

中老铁路桥梁桩基岩溶处理的施工技术

李 强, 秦 余 顺

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘 要: 依托中老铁路朋松楠松河特大桥岩溶桩基施工, 综合工程安全、质量、工期、成本、环境等多方面因素, 研究不同发育形态岩溶较适用的处理技术, 对比分析抛填黏土片石筑壁法、钢护筒跟进法及两者相结合的处理方法在不同发育形态岩溶处理中的优缺点和适用性, 结果表明: 对于小型空洞、中型全填充或局部填充溶洞, 抛填黏土片石筑壁法可快速、高效、经济地完成溶洞处理; 对于中型空洞、大型溶洞、形成较大地下水流通道的溶洞, 抛填黏土片石筑壁法与钢护筒跟进法相结合的处理方法有效解决了单个处理措施施工中伴随的工效低、易塌孔、灌注混凝土超方、钢护筒挤压变形等问题, 经济、高效地完成了该溶洞处理。根据本研究成果, 提出了桥梁桩基岩溶处理较适用的选定原则及控制要点。

关键词: 中老铁路; 岩溶; 技术措施; 体会

中图分类号: F530.3; U445; U445.4

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2019)05-0111-04

Construction Technology of Karst Treatment for Pile Foundation of China-Laos Railway Bridge

LI Qiang, QIN Yushun

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: On the base of the karst pile foundation construction of Houay Xong Great Bridge in China-Laos Railway, the comprehensive construction safety, quality, construction period, cost, environment and other factors are studied, and the suitable treatment technologies for different developed karst forms are studied. Compare the advantage, disadvantage and applicability with the method of cast-in-place clay rubble wall building and method of steel casing follow-up and the combination of both methods in different developed karst forms, the results show that: for small-sized cave, medium-sized full filled or partially filled karst cave, the method of cast-in-place clay rubble wall building can complete the karst cave treatment quickly, efficiently and economically; for medium-sized cave, large-scale karst cave and karst cave that forms large underground water flow passage, the method of cast-in-place clay rubble wall building combined with the method of steel casing follow-up can effectively solve the problems in single treatment measures such as low work efficiency, easy hole collapse, over casting of concrete, and extrusion deformation of steel casing, so that to complete the cave treatment economically and efficiently. According to the results of this study, the selection principles and key control points of karst treatment of bridge pile foundation are put forward.

Key words: China-Laos Railway; karst; technical measures; experience

0 引 言

中老铁路是国家“一带一路”倡议重点建设工程, 沿线碳酸盐岩广泛分布, 岩溶弱—强烈发育, 局部地段岩溶地面塌陷现象严重, 其中易、极易塌陷区严重影响铁路运营安全。施工过程中频繁遭遇漏浆、塌孔、混凝土超方等系列问题, 给施工带来严重的困扰。本文结合抛填黏土片石筑壁和钢护筒跟进处理措施在朋松楠松河特大桥的应用,

阐述了充填黏土片石和钢护筒跟进处理措施的优缺点及应用效果, 阐述了该两种处理措施的优缺点及适用性。

1 工程概况

朋松楠松河特大桥位于老挝万荣, 桥梁全长 2 761.063 m, 上部结构为预应力混凝土简支 T 梁, 下部结构单线流线型实体墩, 钻孔灌注桩基础, 桩径 1.0 m 和 1.25 m 两种, 桩长 6~47 m。桥址区不良地质为岩溶、地震区砂土液化, 特殊岩

收稿日期: 2019-05-16

土为松软土。地表溶沟、溶槽、溶蚀洼地等各种岩溶形态发育。桥址区地质勘探钻孔 316 孔, 其中 155 个钻孔总计揭示 276 个溶洞, 钻孔见洞率达 49%。其中 72.5% 为空洞, 14.5% 为流塑—软塑粉质黏土充填, 7.2% 为硬塑粉质黏土充填, 3.2% 充填砂类土, 1.6% 充填圆砾土。岩溶中等—强烈发育, 最大溶洞高约 12.1 m。

桥址区地表水体以楠松河河水为主, 楠松河为桥区最大的河流, 水量较大, 属常年流水, 受大气降雨补给, 流量随季节及降雨量而变, 旱季水质

清澈透明, 雨季水量暴涨而浑浊, 部分沿土层孔隙下渗补给地下水。地下水以土层孔隙潜水和基岩裂隙水、岩溶水为主。灰岩含较丰富的岩溶水, 桥梁处于季节变动带。

典型岩溶发育形态主要有以下四种: I 型, 高度 2.5 m 以内小型空洞[图 1(a)]; II 型, 2.5~5 m 的全填充或局部填充溶洞[图 1(b)]; III 型, 高度 5 m 以上较大溶洞、串珠状溶洞[图 1(c)]; IV 型, 形成较大的地下水流通通道, 主要分布于楠松河两岸。

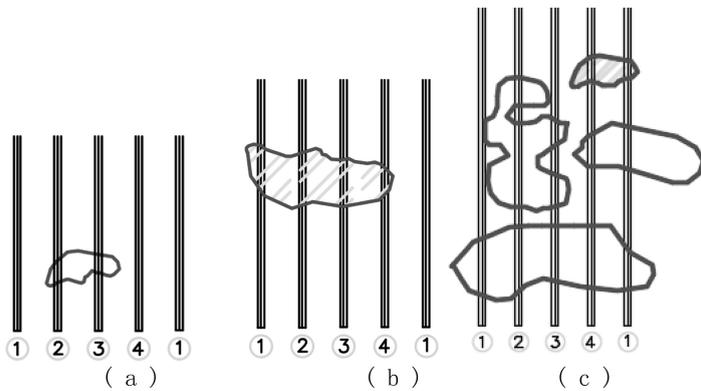


图 1 典型岩溶发育形态图

2 岩溶处理的技术措

岩溶地段铁路桥梁桩基处理措施一般有抛填筑壁法、钢护筒跟进法、超前注浆填充法、全回转全套管法等。鉴于老挝国内机械设备缺乏, 同时从全线岩溶的溶蚀程度、空腔的大小、经济成本等综合分析, 本工程采用了绕避法、抛填筑壁法、钢护筒跟进法及后 2 种方法相结合的综合处理措施。

2.1 工艺描述

2.1.1 抛填筑壁法

采用冲击钻正常成孔, 当钻穿溶洞漏浆时, 迅速抛填黏土夹片石, 冲孔挤压并挤密溶洞内填充物, 反复回填冲孔, 逐步将溶洞裂隙、空隙填充完全, 直至孔内浆液面稳定, 达到填充溶洞及挤密筑壁效果(图 2)。

2.1.2 钢护筒跟进法

采用冲击钻正常成孔, 待冲孔穿过溶洞底部后, 再接护筒, 并将其锤击或振动下沉至已钻成的孔内或溶洞内, 用以阻断溶洞内流塑充填物或水的流动^[1](图 3)。

2.2 I、II 型溶洞处理

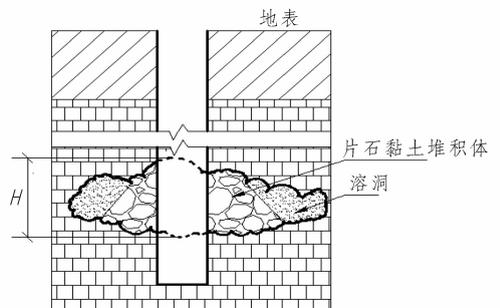


图 2 抛填筑壁法处理示意图

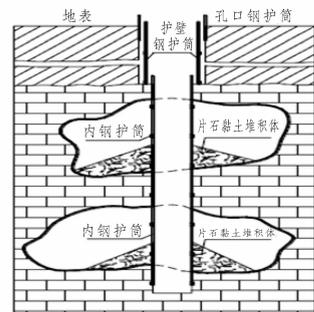


图 3 钢护筒跟进法处理示意图

对于此类小型空洞, 中型全填充或局部填充溶洞, 主要采取了抛填黏土片石筑壁法处理, 由于

不存在高速水流且溶洞孤立存在,抛填筑壁法可快速、高效、经济地完成溶洞处理^[1]。根据实践,反复充填 2~5 次,可将溶洞填充密实,同时不易塌孔,处理效果良好。另外经与钢护筒跟进法对比,工效相同,经济效益显著。

2.3 III、IV 型溶洞处理

对于该类较大、成串珠状的溶洞,或存在地下水连通通道,抛填筑壁法工效低且易塌孔,处理效果不佳;钢护筒跟进法伴随跟进困难,易被挤压变形等缺陷。经反复对比优化,本工程主要采取了两者的结合的处理方式。分析如下:

(1) 抛填筑壁法具有如下特点:

①工效低、易塌孔。由于处理范围大,需反复充填多次,水头频繁降低,同时频繁冲击振动影响,极易造成塌孔,或将相邻溶洞壁振穿,甚至引发地表塌陷。本工程前期 10 根类似桩反复充填处理均达 12 次以上,49-1# 桩达 28 次,频繁塌孔,用时 45 d,最后造成地表塌陷,成孔失败。②后续混凝土灌注超方严重。由于黏土及片石自身流动性差,回填扩散范围有限,同时钻头的挤压力也有限,不能将回填料挤压填满整个溶洞,同时因为填充体不密实,后续钻头冲击震动,会使孔口部分黏土、片石松动掉入孔内,使回填区域上部形成通道。后续混凝土浇筑过程中,由于水下混凝土的高流动性,使混凝土在达到回填区域上部通道时,顺通道绕过回填区流入未被回填到的空腔内,因此就成混凝土的严重超方(见下图 4)。

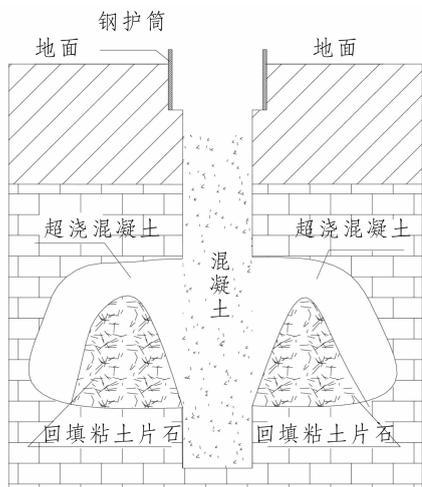


图 4 混凝土灌注超方示意图

(2) 钢护筒跟进法的特点:跟进困难,易变形。

①根据地质勘探,本工程串珠状溶洞居多,洞壁较薄,且伴随斜面岩、凸起块石,大部分钢护筒只能跟进至基岩面顶部,钻头贯穿较薄洞壁及遇到斜面岩、凸起块石时,碰撞造成钢护筒变形。②由于空洞较大、未填充,易引发大范围塌孔,钢护筒受挤压发生弯曲变形。

(3) 钢护筒跟进和抛填结合法的特点:结合钢护筒跟进和抛填法的优缺点,本工程主要采取了少量抛填黏土片石,无需挤压密实,然后快速跟进钢护筒的方法,取得了较好的效果。

①钢护筒跟进前抛填黏土片石可钻进冲击磨平斜面岩,避免了钻头碰撞钢护筒。②对空洞进行了填充,降低了大范围塌孔风险。③少量抛填黏土片石,充填 1~3 次,无需挤压密实,既解决了钢护筒跟进缺陷又避免了反复多次充填黏土片石周期长等缺陷;第四,对于 IV 型溶洞,抛填黏土片石时掺加部分袋装水泥,挤压覆盖层与岩石接触段,可快速固结阻断流动水,同时钢护筒迅速跟进彻底封闭地下水流通^[2]。

2.4 绕避法

合理绕避大中型溶洞,是最优的岩溶处理措施。朋松楠松河特大桥 11# 墩,钻探表明该处岩溶强烈发育,而小里程侧明显岩溶不发育,结合该桥跨越老挝 13# 公路的情况,将 32 m 孔跨改为 48 m 连续梁,11# 墩向小里程方向移动 16 m,调整后桩长由 34.5 m 优化为 18.5 m,有效绕避了岩溶强烈发育区,效果显著^[3]。

3 岩溶处理的的体会

综上所述,通过抛填筑壁法、钢护筒跟进及两者结合方法对不同形态岩溶的处理效果的对比分析,从工效、成本等方面确定了岩溶处理措施的选定原则和施工注意事项。

3.1 岩溶处理措施的选定原则

岩溶处理的措施选定原则见表 1。

3.2 岩溶施工的注意事项

(1) 在岩溶地区成桩宜选用冲击钻机,控制的冲能在 2.5 t~5.0 t.m 为宜。冲能过小对孔壁裂隙和孔壁周边的溶洞槽挤压能力小,孔壁不够密实易于渗漏。同时冲能小破碎能力小,钻孔速度进尺慢。但冲能过大,通过顶板的速度快,易于卡钻,扩孔现象严重^[3]。

(2) 岩溶区溶洞、裂隙形态复杂且相互连通,

根据岩溶裂隙走向,溶洞的大小、多少、顶板的厚度等地质条件,合理选择开孔顺序。钻孔时要做到先外后内、先大溶洞后小溶洞、先长桩后短桩、桩位之间交叉施工的原则。

表 1 溶洞处理措施的选定原则

序号	溶洞高度	填充情况	处理措施
1	2.5 m 以内	—	抛填筑壁法;填黏土块和片石
		全填充	抛填筑壁法;填黏土块和片石
2	2.5~5 m	局部填充	抛填筑壁法;填黏土块和片石
		无填充	抛填筑壁法与钢护筒跟进结合法
3	5 m 以上		抛填筑壁法与钢护筒跟进结合法
			抛填筑壁法与钢护筒跟进结合法
4	有较大水流通道		合法
			辅以袋装水泥固结
5	具有绕避条件		绕避法

(3)加强地质勘探,要对每根桩基的地质状况用地质钻机进行实地详细的了解分析,掌握桩基的地质状况、溶腔的高度、宽度、填充物等情况,经过详细的分析和处理,便于制定具有针对性的施工措施。

(4)对照设计地质资料,当钻至溶洞顶板 1 m 左右时,用小冲程(1~1.5 m)快频率冲击的方法逐渐击穿溶洞。若孔内无填充物,泥浆面会迅速下降,要迅速往孔内加注泥浆,以保持水头差,防止塌孔。可适当增加泥浆中的黏土数量,泥浆密度提高至 1.3~1.4 g/cm³,泥浆粘稠度控制在 25~30 s。同时提钻至孔口,以防卡钻。

(5)黏土、片石提前备足,漏浆时马上回填,以小冲程反复冲砸,形成泥壁,堵塞洞内通道,防止孔壁坍塌和泥浆流失^[4]。

(6)提出钻头后,用装载机配合挖掘机及时将准备好的黏土、片石按 1:2 的比例抛入。投入量按溶洞竖向高度加 2 m 以上,当孔内水头稳定时,然后采用低提慢进的方法重新冲孔,通过冲孔挤压并挤密溶洞内填充物,堵住溶洞并重新造浆。使溶洞范围形成护壁后,再继续施工。

(7)提前加工好钢护筒:每节高度 1.5 m,护

筒内直径比设计桩径 +10 cm。钢护筒的加工尺寸必须严格控制,护筒上下节的连接缝除焊接外,还在接缝处焊 5 cm 宽的加强钢带,护筒水平接缝所成平面与护筒竖向垂直,使整个钢护筒的垂直度符合要求,振动锤与护筒顶面焊接牢固,无松动;并要求振动锤位居护筒顶面中,各节下沉的护筒必须严格控制垂直度。

(8)如黏土片石未能有效封堵住溶洞,为增加填充物固结强度,降低灌注桩施工时塌孔风险,需要在再投入黏土时分批投放袋装水泥,水泥量以回填深度每米不少于 3 包,以整袋投入,然后用钻头将水泥袋击破并与黏土片石搅拌均匀^[5]。

4 结 语

岩溶地基的工程危害极大,因此,研究岩溶地基的施工问题具有较强的现实意义,本文根据中老铁路岩溶发育情况,通过采用绕避法、抛填片石黏土筑壁法、钢护筒跟进法以及与抛填片石黏土筑壁法相结合的施工措施,高效、经济地对不同发育形态的岩溶进行了处理。目前中老铁路朋松楠松河特大桥岩溶地段桩基施工已全部完成,经超声波检测,桩身混凝土质量均达到 I 类桩要求,所采取措施可行。

参考文献:

- [1] 杨家福,溶岩地区钻孔桩施工方案及处理方法[J].北方交通,2007(11):68-69.
- [2] 范业帅,岩溶发育区桩基施工技术[J].青海交通科技,2017(2):91-93.
- [3] 金晓文,陈植华,曾斌,等.岩溶塌陷机理定量研究的初步思考[J].中国岩溶,2013,32(4):437-446.
- [4] 王建秀,杨立中,何静.岩溶塌陷演化过程中的水-土-岩相互作用分析[J].西南交通大学学报,2001,36(3):314-317.
- [5] 王飞.复杂地质条件下长大钻孔桩施工控制技术[J].建筑技术开发,2016,43(5):72-73.

作者简介:

李 强(1980-),男,四川成都人,高级工程师,从事工程建设施工技术与管理工作的;

秦余顺(1984-),男,四川成都人,工程师,从事工程建设施工技术与管理工作的。

(责任编辑:卓政昌)

乌东德电站送电广东广西输电工程送端电站侧交流配套工程通过环评

日前,生态环境部对乌东德电站送电广东广西输电工程(特高压多端直流示范工程)送端电站侧交流配套工程作出环评批复。主要建设内容包括:扩建 500 kV 白邑变电站,扩建 500 kV 龙海变电站,新建乌东德电站~昆北换流站 500 kV 输电线路,新建乌东德电站~禄劝换流站 500 kV 输电线路,新建乌东德电站~禄劝换流站 500 kV 输电线路,新建禄劝换流站~龙海变电站 500 kV 输电线路。