

TBM 组装洞岩壁梁岩台缺陷处理技术研究

苗双平

(北京振冲工程股份有限公司,北京 100102)

摘要: TBM 组装间岩壁梁在施工过程中,由于受地质条件及人为因素影响,导致 TBM 组装间岩壁梁在施工过程中发生无法成型或岩壁梁岩台存在缺陷,对后序岩壁梁上部吊车轨道安装埋下严重的安全隐患。以吉林引松供水总干线三标 TBM 组装间岩壁梁为研究背景,对岩壁梁缺陷处理进行了详细分析和研究,提出了岩壁梁岩台缺陷的处理技术,并对研究结果进行了验证,对类似工程有一定的参考价值。

关键词: 隧道施工;TBM 组装间;岩壁梁;缺陷;处理技术

中图分类号: TV554 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)05-0089-03

Study on Defects Processing Technology of Ledge Beam Rock Bench for TBM Assemble Hole/MIAO Shuang-ping
(Beijing Vibrofloatation Engineering Co., Ltd., Beijing 100102, China)

Abstract: During the construction process of TBM assemble hole ledge beam, because of the geological conditions and artificial influence factors, the ledge beam could not be formed or there would be some defects in rock bench of ledge beam, which were serious security risks to the next installation of crane track in upper part of ledge beam. With the research background of TBM assemble hole ledge beam of the 3rd contract section in main channel of transferring water from Songhuajiang River, the detailed analysis and study were carried out to put forward processing technology of ledge beam defects. The verified research results have some reference values to the similar project.

Key words: tunnel construction; TBM assemble hole; ledge beam; defect; processing technology

随着 TBM 掘进技术的发展,国内超长隧道施工越来越多,独头掘进 10 km 已很普遍。而 TBM 地下组装洞室内岩壁吊车梁结构形式的实现,需结合组装洞室的结构功能,并根据其地质条件的复杂程度,严格控制开挖,保证岩台成型角度在合理范围内^[1]。但在组装洞室的实际开挖过程中,因围岩节理裂隙的存在,控制爆破的偏差以及人为操作等因素的影响,或多或少会造成组装洞室段岩台开挖未能成型^[2-4]。徐成光^[5]在施工时首次采用了“三步起爆一次开挖施工光面—预裂爆破”新技术,在岩壁梁岩台以上保护层部位采用“直孔和斜孔光面爆破一次开挖”方法,减少了爆破对岩壁的扰动,确保了岩壁开挖成型质量,创造了炮孔痕迹率 100%;幸享林^[6]基于大量分析研究和监测成果表明,在复杂地质条件下,即使在洞室群围岩卸荷松弛变形已较大的情况下,采用岩壁吊车梁结构在技术上仍是可行;李世民^[7]采用凿岩台车开挖,充分发挥了凿岩台车大断面施工的优势,并成功将岩锚梁应用于组装间,优化了组装间宽度和桥机承载结构。目前,对于岩壁吊车梁未能成型岩台的处理方法并没有相应的国家规范和标准^[8-16],为保证岩壁吊车梁的顺利施作,本文以吉

林引松供水总干线三标 TBM 组装间岩壁梁为背景,对未成型岩台岩壁吊车梁的设计进行研究。

1 工程概况

吉林引松供水总干线三标 TBM 组装间全长 80 m,组装洞为蘑菇形,开挖断面为 10.5 m × 15.0 m (宽 × 高),设计岩壁梁宽度为 1.3 m,岩壁梁上部浇筑宽 1.3 m,高 2.0 m 的钢筋混凝土桥机轨道安装基础,安装 2 × 80 t 桥机一台。岩壁梁开挖施工过程中由于地质条件影响,岩台以下存在较大的超挖情况,大部分的岩壁梁开挖后达不到 1.3 m 宽的设计要求,形成岩壁梁岩台缺陷,因此需要对该缺陷进行处理,以满足工程运行需求。

2 岩壁梁岩台缺陷处理技术

2.1 岩壁梁岩台缺陷处理原则

施工中,先进行岩台下部补强混凝土的施工,待强度达到设计强度的 70% 时,进行原设计钢筋混凝土岩壁梁的施工,将二者做为独立结构,岩壁梁截面如图 1 所示。

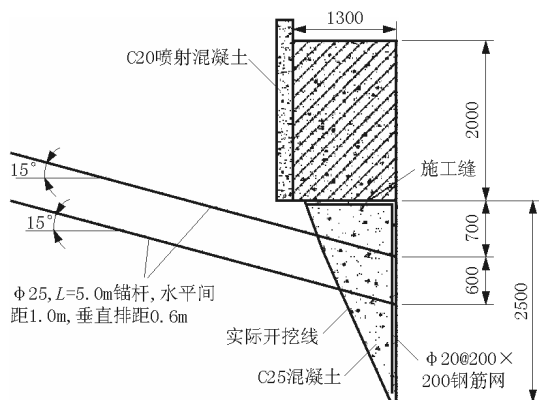


图1 岩壁梁岩台截面图

假定补强体为独立的绝对刚性体,按其受力特点,将其视为符合文克尔假定的弹性地基,在荷载作用下,补强体产生平移与刚体转动,根据刚体平衡和抗滑计算受拉钢筋截面积、抗滑稳定、锚杆锚固长度^[18]。

(1) 单位梁长岩壁吊车梁受拉锚杆截面积应符合下列规定:

$$\gamma_0 \psi M \leq (1/\gamma_d) f_y (A_{s1} L_{11} + A_{s2} L_{12}) \quad (1)$$

$$A_{s1} L_{11} = A_{s2} L_{12} \quad (2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,结构安全级别为I级,取1.1; ψ ——设计状况系数,对应于持久状况、短暂状况、偶然状况,可分别取1.0、0.95、0.85; γ_d ——岩壁吊车梁受拉锚杆承载力计算的结构系数,考虑锚杆释放应力影响,取1.65; M ——吊车梁单位竖向轮压、横向水平荷载、岩壁吊车梁自重、单位梁上轨道附件重力和梁上防潮墙重力所有各荷载的设计值对受压锚杆与岩壁斜面交点的力矩和; f_y ——受拉锚杆抗拉强度设计值,按《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008),取300 N/mm²; A_{s1} 、 A_{s2} ——第一、二排受拉锚杆单位梁长的计算截面面积; L_{11} 、 L_{12} ——第一、二排受拉锚杆到受压锚杆与岩壁斜面交点的力臂。

(2) 岩壁吊车梁与岩壁结合面的抗滑稳定验算应符合以下规定(各荷载均取设计值):

$$\gamma_0 \psi S(\bullet) \leq (1/\gamma_d) R(\bullet) \quad (3)$$

$$R(\bullet) = [(G + F_v + W) \sin \beta - F_h \cos \beta + \sum f_y A_{si}' \cos(\alpha_i + \beta)] \left[\frac{f_t'}{\gamma_f} + \frac{c_k'}{\gamma_c} \right] A + \sum f_y A_{si}' \sin(\alpha_i + \beta)$$

$$S(\bullet) = (G + F_v + W) \cos \beta + F_h \sin \beta$$

式中: $S(\bullet)$ ——沿岩壁斜面上的下滑力; $R(\bullet)$ ——沿岩壁斜面上的阻滑力; F_v ——单位梁长竖向轮压设计值; F_h ——单位梁长吊车横向水平荷载设计值; G ——单位梁长上岩壁吊车梁自重(含二

期混凝土)设计值; W ——单位梁长上轨道及附件重力和梁上防潮隔墙重力设计值; β ——岩壁角; α_i ——第*i*排受拉锚杆的倾角; A ——单位梁长岩壁吊车梁斜面的面积; A_{si}' ——第*i*排受拉锚杆单位梁长的实配截面面积; f_t' ——岩壁斜面上抗剪断摩擦系数标准值; γ_f' ——抗剪断摩擦系数的分项系数,取1.3; c_k' ——岩壁斜面上抗剪断粘结力标准值; γ_c'' ——抗剪断粘结力的分项系数,取3.0; γ_d ——抗滑稳定结构系数,不小于1.2。

(3) 要求锚杆在稳定岩体内锚固长度应符合下列规定:

$$L_a \geq \frac{\gamma_0 \psi \gamma_d \gamma_b f_y A_s}{\pi D f_{rb,k}} \quad (4)$$

$$L_a \geq \frac{\gamma_0 \psi \gamma_d \gamma_b f_y A_s}{\pi D f_{b,k}} \quad (5)$$

式中: L_a ——受拉锚杆在稳定岩体内的锚固段长度,mm; γ_d ——结构系数,不小于1.35; γ_b ——粘结强度的材料性能分项系数,可取1.25; f_y ——受拉锚杆抗拉强度设计值,为300 MPa; $f_{rb,k}$ ——胶结材料与孔壁的粘结强度标准值,本工程砂浆强度等级M30,取1.2 MPa; $f_{b,k}$ ——胶结材料与钢筋之间的设计粘结强度,取2.0 MPa; d ——锚杆直径,为25 mm; D ——锚杆孔直径,取42 mm; A_s ——单根受拉钢筋的截面面积,钢筋直径为25 mm,则其面积为490.9 mm²。

参照表1 计算结果和以往工程经验,锚杆长度定为5 m较为合理。

表1 混凝土补强体受拉锚杆锚固长度计算表

参数	γ_0	ψ	γ_d	γ_b	$f_y/$ MPa	$A_s/$ mm ²	$D/$ mm	$f_{rb,k}/$ MPa	$f_{b,k}/$ MPa	$d/$ mm	
数值	1.1	1	1.35	1.25	300	490.9	42	1.2	2	25	
L_a (mm)按公式(4)						1726	514954				
L_a (mm)按公式(5)						1740	327074				

2.2 计算过程

首先计算出补强体所承受的荷载,再针对不同荷载情况、岩壁梁缺陷情况进行计算加固系数,从而设计处理措施。

2.2.1 设计荷载

补强体承受的荷载包括桥机的竖向轮压、桥机横向水平荷载(根据桥机厂家资料)、岩壁梁自重、补强体自重、轨道及其附件重以及各种工况下其他动荷载。

2.2.2 过程计算

岩壁梁开挖后,不同的桩号段岩台缺陷程度不同,缺陷高度在1.5~3.5 m之间。分析岩台缺陷情

况,采用不同的处理方案,初步拟定岩台缺陷处理补强体的垂直高度为2、2.5和3 m三个方案。

通过对混凝土补强体的受力分析发现,对计算受拉锚杆截面影响最大的因素是吊车竖向荷载和吊车水平荷载,仅考虑这两种荷载作用,假定设置单排受拉锚杆,水平间距1 m,锚杆起始位置为岩台以下70 cm处,上倾15°锚入岩石,初步计算中不满足要求的剖面,增设一排受拉锚杆后,缺陷高度在2.5 m以内均满足要求,但缺陷高度3 m位置仍然不满足要求,需要水平方向进行加密处理。通过对以上计算结果的归纳总结,并参照类似工程经验,最终确定4个岩台缺陷处理方案。

方案一:补强体垂直高度3 m,两排锚杆,水平间距1 m,垂直排距0.6 m;

方案二:补强体垂直高度2.5 m,两排锚杆,水平间距1 m,垂直排距0.6 m;

方案三:补强体垂直高度2 m,两排锚杆,水平间距1 m,垂直排距0.6 m;

方案四:补强体垂直高度3 m,三排锚杆,水平间距0.7 m,垂直排距0.6 m。

对以上4个方案,按照不同缺陷程度进行验算,结果证实均能满足安全要求。

3 施工过程中的注意事项

施工过程中由于先进行岩壁梁岩台缺陷部位的补强,因此必须加强施工质量检查,保证每根锚杆注浆密实度、入岩深度,严格控制锚杆的间排距,保证受力均匀,避免应力集中,造成岩壁梁破坏。施工中应注意以下几个方面:

(1)按规定选择水泥浆体材料;

(2)浆液在28 d龄期后要求抗压强度达到设计标号强度;

(3)注浆作业应连续紧凑,中途不得中断,使注浆工作在初始注入的浆液仍具塑性的时间内完成;在注浆过程中,边灌边提注浆管,严禁将导管拔出浆液面,以免出现断杆事故;

(4)注浆过程中控制注浆压力及注浆量,保证浆液扩散均匀,保证注浆效果;

(5)锚杆垫板应与基面密贴,锚杆应平直、无损伤,表面无裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。

补强体处理完成后,强度达到设计强度的70%,对岩台部位施工缝按规范要求进行处理,再进行上部钢筋混凝土岩壁梁的施工。

4 结论

本文采用理论分析、现场试验的方法对TBM组装间岩壁梁岩台缺陷处理进行了研究,主要得到以下结论:

(1)通过理论分析,通过对混凝土补强体的受力分析发现,对计算受拉锚杆截面影响最大的因素是吊车竖向荷载和吊车水平荷载,锚杆长度选定为5 m;

(2)对不同缺陷高度的岩壁梁缺陷应采取不同加固方案,确信高度越大,补强体强度应越大,锚杆间距要分布合理,保证岩壁梁受力均匀;

(3)从处理过程可以看出,在现场施工过程中,先要做好地质条件的分析,尽量避免在地质缺陷的区域设计TBM组装间岩壁梁,确因条件限制时,亦要加强质量控制,同时做好岩壁梁岩台缺陷的详细统计,分桩号段、分区间进行缺陷统计,针对不同的缺陷程度进行分级,再按照以上方法进行岩壁梁补强计算,保证处理后的岩台满足荷载要求。

参考文献:

- [1] 邓勇. 锦屏电站引水隧洞 Φ 12.43 m大直径TBM组装洞室设计与施工[J]. 隧道建设,2010,30(3):271-275.
- [2] 杨春旭,李家兴,田灿斌. 糯扎渡水电站地下厂房岩壁梁岩台开挖爆破试验[J]. 云南水力发电,2010,26(5):122-126.
- [3] 张德高,张志斌. 溪洛渡水电站右岸地下厂房岩壁梁岩台开挖质量管理[J]. 云南水力发电,2009,25(6):109-110.
- [4] 彭相国,佟阳. 岩壁吊车梁爆刻技术在呼和浩特抽水蓄能电站的研究与应用[J]. 甘肃水利水电技术,2012,48(1):63-64.
- [5] 徐成光. 岩壁梁部位开挖施工关键技术研究[J]. 贵州水力发电,2006,12(3):45-48.
- [6] 幸享林,吴燕,冯梅. 复杂地质条件下地下厂房岩壁吊车梁的设计[J]. 西部探矿工程,2011,23(8):181-183.
- [7] 李世民,李驱,李登钺,等. TBM地下组装间施工[J]. 云南水力发电,2014(1):62-64.
- [8] 宋智,孙强. TBM组装洞室未成型岩台岩壁吊车梁设计研究[J]. 东北水利水电,2016,(1).
- [9] 史永跃,熊细和,吴勇,等. 地下厂房岩壁梁岩台成型措施及岩体损伤的研究[J]. 水电站设计,2015(1):51-54.
- [10] 严匡柠,熊诗涛,李玉良. 洪屏抽水蓄能电站地下厂房岩壁梁岩台精细化开挖技术[J]. 施工技术,2013,42(12):36-39.
- [11] 任国青. 锦屏TBM组装洞特大断面空间交错施工技术[J]. 现代隧道技术,2012,49(6).
- [12] 闫景参,王鹏禹,李光前,等. 大直径TBM组装洞室设计与施工[J]. 水利水电施工,2014,(5):33-35.
- [13] 肖海波. 高地应力下TBM组装洞特大洞室开挖方法研究[J]. 铁道标准设计,2011,(9):85-88.
- [14] 刘绍宝. TBM洞内组装洞室及其辅助系统设计[J]. 建设机械技术与管理,2007,20(11):97-101.
- [15] 宋立德. 雅砻江锦屏二级水电站引水隧洞TBM组装洞开挖[J]. 山西建筑,2011,37(16):229-231.
- [16] 石广斌,刘有全,李敬昌. 岩壁吊车梁稳定性刚体极限平衡分析法之商榷[J]. 西北水电,2008,(5):15-17.