

# 隐伏岩溶区单管高压旋喷桩施工经验点滴

邓琴华

(核工业二九三勘查院,广州 510800)

**【摘要】** 隐伏岩溶区单管高压旋喷桩施工出现异常现象,经采取预防和处理措施,使旋喷桩质量取得良好效果。

**【关键词】** 隐伏岩溶;旋喷桩施工;异常现象处理

**【中图分类号】** TU472.36

## Construction Experience of High Pressure Jet Grouted Pile with Single Pipe at Underlaid Karst Area

**【Abstract】** Introducing the problem in construction of high pressure jet grouted pile with single pipe at underlaid karst area, putting some feasible countermeasure forward.

**【Key words】** underlaid karst; construction of jet grouted pile; treatment of abnormal case

### 0 引言

随着城镇建设规模的不断扩大,桩基础应用越来越广泛。在一些隐伏岩溶地区,以灰岩作桩基持力层时,不同类型的桩基础存在明显的不足:对冲、钻孔灌注桩,因溶洞发育,桩底持力层厚度不易满足设计要求,使桩长不断增加,大大超出设计桩长。预制桩和沉管灌注桩,在溶沟、溶槽边缘部位易发生桩身倾斜,沉桩不易稳定。因此在隐伏岩溶区,当高层建筑采用浅基础时,单管高压旋喷桩复合地基应用越来越广。因隐伏岩溶区有其独特的工程地质特征,旋喷施工中常出现异常现象。这些现象是如何产生的,对旋喷桩质量影响如何,这是该类工程施工中急需解答的问题。

### 1 隐伏岩溶区工程地质特征

隐伏岩溶区工程地质条件复杂,岩溶土洞发育,土的工程特性在土岩接触带不稳定,受土洞影响,易发生相变。主要表现如下:

(1)土层普遍存在土洞和松软土体。在土

层与岩层接触带,土体中细小颗粒通过岩层裂隙随地下水运移,不断被地下水带走,使土质结构疏松,形成软塑~流塑且具较高触变性的土体。当土层厚度较大时,通常呈现“上硬下软”的特征。

(2)岩溶发育,溶沟、溶槽、溶洞广泛分布,特别是在倾斜岩层、褶皱轴部、断层及节理裂隙发育地段,以及可溶岩与非可溶岩接触带<sup>[1]</sup>。岩层面起伏不定,在溶沟、溶槽边缘,岩层面陡峭,甚至呈直立状。

(3)地下水量丰富,土层中孔隙水与岩溶水通过岩石裂隙发生密切水力联系,补给径流强烈,对土体产生潜蚀,并且不断将土体中细小颗粒通过岩层裂隙,带到溶洞中。

### 2 异常现象及其对旋喷桩质量影响分析

高压旋喷桩是利用高压喷射切割原理,使水泥浆在高压作用下从喷嘴中喷出,切割土体,当喷射流的动压力超过土体颗粒间的结构强度时,土粒便从原土中剥离,且在喷射流冲

击力作用下与浆液搅拌混合。混合浆液大部分留在土中,凝固后形成一个固结体<sup>[2]</sup>;一部分沿钻孔返出地表孔口。返浆量的多少与旋喷桩施工参数(旋喷压力、提升和旋转速度、水泥浆液水灰质量比)、施工方式、土体密实度和旋喷深度有密切关系。当旋喷施工参数和施工方式选定后,土体密实度和旋喷深度则成为返浆量多少的决定因素。在隐伏岩溶区,旋喷施工常出现如下特殊现象:串浆、不返浆、地面塌陷(漏浆)和喷杆沉不到孔底。

### (1) 串浆

是指旋喷时混合浆液串至别处,遇钻孔时沿钻孔上升甚至冒出孔口的现象。它是由于旋喷时四周土质松软且具有较高触变性的土体,在旋喷高压作用下向外挤迫引起的。它会造成旋喷桩中水泥浆流失,固结体胶结差,甚至被地下水稀释而无胶结,引起缩颈、断桩。

### (2) 不返浆和地面塌陷

此类桩包括旋喷时完全不返浆和旋喷过程中出现返浆→不返浆→返浆现象的桩。它是由于旋喷桩四周或下部存在土洞(溶洞),混合浆液被挤进土洞(溶洞)中,以至无浆返出地表。当土洞(溶洞)充满后或超过土洞(溶洞)一定距离后才会出现返浆。另外在桩深过大时受旋喷压力的限制也会出现停止返浆的现象。出现这种现象时因混合浆液流失易形成缩颈和断桩,甚至形成不了旋喷桩(后一种除外)。当浆液大量流失时会使得地表土体失隐,造成地面塌陷。

### (3) 喷杆沉不到孔底

此类现象的特征是旋喷时喷头沉不到造孔时孔底位置。出现这种现象的原因主要有:在溶沟、溶槽边缘基岩面陡峭地段,造孔钻进岩层时,钻进旋转刻削过程中遇到了不同介质(一边是岩,一边是土)使钻进不平稳,易在孔壁上留下台阶。同时使钻孔向陡峭岩面外侧滑移,造成孔斜。当旋喷杆缓慢下沉碰到台阶时,则沉不到孔底。另一种原因是岩土交界处土体松软,或存在土洞,在别孔旋喷时浆液串

至此处,但未上冒孔口,地表未发现串浆。当混合浆液胶结后,形成较硬固结体堵在孔中,使喷杆沉不到孔底。这种现象会使桩底未完全置于岩层上,而是部分置于岩层上,部分置于土层上。而后一种原因则会造成误判,使旋喷桩没有真正置于岩层上。

## 3 异常现象的预防和处理措施

从以上的分析可知,旋喷时产生这些异常现象的根本原因是场地的工程地质条件复杂,岩溶发育,存在溶洞、土洞和松软土体。因此处理好溶洞、土洞,使之处于填满状态,可以有效防止异常现象的发生。充填的方法:在旋喷造孔施工前,根据溶洞和土洞规模、发育情况、连通性等,在其所处位置布置一定数量钻孔。根据现场试灌情况,确定选用砂、粘土、水泥浆或三者相结合的方法进行充填。对一次难以填满的溶洞(土洞),可分2~3次充填,充填间隔为1~2 h。另外在造孔钻至岩面后,减压减速钻进,以确保岩层内孔壁平直,无明显台阶,这样可以降低喷杆沉不到孔底的机率。尽管事先采取了预防措施,但受地层复杂、勘察钻孔数量限制,无法将土洞(溶洞)一一查清,因而在旋喷施工中仍会出现异常现象。针对这种情况,采取如下方法进行处理:对发生串浆现象的,先按原定计划旋喷成桩,后进行抽芯检查,确定是否需要补喷。对旋喷时不返浆的孔,停升旋喷,待返浆后上提旋喷。若较长时间无返浆,则采用静压注浆充填后再造孔旋喷。对喷杆沉不到孔底的桩,成桩后进行抽芯检验,以确保旋喷桩置于一定厚度的岩层之上。

## 4 工程实例

某商住大厦楼高20层,占地约5 000 m<sup>2</sup>,由两幢塔楼和裙楼组成,有一层地下室,采用框剪结构。基础采用筏板基础,地基为单管旋喷桩复合地基。要求复合地基承载力400~500 kPa。共布设1 498支旋喷桩。桩间距1.4~1.6 m。为确保旋喷桩置于完整岩层上,要求造孔时入岩1 m。该场地工程地质条件复杂,溶洞、土洞发育,岩面高差悬殊,局部

陡峭。旋喷施工前先充填土洞、溶洞,旋喷时按隔一孔进行旋喷。旋喷参数:压力  $p=25\sim 30$  MPa,提升速度  $10\sim 20$  cm/min,旋转速度  $15$  r/min,水灰质量比  $0.6\sim 0.8$ 。在岩溶、土洞发育地段,有少数桩旋喷时出现串浆、不返浆和喷杆沉不到孔底等现象。串浆最大距离  $8.5$  m,通常为相邻孔串浆。喷杆沉不到孔底时移开桩机,沿原孔进行清孔。在同一孔内,造孔与清孔时岩面差最大达  $5$  m(造孔、清孔时均入完整岩  $1$  m)。根据旋喷桩施工记录,对出现异常现象的旋喷桩进行抽芯检查,发现

部分桩局部胶结差,桩身存在缩颈和断桩现象,在出现较大面积地面塌陷时甚至无桩。根据出现异常现象种类的不同,采取相应的处理措施,进行补喷。因措施得当,补喷后旋喷桩质量良好。

### 参 考 文 献

- 1 常士骝等·工程地质手册(第三版)·北京:中国建筑工业出版社,1992.548~549
- 2 韩金田·复合注浆法在地基基础加固中的应用研究·岩土工程界,2001(9):42

收稿日期:2001-12-10

(上接第 82 页)

$18.2^\circ$ 时,排土场处于极限平衡状态。当土层内摩擦角降低到  $18.2^\circ$ 以下时,基底承载力不足,将引起排土场的整体失稳。当安全储备系数为  $0.80\sim 0.90$  时,必然会发生滑坡,经过验算,此时土层的内摩擦角值应为  $15^\circ\sim 16^\circ$ 。

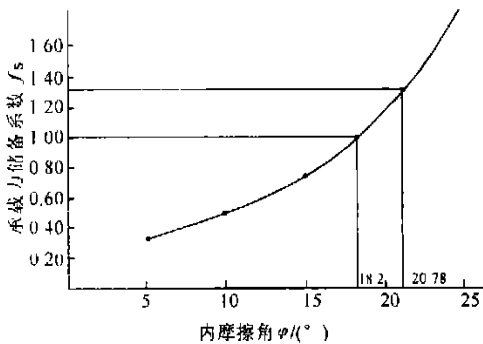


图5 地基承载力储备系数与内摩擦角的函数关系

由计算结果还可看出,当地基土内摩擦角降低到  $8.7^\circ$ 时(滑动中土层的残余抗剪强度指标),安全储备系数仅为  $0.45$ ,这说明南排土场滑坡速度必然是惊人的,实践印证了这一点。

### 3.6 排土场压底荷载验算

根据现场滑坡特征得出,造成滑坡的主荷载宽度为  $a=100$  m;压底荷载宽度根据滑坡前的原始边坡形状,确定为  $235$  m(压底荷载宽度  $b$ )为边坡坡肩至边坡线上垂直荷载等于  $2375$  kPa的点之间水平距离)。

下面验算边坡失稳时的土层内摩擦角值。边坡失稳时,主荷载与压底荷载应处于极限平衡状态。根据式(6)计算出  $\varphi=18.2^\circ$ ,与地基极限承载力的验算结果吻合。验算表明:当排土场处于滑动的临界状态时,基底土层的平均内摩擦角应为  $18.2^\circ$ 。当土层的平均内摩擦角低于  $18.2^\circ$ 时,压底荷载宽度已经不能平衡所承受的压力而导致边坡失稳。

### 4 结 语

1)本文论述了进行基底承载力评价的重要性和必要性,提出了以基底承载力评价软基底高排土场稳定性的新方法。此方法不但具有严谨的理论根据,而且通过大量工程实践表明,此方法对评价软基底高排土场稳定性具有很强的实用性,对揭示软基底高排土场整体失稳的实质有着重要的意义。

2)软基底高排土场基底承载力分析方法,不但能够对已存在的软基底高排土场边坡进行稳定性评价和预测,并且对露天矿软基底高排土场边坡的设计工作具有重要的指导作用。

### 参 考 文 献

- 1 郑大同·地基极限承载力的计算·北京:中国建筑工业出版社,1979
- 2 杨英华·土力学·北京:地质出版社,1987

收稿日期:2001-10-26