

钻孔灌注桩施工质量事故分析

杨立平¹, 卢宏伟², 孟凡成³

(1. 黑龙江省公路工程监理公司; 2. 鸡西交通局; 3. 伊哈公司)

摘要:介绍了钻孔灌注桩施工质量事故的原因,具有一定的借鉴意义。

关键词:钻孔灌注桩; 质量; 分析

中图分类号:U443.15⁺4

文献标识码:C

文章编号:1008-3383(2004)05-0032-03

1 钻孔灌注桩事故原因分析

钻孔灌注桩事故:一是发生在施工(钻孔、灌注混凝土)过程中;二是成桩后试验检测发现缺陷桩(离析、蜂窝、孔洞、夹泥)、断桩(全断面夹泥、孔洞)。在施工过程中发生的事故是多种多样的,分析其原因,除地质条件、施工技术水平外,主要是施工准备工作没有做好,因为准备工作的好坏,直接影响钻孔灌注混凝土的成败。

1.1 钻孔施工中的事故

(1)钻机停钻。桥梁工程中的地质条件比较复杂,对不同的地质应选择相应的钻机。

对第四纪河床冲击层(砂土、黏性土、黄土、淤泥),一般采用回旋钻机;对坡积层、河床砂砾石层一般采用冲击(或总抓)专机;对复杂的地质条件(砂砾石胶结坚硬),含大块孤石的砂土层互层,采用冲击钻与回旋钻配合钻机,或采用地质岩心钻机。钻孔过程中的停钻事故,通常是选用的钻机不适应复杂的地层所致。

①某大桥河床上层为淤积土及细砂层,下层为砂砾石层,且胶结坚硬,进场的工程潜水钻机(回旋钻),钻进淤积土、细砂层后,对胶结坚硬的砂砾石层钻进困难,每班 8 h 只能钻进 20~30 cm,遇到大块孤石,回旋钻更是无能为力,导致停钻。停钻 1 个月后,才引进冲击钻机配合冲抓锥进行钻孔,但外进速度很慢,经常损坏钻头、修补,每班进尺不超过 1 m。

②在河床砂砾石地层中采用冲抓钻钻孔时,虽然锥抓出比钻孔半径大的孤石,但大孤石不一定正处于孔中心位置,有时大孤石一部分嵌在孔壁内,冲抓钻就无能为力了,只能改用十字头冲击锥将大孤石打碎,再用冲抓锥抓。

采用冲击、冲抓锥钻孔常见的事故及处理办法有:

a 在冲抓锥钻孔过程中,当砂卵石、碎石掉进冲抓锥身内,将内外套或滑轮卡住,使锥头不能闭合、张开而停钻,修理抓锥头继续钻孔;

b 用冲击锥抓冲孔时,由于钢丝绳断裂、冲击锥头掉进孔底,如没有塌孔,用铁钩进行打捞,更换钢丝绳后,再进行冲击钻孔;

c 在冲孔过程中,当发生塌孔时,泥土将锥头掩埋,不能提升锥头,如果塌孔不严重,先用高压射水

法将孔内泥浆冲出,或用清水循环将泥浆抽出,再用钢丝绳起吊锥头,可以继续冲击钻孔。

(2)塌孔。在复杂地层(疏松土层、砂层)中钻孔,常发生的塌孔现象有以下几个方面。

①采用冲击钻冲击河床下层砂砾石层,较大的冲击力常引起上部淤泥土层(砂性土)坍塌,有时塌土将锥头掩埋很深而不能提升锥头,导致停钻,采用高压射水法将孔内泥土冲出,将锥头提出后,在孔中用土、碎石废料回填并超过塌方高度,停一段时间,待回填土稳定(固结)后重钻。

②在强透水的粉细砂层、砂壤土层、疏松的砂砾石层中钻孔,由于泥浆护壁质量(黏度、稠度)达不到要求,或钻孔中因水位突然下降(水泵坏、断水)导致塌孔,此时常出现孔口水位突然下降,并有水泡浮出水面,大面积塌孔造成傍钻。某立交桥采用冲击成孔,在冲孔深度至 5 m 时,遇到砂砾石强透水层,由于泥浆供应短缺,导致大面积塌孔而停钻。钻孔用土回填,停一段时间,使回填土沉降稳定,选用优质黏土用作泥浆护壁重钻。

③孔口塌方,通常是护筒埋设不当,孔口周围土质不良,或者填土未夯实(河中围堰筑岛填土),在水流渗透、施工机械自重作用下,孔口周围填土塌陷,使护筒歪斜下沉,导致停钻。某特大桥,护筒塌陷 4 m,采取的措施是拆除护筒,将钻孔回填,孔口填土夯实,重新埋设护筒再进行钻孔。

(3)错位孔。某立交桥,在第一根钻孔桩位测量放线时,未进行复测校核,钻机就位开钻,当进约 10 m 时,施工人员在与其他桩位联测发现该桩位相错 90 cm,不得不停钻,在钻孔中回填土、碎石,20 d 后重新放线测定桩位钻孔,这种事故按程序施工是不应该发生的。

(4)错位桩。某大桥由于测量放线错误,在完成桥台 2 根钻孔灌注桩施工后,发现该桥台桩位向河中心偏位 2 m,使 40 m 桥跨变成了 30 m,不得不将 2 根钻孔灌注桩废弃,重新在正确桩位打 2 根钻孔灌注桩。

(5)偏头桩。某大桥河床为液积土、砂砾石互层,用冲击锥冲孔,孔径 2.0 m,由于安放钢筋笼没有固定好,灌注混凝土完成后,测量桩位时发现桩头钢筋笼偏位 15 cm,超过规范的允许值。处理办法是将桩头凿除 2 m,纠正钢筋笼到中心位置,人工立

模浇筑混凝土接桩。

1.2 灌注水下混凝土施工中的事故

灌注水下混凝土是钻孔灌注桩施工中的关键工序,必须做好灌注混凝土前的准备工作;灌注水下混凝土要求必须连续、迅速在混凝土初凝之前的限定时间内一次灌成。

在灌注混凝土的过程中发生停灌,造成“缺陷桩”、“断桩”事故的原因有以下几个方面。

1.2.1 孔底沉淤厚度大

成孔后进行清孔,是采用灌清水换泥浆循环清孔,也有采用掏砂筒、抽砂泵浆泥团、砂粒、小砾石、碎石抽出,要求沉淤厚度(泥土、砂、石渣)不大于规范或设计要求的厚度,对于摩擦桩沉淤厚度 $h < 10$ cm,嵌岩桩 $h < 5$ cm。

(1)在施工中,由于缺少清淤设备,特别是采用冲击(抓)钻机成孔,经常发生清孔不彻底,沉淤厚度大于允许值。某大桥钻孔灌注桩为摩擦嵌岩桩(承受桩底反力),桩长 16 m,桩径 1.5 m,沉淤厚度最大达 70 cm,成桩后经超声波检测不合格,需进行加固处理。

(2)如果清孔不彻底(未用清水换泥浆循环),沉淤厚度大,而且钻孔内泥浆太稠,在灌注混凝土时,导管外的反压力增大,当导管偏离中心靠到孔壁一侧,灌注的混凝土上翻过程中可能有稠泥浆卷入混凝土中,造成夹泥层,发生“缺陷桩”或“断桩”事故。

(3)孔底沉淤厚度太厚(大于 20 cm),在灌注第一盘 1:2 的水泥砂浆时,由于泥浆反压力大,泥浆卷放砂浆,孔底灌注混凝土质量差,对摩擦嵌岩桩将导致“缺陷桩”事故。

1.2.2 导管不能“封口”(闭气)

(1)导管距孔底过高(大于 20 cm),“封口”用的砂浆(1:2),混凝土备量不足(漏斗、吊斗容积小),“剪球”后砂浆、混凝土冲向孔底,吊斗内混凝土没有及时注入泥漏斗连续不断充满导管,不能将导管底口埋住,泥浆水进入导管,导致停灌事故。

(2)剪球失败,“隔水球”一般放在漏斗底(漏斗连接导管处),第一盘砂浆满漏斗,第一盘混凝土装满吊斗就位后在漏斗上空,剪断隔水球的铅丝,漏斗内的砂浆沿导管向孔底冲去,同时未能打开险吊阀门,混凝土不能进入漏斗充满导管,而泥浆水导管底反压进入导管,导致混凝土停灌事故。

(3)悬吊隔水球的钢丝拉断。某大桥将隔水球悬吊在导管内的中部,隔水球以上充满砂浆,用溜槽将混凝土送入漏斗内进入导管,由于绑扎隔水球的钢丝不牢固,不能承受隔水球以上砂浆、混凝土的自重压力而被拉断,隔水球、砂浆缓慢而不连续下沉,而此时混凝土还停留在溜槽内未注入导管,不能将导管内(球下部)的泥水全部挤出导管底口,导致混凝土连续灌注失败。

1.2.3 导管漏水

每一导管的长度有 1.0 m、1.5 m、2.0 m、3.0 m、4.0 m 几种,应根据钻孔桩的长度、起吊高度,配置合适的导管长度。导管的连接有 2 种,一是法兰盘平口连接;二是螺丝扣连接。前者采用橡皮垫圈止水,后者采

用橡胶圈(套)止水。导管漏水的原因有:

(1)导管本身有孔眼而漏水(导管使用前,应作压水试验,确保导管无孔眼);

(2)连接导管使用了旧的(重复使用或老化)、有裂纹的止水橡皮圈;

(3)导管接头不平,法兰盘不密合,或导管螺纹破损(撞击损坏);在拧紧螺帽、上紧螺丝扣时,将橡皮圈压坏而不能止水;

(4)接头螺丝没有上紧或者螺丝上紧程度不均匀,法兰盘或螺丝扣不吻合而漏水。导管漏水现象有:

①混凝土灌注不顺畅,有时提升、晃动导管,混凝土也不能灌入(孔口不涌水),提升导管时,只见导管上下跳动,说明导管进(漏)水了;

②当泥浆水进入导管,灌注的混凝土在泥水中发生离析,粗骨料集中堵塞(卡死)导管,混凝土不能继续灌。

③灌注混凝土的深度问题。在混凝土灌注过程中,应定时测量孔内混凝土顶面高程,以控制导管在混凝土中的埋深,一般要求导管埋深 2~6 m,对于长桩(大于 30 m),在灌注桩的下部时,导管埋深大些(4~5 m,不超过 6 m),还要考虑到起吊能力;在灌注桩的上部时,逐渐减小埋管深度,但埋深不得小于 2 m。

a 导管埋深过大问题。当导管埋深过大(大于 6 m,达到 8~10 m,导管提升困难,甚至不能提升导管,导管外埋深的混凝土将导管卡死),导致混凝土停灌(断桩)事故。

某大桥钻孔灌注桩长 49 m,在灌注桩的下部(约 30 m)处,混凝土灌注很顺利,由于施工技术人员思想麻痹,擅离工作岗位(无人测量导管深度),当导管埋深约 9 m,现场只有 5 t 电动葫芦不能起吊导管(备用的 16 t 汽车吊不能进场)。待手忙脚乱想法仍不能提升导管,耽误灌注混凝土 0.5 h 后,工人继续灌注混凝土至导管埋深约 14 m 时,部分混凝土已发生初凝或终凝,不得不停灌,导致断桩事故。采用旋喷防渗灌注桩,人工开挖至断桩部位,将水抽干,人工浇筑混凝土,振动器捣振密实,完成接桩。

b 导管埋深过小问题。在灌注混凝土过程中,混凝土灌注不顺畅,当混凝土充满导管和漏斗而不能灌注时,需要提升导管,并将导管上下蠕动,混凝土才能灌入,有时不小心将导管提升过大,使导管埋深小于 2 m,如果导管倾斜,孔内混凝土面以上的泥浆水可能反压或卷入混凝土中,形成夹泥层,导致“缺陷桩”的质量事故。

c 导管提高混凝土表面问题。某特大桥采用冲击钻成孔,在灌注混凝土 3 m 深时,由于灌注混凝土不顺畅,在提升导管时不小心,将导管提升混凝土表面,导致混凝土停灌,提出钢筋笼,重新冲击已灌混凝土(3 m 深)至桩底,再灌注混凝土成桩。

1.2.4 钢筋笼上浮问题

在灌注混凝土时(通常混凝土灌注不久),有时会发生钢筋笼上浮现象,有 2 种情况。

(1)由于导管不居中或导管倾斜,法兰盘或吊导

管的钢丝绳没有扎好,挂住钢筋笼,当提升导管时把钢筋笼提起。此时,可将导管下落一点,晃动导管,并将导管移向中心位置,使挂住的钢筋笼脱开,继续灌注混凝土。

(2)对于摩擦嵌岩桩,由于桩长较短(小于 20 m),灌注的混凝土向上翻时将钢筋笼浮起。当发生钢筋笼上浮时,应暂停灌注混凝土,将导管提升一段距离,减小导管埋入深度以减小混凝土上翻的浮力。某大桥河床地质为砂砾石地层,钻孔灌注桩的桩长 16 m,钢筋笼长度为 14.5 m,当混凝土灌注深度大于 2 m 时,钢筋笼发生上浮,施工人员临时想法在钢筋笼顶端焊接钢梁,企图增加反压力,再重新用冲击钻钻孔。在施工中为防止钢筋笼上浮,可以采取以下措施:①在钢筋笼下端坠些大块石加重;②在钢筋笼上端(桩头处)固定加重;③在灌注混凝土时,当混凝土面接近钢筋笼底端,而导管埋深又较大(大于 3 m/h)可以将导管提升,使导管埋深在 1.5~2 m,以减小混凝土上翻时的上浮力。

1.2.5 混凝土的配合比及运输问题

钻孔灌注桩大多数是在水下进行混凝土灌注,混凝土配合比要求有良好的级配,水灰比大(塌落度 18~22 cm),砂率高,水泥用量多,保证灌注的混凝土有良好的和易性、足够的流动性。

1.2.6 灌注设备发生故障

灌注水下混凝土要求连续、快速地在一定的时间内完成。在施工中,如果施工准备工作较差,机械设备不配套,完成率低,又无备用设备,有可能因机械设备发生故障,延误混凝土灌注时间而导致停灌事故,常常有以下几种。

(1)混凝土拌和机突然停转,又无备用拌和机及时代替,使混凝土拌和中断。某大桥准备 2 台拌和机,1 台工作,1 台备用,当开灌不久,工作的拌和机故障而停止混凝土拌和,启动备用拌和机 2 h,在第 1 台故障拌和机未抢修好时,第 2 台拌和机又发生故障,混凝土拌和停止,导致混凝土停灌事故。

(2)外线电路停电,又无备用发电机及时发电或者自备 1 台发电机而发生故障停电或者工地配电装置(盘)功率小,保险丝烧断造成断电,使混凝土拌和机、电动起吊设备停止工作。

(3)吊车、卷扬机、电动葫芦等起吊设备突然发生故障,不能起吊混凝土料罐和提升导管。某特大桥灌注钻孔桩水下混凝土 1 h,汽车吊突然发生故障,抢修 2 h 也未修好,导致混凝土停灌,拔出钢筋笼,重新冲击已灌混凝土(2 m)至桩底,再灌注混凝土成桩。

(4)起吊导管和混凝土料斗的钢丝绳断裂,工地现场又无备用的钢丝绳替换,导致混凝土停灌事故。

(5)混凝土运输设备损坏,如混凝土输送泵阻塞,或机动翻斗发生故障,又无备用的运输设备代替,导致混凝土停灌事故。

(6)以上机械设备发生故障而停止工作,待抢修、排除故障后,已延误(中断)混凝土连续灌注的时间,当混凝土停灌超过 2 h,混凝土已发生初凝或终

凝,不能继续进行混凝土灌注而造成停灌事故。

1.2.7 断头桩及桩头混凝土不密实

水下灌注混凝土是依靠混凝土的灌注压力,从下到上自行灌满桩孔,使灌注的混凝土达到密实的质量要求。在灌注的混凝土接近桩头部位(小于 3 m)时,由于“超灌压力”太小,发生断头桩或桩头混凝土不密实的质量问题。所谓“超灌压力”是指导管内外混凝土柱之间的压力差(混凝土漏斗高于桩头至灌注混凝土面的距离),即导管内的混凝土柱高度与导管外混凝土面之间的高差引起的“压力差”,根据经验,桩头以上的超灌压力应不小于 6 m 小柱,即导管顶进料漏斗应高于桩顶(或地面)3 m,用吊车吊起混凝土罐进行灌注,才能保证桩头混凝土的质量(密实)。

当灌注的混凝土面接近桩头(小于 3 m)时,因桩孔上部(导管外)泥浆增多,稠度增大,相应的反压力增大,如果超灌压力小,不能继续灌注混凝土,造成断头桩;或者灌注的混凝土面没有达到超灌高度(大于桩头设计高程的高度为 $0.2 \sim 0.4 d$, d 为桩径),由于部分泥浆混入,造成桩头混凝土不密实,强度低的质量事故。

发生断头桩或桩头混凝土不密实的质量事故,都需要进行开挖清理、凿除,采用人工立模浇筑混凝土“接桩”的处理方案,如果“接桩”在地下水位以上进行比较容易,如果处于地下水位以下接桩,由于抽(排)水问题将给人工接桩带来极大的困难。

1.2.8 混凝土离析卡管问题

拌和的混凝土骨料具有良好的流动性,但在运输过程中,如果混凝土拌和料发生离析,使混凝土灌注不顺畅,可能发生缺陷桩(夹泥、孔洞);或者离析的混凝土进入导管,由于粗骨料堆积将导管阻塞(卡死),导致混凝土停灌(断桩)事故。

某大桥在钻孔上搭 2 m 高的工作平台,采用溜槽灌注水下混凝土。拌和的混凝土料用人力手推车沿着斜坡推上工作平台倾倒入溜槽漏斗灌入导管,此时混凝土料已发生离析,由于粗骨料阻塞导管,相继灌入的混凝土料又不集中(冲击力小)导致混凝土停灌事故的发生(断桩)。

2 结 论

从以上钻孔灌注桩在施工过程中发生的质量事故原因,可以得出如下结论:

(1)在施工过程中应遵循“严格工艺、精心施工,防检结合,以防为主”的原则;

(2)做好钻孔灌注桩施工的准备工作,既有完善的施工方案,又有完备的应急措施;

(3)施工中要保证机具设备完好,并有备用;

(4)施工组织严密,要求人员配齐,分工明确,各尽其职;做到分工合作,统一指挥,紧张有序,忙而不乱;还要责任到人,奖罚兑现;

(5)树立“质量第一”、克服麻痹大意的思想,不断总结经验教训,提高施工技术水平,力争钻孔灌注桩的成功率达到 100%。

收稿日期:2004-02-13