

# 岩溶地层灌注桩的施工工艺与质量通病

李春生

(长沙交通学院 道路与交通工程系, 湖南 长沙 410076)

[摘 要] 潭邵高速公路部分路段位于岩溶发育区,本人对该区域的桩基进行了检测,在桩基础的施工和检测过程中不断加深了对岩溶地质问题的认识,重点阐述了岩溶区桩基础的施工方法的选择和工艺参数的确定,以及桩基承载力和完整性的质量保证措施。

[关键词] 岩溶地区;桥梁桩基;基础施工

[中图分类号] U416.6<sup>+</sup>6

[文献标识码] B

[文章编号] 1002-1205(2003)02-0073-03

## Construction Techniques and Common Defects on Pile Foundation in Karst Strata

LI Chun-Sheng

(Department of Road and Transportation Engineering, Changsha Communications University,  
Changsha, Hunan 410076, P. R. China)

[Key words] karst region; bridge pile foundation; foundation construction

潭邵高速公路部分路段处于湘中石灰岩地区。覆盖层较薄,砂卵石层普遍存在且松散,基岩均为石灰系壶天组溶岩、溶洞、溶沟,岩面起伏大,局部地段溶洞特别发育,且成群出现多层分布的特色,地下水属岩溶小类型,补充量大。岩石溶度高,且均为中风化和微风化状态。微风化石灰岩单轴抗压强度高达80~90 MPa,由于岩溶现象普遍存在,给桩基施工带来很大的困难,尽管施工前各勘测段对岩溶地区问题进行了研究,但设计图纸提供的地质资料关于岩溶的发育特点、洞穴规模、充填物的性状及富水程度等不能满足施工的要求。塌孔、斜孔、扩径、卡锤、埋锤、漏浆、动水、流砂等事故频繁发生,预兆性不强,给进度、成本和质量造成了极大的负面影响。就石灰岩地区而言,《规范》<sup>[3,4]</sup>要求桩端必须嵌入微风化岩1d长度,其下3d长度范围内要求无溶洞、溶隙,对于顶板厚度小于3d的溶洞必须穿越,使桩的入岩深度增加较大,也决定了桩基的施工难度较大。

### 1 岩溶地区的施工工艺

#### 1.1 成孔方法的选择

岩溶地区钻孔的成败,成孔方法的选择格外重

要,冲击成孔经实践检验是比较适宜的一种成孔方法。首先冲击钻对于复杂的地层有较强的适应性,能比较顺利地通过卵石、漂石层,破岩能力强,且功率大起重能力强,入岩深度较深,其次,不依赖泥浆循环返渣。再其次,冲击钻进具有自重轻,拆装方便,便于移动,适合山地、丘陵地貌。岩溶地区的岩面变化大,地质突变情况多,采用冲击成孔时,对覆盖层部分的孔壁应进行适当的加固,以防出现严重的漏浆时发生整体孔壁崩塌,即可防止严重塌孔,又可保证钻机和钻工的安全。

#### 1.2 溶洞的处理

对于普通溶洞,充填物较多者,钻头冲击至溶洞后,由于洞内壁面陡峭,钻头易偏斜,导致孔斜,一旦出现泥浆大量漏失,则使孔壁失去泥浆的支护力而导致塌孔、卡钻、埋钻,因此,首先必须对照本桩的工勘资料,计算溶洞的实际位置,以及填充溶洞所需的材料和粘土等数量,准备足够的片石和粘土等。钻孔接近溶洞顶板前,孔口应准备足够的10~20cm的片石和粘土以及泥浆,同时要有足够的劳动力和供水、起重等抢险设备。钻头冲至溶洞顶板时,应采用降低冲程,一般控制在60cm左右,逐渐将溶洞顶

[收稿日期] 2003-01-20

[作者简介] 李春生(1967-),男,工学硕士,高级工程师,主要从事路桥研究与教学。

部击穿。冲程过长极易卡钻,同时观察护筒内泥浆面的变化,一旦泥浆下泄,迅速补充泥浆或水与粘土,并立即提钻,以防塌孔埋钻,然后,按 1:1 的比例回填粘土和片石,进行冲砸堵漏固壁,并记录回填粘土和片石的数量,估算溶洞的大小,只有泥浆面稳定,钻头冲击有力后,方可进入正常钻进。对于填充物为软弱粘性土或淤泥质土的溶洞,仍然要向内回填 1:1 的粘土、片石,也可投入适量的水泥以增加填充物的力学性能。因此泥浆池要比一般情况下大 2~3 倍,且泥浆比重取施工规范值的上限。施工时应纪录投入的片石、粘土的数量和孔底高程的变化以推断溶洞的实际位置和体积,另外还要关注钻头钢丝绳横向摆动情况,一旦摆动幅度较大,一则是遇到了孔内的孤石,二则可能是孔斜,均应回填粘土和片石进行回冲。有些溶洞较大,覆盖层软弱,钻头一旦冲开溶洞顶板,大量泥浆随之下泄,造成孔壁失稳,危及安全,预防措施十分重要。

对于特大型溶洞,主要体现在溶洞高度深,空洞体积大,无充填或半充填。对特大型溶洞处理一般不能采用上述的方法,否则极易造成塌孔。在实际施工中,较好的方法是采用多重套管护壁法,其关键点是套管必须位置准确,刚度好,一般采用 6 mm 厚的钢板,两端加焊加劲箍,用振动锤施打。专人负责测量护筒的平面位置和垂直度,护筒就位后的倾斜度不大于 1%。施工前对于没有完全漏失泥浆的大溶洞也可用大片石和泥包回填桩孔,然后向桩内外补充泥浆回升至原位且稳定时,再冲锤低击,发现泥浆面下降则又回填大片石和泥包并补浆再冲孔,反复数次,亦可穿越溶洞。必须要有桩孔型式设计,预留空间以利于挽救事故桩孔,因此必须采用较大的口径开孔,此法在潭邵高速公路秧田中桥上获得成功。

### 1.3 清孔工艺

在岩溶地区多应用掏渣清孔,但当抽渣筒工作时易产生负压力和激动力,不利于孔壁的稳定。为减小对于孔壁稳定的影响,不产生坍塌,必须换入优质泥浆,泥浆比重不能过低,以 1.10~1.18 为宜,粘度要大,以 18~22 s 为宜,失水性好,泥浆的胶体率要高,以保证泥浆静水压力和泥皮的支护力。泥浆的 pH 值在 8~10 之间,以防止泥浆产生分层现象,失去护壁作用。

### 1.4 混凝土灌注工艺

水下砼全靠自重压实和依靠砼的流动性完成桩的成型,为了给水下砼创造逐渐密实硬化凝固的条件,以至最终达到设计强度,首先必须保证首批砼冲击导管后,在管脚处堆高不小于 0.6 m,导管埋深不小于 0.3 m,其次必须保证首批灌入的混凝土始终接触

泥浆面,保护后浇的砼不与泥浆接触,浇筑完毕后首批砼被顶升到桩顶,并高出设计标高 50 mm 以上,待桩身凝固后作为浮浆凿出。再其次,水下浇灌砼时,桩孔内水位必须稳定,水无流动性,避免因水的流动而带走水泥浆导致桩身胶结不良,影响桩身质量。

混凝土超灌量大是岩溶地区桩基施工最大的特点。原因为: 溶洞内无充填物; 溶洞中充填物为淤泥质土,在较大的灌注压力下被置换出来,使桩在溶洞段扩径。这种情况决定了混凝土灌注时要精心设计和准备,备足材料。防止因待料而造成的断桩。混凝土的塌落度保持在 18~22 cm,初凝时间 4 h 并适当加入缓凝剂,导管必须经常提动,注意观察混凝土面的高程变化,防止导管被埋住和导管被提出砼面这两种情况。同时,浮浆的厚度会大大高于正常情况,因此,导管的埋深和成桩的自然顶面高程应比正常情况高 1 m 左右。

## 2 质量通病

岩溶地区桩基础出现的质量通病主要有断桩、缩径、夹泥、孔斜、卡管、离析、孔底沉渣太厚等,并且频繁出现,原因主要是由于岩溶现象造成了施工工艺的难度加大。

### 2.1 断桩的原因

由于浇注时,导管埋深计算错误,导管提出砼面,若导管管口提至超过洁净砼顶面,进入浮浆层中,致使形成淤泥、泥沙等夹层。混凝土和易性不好,流动性过小时,进入导管内的混凝土不能及时挤出导管,以及设备、气候等其他原因造成停顿时间过长,坍落度损失太大,造成卡管,以至混凝土在导管内初凝,提不出导管,原灌注混凝土面上积上一层较厚的沉淀物及浮浆,即造成断桩。导管内进水造成断桩,目前,施工单位的导管之间联接,一般用 5 mm 左右的橡皮作为止水带,使每节导管形成一个整体。安装导管的要求是必须不漏水,特别是在灌注桩的底部时,水压力较大,若法兰盘不平,止水橡皮安装失误或老化,会造成导管内进水,泥浆一旦进入导管,大部分水泥浆随泥浆飘浮,使混凝土转变成砂、石子和沉淀物的混合物,且其密度相当大,混凝土无法再进行浇注,形成断桩。塌方引起埋管造成断桩,某些溶洞由淤泥质土充填,混凝土从导管中下落时产生较大的冲击和水激动力,会使孔壁坍塌,坍塌的土方使导管埋深增加,若提起不及时,将埋住导管,造成断桩。

### 2.2 缩径及夹泥

当孔底夹泥过厚,孔内泥浆比重太大,浇注砼前清孔换浆不彻底,以及浇注过程中,激动水压力太

大,泥浆比重过低,造成泥浆护壁失去平衡、泥皮变薄,导致局部坍塌,新鲜砂层上面有较厚的泥沙层,导管内外砂压力差过小,以及溶洞扩径,泥沙侵入砂体内,或侵占桩周空间,其缺陷面积、大小、厚度范围多种多样,甚至可能集中成“团块状”,也有可能是不均匀分散型。

### 2.3 砂离析

从钻取的岩芯可明显见到蜂窝,其原因多是由于砂配料没有按施工配合比进行,以及砂在运输过程中离析,致使内部疏松,强度低。同时在岩溶地区由于潜水的存在,冲走水泥浆,也会造成此现象。甚至泥沙进入砂体内,形成“砂带”现象。

### 2.4 桩底沉渣过厚

岩溶地区基桩一般设计为端承桩,桩底沉渣不允许超过 50 mm,而由于冲击成孔,无法进行正循环或反循环清渣。抽砂筒清渣,关键的技术是控制泥浆的质量,清孔后泥浆比重过低,会导致新的沉淀。

## 3 结语

正确的工勘资料对指导岩溶地区基桩施工

相当重要,对桥位处进行物探的普查,大致查明岩溶的分布状况,必要时进行桩位、跨径的调整,对每个桩位应进行补钻样勘,探明设计桩长范围内的地质状况,确保桩底以下 3 d 内无溶洞。

实践证明,冲孔成桩法在岩溶地区是较适用的施工方法。

不同类型的溶洞、溶沟、溶槽、裂隙均应采取相应的冲孔方法和对策。

采用优质泥浆并严格控制泥浆的各项性能指标,以保证桩孔的护壁的效果。

正确的施工组织和细致的技术措施才能保证基桩的质量。

### [参考文献]

- [1] JTJ024-85,公路桥涵地基与基础设计规范[S].
- [2] JTJ041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] GB7-89,建筑地基基础设计规范[S].
- [4] JG94-94,建筑桩基技术规范[S].

(上接第 64 页)

泥砂路面或沥青砂路面,以最大限度地减少经济和社会效益损失。

d. 特高路堤因自身稳定存在一定问题,加之工程量巨大,占地面积大,工程费用相对较高,因此可以和高架桥方案进行比较,作出合理的决策。

高路堤施工是十分关键的工程。纵观湖南省公路建设的情况,在高路堤段出现路面纵向开裂、横向断板、不均匀沉降等病害的几率较大。高填高

路基施工需引起业主、设计、施工、监理各方的高度重视。

### [参考文献]

- [1] 交通部第二公路勘察设计院.公路设计手册.路基[S].北京:人民交通出版社,1997.
- [2] 中华人民共和国交通部.公路工程国内招标文件范本[S].北京:人民交通出版社,2000.
- [3] 中华人民共和国交通部.公路工程施工监理手册[S].北京:人民交通出版社,2001.

(上接第 72 页)

孔取芯法检测桩体 28 d 成型后强度对桩体进行强度评定,并为静载试验提供相关数据。

通过静载试验法和钻孔取芯法可对喷粉桩处理软土地基的加固效果进行准确地、综合评价。喷粉桩复合地基承载力的确定可由(1)公式得:

$$f_{sp}, k = mR_k^d / p + (1 - m)f_{sk} \quad (1)$$

公式:  $R_k^d$  为单桩竖向承载力标准值, kN;  $m$  为面积置换率; 为桩间土承载力折减系数; 软土取 0.5 ~ 1.0; 硬土取 0.1 ~ 0.4, 不考虑桩间软土作用时取 0;  $f_{sk}$  为桩间天然地基土承载力标准值, kPa。

## 3 结语

在目前尚没有有效的、经济的、较好的对喷

粉桩施工质量进行检测的情况下,宜以综合的方式进行喷粉桩施工质量评定。建议分三个阶段对喷粉桩质量进行检测,做到“事前预防、动态控制、有效评价”。

采用静力触探法检测时需认真对静力触探曲线出现的异常情况进行分析,静载试验时需注意对加荷等级的选取、终止试验条件的确定以及卸荷要求的控制。

比较粉喷桩单桩及复合地基静载检测结果可知:复合地基中粉喷桩单桩承载力发挥值比单桩试验结果大,而桩间土承载力发挥值小,比较加固前后桩间土的比贯入阻力和十字板强度,发现粉喷桩改善了桩间土性状。