

浅析铁路岩溶桩基施工处理方法

蒋海华

中国铁路国际有限公司, 北京 100055

[摘要] 岩溶地区普遍存在地质复杂、溶洞发育的情况, 施工时经常会出现漏浆、塌孔、埋钻等问题。通过总结岩溶地质的形成过程, 对岩溶地质桩基施工易出现的问题进行分析, 在此基础上对其施工要求及施工处理方法展开探讨, 望对类似工程减少施工风险和投入有所帮助。

[关键词] 桥梁桩基; 溶洞地质; 桩基施工

DOI: 10.33142/sca.v2i6.921

中图分类号: U445.551

文献标识码: A

Analysis on the Treatment Method of Railway Karst Pile Foundation

JIANG Haihua

China Railway International Co., Ltd., Beijing, 100055, China

Abstract: The geological complex and karst cave development are common in karst areas. There are often problems such as slurry leakage, collapsed holes and buried drills during construction. By summarizing the formation process of karst geology, the problems that are easy to occur in the construction of karst geologic pile foundation are analyzed. On this basis, the construction requirements and construction treatment methods are discussed. It is hoped that similar construction projects can reduce construction risks and inputs.

Keywords: bridge pile foundation; karst geology; pile foundation construction

1 工程情况

磨万铁路土建V标朋松楠松河特大桥位于老挝万象省万荣县境内, 中心桩号为DK293+257, 桥梁全长2761.9m, 下部结构为钻孔灌注桩基础。设计桩径为 $\Phi 1.0\text{m}$ 和 $\Phi 1.25\text{m}$, 设计墩台数计86个、钻孔桩共计353根。最小设计桩长6m, 最大设计桩长47m, 设计桩长5637m。

2 溶洞情况描述

老挝万象省万荣县为喀斯特地貌, 岩溶发育。桥址区下伏底层为灰岩、白云质灰岩。根据野外调绘, 地表溶沟、溶槽、溶蚀洼地等各种岩溶形态发育, 桥址区钻孔316孔, 其中155个钻孔总计揭示276个溶洞, 钻孔见洞率49%。其中72.5%为空洞, 14.5%为流塑~软塑粉质粘土充填, 7.2%位硬塑粉质粘土充填, 3.2%充填砂类土, 1.6%充填圆砾土。岩溶中等~强烈发育, 隐伏性岩溶发育, 岩层中存在一定规模的溶洞、溶隙, 最大溶洞高约12.1m, 位于38#墩下部。溶洞主要发育于标高195m~215m范围内, 对桥梁工程影响大

3 岩溶地质下的桩基施工工艺

本桥钻孔灌注浆均采用冲击钻成孔。岩溶地质下的桩基施工时除应考虑普通桩基的施工工艺外, 还需按照以下要求施工。根据溶洞的洞高、洞内的填充情况(全填充、局部填充、无填充), 对溶洞采用不同的处理方法, 主要的处理方法如下:

表1 溶洞不同的处理方法

序号	溶洞高度	填充情况	处理方案
1	2.5m以内	——	1. 抛填法: 填黏土块和片石 2. 抛填固结法: 填黏土块和片石+袋装水泥
2	2.5m~5m	全填充	1. 抛填法: 填黏土块和片石 2. 抛填固结法: 填黏土块和片石+袋装水泥
		局部填充	1. 抛填固结法: 填黏土块和片石+袋装水泥 2. 钢护筒跟进法

序号	溶洞高度	填充情况	处理方案
2	2.5m~5m	无填充	1. 钢护筒跟进法 2. 混凝土填充法：灌注低标号混凝土
3	5m 以上	全填充	1. 钢护筒跟进法 2. 混凝土填充法：灌注低标号混凝土
		局部填充	1. 钢护筒跟进法 2. 混凝土填充法：灌注低标号混凝土
		无填充	1. 钢护筒跟进法 2. 片石混凝土填充法：灌注低标号混凝土+片石

3.1 抛填法

对于高度在 2.5 米以下的溶洞和 2.5 米~5 米的全填充或局部填充溶洞采用抛填法处理。

(1) 对照地质图，当钻至溶洞顶板 1 m 左右时，减小冲击钻冲程，控制在 1~1.5 m，通过短冲程快频率冲击的方法逐渐击穿溶洞。钻进时密切注意护筒内泥浆面的水平位置变化情况。同时在钻孔桩基旁边准备足够数量的片石和黏土，和一台挖掘机（1m³）或装载机。

(2) 发现泥浆面下降较快、孔内水位变化较大、泥浆稠度、颜色发生变化或钻进速度明显加快又无偏孔现象时，表明已穿越溶洞顶进入溶洞。

溶洞一旦被击穿，孔内水头迅速下降，这时立即向孔内补充泥浆，同时提钻至孔口，以防卡钻。

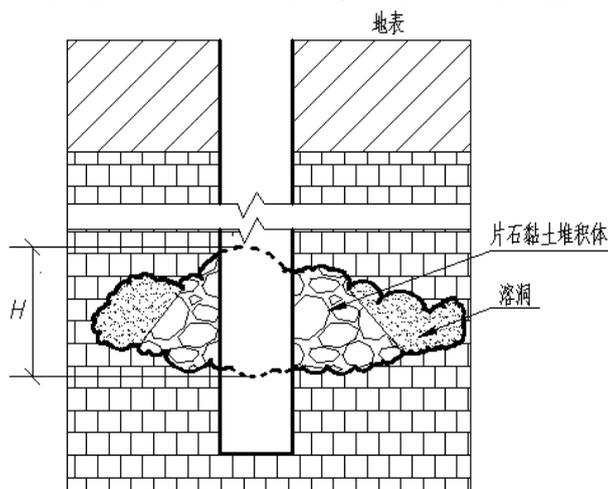


图 1 抛填法处理示意图

(3) 提出冲击钻头后，及时将准备好的粘土、片石按 1:2 的比例抛入。投入量按溶洞竖向高度加 2m 以上控制。当孔内水头稳定时，再重新冲孔，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。

(4) 若溶洞内进尺过快，则继续投入片石、粘土，投入量根据进尺速度确定，少量多次，每次投放总量在 5m³ 以上。

(5) 若再次漏浆，需反复回填冲孔，填充溶洞及挤密护壁，直到顺利穿过溶洞，至设计桩底标高。

(6) 若同一溶洞填充后再次塌孔，则证明溶洞空隙较大，原粘土片石未能有效封堵住溶洞，需要在再投入粘土时分批投放袋装水泥，水泥量以回填深度每米不少于 4 包，以整袋投入，然后用钻头将水泥袋击破并与粘土片石搅拌均匀。

(7) 通过溶洞顶、底板后，要用钻头将溶洞顶、底板处的桩孔修理圆滑，以防卡钻。

(8) 在钻孔过程中，若发生大面积塌孔、或泥浆快速流走，钻孔原泥浆面下降超过 2m 以上，则表明钻孔过程中将原勘探未揭示的溶洞击穿并已形成中型及以上溶洞，则需联系设计单位重新确定钻孔深度。

3.2 钢护筒跟进法

对于 2.5m~5m 的空洞及 5m 以上的溶洞、漏浆严重或与暗河连通时，可采取钢护筒跟进法施工。

在施工垂向溶洞空间大或层次较多的串珠状溶洞及桩基较长时，钢护筒跟进困难，不能一次跟进到底时，可先冲

孔钻进至设计桩底，再跟进护筒。冲孔过程中根据地勘资料揭示的串珠状各层溶洞大小及填充情况，先采用抛填法进行处理，直至钻孔穿透最底部溶洞后，再跟进钢护筒。有利于降低同墩位中下一根桩施工时的溶洞处理难度。在同墩位的桩基中，优先施工护筒跟进法的桩基。

在施工大中型溶洞及串珠状溶洞前，为了防止钻穿溶洞时由于泥浆面的突然下降，而引起上部土层孔壁失稳坍塌，还应对上部土层采取回填挤密固结孔壁或跟进钢护筒进行护壁处理。施工示意图如下图。

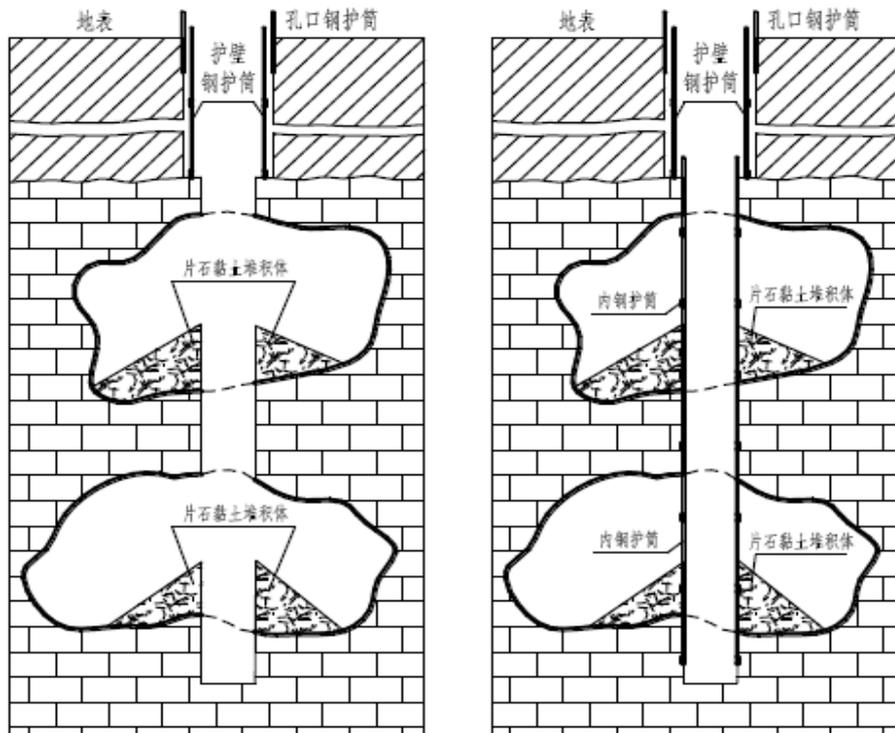


图2 钢护筒跟进法示意图

具体方案如下：

(1) 钢护筒每节高度 2m，壁厚 12mm。护筒直径比设计桩径+20cm。为防止护筒下沉过程中底部变形，还应在护筒底部焊接 12mm 厚加强带，以增加护筒底部刚度。钢护筒总长度要求大于勘探溶洞高度与溶洞顶至孔口护筒高度之和 1.0m 以上。钢护筒加工尺应符合要求，上下节连接要在焊缝处加焊 5cm 宽的止水兼加强钢带

(2) 扩大钻机钻头直径，设计 1.25m 桩，采用 1.5m 钻头成孔。在钻孔穿过溶洞底部后，埋入钢护筒，然后边下沉边跟进钢护筒，在钢护筒穿过溶洞底部 1m 左右时，更换常规钻头。

(3) 护筒的沉放：冲击穿过溶洞顶部时要反复提升冲锤，在顶部一定范围来回上下慢放轻提，钻头不明显受阻，说明顶部已成孔并且圆滑垂直，此时开始沉放钢护筒。

(4) 下放护筒跟至最下层溶洞底板以下 1.0m 后，钻头改为满足成孔要求的钻头直径。冲击钻头冲至溶洞顶部范围做到上下轻提慢放，以防止卡钻。

(5) 冲孔进入溶洞后，孔内的泥浆若全部漏失，则需单独进行溶洞的处理：将冲击钻头吊开，将拼装好的水下混凝土导管放入孔内，采用 C10 混凝土进行封堵，待混凝土终凝后，再用冲击钻头进行重复钻孔、跟进钢护筒。

(6) 下放钢护筒至超前勘探溶洞底部以下 1m 左右后按常规方案钻孔到设计桩底。

3.3 灌注混凝土填充法

溶洞的高度在 2.5~5.0m 之间且无填充的或溶洞的高度大于 5m，采用填粘土和片石的方法难以成孔，而钢护筒又难以跟进的情况下，可采用灌低标号混凝土的方法处理。

(1) 当击穿溶洞顶板发生漏浆时，可先填粘土块和片石，反复冲挤。同时加大泥浆比重，防止涌水、涌浆稀释泥浆，发生孔壁坍塌。若漏浆严重、填料漏失，可在抛填粘土片石的同时加入水泥及速凝剂以封堵漏浆通道，并增加填充物的固结强度。

(2) 钻至溶洞底板后, 溶洞填筑基本饱满时, 再灌注低标号混凝土。混凝土灌至溶洞顶 1 m 以上, 待混凝土达到 70%强度后, 重新钻进。

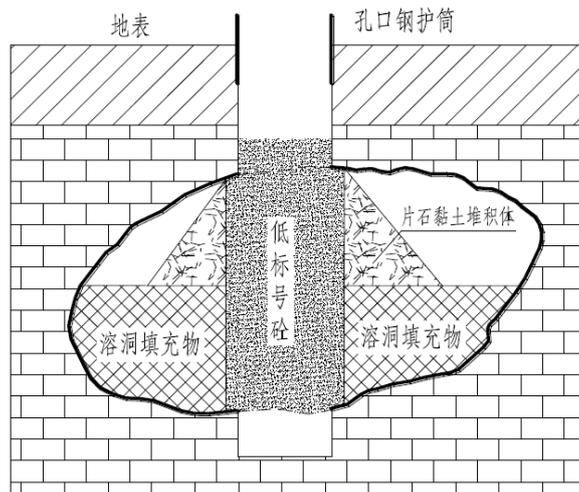


图 3 灌注混凝土填充法示意图

4 对岩溶的综合治理

4.1 对岩溶区地下动水的处理

根据以往施工经验, 若地下水与溶槽、溶沟及河床水相互贯通形成有流动水的通道, 该通道在钻孔桩施工过程中, 极易破坏钻孔的护壁泥浆和泥皮, 形成大范围漏浆通道, 这对钻孔桩的施工极为不利, 若处理不当, 将造成钻孔孔壁坍塌, 严重影响钻孔桩施工进度, 甚至危及施工平台的安全。

因此在钻孔桩冲孔施工过程中, 应根据现场施工实际情况结合地勘资料揭示的地下水情况, 在钻孔至接近地下水位时, 采用回填粘土及片石配合平底十字钻冲击挤密的措施对该部位进行专门处理, 若一次回填挤密未达到止漏效果, 则需反复多次进行回填挤密并可加入袋装水泥及速凝剂等; 若多次回填挤密仍然无法止漏, 则将该钻孔用粘土、片石回填后再采用钢护筒跟进至基岩面进行护壁, 在保证钻孔上部土层孔壁稳定的情况下再继续钻进。

4.2 对溶洞的处理

对于揭露有溶洞等不良地质情况的桩基, 本着先难后易、先大后小原则, 先施工溶洞较大的、较复杂的桩基; 最后施工溶洞小的、埋深较浅的桩基。施工时对溶洞采用多种措施、综合治理的手段, 以保证成孔质量。

5 施工效果

通过上述措施, 顺利完成了岩溶桩基施工, 经桩基检测, 均为 I 类桩, 达到了处理整治的预期效果。通过优化技术措施, 减少了反复冲孔次数, 同时降低了桩基扩孔带来的混凝土超方问题, 取得了较好的经济效果。

6 结语

(1) 通过对磨万铁路施工 V 标万荣县岩溶极发育地区桥梁钻孔灌注桩基础的施工, 掌握了类似岩溶地区基础处理的一整套施工方法和施工技术, 将会为今后类似岩溶处理提供行之有效的解决方法和宝贵的实例经验。

(2) 我国岩溶地基、物别是多层溶洞、暗河等复杂地基, 分布很广且极为复杂, 所以岩溶地区的桥基形式、处理方法仍需要继续研究和完善。

(3) 由于岩溶区地质情况的复杂性和不确定性, 施工时必须根据地勘资料结合现场实际情况, 有针对性的采取各种处理措施对岩溶进行综合治理, 才能保证钻孔桩的成孔质量。不论采取何种措施, 都不能彻底解决岩溶地区桩身混凝土浇筑过程中普遍超方的现象, 但通过优化施工措施, 能有效降低混凝土超方问题。

[参考文献]

[1] 申志军. 复杂岩溶山区宜万铁路修建技术[D]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.

[2] 陈国亮. 岩溶工程论文集[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2019.

[3] Q-CR9652-2017. 客货共线铁路桥涵工程施工技术规程[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.

作者简介: 蒋海华, (1985-) 男, 湖北仙桃人, 从事铁路工程施工, 单位, 中国铁路国际有限公司, 工程师。