

泥质粉砂岩隧道软岩变形段处置关键技术研究

蔡明桐

(广西路桥工程集团有限公司, 广西 南宁 530000)

摘要 本文通过对泥质粉砂岩隧道软岩变形段的地质和监测情况进行分析,以广西某隧道为依托工程,提出了软岩变形段处置的关键技术,包括调整开挖方法、加强超前支护和拱架连接、仰拱及时跟进、增加锁脚的相关技术措施,有效解决了软岩变形段沉降变形大、施工风险高的技术难题,旨在对同类型隧道的施工有实际的指导意义和借鉴价值。

关键词 隧道工程; 软岩; 超前支护; 锁脚锚管; 监控量测

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0124-03

本文以某高速公路的隧道施工为依托工程,重点研究了泥质粉砂岩隧道在软岩变形段处置的关键技术,通过动态调整隧道施工方法、优化支护方案,增强隧道围岩的整体稳定,使隧道的监测沉降值得到有效控制,确保隧道软岩变形段施工的安全性。

1 工程概况

某隧道是高速公路建设过程中穿越山区的在建隧道,隧道设计最大埋深约为200m,顶部存在冲沟,为分离式隧道。该隧道围岩主要为泥质粉砂岩和砂岩,中风化泥质粉砂岩属于软岩,中风化砂岩及微风化泥质粉砂岩属较软岩,呈中~厚层状构造,节理裂隙发育,岩体较破碎。

2 隧道施工过程分析

1. 地质条件分析。风化砂岩在地表长时间暴露时,经过风化及水、光照等环境因素长期影响下,黏土成分的增加将导致岩体的整体强度下降。项目主要选取了隧道3倍洞径范围内采取的岩石试样进行室内饱和单轴抗压强度试验(表1),试验结果表明所处地区围岩的软化系数较小、耐水性差,浸水容易软化崩解,容易发生变形问题^[1-2]。砂岩的颗粒组成不同,强度也随之不同,砂岩的压缩模量在天然状态下和饱和状态下都比较高,随着含水量升高而逐渐降低^[3-4]。

隧道出现围岩大变形的原因主要为:一是岩体中存在渗流或围岩开挖后遇水,围岩发生体积膨胀将使已开挖洞室发生较大的变形;二是隧道在复杂地应力作用下发生较大的挤压变形,隧道开挖后由于应力重新分布,迫使岩体向着已开挖空间移动,从而使隧道出现围岩大变形。

2. 监控量测分析。隧道软岩变形段施工将拱顶下沉和周边位移量测作为必测项目,根据地质条件和工程特点,每5m~50m布设一个量测断面,周边位移及拱顶下沉监测点应布设在同一断面上^[5-7]。隧道上台阶开挖后,随着临空面大大增加,应力的释放导致围岩拱顶下沉变形速率最大达到了32mm/d、周边位移变形速率达到了41mm/d,随着喷射混凝土和初期支护施工的闭合,围岩变形速率逐渐减小。

3 软岩变形段处置关键技术

3.1 三台阶预留核心土开挖法施工

项目以弧形导坑开挖三台阶预留核心土为基本模式,各部位的开挖与支护沿隧道纵向错开、平行推进^[8-9]。选择三台阶预留核心土开挖法对于隧道软岩变形段施工,具有以下优势:(1)施工空间大,便于机械化施工,实现多作业面平行作业,工序操作便捷,工效高。(2)隧道地质条件发生变化时,动态、灵活、及时地转换

表1 室内岩石单轴饱和抗压强度试验成果表

钻孔编号	岩土名称	样本数	最小值(MPa)	最大值(MPa)	平均值(MPa)	标准差	变异系数	标准值(MPa)
XK21440-1	中风化泥质粉砂岩	4	1.7	10.0	3.8	/	/	/
XK21440-1	中风化砂岩	6	12.6	56	26.6	/	/	/
XK22360-1	微风化泥质粉砂岩	14	18.6	55.1	31.9	9.281	0.291	27.5
XK25100-1	中风化砂岩	7	25.5	61.8	53.7	16.152	0.300	41.7

施工工序,调整施工方法。(3)软岩段发生变形较大或突变情况时,在保证安全和满足净空要求的前提下,可尽快调整闭合时间。

3.2 超前支护施工

隧道围岩稳定性较差时,应优先进行超前支护施工,应对岩体塌方、沉降发生变形等特殊情况下,可采取下述措施。(1)洞内发生小型塌方或者沉降变形较严重时,在拱顶增设 $\phi 108$ 超前长管棚支护。(2)洞内沉降变形较大时,在拱部约 131° 范围内增设 $\phi 42$ 超前小导管,由单层超前小导管变更为双层超前小导管注浆施工,间距为 240cm。

3.3 加强钢拱架连接

钢拱架是初期支护中关键的受力结构,其连接部位是受力的薄弱点,影响拱架的整体受力,在隧道软岩变形段容易出现的问题,加强钢拱架连接可以从以下几个方面出发:(1)提高钢拱架加工技术,按 1:1 大样验收后按图进行试拼装。(2)加强拱架连接板焊接技术要求,对钢拱架连接处使用 M20 高强螺栓进行连接,确保所有螺栓螺帽牢固,避免在拱顶、拱底受力较大位置设置接头。(3)钢支撑纵向采用工字钢连接,拱

架节段接头位置采用 I14 钢拱架纵向焊接连接环向钢拱架补强。(4)型钢拱架边墙落脚基础部位使用纵向槽钢或预制砼垫块进行垫底,确保拱脚支垫到位。

3.4 仰拱跟进施工

钢拱架闭合成环后能更好地改善其整体受力,未闭合成环的拱架初支段如同结构悬臂,围岩压力集中在悬臂端上,增加隧道施工的风险。因此仰拱应紧跟开挖面施作,尽快形成封闭环,增加整体稳定性。

3.5 增设上、中台阶锁脚锚管

为保证拱脚处围岩稳定性,在拱脚和边墙脚处增设锁脚锚管,在原设计 $\phi 42 \times 4\text{mm}$ (钢管长度为 3.5m) 锁脚锚管的基础上,增设 $\phi 108 \times 6\text{mm}$ 锁脚锚管,钢管长度为 6m,每榀拱架增加 8 根,并及时进行注浆。

3.6 工程应用效果

采用上述施工处置措施,选取软岩变形段 K25+405 处处置后的量测数据进行对比分析,拱顶最大累计变形量由 304mm 降低至 148mm (如图 1),周边位移最大累计变形量由 453mm 降低至 149mm (如图 2),沉降速率显著降低,能预留出足够的变形量,处置措施达到成效^[10]。

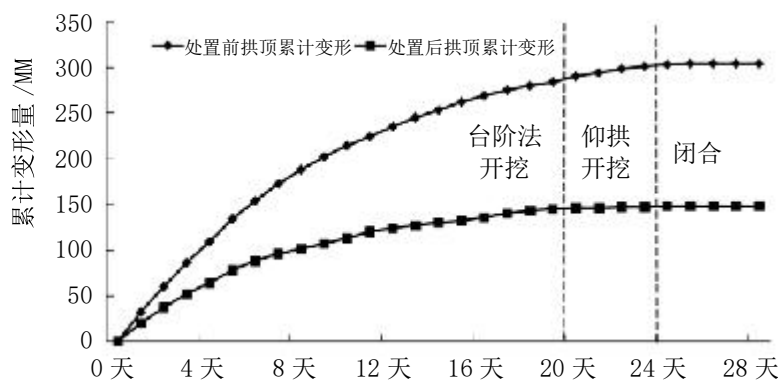


图 1a 拱顶沉降

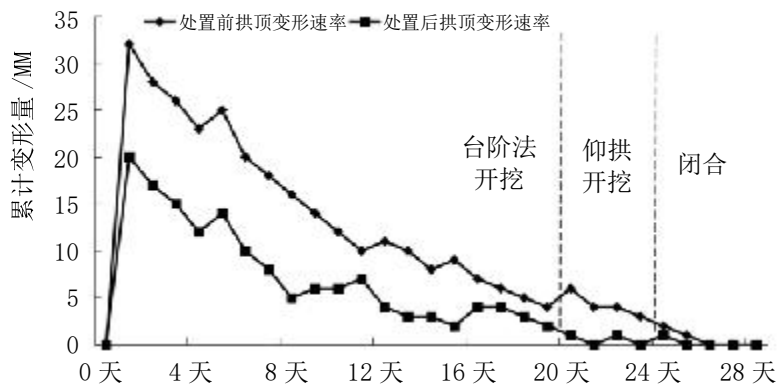


图 1b 周边位移

图 1 累计变形量对比

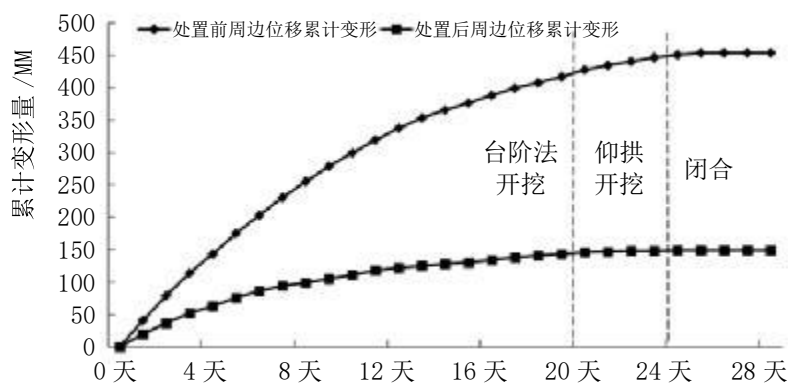


图 2a 拱顶沉降

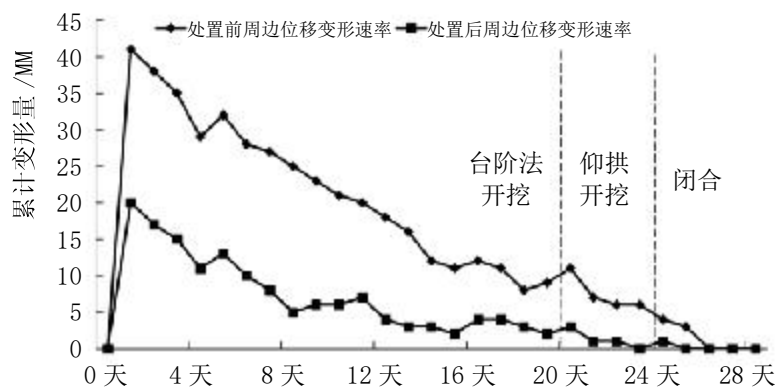


图 2b 周边位移

图 2 变形速率对比

4 结语

本文针对工程实际地质条件进行分析，揭示了隧道自身围岩耐水性差、浸水易崩裂，围岩自稳能力差且容易出现大变形，潜在风险隐患大。针对工程实际条件和监控量测情况，项目提出了针对泥质粉砂岩软岩变形段的关键处置技术：动态调整隧道进尺施工方法和施工工艺，如采用三台阶预留核心土法开挖进尺，增设管棚支护或超前小导管作为超前支护措施，加强钢拱架纵向连接以及加快拱架成环闭合等多种措施。

通过现代监控手段判定处置效果，通过对监控量测数据进行可视化分析，对图表处理得到累积变形量和变形速率的对比结果，结果显示处理后围岩的变形速率和位移值相较于处置前显著减小，有效解决了围岩拱顶沉降和周边变形大的问题，保证了隧道施工的安全，撑起隧道进尺施工的“保护伞”。

参考文献：

[1] 张凯. 深埋软岩隧道台阶法施工过程力学效应研究及优化[J]. 河南建材, 2021(01):12-13.

[2] 邵珠山, 李柏霄. 泥质粉砂岩隧道变形及长期稳定性研究[J]. 地下空间与工程学报, 2021, 17(03):883-896.

[3] 徐天村. 泥质粉砂岩地层隧道变形的分析研究[J]. 科技风, 2015(20):161-162.

[4] 覃钟钦, 杨庭伟, 卢超波, 等. 软弱粉砂岩隧道开挖变形特征研究[J]. 西部交通科技, 2023(08):138-140.

[5] 杨彦岭. 野三关隧道软岩变形段施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2010(06):33-37.

[6] 吴美琴, 陈赓, 何君, 等. 含夹层层状软岩隧道围岩变形特征分析[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(12):102-106.

[7] 湛桂舟. 软岩大变形隧道拱脚临时支护方案分析[J]. 四川水泥, 2024(03):260-262.

[8] 姚铁峰. 大跨度极软岩大变形隧道施工技术[J]. 交通世界, 2020(30):39-40.

[9] 林泽辉, 胡日成, 李佳华. 泥质粉砂岩地层双连拱隧道开挖工法研究[J]. 土工基础, 2022, 36(06):856-860.

[10] 佟晓冬, 郭金冀, 谭贤君. 天津关隧道软岩大变形段锁脚锚杆支护技术研究[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(13):81-83, 90.