光爆层等措施减少爆破对围岩自稳能力的破坏。

对松散、低强度岩层及开挖后有可能发生流砂、突水决泥的岩层宜采用超前大管棚、地表注浆、水平冻结等方法预加固地层以提高围岩的自稳能力。

4.4 加强管理、保证施工质量

项目业主坚持把提高工程品味和施工安全及质量放在突出位置,提升质量

管理水平。严格要求施工企业提高施工人员素质,严格按设计、规范和防塌措施施工,加强管理、保证施工质量。储备应急设备、物资,尤其对不良地质隧道、城市地铁隧道、水下隧道均应提前准备,以防不测。

5 结语

隧道塌方对工程安全造成着巨大的危害,施工过程中一定要把防塌、治塌列为隧道施工病害防治的重点问题之一。要避免隧道结构产生塌方现象,就需要对地质勘察工作做到尽量细致,为设计提供比较详细的地勘资料,对不良地质情况施工方案要有针对性和预见性。在施工中应加强工程质量的控制,并采取正确的施工方法和合理的施工组织安排。

参考文献

- [1] 周峰. 山岭隧道塌方风险模糊层次评估研究[D]. 广州: 中南大学, 2008.
- [2] 冯卫星, 况勇, 陈建军. 隧道坍方案例分析[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002.
- [3] 闫东. 隧道塌方分析及其整治[J]. 铁道建筑, 2007(1): 35-36.
- [4] 李森, 王志刚. 隧道施工中塌方的预防与处理[J]. 山东交通科技, 2008: 47-51.
- [5] 冯卫星等. 大华岭隧道塌方处理方案研究[J]. 国防交通工程与技术, 2008(2): 11-14.