

分析富水软弱地段隧道初支变形控制施工技术

常拓

中交一公局集团有限公司

摘要:富水软弱地段存在容易塌陷以及施工难度较大等方面的问题,在此地段进行隧道施工过程中,需要做好支护控制,避免出现支护变形问题,通过合理进行支护操作的方式,为后续隧道工程施工的顺利进行提供保障。文章将以岷县隧道工程为例,通过对工程基本情况介绍,对富水软弱地段隧道初支变形控制施工方式方法展开深度探讨,期望能够为类似工程支护变形控制施工提供一些理论参考。

关键词:围岩特性;大变形特征;大变形机理;富水软弱地段隧道;初支变形控制施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.032

岷县隧道工程从开工开始,已经出现19次较大变形,最大变形累积收敛为1930mm,累计大塌方41次,大涌水13次,对工程整体施工产生了不良影响,不仅威胁施工人员人身安全,同时也会对工程进度以及工程成本等造成不良干扰。妥善解决该项问题,技术人员在对该地区地质进行深入研究的基础上,通过和科研单位进行有效合作的方式,制定了一系列较为有效的支护变形控制施工方案。

一、工程基本情况介绍

本次工程为岷县隧道项目,是渭武八标控制性工程,采用分离式设计模式。左线进口里程ZK234+610,出口里程ZK237+400,全长2790m;右线进口里程YK234+570,出口里程YK237+418,全长2848m。隧道内的岩石等级为V级,洞身最大埋深286.9米。运用削竹式进行进口设置,在进行初期支护操作时,会运用C25喷射砼进行浇筑施工,而在进行二次衬砌和仰拱施工时,会采用C30砼材料,全洞为复合式路面结构施工模式。通过和深部岩土力学与地下工程国家重点实验室(北京)进行合作的方式,对隧道大变形破坏原因及其力学机制展开了深度性探讨,明确了大变形具体原因,并制定了一系列有效处理方案。

二、变形特征及其机理分析

(一)隧道围岩特性

根据专家的调查研究发现,隧道围岩强度存在较低特点,节理裂隙发育特征较为明显,围岩主要以中风化和强风化碳质岩以及粉砂岩为主,节理裂隙处于极发育以及发育状态,结合程度相对较差。存在炭质板岩遇水容易软化的情况,会在进行隧道开发之后,出现强度明显弱化的状况,容易因为受到构造应力作用影响,出现大变形问题。同时,区域地质构造复杂程度相对较高,

存在新构造运动较为强烈的状况,隧址区构造应力也相对较为突出。隧道地址位于秦岭-昆仑纬向构造体系,区域内的褶皱带活动较为强烈,地质构造以及断层发育情况较为复杂,存在近场区新构造运动较为强烈的状况,构造应力相对较高。

(二)原设计支护方案

按照围岩分级情况,设计人员在进行初步设计时,采用复合式衬砌结构模式,会按照围岩地质条件以及施工条件的具体情况,设置软岩大变形复合式衬砌、明洞衬砌以及浅埋段复合衬砌等各项内容。会运用新奥法原理进行复合式衬砌的设计与施工操作,将钢拱架以及钢筋网等作为初期支护处理方案,通过模铸钢筋混凝土二次衬贴处理的方式,共同组成永久式承载结构。

(三)大变形分析

在隧道施工期间,会对大变形段落运用常规衬砌类型支护模式进行处理,但由于初期支护存在大变形频发的问题,在强风化岩质板岩以及压碎岩的共同作用之下,出现明显挤压大变形状况,发生拱架扭曲以及混凝土开裂剥落等一系列的问题,局部段落变形量已经超过一米。因为大变形等一系列问题的作用,导致初期支护存在局部或全部受到侵限的状况,总体拆换率超过30%,平均日进度没有超过一米,严重影响到了隧道工程施工安全以及施工进度。

变形特征主要体现在三个方面:①变形量大且速率较快,一般地段的变形量数值在300mm左右,个别地区因为地下水较为丰富且碳质含量相对较高,变形量能够达到1930mm;②持续时间相对较长,在开挖后形成临空面之后,变形会持续长达数月不止,个别地段在二次衬砌施工过程中,仍然存在变形开裂问题;③变形不均匀以及不对称,同一开挖断面,也会因为隧道部位不同而存在变形量差异较大的状况,会导致隧道出现不均匀水平沉降或收敛问题。

(四)大变形机理分析

机理分析主要体现在四个方面:①围岩地质条件。炭质板岩属于薄层状构造,属于碳晶结构范畴,主要成分包括铁质以及砂质等各项内容,含有一定量的裂隙以及石英细粒,存在岩性极软,遇风、遇水容易软化的状况,属于膨胀性软岩,会因为其具有的微膨胀性以及力学特点,导致在进行隧道挖掘形成临空面之后,存在岩体容易发生塑性变形以及挤入隧道中的情况,会直接增加支护结构荷载,进而引发变形问题;②地下水。会因为受到地下水的作用影响,而出现岩体崩解加速的状

况，导致其承载力迅速下降，变形量以及变形速度都会出现明显增加的趋势；③支护参数。大变形岩性特征地段，普遍存在使用常规支护参数而发生大变形的状况，通过现场进行实验发现，可以通过合理设置后注浆锚管以及加大钢拱架型号等处理方式，对变形控制工作进行强化，但如果存在重大变形情况，此种处理方法往往不能得到理想控制效果，会导致变形问题无法得到有效抑制，进行需要拆换拱；④施工工艺。施工工艺也是变形控制影响的重要因素，如果存在连接不牢固以及拱架安装设置不平顺等方面的状况，会因为施工工艺的不理想而造成变形增加的问题，所以施工工艺也是不可忽视的重要元素。

通过对上述内容的综合分析可以发现，炭质板岩地层中的大变形问题，是由多种因素所造成的，而有水以及软岩是造成挤压性变形的内因，施工扰动问题是造成变形的重要外因，施工工艺以及支护强度不理想是造成大变形的直接性原因，需要根据这些原因制定出较为合理的控制方案，设置科学施工工艺，以便更好的完成变形控制任务。

三、富水软弱地段隧道初支变形控制施工技术

（一）总体技术控制原则

因为隧道发生变形问题，会对生产安全以及施工进度等产生直接干扰，所以需要采取有效措施对大变形问题进行严格控制，有效规避隧道坍塌以及拆换拱架等问题的发生。强调需要按照隧道施工现状具体情况，合理设置变形控制总体原则，确保能够对后续施工形成有效指导。按照本次工程的基本情况，在进行控制施工操作过程中，需要遵循以下原则：①加强支护力度；②及时进行封闭处理；③保证初期支护能够一次到位；④严禁出现拆换拱问题；⑤做好二次支护。

（二）分级施工控制技术

目前，国内对于变形问题并没有设置统一分级标准，在具体进行变形控制过程中，需要按照围岩地质特性，做好各项监测数据的分析，在正常支护条件之下，对支护变形破坏特征进行全面探讨，按照变形情况进行分级管控。根据变形严重程度，可以将其主要分为轻度、中度以及重度三种类型。需要按照变形分级情况进行相应施工控制技术设置，以常规设计参数为基础，根据开挖施工具体工法，增加相应工程施工技术，实现对大变形问题的有效抑制。可以在条件允许的情况下，提高至少一个等级的施工处理措施，保证施工应急治理质量，避免因变形问题而导致初期支护出现拆换拱的状况。

（三）合理选择开挖施工工艺

如果处于轻微变形，可以运用微三台阶无预留核心土法进行开挖处理，按照上中下台阶，三次平行开挖成型，保证台阶长度能够控制在四米左右。此种处理方法

的施工效率相对较高，会通过进行台阶分部支护处理的方式，保证整体支护质量，整体闭合时间相对较短，可以实现对变形问题的有效控制。

如果是中度或者重度变形问题，需要运用三台阶七步开挖处理方法，在拱部预留核心土，通过对围岩自稳的应用，利用大型机械快速进行施工和封闭处理，确保能够更好的完成支护结构变形控制。在施工过程中，需要严格遵照管超前、严注浆以及短开挖和强支护的原则，做好钢拱架加工以及安装等一系列施工操作的管控，保证混凝土喷射厚度以及其他施工细节的质量控制水平。通过进行现场施工检验的方式，按照变形等级以及围岩特性具体内容，合理对开挖施工方法进行选择，做好各项细节管控，实现对大变形问题的有效抑制。

需要注意的是，微三台阶法施工模式，更加适用于自稳条件相对较高的软弱围岩地段施工。如果围岩地质属于流塑状态，或者存在洞口浅埋偏压问题，并不适合采用此种处理方法。整体施工组织需要按照三个同步以及两个错开的方式，快速进行施工操作，保证各项工序能够平行进行作业，最大限度提升施工效率。

（四）动态反馈优化设计支护参数

在施工过程中，需要依据施工时所收集到的各项数据信息，按照撑子面地质素描以及超前地质预报等各项数据内容，通过进行数据总结和分析整理的方式，对围岩支护参数展开动态化调整，确保能够达到有效提升钢拱架强度的目标，保证能够对拱架之间间距形成有效控制，利用增强超前支护等方法，对设计支护参数进行优化。如果存在变形较大且控制难度较高的情况，需要按照先强化、后优化的原则，先进行支护措施增强处理，在展开后续的优化调整，以便最大限度保证工程施工安全性。围岩变化如果相对较为频繁，同级围岩会因为岩性以及产状等因素的干扰，也会出现不同的变形情况，所以不能按照围岩级别进行统一处理，需要通过设置试验段的方式，制定出最优化变形控制方案。在进行现场施工试验验证过程中，需要对监控量测数据以及超前地质预报等各项数据信息进行分析，通过提交设计变更申请的方式，做好围岩支护参数调整工作，保证能够通过进行预加固处理的方式，最大限度控制变形问题发生概率。

（五）做好预留沉降量设置

因为变形一直处于持续发生的状态，所以需要通过对监控量测的方式，对变形发展情况以及施工情况进行实时监测，通过构建大变形隧道变形报告机制的方式，及时对各项监控量测信息进行传递，方便项目总工以及现场管理人员对数据变化情况进行掌控，对变形发展趋势进行及时评估，以便制定出针对性处理方案。需要按照数据分析结果对预留变形量进行控制，做好放大预留变形量的处理。对边墙收敛数据以及拱顶沉降数据

进行对比分析,通过对预留变形量进行科学调整的方式,在保证变形不侵限基础上,对二次衬砌厚度进行控制,做好施工成本管控。通过进行现场实验验证的方式,结合监控量测数据具体内容,按照不同围岩特性展开针对性控制技术参数的设置,通过合理对预留沉降量进行管控的方式,避免因预留变形量过小而造成二衬侵限问题,也防止因为盲目增加沉降量而造成初期支护和后期施工成本增加的状况。

(六) 注重台阶连接板施工质量控制

通过对隧道前期变形情况的深度分析可以发现,变形主要发生在台阶连接位置,之后才向其他方向进行蔓延,因此需要格外注重台阶连接板位置施工质量控制,需要在进行常规锁脚锚管设计的同时,在相邻拱架位置增设加固锚管,对拱架自由变形问题进行有效限制,确保其能够有效承担起围岩变形压力,达到提高拱架结构承载能力以及抗沉降能力的效果,提高整体结构稳固程度。经过试验验证发现,采用三台阶施工处理方法进行设置,能够达到有效控制台阶沉降变形问题的目标,能够对涌水段落以及变形段落初期应急处置产生积极作用,可以形成良好变形抑制效果。

(七) 运用NPR恒阻预应力锚索支护技术

为解决施工过程中出现大变形难题,专家组通过反复研究和探索,制定出了NPR恒阻锚索施工方案,在不对其他支护参数进行改变的基础上,通过将原设计径向注浆将锚杆调整的方式,利用在现场进行实验操作的方法展开支护方案的调整。需要根据以下设计知乎原理进行后续施工操作:①组成厚层状组合岩板,增大岩体刚度;②调动深部稳定岩体强度;③对浅部围岩应力状态进行调整,由二向受力变为三向受力;④通过对其变形吸能特性的充分使用,释放围岩中变形能。

按照整体设计方案要求,会通过原有设计支护参数的分析,利用长短NPR锚索+高强柔性网支护的方式,组成厚层组合板,进而对岩层结构挠曲大变形进行控制,确保能够均匀完成围岩变形能的释放。在具体进行施工操作过程中,会按照环向运用NPR恒阻式锚索,L-700cm和L-1200cm锚索间隔布置,L-700cm锚索环向间距100cm,纵向间距120cm,每环23根;L-1200cm锚索环向间距100cm,纵向间距120cm,上台阶布置,每环13根。会通过树脂锚固剂锚固模式的运用,保证每孔使用3节2360型树脂锚固剂,锚索锚固力不小于450kN;锚索预紧力不小于350kN;锚索外露长度不大于300mm。

根据现场实验验证的最终结果,使用此种处理方案之后,围岩左右侧非对称变形问题得到有效改善,变形量能够被控制在20厘米以内,可通过提前设置预留变形量的方式,对初期支护以及二衬混凝土超耗量问题进行有效控制,保证施工成本能够控制在理想范围之内。在变形段落出现变形预警时,也可以运用应急处置方法,

对变形问题进行有效抑制,但施工功效相对较为缓慢,需要通过合理设计和调整确定最优化的施工方案,以便保证后续工程施工能够顺利进行。

结束语:

本次隧道工程所在地质条件相对较为复杂,存在技术难度大以及安全风险高等方面的特点,需要通过对隧道大变形具体情况分析,结合施工实践情况,实现对大变形问题的有效控制。需要对碳质板岩特性以及变形机理等各项内容进行深度探讨,明确大变形产生具体原因以及特征等多项内容,通过积极采取工程实践过程中所总结出的变形控制措施,加强对现场施工技术管理以及施工工艺的控制力度,确保隧道中的变形问题能够得到合理管控,能够高质量完成富水软弱地段的工程施工,保证所有工程建设任务能够高质量、高效率地完成。

参考文献

- [1]任壮,丁春林,吴烁,吴超.富水软弱地层基坑开挖中的土体变形与渗流特性[J].城市轨道交通研究,2022,25(08):107-111.
- [2]宗振宇.浅埋暗挖隧道施工对软弱富水地层变形影响分析[J].天津建设科技,2022,32(01):5-9.
- [3]刘东明,张敏,王艳明,梁斌.临海富水软弱地层综合管廊变形缝间距优化及防水构造[J].河南大学学报(自然科学版),2021,51(04):496-504.
- [4]华志刚,曹一龙.富水软弱地层地铁宽深大基坑变形分析及措施研究[J].土工基础,2021,35(03):272-275+280.
- [5]李迁.富水软弱夹层隧道涌水塌方风险识别及预防研究[D].北京交通大学,2021.
- [6]王鹏,王相森.软弱富水大变形炭质泥岩与炭质砂岩互层地段改良4步CD法快速开挖施工技术[J].广东水利水电,2020,(10):13-16.
- [7]闫晓军.软弱富水围岩隧道变形原因分析及控制技术[J].中国住宅设施,2020,(08):123-124.
- [8]彭丰.富水软弱地层深基坑支护结构变形特征及优化研究[D].西南科技大学,2020.
- [9]姜掌印.软弱富水地层盾构掘进引起的地表变形控制[J].交通科技与经济,2019,21(02):61-67.
- [10]宗振宇.浅埋暗挖软弱富水渗流地层变形特征及控制研究[D].北京交通大学,2018.
- [11]刘保成,谢经臣,高志军,邱军凯.浅埋大断面富水软弱黄土隧道变形控制技术及其措施[J].现代矿业,2017,33(08):203-207.
- [12]罗文亮.无地面监测条件下富水软弱地层中盾构下穿既有运营隧道变形控制[J].施工技术,2017,46(07):136-137.