

文章编号: 0451-0712(2003)12-0023-03

中图分类号: U445.551

文献标识码: B

# 岩溶区桥梁钻孔灌注桩的施工

方小睿, 沈典栋, 徐 畅

(湖北省公路工程咨询监理中心 武汉市 430030)

摘 要: 通过襄樊汉江四桥岩溶群地区钻孔灌注桩的施工, 分析了岩溶区桩基易造成的施工事故及成因, 根据实际施工情况, 总结出了一套适用于岩溶区桥梁钻孔灌注桩的施工技术和施工质量控制要点。

关键词: 桥梁; 岩溶区; 桩基; 施工技术

## 1 工程概况及地质情况

### 1.1 工程概况

襄樊汉江四桥位于湖北省汉十襄荆高速公路连接线上的, 主桥为预应力混凝土连续梁, 两岸引桥为预应力混凝土 T 形组合连续梁。全桥桥跨布置为 (29.925+34×30)m T 形组合连续梁+(75+5×120+75)m 箱形连续梁+(70×30+22+22×30+29.925)m T 形组合连续梁, 全长 4 617.85 m, 桥宽 26 m。该桥基础全部采用钻孔灌注桩, 主桥桩径 2.5 m, 桩长 80 m; 引桥桩径 1.5 m, 桩长 35~60 m。

### 1.2 地质情况

汉江四桥南引桥处于襄樊—广济断裂带与胡集—沙洋断裂带交汇处, 横跨襄樊—广济断裂带。桥位所在区域在大地构造单元中处于扬子江地台中大洪山褶皱束北缘向秦岭褶皱带中襄阳凹陷南缘的过渡部位, 即以震旦系上统灰岩为基底形成的中、新生代盆地的边缘。基岩顶面纵、横向起伏较大, 呈南高北低, 地质条件异常复杂。受断裂构造影响, 岩层较破碎, 溶洞和裂隙交替发育。

## 2 溶洞发育特点及常见施工事故

### 2.1 溶洞发育特点

- (1) 松散覆盖层厚。松散覆盖层厚度, 一般在 20~26 m 之间, 易塌孔。
- (2) 溶洞、裂隙交替发育。溶洞的形成是受 2 个断裂构造的影响所至, 岩石普遍破碎, 溶洞、裂隙交替发育。
- (3) 分布范围广。经物探和逐桩钻探揭露, 南引桥有 40 根桩位有溶洞, 分布在 K22+300~K23+800 m 范围内。

(4) 发育规模大。洞高普遍在 10 m 左右, 最大洞高达 16.75 m, 部分上下分布有 3 层溶洞, 并有裂隙贯穿。

(5) 发育无规律。基岩顶面纵、横向皆不对称, 溶洞发育千奇百态, 有的呈空洞状, 有的呈半充填状, 有的呈全充填状, 有的横向贯通, 有的纵向贯通, 有竖洞、斜洞、横洞。其分布范围之广, 发育情况之复杂, 施工难度之大, 实属罕见。

### 2.2 岩溶区常见施工事故

- (1) 斜桩、卡钻。因钻孔桩桩径范围内基岩纵、横向起伏较大, 部分溶蚀导致基岩半边露头, 在钻进过程中容易出现斜桩和卡钻。
- (2) 塌孔、扩孔、埋钻。有些溶洞被填充物填充, 有些溶洞没有填充物或填充不满, 形成低压区, 当钻进溶洞或裂隙处时, 在压力差的作用下, 泥浆向溶洞或裂隙处渗透, 形成漏浆, 破坏覆盖层孔壁, 导致塌孔、扩孔、埋钻, 甚至破坏整个孔位。
- (3) 断桩。通常采用片石、黄泥、水泥等材料, 堵住溶洞和裂隙, 在钻锤强大的冲击力作用下, 易在桩径外溶洞区形成负压, 浇混凝土时压力释放, 部分黄泥等杂物进入混凝土中, 形成断桩。

## 3 施工技术方案

各参建单位经多次现场办公, 反复论证, 多方案现场试验, 最终形成了一套科学合理的施工方案。根据溶洞发育的特点, 将其分为 3 类: 轻微溶蚀、一般溶洞、复杂溶洞。根据其不同特点, 采用相应的施工方案。

### 3.1 轻微溶蚀

溶蚀发育轻微, 或溶洞发育有一定的规模, 但有

充填物,且无裂隙发育,施工时漏浆量小。采用正常成孔方法施工,在砂卵石层钻进时,加大泥浆比重( $1.3 \text{ g/cm}^3$  以上),用膨润土护壁。钻穿溶洞漏浆时,反复在此处加填片石、黄土挤密填筑溶洞,直至停止漏浆。此方法共施工溶洞桩基 18 根。

### 3.2 一般溶洞

溶洞发育明显,埋置较深,无大裂隙穿过,施工时明显漏浆,但施工措施适当,可不塌孔。采用直径为 1.75 m 的钢护筒埋至卵石层,防止粉细砂层塌孔,冲至溶洞顶板以上 1~2 m 时,采用 80 cm 的短进尺,专人观察有无漏浆,若发现漏浆,迅速采用片石、水泥包、黄土包等堵漏,并及时补浆。在溶洞内钻进时,加大泥浆比重,采用间断式正循环排渣,每进尺 1~2 m 回填一次,直至穿过溶洞。因裂隙发育状况在施工前没有探明,该方法有一定的风险,曾因漏浆量大而埋钻。用该方法共施工 13 根溶洞桩基。

### 3.3 复杂溶洞

溶洞发育明显,有的为多层溶洞,并有明显裂隙发育,施工时漏浆量大。采用全护筒跟进至岩层顶面,防止因漏浆量大而导致覆盖层塌孔。

(1)预埋直径为 2.2 m 的钢护筒,至卵石层顶面,一般 4~6 m,防止钻进时粉细砂层塌孔。

(2)采用 2 m 直径冲击钻头钻进至岩层顶面。为保证钻进过程中不塌孔,采用膨润土护壁,泥浆浓度不低于  $1.4 \text{ g/cm}^3$ 。

(3)用 100 t 沉拔桩机辅助下沉 1.75 m 直径的钢护筒至岩面。在岩面与护筒交接处浇筑与桩基同标号混凝土,封闭护筒与基岩间的间隙,混凝土浇注厚度为 1~2 m。

(4)采用高压压浆的方式,使护筒外围空隙密实,防止施工时扰动护筒而偏孔,浆液采用 C25,注浆压力为 0.7 MPa,不再进浆时应稳压 10 min 以上。

(5)待混凝土达到设计强度后,采用常规溶洞区域桩基础施工方法进行成孔施工,溶洞顶板的击穿采用短进尺,溶洞内钻进采用先回填再进尺,边回填边进尺。

(6)对无填充物溶洞,溶洞顶板的击穿,先采用 30 cm 的小钻头击穿顶板,让击穿后的顶板仍有一定的受力性能,然后用低标号混凝土对空洞进行回填,回填密实并达到一定强度后,正常钻进施工。采用该方法共施工 20 根桩基。

复杂溶洞施工程序见图 1。

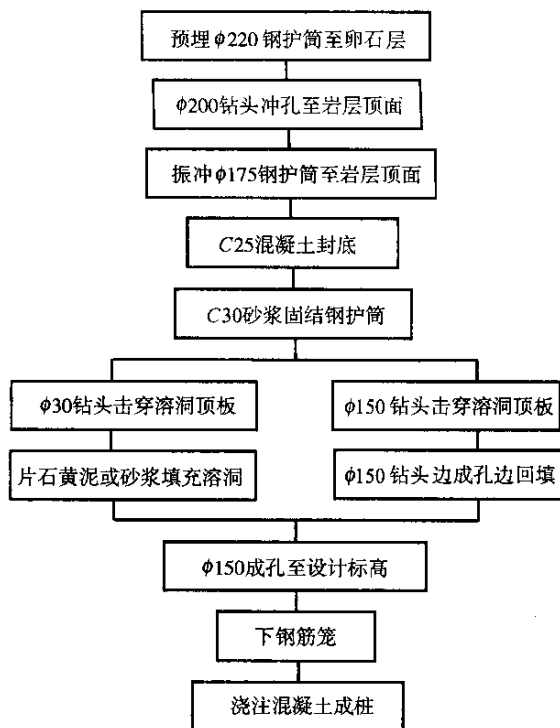


图 1 复杂溶洞施工程序

## 4 施工质量控制

### 4.1 质量控制要点

#### 4.1.1 钻机的选择及技术准备要点

(1)选择冲击钻机作为溶洞桩基的施工机械。重力式冲击钻机具有移动方便灵活、提锤速度快、垂直度易保证、适应各种地质条件等优点,给溶洞施工带来许多便利,遇有紧急情况时,可迅速提锤,避免因塌孔而埋钻。

(2)为保证钻机不因塌孔、扩孔、漏浆等因素而倾斜,钻机纵、横向支撑应加长,超出预计的塌孔范围,特别是钻机前缘的横向支撑不得小于 10 m,一般采用型钢或钢管(壁厚 10 mm 以上,管径 400 mm 左右)作为支撑梁。

(3)采用物探和逐桩钻探的方法,充分揭露溶洞的发育情况,做到心中有数。

(4)开钻前,有关技术人员和操作手都要熟悉该桩位的地质情况及溶洞的位置、规模、发育状况,对施工中可能出现的问题要掌握采取的措施和操作要领。

#### 4.1.2 钻进过程中的质量控制要点

(1)泥浆必须采用膨润土,容重达  $1.2 \text{ g/cm}^3$  以上,减少孔壁内外的压力差,有效护壁,防止塌孔。另外,为防止泥浆沉淀,在泥浆中掺入 0.1%~0.4% 的纯碱。

(2)采用间断式正循环排渣。一方面保证孔底有

一定厚度的沉渣,遇小裂隙或小溶洞时,可随时封堵;另一方面能保证泥浆浓度,防止塌孔。施工时根据泥浆的粘度、含砂率、容重等指标确定间断排渣的时机和频率。

(3)溶洞顶板的击穿采用小冲程,一般 80 cm 以下,溶洞内进尺仍要采用轻压小冲程,每进尺 2 m 回填 2 m,循环至桩底,使孔壁充分挤压密实,防止扩孔,减少混凝土的灌入量。

(4)发现漏浆时,应迅速提锤,操作手离开钻机,避免安全事故发生,同时采用多个大泥浆泵进行补浆,并用装载机投入事先准备好的黄泥片石包、水泥包,强行堵漏,防止塌孔,直至泥浆面稳定为止。

(5)由于溶洞桩基的施工具有不可预见性、复杂性、危险性等诸多特点,因此,在溶洞处理过程中随时观察发生的异常情况。应全天候安排多名专职技术人员观察泥浆中的浮渣及水头变化,并充分准备泥浆、片石、黄土、水泥等应急物资,吊车、导管、混凝土拌和站处于待命状态,及时解决临场出现的各类异常问题,确保工程质量和施工安全。

#### 4.1.3 混凝土浇注质量控制要点

(1)钢筋笼的施工和混凝土的浇注应尽可能迅速,防止意外情况发生。清孔最好在早上进行,使混凝土的施工时间在白天,便于操作,并应尽量缩短施工间隔期,钢筋笼在 1~1.5 h 完成,混凝土在 3~4 h 完成。

(2)混凝土中掺入适量的粉煤灰,使混凝土有较好的和易性,塌落度控制在 18~22 cm,缓凝时间要求不小于 8 h,可加入一定量的缓凝剂(水泥用量的

0.4%左右)。

(3)混凝土浇注时,派专人观察混凝土面的上升情况和出浆量的变化。混凝土面的上升高度和出浆量与混凝土的灌入量成正比,若有异常,应分析原因,并采取相应对策。若混凝土灌入量增加,说明部分混凝土进入了溶洞。若混凝土灌入量减少,说明有孔壁坍塌或缩径,应果断重新浇注,切忌抱有侥幸心理。同理,根据出浆量的变化也可判断孔壁或溶洞的变化情况。

#### 4.2 质量检测情况

江汉四桥南引桥溶洞桩基的施工历时 14 个月,2001 年 4 月 28 日开始溶洞桩基的施工,2002 年 7 月 14 日完成全部溶洞区的桩基施工。在参建各方的共同努力下,通过预埋声测管进行了 100% 的超声波检测,结果表明所有溶洞区的桩基皆为 I 类桩。

#### 5 结语

溶洞是桩基施工中的一大难题,江汉四桥南引桥溶洞桩基不仅松散的卵砾石覆盖层厚、溶洞发育规模大、发育状态无规律,而且两大断裂带在此交汇,施工难度很大。施工中也走了一些弯路,经不断总结,不断改进,最后的施工结果是进度快、质量高,为岩溶地质条件下的桩基础施工积累了施工经验。

#### 参考文献:

- [1] JTJ 041-2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [2] GB 50205-95,钢结构工程施工及验收规范[S].
- [3] JTJ 025-86,公路桥涵地基与基础设计规范[S].

## Construction Techniques of Bored Cast-in-Place Piles of Bridges in Karst Area

FANG Xiao-rui, SHEN Dian-dong, XU Chang

(Highway Construction Supervising and Consulting Center of Hubei Province, Wuhan 430030, China)

**Abstract:** According to the construction of bored cast-in-place piles in karst cluster area, which belong to the fourth bridge over Hanjiang River in Xiangfan City, this the construction accidents and their contributing factors are analyzed. Moreover, corresponding improved techniques and main points of quality control, are put forward in order to guarantee the construction quality and engineering schedule.

**Key words:** bridge; karst area; pile foundation; construction technique