新奥法在西迪阿里软岩隧道施工中的应用

于维刚
(中铁西南科学研究院有限公司,四川成都 610031)

Application of New Austrian Tunneling Method in Construction of Xidi Ali Soft Rock Tunnel

Yu Weigang

摘 要 软岩隧道多采用新奥法施工,即根据隧道开挖揭露围岩的实际情况,调整施工方法和支护参数;根据现场监控量测反馈的信息,调整初期支护参数,确定永久支护的施做时间,保证隧道施工安全和工程质量。从工程概况、岩石物理力学特性、软岩隧道施工的基本特点,以及新奥法施工主要特点及施工等方面,阐述了西迪阿里软岩隧道应用新奥法施工的实际情况。

关键词 软岩 新奥法 施工

1 工程概况

西迪阿里隧道为摩洛哥王国丹吉尔—拉塞梅尔铁路连接线主要控制工程,起止里程分别为 PK23 +580 和 PK24 +200,全长 620 m。隧道采用直线进洞,直线段长 138.62 m,其余段为半径3 125 m 的缓和曲线。

隧道位于摩洛哥西北部丹吉尔市所辖区域,隧道穿越区地形较缓,为垄岗丘陵地貌,冲沟发育。隧道上方地面高程大致为 130 m,地形坡度一般小于 30°。地表植被不发育,以灌木、杂草为主。

隧道穿越地层岩性主要为:腐质土和冲积、坡积及残积物和破碎砂岩,后者主要为黄色—棕色砾砂黏土;破碎砂岩和灰色黏土岩互层,并以黏土岩为主;风化破碎—较破碎黏土岩,完整黏土岩。

收稿日期:2007-04-19
作者简介:于维刚(1978—),男,2003 年毕业于长安大学工程地质专业,工程师。

2 主要岩石物理力学特性

隧道穿越的地层岩石除腐质土和冲积、坡积及残积物和破碎砂岩外,主要为黏土岩。黏土围岩段长度占隧道全长的85%以上。

黏土岩物理力学性能差。新鲜黏土岩岩石单轴饱和抗压强度为 8.6 ~ 21.0 MPa,平均为 13.85 MPa;风化黏土岩岩石单轴饱和抗压强度可降低为 0 ~ 2.4

挖施工中出现涌水涌泥时,应立即进行封堵作业,以防止施工中大量涌水形成危害。对涌出的泥砂应及时进行清理。

(8)若遇大的涌水涌泥灾害时,应及时撤出人员和设备。

6 注浆效果评价

此次注浆在工作面共钻 37 孔进行超前帷幕注浆。注浆结束后,采用 3 个检查孔进行注浆检查:注浆孔压力很快上升,且进浆量很小,实测涌水量 3.6 $m^3/m \cdot d$,达到了设计注浆止水效果,并在开挖轮廓外形成了平均厚度 5.8m 的加固圈。

7 结论

超前帷幕注浆施工技术对解决软弱围岩富水地段隧道开挖提供了一个很好的解决办法,也适用有限量排水地段的隧道开挖,在我国目前隧道施工中得到了广泛应用。缺点是施工投入量大,循环时间长,化学浆液容易对环境造成污染等,需要在实践中进一步完善。

参 考 文 献

[1] 李明华. 路桥隧工程施工技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004
[2] 刘志刚, 等. 隧道隧洞施工地质技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002
[3] 王 进. 铁路工程施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002

MPa。黏土岩的黏聚力平均为 16 kPa，内摩擦角为 23°；风化黏土岩黏聚力平均为 6.75 kPa，内摩擦角为 21°。

在地下水的作用下，黏土岩极易软化、崩解，特别是风化破碎黏土岩，遇水后力学性能急剧降低。

此外，西迪阿里隧道围岩成岩差，多属半成岩状态。根据工程岩体分级国家标准（GB50218—94），多为Ⅴ级及Ⅳ级围岩，属典型的软岩隧道。

3 软岩隧道施工的基本特点

围岩本身固有的物理力学特性，决定了软岩隧道在施工开挖、围岩变形和支护等方面与硬质围岩隧道不尽相同，主要表现在以下方面。

（1）岩性软弱，自稳性差：岩性是影响隧道开挖、支护及衬砌稳定性的重要因素，岩性松软、未胶结或胶结差，导致固结成岩作用不良，常常在施工开挖中出现坍塌、崩解等现象。

（2）拱部沉降和边墙位移量大：软岩隧道围岩岩体常具有一定的黏塑性，导致隧道拱顶下沉、拱脚内移等，围岩变形持续的时间也较长。

（3）含有一定量的膨胀性矿物：若施工遇有地下水，围岩表现出一定的膨胀性，同时软岩遇水进一步软化，强度骤减。

（4）施工过程中工序转换频繁：软岩隧道围岩自稳性有限，限制了开挖进尺不宜过大，各工序间的转换则相对频繁。

西迪阿里隧道在施工过程中除未遇地下水造成软岩的软化崩解外，其余上述特点皆有所表现。

4 新奥法施工主要特点

新奥法是新奥地利隧道施工方法的简称，它是奥地利拉布西维兹教授等在长期从事隧道施工实践中，从岩石力学的观点出发而提出的一种合理的施工方法，是采用喷锚技术、施工测试等，并与岩石力学理论构成一个体系而形成的一种新的工程施工方法。

新奥法应用岩体力学原理，以维护和利用围岩的自稳能力为基点，将锚杆和喷射混凝土一起作为主要支护手段，及时进行支护，以控制围岩的变形与松弛，使围岩成为支护体系的组成部分，形成了以锚杆、喷射混凝土和隧道围岩三位一体的承载结构，共同支承山体压力。通过对围岩变形与支护受力的监控量测，反馈围岩—支护复合体的力学动态及其变化状况，为二次支护施做时间的确定提供科学的依据。通过监控量测及时反馈的信息，指导隧道和地下工程的设计与施工。

新奥法构筑隧道的主要特点：通过各种量测手段，对开挖后隧道围岩的变形进行动态监测，并以此指导隧道支护结构的设计与施工。其理论是建立在岩体力学特性与岩体变形特性以及穆尔学说的基础上，并考虑到隧道掘进时空间效应及时间效应对围岩应力与变形的影响。它集中体现在支护结构种类、支护结构的构筑时机、岩体压力、围岩变形四者的关系上，贯穿在不断的变更设计与施工过程中。

为使围岩与初期支护形成稳定的支承结构，隧道施工应遵循以下原则：

（1）考虑岩体的力学待性。

（2）在适宜的时机构筑适宜的支护结构，避免围岩出现不利的应力—应变状态。

（3）对于软弱岩层，为使两者形成力学上十分稳定的中空筒状支承环结构，必须构筑闭合的支护结构。

（4）由现场量测监控围岩动态，根据允许变形值，求得最适宜的支护结构型式。

5 西迪阿里隧道施工及塌方处理

5.1 隧道施工

隧道施工共设两个工作面同时开挖掘进，施工中将挖、锚、拱、网、喷等工序紧密衔接配合。

（1）开挖主要用液压锤将围岩震松、破裂，随后采用机械进行出碴、清碴，避免了钻爆法对围岩的大扰动。人工配合风镐进行修边，使隧道断面成形，充分发挥软岩的自身强度。为保证洞体及围岩整体的稳定性，施工中采用短台阶法（3～5 m）施工，局部段预留核心土，为立拱、挂网等工序提供安全的工作环境。

（2）每掘进 1.1～1.4 m（钢拱架榀间距），喷射混凝土，封闭工作面及拱顶围岩。立拱架、挂网，使支护结构与围岩成为整体，为围岩应力重分布提供良好条件。

（3）根据围岩变形监控量测反馈的信息，选择适当的时机，施做永久支护（二次衬砌）。原则上，在围岩收敛变形速率小于 0.1 mm/d，或隧道周边位移量达到总位移量 90% 时，施做永久衬砌。

5.2 西迪阿里隧道软岩塌方的处理

西迪阿里隧道进口施工进入Ⅴ级围岩段后，岩体主要为风化黏土岩，岩体湿软，胶结性差，易出现坍塌掉块现象。在扰动大或喷射混凝土等措施不到位的情况下，极易导致隧道出现大的塌方。

PK23＋868.59 塌方，主要由于地质条件的突变和工序配合不够紧密引起。

在 PK23＋868.59 上导坑完成拱架安装后，右侧

拱脚上 1.0 ~ 2.0 m 处有局部松散面。因考虑施工进度,未对松散面进行稳固处理,随即进行下导坑施工。在采用液压锤对仰拱底部局部的硬质岩层进行震松作业时,由于震动过大,造成上半断面局部松散,开始出现零星掉碴、坍塌,坍塌面迅速向拱顶及隧道工作面前方延伸。

为控制塌方进一步扩大,在坍方土体前缘堆碴并压实,缩减拱顶岩土体的进一步坍落的空间。由于持续时间相对较长,喷射混凝土封闭工作面时,坍方土体已涌堵整个上半断面。

处理该塌方的过程中坚持了保护围岩,治塌先加强的原则。

(1)先喷射混凝土封闭整个塌方体,在碴堆表面形成一混凝土薄壳,避免虚碴的滑塌。

(2)在拱顶周边布置 5 个深 1.54 m 的注浆孔,外插角 50°左右,对坍方体尤其拱顶部位进行充填和固结处理,在拱顶部位形成一混凝土支撑拱(如图 1、图 2 所示)。

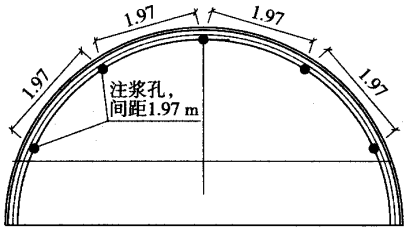

图 1 注浆孔布置位置示意(单位:m)

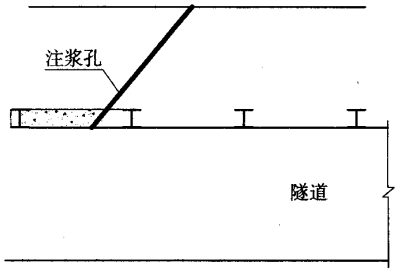

图 2 注浆导管剖面示意

(3)开挖及支护严格按照"短进尺,弱爆破,强支护"的原则组织施工。

开挖主要采用人工风镐,上下台阶分部进行,循环进尺由原来的 1.1 m(钢拱架榀间距)改为 0.55 m,减少对围岩的扰动。同时,采用超前小导管注浆(如图 3,图 4),旨在进行超前强支护。超前小导管直径 5 cm,长度 3 m,间距 0.3 m,外插角 33°左右,注浆压力 2 MPa。注浆过程中,未见有渗浆漏浆现象。

图 5 为 PK23 + 860 拱顶下沉时态曲线,拱顶最大下沉量为 27.5 mm,隧道最大高度为 7.92 m,拱顶相对下沉 0.34%。表明塌方的处理较为成功,拱顶下沉在Ⅴ级围岩允许下沉值范围内。

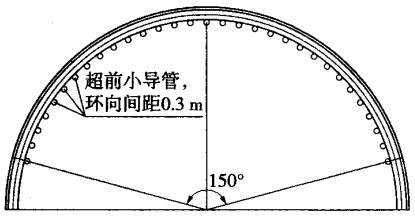

图 3 超前小导管注浆正面布置示意

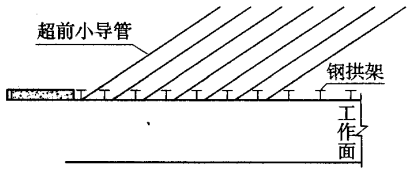

图 4 超前小导管注浆剖面布置示意

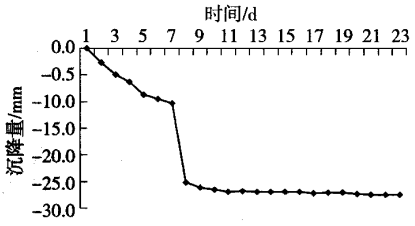

图 5 PK23 +860 拱顶下沉时态曲线

现场监控量测数据反馈信息表明,该坍方处拱脚收敛变化正常。

实际施工表明,坍方段围岩经处理后,变形控制在设计和允许变形范围内,施工通过时未再出现异常现象。

6 结论

(1)西迪阿里隧道围岩属软质岩层,隧道的施工包括对塌方的成功处理表明,采用新奥法进行西迪阿里隧道施工是可行的。

(2)地质条件的突变和工序配合的不够紧密是造成隧道围岩坍塌的主要原因。

(3)科学合理的坍方处理方法是确保隧道施工安全顺利通过坍方段的可靠保证。

(4)新奥法尚有需要完善的方面,特别是施工开挖方法应根据实际地质条件确定。

参 考 文 献

[1] 李晓红. 隧道新奥法及其量测技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002
[2] GB50086—2001 锚杆喷射凝土支护技术规范[S]
[3] TB10204—2002 铁路隧道施工规范[S]