

文章编号: 1005-0523-(2007)02-0033-04

高速公路岩溶路基处理措施研究

袁红庆¹, 王再喜², 汪海生¹, 严冬¹

(1. 湖北省路桥有限责任公司, 湖北 武汉 430056; 2. 湖北沪蓉西高速公路指挥部, 湖北 恩施 445000)

摘要: 基于岩溶发育的基本规律出发, 指出变形和水害是岩溶路基病害的主要形式, 路堤不均匀沉降和路基失稳是岩溶路基病害的具体表现. 根据路段石芽、漏斗、洼地、溶洞、溶隙、岩溶泉等多种岩溶形态并存的特征, 并考虑岩溶形态的尺度效应, 遵循疏导、跨越、加固、堵塞的方法进行预防和处理原则, 提出X1合同段岩溶路基的具体处理措施.

关键词: 路基工程; 岩溶形态; 尺度效应; 不均匀沉降; 稳定性; 处治措施

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

0 引言

随着我国西部大开发和可持续发展战略的实施, 基础设施建设投资力度加大, 我国西部地区将修建越来越多的高速公路. 我国西部地区岩溶地形分布广泛, 加上地质构造和岩溶构造等条件复杂, 其成因、规模、力学特征以及进化规律都相差较大, 使公路修筑变得更加复杂, 公路建设面临岩溶地质灾害隐患的挑战, 岩溶地区路基处理成为高速公路建设成败的关键问题之一. 如果岩溶等不良地质处理不慎, 就会带来各方面的问题. 如2004年9月我国西部正在施工的某高速公路曾发生过岩溶地面塌陷群的事例, 对工程进度、质量和费用都带来了不利的影响. 下面以沪蓉西高速公路X1标工程为背景, 通过岩溶形成机理、分布、形态和发育特征分析, 研究岩溶地区路基处理措施.

1 工程概况

湖北沪蓉西高速公路是国家公路主骨架沪(上海)蓉(成都)国道主干线的重要组成部分, 其中恩(施)利(川)段土建一期工程第一合同段位于恩施市境内, 起点桩号为K201+586, 终点桩号为K221+

000, 全长19.414 km, 路基宽度24.5 m.

路段属构造侵蚀溶蚀低山地貌, 地形起伏不大, 山体呈浑圆状, 植被较发育, 覆盖层薄, 基岩多裸露, 自然坡角较缓, 以三叠系嘉陵江组中厚层状碳酸盐岩为主; 低洼地内多为耕地, 岩溶地貌发育, 主要有岩溶槽谷、溶丘、洼地、漏斗、落水洞、伏流等. 地下水以垂直排泄为主, 地表泉水少见.

构造位置处上扬子台八面山台褶带恩施—黔江台褶束腹部. 路线通过地段无火成岩、变质岩. 燕山期以前各地层为整合、假整合接触, 燕山晚期褶皱构造显著, 使白垩系与下伏地层呈小角度不整合接触, 燕山期白垩系有轻微褶皱. 构造以褶皱为主, 断裂较少, 主要断裂与褶皱同期形成发育应力集中的背斜核部或翼部, 向斜内仅有小规模错动, 构造线走向除恩施盆地及其东侧为NNE向, 其余均为NE向.

大气降水在很短时间内垂直下渗, 难以通过自然地势蓄水. 地下水主要为第四系松散层孔隙水、基岩裂隙水和碳酸盐岩岩溶水, 水量随季节、气候及地势变化明显, 而且地下含水层含水能力较差. K215左侧有一常年流水河流——周家河, 其他段落地表水缺乏.

属温带大陆性湿润气候, 具有四季分明、潮湿多雨、雨热同季等气候特征. 区内降水集中、降雨强度大、冬季有冻寒现象等.

收稿日期: 2007-02-16

(作者简介) 袁红庆(1969-)男, 湖北武汉人, 湖北省路桥公司工程师, 主要从事高速公路施工技术研究. <http://www.cnki.net>

2 岩溶发育的基本规律和构造特征

岩溶是指具有溶蚀力的地下水和地表水对碳酸盐岩等可溶性岩石以化学作用为主、机械作用为辅的地质作用过程及其形成的水文现象、地表与地下形态的总称。岩溶化学作用过程受水的浓度和压力、气温、降水、气压、岩石成分和结构以及地质构造等多种因素影响。其形态主要有溶洞、落水洞、溶沟、溶槽、溶隙、暗河、石芽、岩溶洼地、岩溶泉、漏斗及钟乳石等。岩石的可溶性和透水性、水的溶蚀力及其在岩体中的流动性是岩溶发育的基本条件。水的酸性越强、循环越快、降水量越多、气温越高岩溶越发育。节理、裂隙、断裂、褶皱、隆起、断裂带和沉降带对岩溶发育具有显著的影响。



图1 落水洞



图2 周家河

X1标处于恩施盆地,广泛分布着三叠系嘉陵江组中厚层状碳酸盐类岩石,地质构造形成的各种断裂与褶皱构成地表水和地下水的流动通道,常年流水河流和季节性流水河流分布其中,气候四季分明,雨量充沛,地表植被覆盖良好,在岩性、地貌、构造及

水动力条件等共同作用下,使该路段岩溶十分发育。形态各异、大小不同的溶沟、溶槽、溶隙、石芽、漏斗、溶蚀洼地、落水洞(井)(如图1)、溶洞等岩溶形态遍布沿线,局部存在连通的岩溶管道系统,具有典型的岩溶地质特征。多数溶洞、落水洞无水,但雨季时,便成为岩溶水的赋存部位及径流、排泄通道。其中K219+210~K219+450段岩溶管道较为突出。虽然岩溶水和现代地下暗河对公路影响不大,但路线范围的岩溶洞隙对地基的稳定及路基持力层的选择不利。在K215附近路段,常流河周家河受雨季降雨时两侧山坡大面积地表水汇集和地下水水位升降影响,其水位升降和河流水的排泄直接对路基造成潜在的隐患。周家河(如图2)将路段大致分为地下径流排泄区和大气降水补给区,局部存在两种区域交叉状况。K201+586~K210+000段以地下径流、排泄为主要特征,区域内地下水流以水平向流动为主要形式,岩溶形态以水平向发育为其特征,表现为岩溶水平管道发育,且平面延伸范围大,岩溶地下水连通性较好。当水平管道的顶板产生冒顶后,将形成大规模的地面坍塌。K216+500~K221+000段以地下水补给为主要特征,地下水以大气降水为主要补给,地下水以垂直向流动为主,相应岩溶状态以垂直向发育为主,表现为落水洞、溶沟、溶槽比较发育,平面延伸范围一般不大,但垂直方向延伸深度较大,即落水洞、溶沟、溶槽的深度较大。经过地质雷达、高密度电阻率等综合物探,共发现全路段沿线分布71处岩溶洼地、漏斗、溶洞、落水洞等岩溶需要处理,其岩溶构造综合探测结果见表1。

表1 岩溶形态、路基病害和处治措施一览表

路基类型	岩溶构造	累计距离(m)	主要病害特征	处理方案
半挖半填	石芽、溶脊	75	路基稳定性	清除石芽溶脊、台阶填筑
	溶沟、溶槽	732	不均匀沉降	碎石回填、梁板跨越
	洞隙	65	路基稳定性	填塞、封闭
	溶隙	152	边坡稳定性	填塞、封闭
路堑	隐伏洞隙	105	边坡稳定性	打穿、填塞、封闭
	低山斜坡	557	边坡稳定性	清表石芽、跟进支护
	低山斜坡	60	边坡稳定性	分级开挖、锚杆框架喷混植生
	石芽、溶洞	60	边坡稳定性	清出、碎石回填

路基类型	岩溶构造	累计距离(m)	主要病害特征	处理方案
路堤	石芽、溶洞、落水洞	3041	路堤稳定性、不均匀沉降	清出危石、碎石回填、梁板跨越
	石芽、溶槽	1404	路堤稳定性、不均匀沉降	清出石芽、回填、片石护面、排水涵
	溶槽、溶隙	975	岩溶塌陷、不均匀沉降	碎石回填、堵封
	石芽、溶隙	140	不均匀沉降	碎石回填、梁板跨越、排水
	石芽、洼地、谷地	4188	不均匀沉降	清出石芽、碎石回填
	斜坡、洼地	1837	不均匀沉降	开挖台阶、分层填筑
	谷地	810	路堤稳定性、不均匀沉降	改良软土
	谷地、岩溶泉	316	路堤稳定性	引出泉水、坡面防护
	斜坡、冲沟	197	不均匀沉降	清出软土、引出泉水、碎石回填

3 岩溶路基病害类型及尺度效应

3.1 岩溶路基病害类型

岩溶按岩层出露情况可以将岩溶分为裸露型、半裸露型、隐伏型三类^[1]。

裸露型主要是石芽、溶沟、溶槽、溶脊等,地表坎坷不平。在裸露型岩溶地区填筑路堤,如果表面不经处理或处理后表面强度不均匀,会引起不均匀沉降。当路堤受到水的浸蚀或路堤坡脚受到水冲刷的时候会引路堤失稳。对于干谷、盲谷等,在季节性降雨或地下水位变化影响也会路堤失稳。

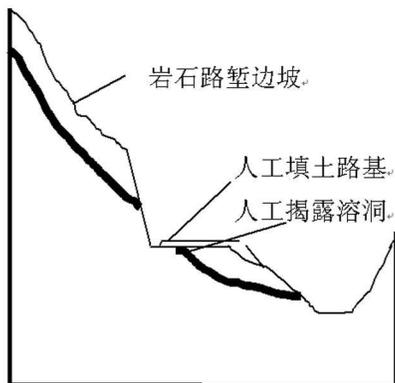


图3 岩溶中低山路基

半覆盖型岩溶区岩溶形态主要有漏斗、溶蚀洼地、溶蚀谷地、溶隙、竖井、落水洞、溶洞、岩溶泉等。由于在漏斗、洼地、谷地通常覆盖着堆积物,当这些堆积物用作路基材料时,其强度和稳定性往往与碎砾石料、土石混填材料或二灰碎石(土)等材料的均匀性有所差别,因而也会引起路堤的不均匀沉降。当溶隙、竖井、落水洞、溶洞、岩溶泉等往往成为水流的通道或赋存部位,在降雨和地下水位变化时引起地基不均匀沉降、塌陷和路基水害。当溶隙、竖井、落水

洞位于挖方边坡上的时候,溶隙、竖井、溶洞、落水洞往往向直接浸蚀边坡和路基,从而引起路基和边坡的稳定性。如图3为低山斜坡挖方路基岩溶示意图。

覆盖型岩溶区主要有暗河、地下溶洞等。地下溶洞和暗河往往相通,成为水流的通道。如果路线一定范围内存在地下溶洞,溶洞水位受降雨和地下河水位升降变化的影响,直接影响路基的强度与稳定性。当溶洞顶板太薄时,又会由于承载力不足而发生溶洞塌陷,引起路基水害和变形失稳。

综上所述,岩溶路基病害可以归结为变形和水害^[2,3,4,5]。路堤不均匀沉降和路基失稳是岩溶变形的表现形式,而岩溶水动力作用则加速不均匀沉降和失稳过程。

3.2 岩溶形态的尺度效应

虽然岩溶路基的病害可以归结为变形和水害两大类,然而相同岩溶形态的不同构造尺寸对同一路基结构产生的影响是不同的,即岩溶结构具有尺度效应^[6]。岩溶结构的尺度效应主要体现在以下几个方面:

(1)石芽、石林、溶沟、溶脊形成地表坎坷不平,漏斗、溶蚀洼地、溶蚀谷地、溶隙形成路基强度和变形特性差异,竖井、落水洞、溶洞、落水洞中水的存在和流动等都会引路堤的不均匀沉降。但这些岩溶构造的长度、面积等参数不一样时,引起不均匀沉降的效果是不一样的。当这些参数与路基结构尺寸相比大于某一个数量级时足以引起危及路基使用性能的不均匀沉降;当这些参数与路基结构尺寸相比小于某一个数量级时,其影响可以忽略不计;

(2)溶沟、溶脊、漏斗、溶蚀洼地、溶蚀谷地、溶隙、竖井、落水洞、溶洞引起地表水和地下水的存在和流动状况发生变化都会带来路基稳定性问题,而溶洞、落水洞的塌陷也会影响路基稳定性。然而,这

些岩溶构造的尺寸大小、分布密度、空间范围、埋藏深度和厚度等参数不一样时,对路基稳定性的影响是不一样的.当这些参数与路基结构尺寸相比大于某一个数量级足以引起路基失稳;当这些参数与路基尺寸相比小于某一个数量级时,其影可以忽略不计.

因此,研究岩溶对路基变形和水害的影响,不仅要考虑岩溶结构的类型,还要考虑岩溶结构的尺度效应,才能制定正确的处理方案.

4 X1 标岩溶路基病害类型和处治措施

4.1 岩溶路基病害类型

4.1.1 路堤不均匀沉降

由于路段地表岩溶作用,岩溶发育,存在大量石芽、溶槽、溶沟、漏斗等岩溶形态,其表面高低起伏,残留的堆积物强度较低、压缩性较高、厚度不一、遇水作用性质不一样,因此,直接在上面修筑路堤存在不均匀沉降变形.而沿线落水洞、溶洞的塌陷也会引起路堤的不均匀沉降.

4.1.2 路基失稳

沿线存在大量低山斜坡,在天然低山斜坡上修筑路堤,填筑层与岩溶地表结合不利,加上降雨雨水汇集和各种岩溶水的作用会引起路堤沿着岩溶体表面整体下滑失稳;部分岩溶表面存在堆积物,路堤还会连同基底覆盖层堆积物一起整体下滑失稳;沿线存在几处较大尺寸的地下溶洞,溶洞顶板厚度不足导致塌陷,从而引起路堤失稳.

4.1.3 边坡冲刷

沿线低山斜坡地形,雨水和岩溶水、岩溶泉等长期反复冲刷路堤表面或坡脚,造成填料逐渐流失,引发路基整体滑动失稳或掏空路基产生塌陷变形等.周家河等河流水系洪水时水位上涨,淹没路基,诱发潜在的工程隐患.

4.2 岩溶路基的处理

对沿线岩溶采取充分准备,在综合物探的基础上,并考虑岩溶形态的尺度效应,针对引起路基不均匀沉降和诱发路基失稳的岩溶形态和水等因素,遵循疏导、跨越、加固、堵塞的预防和处理原则,对X1标段岩溶路基进行处治,具体措施如表1.

(1)对于半挖半填、路堤边坡各种石牙均予以打掉后再填筑路堤,而对路堑地段石芽则采取清除方法处理;

采用碎石回填.当遇深度较大、宽度较小时考虑采取梁板跨越的方法处理.

(3)对于洼地、谷地一般先清除石芽和表层覆土,再回填碎石.若遇软土,则采取碎石灰土改良措施处理,并且在必要时设置排水沟将各种地表水汇集在一起引至路基范围外;

(4)对路堑边坡上方的岩溶泉或冒水洞,设置排水沟截流至路基外.对路堑边坡上的干溶洞,洞内采用片石填塞,洞口采用干砌片石铺砌、砂浆勾缝或浆砌片石封闭.对于边坡上方的溶隙则采取堵塞、填缝的办法处理,必要时设置坡顶截水沟;

(5)对路基基底不具排水作用的地表塌陷,如基岩未出露,压实后直接填筑路基,并在周边设置盲沟,将水疏导出路基外;

(6)对路基基底或挡土墙基底出露的干溶洞,如洞径较小而浅时,采用碎石、片石或土石混合物堵塞压实,并在周边设置盲沟,将水疏导出路基外;如洞径大而浅时,全部清除洞内充填物后,换填片石混凝土;

(7)对路基基底或挡土墙基底埋藏较浅、顶板厚度小或顶板破碎的溶洞,清除覆土,打穿顶板,挖除不适宜做充填的物质,分层回填碎石、土石混合物等,回填接近地面0.5m时,逐层夯实至地面;

(8)对路基基底或挡土墙基底埋藏较深、顶板厚度较大的溶洞,如洞径小、无水时采用钻孔注浆加固;如洞径大或有水,灌注水泥砂浆不易处理时,采用钢筋混凝土板或梁进行处理.

参考文献:

- [1] 铁二院.岩溶工程地质[M].北京:中国铁道出版社,1994.
- [2] 母进伟,雷明堂,梁军林.岩溶路基病害与处置技术国内外研究现状[J].中国岩溶,2005,24(2):90~95.
- [3] 刁心宏,刘峰,龚葛萍,等.高速公路路基下采空区稳定性评估与治理措施[J].华东交通大学学报,2006,23(2):5~8.
- [4] 李毅军.常张高速公路岩溶路基稳定性评价及其处理方法[J].湖南交通科技,2005,31(4):13~15.
- [5] 王建秀,杨立中,刘丹.岩溶中低山岩石路堑填土路基塌陷危险性判识研究[J].中国地质灾害与防治学报,2000,11(1):60~65.
- [6] 邓家喜,王浩,韦明.广西河池水任至南宁公路岩溶路基病害特点及防治技术[J].中国岩溶,2005,24(2):128~134.

(下转第65页)

The Optimized Model of Selecting Object Information Systems Based on Variable Precision Rough Sets

DENG Yi-xiong, HUANG Zhao-hua

(School of Information Engineering, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper defines the selecting object information system and the similitude relation of objects according to the distance of attribute value sequence, discusses the classify of objects using variable precision rough sets theory and finally gives the optimized model of selecting object.

Key words: object; information system; rough set; variable precision

(上接第 36 页)

Study on the Disposal Measures of Karst Subgrade in Express Highway

YUAN Hong-qing¹, WANG Zai-Xi², WANG Hai-sheng¹, YAN Dong¹

(1. Hubei Provincial Road & Bridge Co., Ltd., Hubei 430056 Wuhan; 2. Hurongxi Express Highway headquarters of Hubei Province, Enshi 445000 Hubei, China)

Abstract: Based on the developing disciplinarian of karst, it is pointed out that distortion and water damage are two basic types of Subgrade damage, and asymmetric settlement and stability lose of subgrade are the material reflections of karst subgrade damage. According to the karstic characters of X^1 where clint, funnel, billabong, dissolved cavern and karstic spring existe at the same time, considering the scale effects of karstic configuration, abiding by the preventting and disposing principles by dredging and leading, spanning, reinforcing and jamming, the disposal material measures for karst subgrade of X^1 section are put forward.

Key words: subgrade engineering; karstic configuration; scale effect; asymmetric settlement; stability; disposal measures