

岩溶地区钻(冲)孔灌注桩施工的难点及其技术对策

熊绍所¹, 成润军²

(1. 深圳市孺子牛建设工程有限公司, 广东 深圳 518048; 2. 深圳中海建筑有限公司, 广东 深圳 518001)

摘要:岩溶地区施工钻(冲)孔灌注桩难度较大, 出现质量隐患的概率较高。针对钻(冲)孔灌注桩在岩溶地层中施工时遇到的溶洞区桩底高程的控制、漏浆与塌孔、偏孔与斜桩、卡钻或锤头脱落、混凝土流失、扩径与缩颈等问题进行分析, 并提出相应的技术对策。

关键词:岩溶地区; 钻(冲)孔灌注桩; 施工难点; 技术对策

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)08-0073-03

Construction Difficulties of Bored Cast-in-situ Pile in Karst Area and the Technical Countermeasures/XIONG Shao-suo¹, CHEN Run-jun² (1. Shenzhen Ruziniu Construction Engineering Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518048, China; 2. Shenzhen China Overseas Construction Ltd., Shenzhen Guangdong 518001, China)

Abstract: It is difficult to carry out construction of bored cast-in-situ pile in the Karst area with high probability of quality problems. The article shows the analysis on the problems encountered during the course of bored piles construction in the Karst area, and it also provides the relevant technical countermeasures.

Key words: karst area; bored cast-in-situ pile; construction difficulty; technical countermeasures

钻(冲)孔灌注桩施工以岩溶地区施工难度最大, 由于岩溶形态、充填物、地下水流动的状态不同, 施工中会显现出多种多样的复杂工况, 突出表现为冲洗液漏失、孔壁失稳、桩孔偏斜、混凝土超方等, 容易诱发桩孔事故和质量隐患, 因此岩溶地区的桩基工程, 从勘察设计开始, 到施工检测等各个环节, 都需加强监控。

现结合笔者亲身经历, 对钻(冲)孔灌注桩施工中所遇到的常见难点问题进行分析, 并提出相应应对技术措施。

1 溶洞区桩底高程的控制

1.1 难点

溶洞的发育无规律可循, 无论是水平方向还是垂直方向变化都很大, 在桩基础施工前, 虽然多数工程对每根桩均进行了超前钻探勘察, 但仍然难以掌握溶洞的发育规律及规模, 无法准确判断岩溶发育形态、深度和范围, 使施工风险极大。在以往施工的工程中, 经常遇到超前钻已提示设计桩底以下3倍桩径或5m深度范围内为完整岩层, 未发现溶洞, 但在桩基施工完成后进行抽心检测时, 有些桩的桩底以下又发现溶洞, 有些溶洞规模还较大, 使桩基承载力难以达到设计要求。

造成这种情况并不是超前钻探勘察工作不到位, 而是溶洞发育确实无规律, 出现溶洞的概率无法预测。超前钻探所钻的孔直径在100mm左右, 而一根桩的直径比超前钻的直径大很多倍, 故几个钻探孔是无法全面了解整个桩的地质情况, 这就是超前钻探资料与实际情况有差别的原因。

我们在龙岗琳珠大厦桩基工程中, 超前钻资料很详细, 准确性也较高, 其中3号桩直径为1.3m, 超前钻探已钻有2个孔, 桩长9.06m, 根据地质资料设计桩底以下未发现溶洞, 但抽心后却发现9.28~9.57m范围内出现高度为0.29m的溶洞, 加抽一孔后, 又发现一高度为0.5m的溶洞, 为了进一步探明该溶洞的规模, 在桩身外围均匀布置4个钻孔, 结果是2个钻孔发现溶洞, 另2个钻孔没有发现溶洞。

由此可见溶洞分布非常复杂, 因此必须做好桩底高程的控制, 以避免桩底存在潜在隐患。

1.2 技术对策

针对这种情况, 在桩基础施工前, 一般都要采取一桩一孔的超前钻探措施, 对溶洞特别发育的地区, 还要进行一桩多孔钻探, 通常当桩径<1.2m时可只钻1孔, 桩径在1.2~1.5m时钻2个孔, 桩径>1.5m时需钻3个孔, 以详细查明桩底设计范围内

收稿日期: 2009-04-16

作者简介: 熊绍所(1968-), 男(汉族), 江西九江人, 深圳市孺子牛建设工程有限公司工程师, 地质专业, 从事地基与基础工程技术、施工管理工作, 广东省深圳市金田路3037号金中环国际商务大厦28楼, xss1997@yahoo.com.cn。

的岩溶发育情况,为桩基施工提供详尽的地质资料。尽管如此,还是难以保证能发现所有溶洞,有时在钻(冲)过程中发现较大溶洞,此时,还需将桩机移开,在桩孔位置再增加钻探孔,我们在广州中海金沙馨园桩基工程施工中就有多根桩出现过这种情况。

有时单纯靠加密勘察孔的方法还不足以指导桩基设计与施工,在重要的工程中,还可动用地质雷达以及钻孔间电磁波层析CT探测方法配合,全面详细了解桩孔孔位及周边岩溶发育情况,如我们施工的肇庆大桥,就采用了初勘、施勘、补勘、电磁波层析CT探测法进行勘察溶洞,发现单桩穿过的溶洞最高达14.6 m,最长达7层;在深圳龙岗区怡龙枫景园桩基工程中也进行了初勘、详勘、补勘等多次勘察,发现了大量的溶洞。

2 漏浆与塌孔

2.1 难点

岩溶地层中因溶洞的广泛存在,溶洞互相贯通,钻(冲)孔施工时泥浆漏失情况严重,使钻孔无法保持合理的水头高度,地下水涌入孔内产生由外向内的侧压力,泥浆难以保持孔壁的稳定,造成孔壁失稳坍塌。有时孔壁坍塌甚至会引起孔口坍塌,我们在龙岗摩尔城桩基工程中就曾发生因塌孔引起孔口塌陷,孔口坍塌直径达8 m多,桩机一端已陷入孔内,一条走管失踪,钻具也掉入孔内,耗时50天方将钻具捞出,危险性及经济损失都很大。

2.2 技术对策

施工过程中注意观察孔口泥浆的变化,因为孔壁坍塌往往都有前兆,有时是排出的泥浆中不断出现气泡,有时护筒内的水位突然下降,这些都是塌孔的迹象,发现这些现象时应立即停止施工,采取措施后方可继续施工。为了防止漏浆和塌孔,可采取以下技术对策:

(1)在钻(冲)孔过程中可适当增加泥浆浓度,泥浆密度宜提高到1.25~1.30 kg/L,粘度25 s。同时储备一定数量的泥浆以便在漏浆时进行及时补浆,一般储浆量为桩孔理论容积的2~3倍,当桩间距离较小时,可在数根桩之间挖一较大的泥浆池,将多余的泥浆进行集中储存,既能用于漏浆时的补浆,又便于集中外运。若漏浆量过大,补浆不能达到止漏的目的,可先加入一些粘土加片石拌合物,片石含量20%~30%,块度20 cm左右,回填至洞顶以上1~2 m后,再放入钻头,小冲程高频率冲击穿过空洞,用冲桩机进行小冲程冲压,使粘土或片石挤入溶

洞或裂隙中,填塞渗漏通道,使桩孔不再漏浆。

(2)将孔口护筒加长,使护筒顶部高出地面,一般护筒顶要高出地面30~50 cm,且浆面高出地下水位1.5 m以上。护筒埋入土中深度以护筒底口位于地下水位以下不小于1.0 m为原则,护筒四周用粘土填实,以免漏浆,这样可使孔内泥浆面保持在护筒以内。

(3)漏失严重的开放性溶洞,采用双套钢护筒进行封闭,即一套孔口护筒,另一套封闭深部岩溶。在肇庆大桥工程中,就采用了双护筒方法,外护筒从施工平台下至河床面以下,隔离河水,内护筒用钻埋法从施工平台下至基岩面,有效地避免了漏浆和塌孔事故,也可预防混凝土灌注时的漏失。

3 偏孔与斜桩

3.1 难点

岩溶地区溶沟、溶槽、溶洞的发育,以及岩面本身的起伏不平,在岩石中容易产生各种角度的斜面,当钻机施工时,钻具易沿着溶沟、溶槽的基岩斜面而倾斜下滑,或因溶蚀造成底板不平,锤头下落后歪斜,使锤头中心偏离桩孔中心,造成偏孔,使钻出的桩孔垂直度偏离设计范围,钢筋笼也会随桩孔而倾斜,或者钢筋笼无法下到桩底,影响桩身质量。

3.2 技术对策

为避免偏孔或斜桩,在施工过程中需密切注意钻具的状态。对于冲孔桩,观察钢丝绳的摆动和停止位置可发现桩孔偏斜现象,当钢绳在提锤时摆动较大,或冲锤落到孔底出现偏往一侧时,都说明桩孔已经偏斜。

发现桩孔偏斜时,应立即停止冲孔,投入片石并使所填片石顶面高出偏孔位以上1 m左右后再进行低冲程冲孔,使片石填满偏孔位,变成密实的基底再冲孔。如果填石修正效果仍达不到设计要求,此时可在孔斜段浇灌高标号水下混凝土,待混凝土凝固后再行冲击修孔(一般需等10天左右),使孔底作业面强度均匀,让冲锤垂直冲进,纠正斜孔。

若以上方法仍无法达到纠斜的目的,可加工长筒冲锤进行冲孔。长筒冲锤做法是用直径稍小的厚壁钢护筒焊上锤牙和提升机构,其长度一般在5 m以上,有较好的导正性能,桩孔垂直度得到较好控制,保证桩孔不偏斜。在龙岗怡龙枫景园桩基工程中我们就使用了6 m长的自制长筒锤进行防斜和纠偏,效果很好。

4 卡钻或锤头脱落

4.1 难点

因岩溶地区大量溶洞、溶槽、溶沟的存在,而溶洞、溶槽、溶沟中填充物有全充填、半充填、无充填多种形式,且一般多呈流塑和软塑状态,钻(冲)孔时钻具因孔壁的不规则变化发生歪斜而使钻具卡在溶洞中,或因溶洞顶板灰岩较薄,锤头接近或冲过溶洞顶板时,锤头击穿溶洞顶板以惯性下冲,造成卡钻,甚至钢丝绳断裂,锤头脱落。

4.2 技术对策

为了防止卡钻或锤头脱落情况的出现,要做到以下几点:

- (1)施工前先详细了解超前钻地质资料,在冲至溶洞顶板时,采用小冲程慢速冲击,防止打空锤;
- (2)定时修补锤头,始终保持锤头直径;
- (3)提高泥浆质量,保持孔壁稳定,减少孔壁和裂隙石块掉入孔内。

如果发生了卡钻或锤头脱落情况,需继续进行泥浆循环,必要时用反循环泵吸渣,以免沉渣太厚,埋住钻具。如钢丝绳未发生断裂,则先上下拉动钢丝绳,但切忌强拉,以免将锤头卡死或钢丝绳拉断,待钻具略有松动后再将打捞锚下到钻具停滞位置,反复打捞,待打捞锚勾住钻具后向上拉。为了打捞顺利,所有冲锤事先均要在锤头上部焊上打捞箍,即在锤头上部四周焊上4~5个粗铁环,铁环内穿上一条钢丝绳,这样打捞锚就容易勾到这条钢丝绳,吊起钻具。若锤头无法松动,可采取水下爆破法,即在探到锤头的2/3以上位置时,下入雷管、炸药实施爆破,使锤头震松。

5 混凝土流失

5.1 难点

在岩溶地区进行冲孔桩施工时,由于冲锤冲击挤压粘土造壁作用,一些溶洞可能得到临时封闭,冲孔时不会漏浆,但是在灌注混凝土时,由于混凝土的密度较大,且在灌注过程中混凝土自由下落产生冲击力,使临时封闭的孔壁破裂,混凝土大量流失,有时在灌注混凝土时尚无异常,但灌至桩顶后一段时间内会发生混凝土面下降,这是由于临时封闭的孔壁无法承受混凝土的重力而缓慢裂开,造成混凝土漏失。在广州金沙馨园桩基工程中就出现多次已灌注混凝土的桩突然混凝土面下降,流到相邻未灌注混凝土的桩孔,既浪费了混凝土材料,又延长了施工时间。

5.2 技术对策

混凝土灌注过程中发生突然流失时,如果导管埋深较浅,就会导致断桩。为了防止这类事故的发生,灌注混凝土时须采取有效控制措施,主要有:

- (1)控制混凝土的和易性、坍落度等指标,保证符合设计和施工要求;
- (2)加大混凝土的初灌量,防止初灌时因混凝土的冲击力造成桩底穿孔而使混凝土流失,导致桩底断桩,初灌后埋管深度不能小于0.8 m;
- (3)适当加大导管埋深,一般桩径在1~1.5 m时保持埋管深度6~9 m较合适,若混凝土供应连续,可适当加大埋管深度,减少拆管次数,特别是在溶洞分布段,不盲目拆卸导管;若混凝土供应较慢,则需加入缓凝剂,保持初凝时间比混凝土供应间隔时间长1 h左右,埋管深度控制在4~8 m,防止导管与混凝土凝结;
- (4)加密对混凝土面上升的探测,判断不同桩孔段超灌情况及混凝土埋管深度;
- (5)起拔导管时,切忌以快速上升的方式起拔,应慢慢起拔,确保混凝土的密实性;
- (6)灌注至设计桩顶标高后,不立即拔出导管,保持埋管2~4 m,观察混凝土面稳定情况,当混凝土面下降时,及时补入混凝土,避免桩顶高程误差。

6 扩径与缩颈

6.1 难点

在岩溶地区,因溶洞的发育,充填物软弱松散,桩孔很容易发生扩径与缩颈现象,尤其以扩径现象比较普遍。扩径是由于溶洞未被片石或粘土填充,使该处孔壁直径大于正常孔径;缩颈是由于松散或流塑状地层向内挤压使孔径小于设计孔径。扩径虽然不影响桩身承载力,但会造成混凝土的浪费,同时做低应变时由于桩身直径的变化使低应变的检测结果不能如实反映桩身情况,容易出现较多的Ⅱ类或Ⅲ类桩假象。如我们在深圳市龙岗区有的冲孔桩工程出现小应变检测结果Ⅲ类桩比例超过30%,而抽心的结果却较好,有的小应变检测判断为Ⅲ类的桩抽心结果为Ⅰ类桩。缩颈现象因使桩身截面变小,会减小桩身承载力,必须避免。

6.2 技术对策

防止扩径的方法就是将溶洞、溶槽等进行填充冲实,形成新的稳定的孔壁,具体方法在防止塌孔中已有陈述,此处不再重复。

(下转第79页)

4.7 水下混凝土灌注事故处理措施

4.7.1 导管进水

其主要原因如下:(1)首批混凝土储量不足或导管底口距离过大,混凝土下落后,不能埋设导管底口,以致泥水从底口进入;(2)导管试压不好,接头不严,接头间橡皮垫被管内气囊挤开,水从接头流入;(3)导管提升过猛,或测探错,导管底口超出原混凝土面,底口涌入泥水。

预防和处理方法:查明事故原因,采取相应的措施加以预防。

(1)如果是上述第一种原因引起,应立即提出导管,抓斗清除桩底混凝土,储存足够的首批混凝土,重新灌注。(2)如果是上述第二、三种原因引起,应视具体情况,拔除原管重新下管,或是原管插入继续灌注。但灌注前必须将进入管内的水泥或沉泥清理出。

4.7.2 埋管

导管无法拔出称为埋管,其主要的的原因是:导管埋入混凝土过深,或混凝土初凝使导管与混凝土间摩阻力过大。

预防方法:应严格控制导管埋深,使其不超过6 m,在等待混凝土期间,每隔10 min上下移动导管,使导管周围的混凝土不致过早初凝。导管接头螺栓事先应检查是否稳妥,提升导管时不可猛拔。

若埋管事故已发生,可用吊车拔出,拔时详细测算桩底的埋置深度,以防超拔。

4.7.3 钢筋笼上浮

钢筋笼上浮,除了由于套管上拔、导管提升钩挂所致外,主要原因是由于混凝土表面接近钢筋笼底口,混凝土的灌注速度过快,使混凝土下落冲出导管

底口向上反冲,其托力大于钢筋笼的重力时所致。为防止其上升,应放慢混凝土灌注速度,最大速度 $0.4\text{ m}^3/\text{min}$,另外可在钢筋笼下端焊接混凝土块(直径70 cm,厚度10 cm),防止其上浮。

采用 $\varnothing 20\text{ mm}$ 吊筋将钢筋笼吊在钻机平台上,钢筋笼下沉后在浇注完第一车混凝土后可以用50 t吊车直接把下沉的钢筋笼往上提取,提取至设计标高,可防止其下沉。

5 结语

通过本工程咬合桩的施工过程可知,咬合桩的施工工艺可操作性强,质量控制简便、可行。经开挖检验,在桩身垂直度、桩心混凝土质量及挡土止水等方面均达到了预期的效果。通过对坑外土体位移、水位观测、沉降观测等成果来看,也达到了理想的效果,具有较高的推广价值。

施工中应注意以下几点:

(1)确保混凝土供应和施工工序衔接正常,否则会造成过多的事故桩,增加施工成本;

(2)严格控制好桩体的垂直度是保证咬合的关键;

(3)要严格抓好钢筋笼的制作质量和制作进度,否则将影响咬合桩施工工序的连续性。

参考文献:

- [1] 沈保汉. 捷程 MZ 系列全套管钻孔咬合桩施工工艺[J]. 施工技术, 2006, (8).
- [2] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [3] 中铁四局杭州地铁下沙东站项目经理部. 杭州地铁下沙东站施工组织设计[Z]. 2008.

(上接第75页)

防止缩颈的方法有:下钢护筒护壁,采用优质泥浆保持水头,清孔后立即灌注混凝土(一般在1 h内),在灌注混凝土时连续快捷,上拔导管时不要太快等。灌注混凝土前先用探笼检查孔径,如出现缩颈,需采用上下反复扫孔的办法,以扩大孔径,防止缩颈。

7 结语

综上所述,在岩溶地区进行钻(冲)孔桩施工时,难度较大,但应对的方法也很多,关键是要详细了解溶洞的分布状况和地下水位变化情况,以堵漏防塌为前提,采取预防措施,严格把握施工质量关,

发现问题及时采用科学的方法进行处理。做到这些,再复杂的地层也能做好钻(冲)孔灌注桩工程,确保施工质量。

参考文献:

- [1] 梁鉴亮, 俞尧稳. 肇庆大桥岩溶区大直径嵌岩桩施工技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2001.
- [2] 何志平, 袁明桂, 韦泽楷. 喀斯特地区冲(钻)孔灌注桩成孔技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2001.
- [3] JGJ 94-94, 建筑桩基技术规范[S].
- [4] 温汉德, 张所邦. 深圳葵涌西立交桥桩基溶洞的处理方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(7): 36-37.
- [5] 陆祖安, 龙立民. 岩溶地层大口径钻孔的防斜治斜实践[J]. 探矿工程, 2002, (1): 30-31.