

嵌岩旋挖钻孔钢管柱桩施工质量控制要点

王自强

(上海广联环境岩土工程股份有限公司,上海 200444)

摘要:钢管柱作为逆作法施工时的竖向承重结构,基础通常采用钻孔灌注桩,钢管柱底端嵌入桩身混凝土中,形成一柱一桩的结构体系。该体系能承受较大的竖向荷载,对桩基的承载力、垂直度和沉降要求严格。通过工程实例,针对复杂地质条件下大直径嵌岩旋挖钻孔钢管柱桩施工过程中易发生的孔壁坍塌、钻孔偏斜、孔底沉渣厚度、混凝土标高等质量问题,进行了原因分析,并提出了相应的预防和解决措施,取得了良好的效果,确保了钢管柱桩的施工质量,其经验可供类似工程参考。

关键词:逆作法;嵌岩钻孔桩;旋挖钻孔;钢管柱;孔壁坍塌;钻孔偏斜;孔底沉渣;混凝土标高

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)09-0066-06

Quality Control Points of Rock-socket Revolving Digging Bored Steel Pipe Columns Construction/WANG Zi-qiang
(Shanghai Guanglian Environmental & Geotechnical Engineering Co., Ltd., Shanghai 200444 china)

Abstract: The steel pipe column is the vertical load-bearing structure of top-down method, bored grouting pile is often used as its foundation. The bottom ends of the steel pipe piles were embedded in pile concrete to form the structural system with one column on one pile. Because of the vertical loads on this structural system, the requirements on the bearing capacity, verticality and settlement of the pile foundation are very strict. According to the problems of large diameter rock-socket revolving digging bored steel pipe columns construction under complicated geological conditions, this paper analyzes the different causes by examples and proposes prevention measures to ensure construction quality, which can be reference to similar project.

Key words: top-down method; rock-socket bored pile; revolving drilling; steel pipe column; hole wall collapse; hole deviation; sediment at hole bottom; concrete elevation

1 工程概况

杭州国际金融会展中心设计 6 幢 12 层及 6 幢 7 层商业楼,全场下设 3 层地下室,基坑面积约为 15.7 万 m²,周长约为 1780 m。

本工程采用全逆作法施工,逆作施工阶段地下室结构梁板作为水平支撑,采用支承立柱和立柱桩作为竖向承重构件。整个基坑分为 A、B、C 三个区,其中 A 区和 C 区主楼区域采用钢管混凝土柱,共设计 $\text{Ø}550 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ 、 $\text{Ø}650 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 和 $\text{Ø}700 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 三种钢管柱。钢管钢材强度等级为 Q345B,内填混凝土设计强度等级为 C60(水下混凝土提高一级),柱顶标高为 -0.80 m,柱底标高为 -21.55 m,钢管柱底端锚入支承立柱桩中,锚入长度为 4 m。

钢管柱桩设计为嵌岩桩,设计桩径 1300 ~ 2000 mm,桩端持力层为中风化泥质粉砂岩,由于持力层埋深变化较大,因此 A 区钢管柱桩有效桩长设计为 5 m,桩端嵌入中风化泥质砂岩 $\leq 5.0 \text{ m}$;C 区钢管柱

桩有效桩长设计为 9 ~ 22 m,桩端嵌入中风化泥质砂岩 $\leq 3 \text{ m}$ 。

设计要求钢管柱垂直度为 1/600,钢管柱桩垂直度偏差为 1/300,孔底沉渣厚度 $\leq 50 \text{ mm}$ 。

本工程采用泥浆护壁旋挖钻进成孔,履带吊吊放钢筋笼和钢管柱,泵送混凝土灌注成桩。

2 工程地质条件

根据勘察报告,场地内主要地层自上而下分布如下。

①₁ 杂填土:松散,以新近回填粘性土为主,夹少量块石及混凝土块等建筑垃圾,层厚 0.50 ~ 6.60 m。

①₂ 塘泥:流塑,以粘性土为主,含大量腐烂植物根系,层厚 0.00 ~ 2.00 m。

②₁ 砂质粉土:饱和,松散—稍密,层厚 2.30 ~ 15.50 m。

②₂ 含圆砾粉质粘土:软—可塑,含大量砾石,粒径 0.2 ~ 2 cm,局部含少量卵石,粒径 3 ~ 5 cm,层

厚0.00~1.30 m。

③₁ 淤泥质粘土:流塑,含少量腐殖质和有机质,层厚0.00~18.30 m。

③₂ 含粉砂粉质粘土:软塑,含少量粉砂,约占10%,局部相变为粉砂,层厚0.00~6.10 m。

④粉质粘土:软—可塑,含少量铁锰质结核,层厚0.00~3.90 m。

⑤圆砾:松散—中密,粒径0.2~2 cm,含量为50%~60%,个别粒径>10 cm,砂充填,分布不均,层厚0.50~9.90 m。

⑥₁ 全风化砂砾岩:岩心呈硬—可塑土柱状,局部分布,层厚0.00~6.50 m。

⑥₂ 强风化砂砾岩:中密—密实,岩心呈碎块状,节理裂隙发育,局部分布,层厚0.00~12.70 m。

⑦₁ 全风化泥质粉砂岩:硬—可塑,心样呈粘土状,局部分布,层厚0.00~3.10 m。

⑦₂ 强风化泥质粉砂岩:中密—密实,岩心呈碎块状,节理裂隙发育,局部缺失,层厚0.00~5.00 m。

⑦₃ 中风化泥质粉砂岩:岩心呈短柱状,岩心质量等级为V级,节理裂隙发育。

3 钢管柱桩施工质量控制

钢管柱和钢管柱桩作为全逆作法的竖向承重构件,采用一柱一桩结构体系,不仅单桩承载力要求高,而且桩身垂直度偏差和孔底沉渣厚度均比普通钻孔灌注桩要求严格。同时由于场地地质条件复杂,存在多层不稳定地层,钻孔极易坍塌。因此钢管柱桩施工过程中,应采取有效措施,加强过程控制,确保施工质量。

3.1 孔壁坍塌的控制

场地地质条件复杂,旋挖成孔时极易发生孔壁失稳坍塌。孔壁坍塌轻则导致钻孔局部扩径,增加混凝土用量,浪费材料;重则加大孔底沉渣厚度,形成桩身夹泥或断桩等缺陷,甚至形成孔口大面积塌陷,危及人员和设备安全。

3.1.1 孔壁坍塌原因分析

(1)场地地质条件极为复杂,上部杂填土、塘泥、砂质粉土、淤泥质粘土和圆砾层,均为不稳定地层,受到扰动及泥浆浸泡后易于失稳坍塌。

(2)旋挖钻机、履带吊等施工设备自重大,行走及作业过程中对土体产生了较大的附加应力,表层松散的杂填土在设备的挤压和振动作用下易于向孔

内坍塌^[1]。

(3)泥浆性能参数不合理,在孔壁形成的泥皮质量差,难以起到较好的护壁效果。

(4)旋挖钻机成孔时钻斗在孔内反复升降,导致泥浆流以较快的速度由钻头外侧和孔壁之间的间隙中流过,冲刷孔壁^[2]。钻斗提升时甚至在钻头底部产生负压导致孔壁坍塌^[3]。

(5)旋挖钻机提升钻斗时,随着钻杆提出孔外,孔内泥浆液面将迅速下降,如果孔内泥浆得不到及时补充,因孔内液面快速下降可能导致孔壁坍塌。

(6)安放钢筋笼或钢管柱时碰撞孔壁。

(7)反循环清孔过程中不能往孔内及时补充泥浆,导致孔内泥浆液面下降过多,孔壁坍塌。

3.1.2 孔壁坍塌的预防措施

(1)对桩位表层杂填土进行换填挤密。桩基施工前,将桩位处的杂填土挖除,将水泥和粉质粘土按3:7的比例拌合均匀后分层回填,并碾压密实,以提高土体的强度和密度。

(2)振沉长护筒支护孔壁。由于不稳定地层多位于浅部,因此可通过加长孔口护筒稳定浅部孔壁,防止钻孔坍塌。考虑到地下室埋深范围内为空孔段,因此护筒长度定为12 m,护筒内径大于设计桩径200 mm,钢护筒厚度为10~16 mm,为防止护筒埋设及拔除时变形,护筒上、下端外侧均采用包箍加厚处理。钢护筒利用振动法沉设,沉设时利用QY-80型履带吊吊挂DZJ120型振动锤夹持钢护筒进行高频振动,使护筒在周边砂土液化及重力作用下顺利切入土体。

(3)配制膨润土泥浆护壁。选用优质膨润土机械搅拌造浆,通过现场试验确定泥浆的配合比,制备膨润土时的搅拌时间 ≤ 10 min,搅拌好的泥浆在储浆池中膨化24 h后使用,控制膨润土泥浆的粘度为23~25 s,密度为1.02~1.04 g/cm³,pH值为10~11。

(4)优化旋挖钻头设计,控制钻具的升降速度。为了降低升降钻斗时泥浆对孔壁的冲刷作用,避免提升钻斗时在钻斗底部产生负压抽吸孔壁,设计旋挖钻斗时设置上下贯通的溢浆管,升降钻斗时泥浆可通过溢浆管流动,同时严格控制钻斗的升降速度,减少泥浆对孔壁的冲刷和扰动^[4]。钻斗的升降速度见表1。

(5)孔口围堰,形成泥浆缓冲区,以便提钻及时往孔内补充泥浆。钻孔施工前,在孔口周围利用

表1 钻斗的升降速度参考值

桩径/mm	钻斗升降速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	空钻斗升降速度/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
1300	0.70	0.80
1500~1600	0.50	0.70
1800~2000	0.40	0.60

粘性土围堰。每次提钻前,在围堰内灌满泥浆,提钻时泥浆及时回流补充到孔内,以防止孔内泥浆液面下降。下钻时,孔内泥浆流出,储存在围堰内,形成泥浆缓冲区。

(6) 确保钻孔垂直度满足要求,钢筋笼和钢管柱安放时位于钻孔中心、垂直入孔,避免碰撞孔壁。钢筋笼和钢管桩遇障碍难以下放时,应将其提出分析原因,不得强行冲击下放。

(7) 反循环清孔时,首先开启泥浆泵往孔内补充泥浆,然后再开启空压机送气,确保孔内泥浆液面高出地下水位 2.0 m 以上。

3.1.3 孔壁坍塌的处理

(1) 对于轻微的孔壁坍塌,首先可通过增大泥浆粘度和密度,调节泥浆的性能参数,提高泥浆的护壁能力,以控制坍塌的进一步发展。

(2) 对于浅部的孔壁坍塌,可通过增加护筒长度,利用钢护筒支护孔壁的方法进行处理。

(3) 孔壁坍塌位置较深,通过增大泥浆粘度和密度无法控制坍塌的进一步发展时,可将钻孔利用粘性土回填,待稳定 30 天后再利用粘度和密度较大的泥浆二次成孔钻进。

(4) 如在灌注中途发生钻孔坍塌导致断桩,则进行补桩处理。

3.2 钻孔垂直度控制

本工程钢管柱垂直度要求达到 1/600,而确保钻孔垂直度满足 1/300 的要求,是保证钢管柱垂直度的先决条件和基础。

3.2.1 钻孔偏斜原因分析

(1) 地质条件复杂,地层软硬不均,层面倾斜较大。场地从西往东覆盖层厚度逐渐加深,基岩埋深变化较大,岩面倾斜。

(2) 旋挖成孔时地基产生不均匀沉降,导致钻孔偏斜。

(3) 选用的钻头和钻杆不合理。

(4) 选用的钻进参数不合理。入岩时采取强行加压钻进,导致钻头在岩面打滑,钻孔偏斜。

3.2.2 钻孔偏斜预防措施

(1) 开工前充分了解场地地质条件,制定合理的钻进工艺和钻进参数,并对钻机操作人员进行培训,使其掌握操作工艺。

(2) 钻机就位前对场地平整,并在履带下铺设厚钢板,减少地基的不均匀沉降。同时在成孔过程中,随时观察钻机底盘的水平度和钻架的垂直度,发现底盘不平或钻架垂直度不满足要求时及时进行调整。

(3) 针对不同地层选用不同种类的钻头,并配备机锁钻杆钻进成孔。根据试成孔经验,对淤泥质粘土、粉质粘土,使用单层底斗齿挖泥钻头;对圆砾和风化基岩则采用双层底斗齿挖岩钻头,优化旋挖钻头刀齿的布置形式,斗齿布置成交错状,根据刀齿在钻头底板的不同位置,将刀齿齿角由原 45° 增加至 $45^\circ \sim 60^\circ$ 不等,适当减少刀齿的数量,增大相邻刀齿间距,以减小钻头刀齿与地层的接触面积,并适当减小导向齿的长度,利于刀齿切入地层。

(4) 钻进到岩面时要严格控制加压方式,当履带前方因加压即将被支起时,说明加压过急,此时如果继续加压,则钻孔极易偏斜。因此出现此现象时不得继续加压钻进,而应提钻更换筒钻,利用筒钻环状切割钻进一定深度后,再换用双层底斗齿钻头钻进,能够有效地控制入岩时的垂直度。

3.2.3 钻孔偏斜处理

(1) 钻进过程中通过操作室仪表密切观察钻孔垂直度情况,发现钻孔偏斜时应马上停止钻进,更换筒钻纠偏后再继续钻进成孔。

(2) 每个钻孔终孔后均利用垂直度仪进行钻孔垂直度检测,如发现钻孔垂直度偏差超过设计要求时,利用筒钻进行扫孔纠偏,使钻孔垂直度和有效断面满足设计要求。

3.3 孔底沉渣厚度控制

孔底沉渣厚度不仅对单桩承载力和桩基承载产生较大的影响,而且在灌注过程中孔底沉渣易在桩身形成夹泥或者断桩缺陷,严重影响桩身质量。

3.3.1 孔底沉渣形成原因分析

(1) 旋挖钻机通常采用钻斗钻进成孔,由于钻斗的特殊结构,钻进过程中难以将斗齿所切削的岩土全部装入钻斗内,导致孔底有大量岩土屑散落在泥浆中;旋挖钻斗每钻进一段深度需提钻卸土,提钻的过程中附着于钻斗底部及筒体周边的渣土被泥浆

冲刷散落在孔内泥浆中;另外由于钻斗底部难以封闭密实,提钻过程中也会有部分渣土从钻斗内掉出。

(2)旋挖成孔采用静态泥浆护壁,钻进过程中孔内泥浆无循环,随着钻进深度和钻进时间的增加,泥浆中含有的岩土屑逐渐增多,终孔后岩土屑沉淀形成沉渣^[5]。

(3)桩端持力层为强度较低的泥质粉砂岩,泥浆浸泡后易软化,被钻斗底部锯齿状斗齿切削后,残留在孔底的锯齿状岩体被泥浆浸泡后软化。

(4)终孔后孔壁坍塌,坍塌物堆积在孔底形成沉渣。

(5)安放钢筋笼或钢管柱时刮碰孔壁,导致孔壁破坏,孔壁岩土体脱落形成沉渣。

3.3.2 孔底沉渣厚度的预防及处理措施

(1)严格控制泥浆质量,避免终孔后孔壁坍塌。尤其在灌注前必须检测钻孔深度,如发现孔壁坍塌导致孔深减小时,不得进行混凝土灌注,应将钢管柱和钢筋笼拔出后,利用旋挖钻斗捞取孔底坍塌物,并重新进行清孔。如塌孔严重时,将钻孔用粘性土回填,稳定一段时间后再二次成孔。

(2)确保钻孔垂直度和钻孔直径满足设计要求,钢筋笼和钢管柱在吊运过程中不得产生弯曲变形,安放时必须吊直后垂直下放,防止碰撞孔壁。

(3)利用平底钻斗进行清底^[6]。正常钻进至距离终孔标高约0.30 m时更换平底钻斗(见图1),加压钻进至设计孔深。利用平底钻斗不仅能有效清除孔底岩体被斗齿钻头扰动后形成的锯齿状残留体,而且孔底沉淀的渣土被从孔底刮离,易于反循环清除。



图1 平底清孔钻斗

(4)气举反循环一次清孔。平底钻斗清底后,在孔内安放灌注导管,导管内通入高压气管,利用气举反循环进行一次清孔,同时更换孔内泥浆。一次

清孔应在桩孔平面范围内移动导管,使清孔范围涵盖整个孔底。

一次清孔后,利用沉渣仪检测孔底沉渣,孔底沉渣不得大于50 mm。同时泥浆粘度应达到18~23 s,密度 $<1.10 \text{ g/cm}^3$,含砂率 $<2\%$ 。

(5)气举反循环二次清孔。安放完钢筋笼和钢管柱后、灌注混凝土前,在灌注导管内安装高压气管,利用导管内外的压力差气举反循环二次清孔^[7]。二次清孔检测孔底沉渣厚度 $\geq 50 \text{ mm}$ 时,可进行混凝土灌注。

(6)桩端后注浆对孔底沉渣进行固结挤密。由于钢管柱桩二次清孔时导管在径向受到钢管柱的限制,因此清孔范围难以涵盖整个孔底,必然在孔底周边形成死角,孔周的沉渣难以根本清除,而随着钻孔直径的增大,这一范围也将增大(见图2)。为降低桩孔周边沉渣对桩端承载力和桩身沉降的影响,本工程每根桩均布桩端后注浆管3根,后注浆管布置在钢筋笼内侧,注浆阀平行于孔底,采取桩端后注浆工艺,利用浆液对沉渣的置换、挤密和固结作用,改善或消除沉渣对端承力发挥的不良影响^[8]。

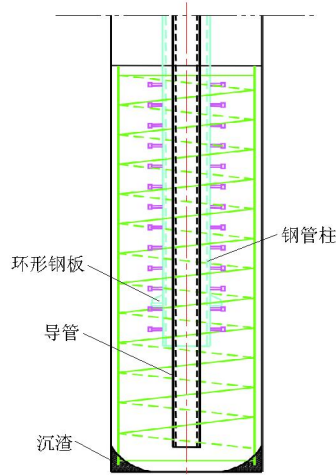


图2 二次清孔示意图

3.4 桩身混凝土灌注标高的控制

钢管柱桩与普通钻孔灌注桩比较,灌注时要求钢管柱内、外混凝土同步上升,直至桩顶灌注标高。但对于A区有效桩长仅为5 m的钢管柱桩,个别桩在灌注过程中出现钢管柱内混凝土面上升,而钢管柱外桩身混凝土面无法上升的现象,导致钢管柱内混凝土已达到灌注标高要求,而桩身混凝土却达不到灌注标高。

3.4.1 桩身混凝土达不到灌注标高原因分析

(1) 钢管柱底与孔底距离较小。根据设计,对于有效桩长 5 m 的钢管柱桩,钢管柱底与孔底距离为 1 m,而在灌注过程中,要求导管底与孔底距离为 0.3~0.5 m^[9]。此时,导管超出钢管柱底端仅为 0.5~0.7 m,在灌注过程中,如混凝土扩散度较小,则发生钢管柱内混凝土上升,而管外桩身混凝土不上升的现象。

(2) 钢管柱底端环板影响。为了抗剪,在钢管柱外侧底端沿圆周方向设置环形钢板,当钢管柱底距离孔底较小时,此环形钢板对钢管柱外混凝土的上升将产生较大的阻碍作用。

(3) 混凝土的和易性差,坍落度和扩散度较小。钢管柱桩混凝土设计强度等级为 C60,混凝土配制难度大,如果混凝土配合比控制不严,将造成混凝土坍落度和扩散度的较大变化,而较小的坍落度和扩散度,将影响到桩身混凝土的正常上升。

(4) 管内外混凝土受到的上升阻力不同。由于钢管柱内壁光滑,且二次清孔时孔底钢管柱范围内沉渣清除彻底,混凝土上升时克服的摩阻力较小;而钢管柱外混凝土上升时不仅要克服孔壁及钢筋笼阻力,而且要克服钢管柱外环板和栓钉等的阻力,同时由于孔底周边沉渣难以彻底清除,影响到混凝土的扩散和上升。

3.4.2 桩身混凝土达不到灌注标高的预防措施

(1) 适当增大钢管柱底与孔底的距离。对于 A 区钢管柱桩,通过加深钻孔,将钢管柱底与孔底的距离由原 1.0 m 增大至 1.5 m,参见图 3。

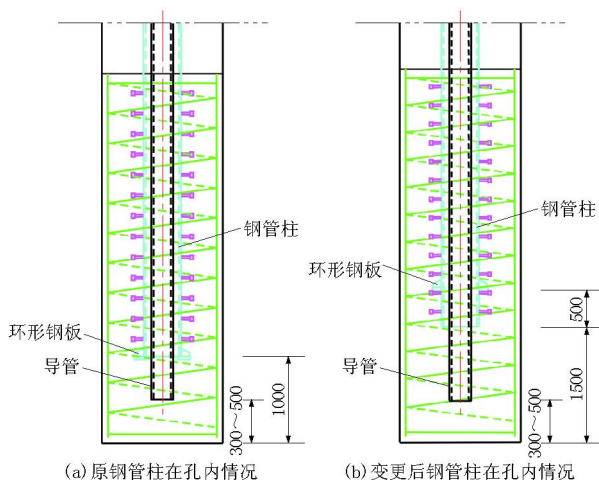


图3 变更前后钢管柱在孔内情况

(2) 调整钢管柱底端环形钢板的位置。改变钢管柱底端环形钢板的位置,由最底端移至距离钢管

柱底 0.5 m 处,减少环形钢板对混凝土的阻力。

(3) 严格控制混凝土的和易性和坍落度。灌注前对每一车混凝土均检查坍落度和扩散度,严格控制混凝土的坍落度为 180~220 mm,扩散度 > 450 mm,严禁灌注坍落度和扩散度不合格的混凝土。

(4) 将一次气举反循环清孔作为清孔的重点。通过气举反循环一次清孔彻底清除整个孔底范围内的沉渣,并控制泥浆的性能指标满足要求。二次清孔时通过加大供风量、增加清孔时间等措施,以尽量清除钻孔周边的沉渣。

3.4.3 桩身混凝土达不到灌注标高的处理

对于桩身混凝土达不到灌注标高的钢管柱桩,可将钢管柱拔出后(如钢管柱难以拔出时,可利用振动锤振动拔出),利用旋挖钻机挖除桩孔内的钢筋笼和混凝土,将原钻孔深度增加约 0.5 m 后,重新进行清孔,二次安放钢筋笼和钢管柱灌注成桩。

3.5 钢管柱内混凝土达不到设计标高

钢管柱作为承重构件,内部需充填高强度混凝土形成钢管混凝土结构,以保证其受力。在全逆作法中,通常采用多层地下室,因此钢管柱内混凝土面标高远大于钢管柱桩身混凝土标高,在本工程中,钢管柱内混凝土面标高大于钢管柱桩顶混凝土面标高 16~17 m。但在钢管柱桩施工过程中,如果控制不当,则可能出现钢管柱内混凝土达不到设计标高的情况。

3.5.1 钢管柱内混凝土达不到设计标高原因分析

(1) 回填碎石量不足,钢管柱内灌注混凝土时,钢管柱外混凝土同时上升。为保证钢管柱内混凝土灌注的顺序进行,通常在桩身灌注完成后,在上部空孔四周均匀回填碎石,在管外混凝土不再上升的情况下,继续灌注钢管柱内混凝土至要求标高^[10]。对于大直径钢管柱桩,由于空孔深度较大,如一次性将碎石回填至孔口,由于碎石回填量大,将耗费大量时间,可能导致混凝土流动性变差或达到初凝状态,将难以继续灌注钢管柱内混凝土,形成断桩。如果回填碎石厚度不足以抵抗钢管柱内混凝土压力,则在灌注钢管柱内混凝土的过程中,管外混凝土同时上升,导致材料浪费。

(2) 钢管柱内混凝土面下降。钢管柱内混凝土已灌注至要求标高,但由于混凝土质量不稳定,凝固时发生离析等原因导致粗骨料下沉,上部析出较多的水分,凝固后实际高度降低。或灌注完成后,钢管

柱外回填的碎石层被钢管柱内混凝土“压翻”,导致钢管内混凝土面突然下降。

(3)测量不准确,钢管柱内灌注高度未达到要求。

3.5.2 钢管柱内混凝土达不到设计标高的预防措施

(1)准确控制导管理深。桩身混凝土灌注至要求深度后(实际灌注高度大于设计桩顶标高约2.0 m),准确测量钢管柱内外混凝土面深度,提拔并拆卸导管,使导管底口位于钢管柱内,距离钢管柱底口约0.5 m位置,然后往孔内回填碎石。

(2)严格控制碎石回填量。首先保证测量的准确性,在回填混凝土前,利用测绳在钢管柱外不同方向测量桩身混凝土灌注深度(至少测量4个点),取最小值作为回填碎石的控制深度。回填碎石时,应从四周均匀回填,使钢管柱外不同测点碎石回填深度基本相同,最小回填厚度保证在3.5 m以上。

(3)灌注间歇时间控制。从开始回填碎石至重新灌注钢管柱内混凝土,间歇时间控制在2 h左右,以保证桩孔内回填的碎石沉积至较密实状态。

(4)保证钢管柱内混凝土的超灌高度。为防止混凝土凝固过程中体积收缩或骨料下沉,导致混凝土面达不到设计要求,因此钢管柱内混凝土实际灌注高度应高出设计标高约1.5 m。

3.5.3 钢管柱内混凝土达不到设计标高的处理

(1)重新回填碎石。在灌注钢管柱内混凝土过程中,如发现钢管柱内外混凝土同时上升时,应停止灌注,重新往孔内回填碎石。此时碎石的回填厚度应不小于5 m,间歇2 h后再继续灌注至钢管柱内混

凝土达到要求高度。

(2)钢管桩内浇灌混凝土接桩。对于成桩后钢管柱内混凝土面达不到设计标高的情况,可在钢管桩相应位置开口,将混凝土上部浮浆凿除干净后,浇入混凝土进行接桩。

4 结语

本工程在实施过程中,针对复杂的地质条件和施工中可能发生的关键质量问题,采取了相应的预防和控制措施,保证了工程的顺利实施。经过对钢管桩检测,工程质量完全满足设计要求。

参考文献:

- [1] 王自强,刘洪海,丁力生,等.高水位条件下深基坑内钻孔灌注桩施工技术[J].施工技术,2013,42(22):115-118.
- [2] 李旺.旋挖钻孔灌注桩在泥质粉砂岩地区施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):67-69.
- [3] 连海建,李金元.厚砂层地质条件下旋挖钻机施工大直径钻孔桩关键技术[J].建筑施工,2009,31(11):974-975.
- [4] 黎中银,焦生杰,吴方晓.旋挖钻机与施工技术[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [5] 王文明.软土地区提高旋挖钻机成孔质量的措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):68-71.
- [6] 岳大昌,李明,郑体,等.旋挖机械清渣在嵌岩扩底桩中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):50-52.
- [7] 雷斌,叶坤,李榛,等.旋挖钻孔桩沉渣产生原因及清孔工艺优化选择[J].施工技术,2014,(19):48-53.
- [8] 盛黎麟,楼兰忠,吴鸣鹏,等.大直径钻孔灌注桩桩底后注浆施工及质量控制[J].建筑施工,2007,29(6):387-389.
- [9] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
- [10] 曾维楚,钟明,徐勇,等.钢管柱逆作法施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):56-59.

更正声明:

由于排版软件版本差异,造成彩图转换成黑白图线条丢失,致使本刊第43卷第8期第42页图6、图7中曲线未印刷上,特此更正为如下。

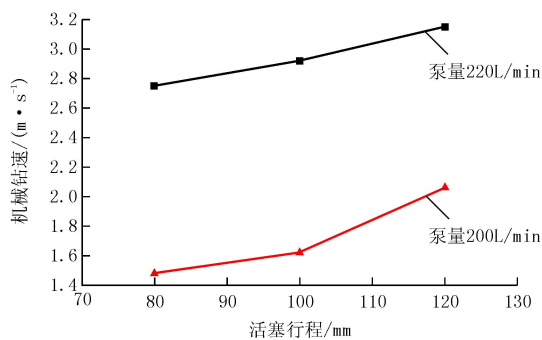


图6 活塞行程对高能射流式液动锤机械钻速的影响

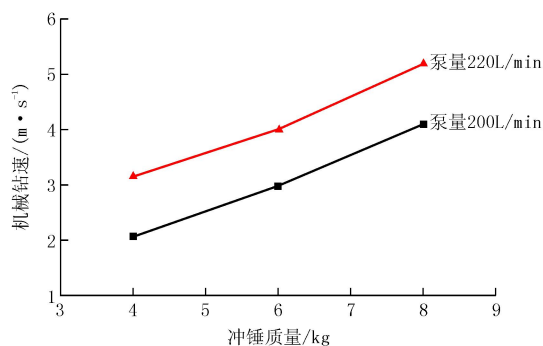


图7 冲锤质量对高能射流式液动锤机械钻速的影响

谨向作者、读者致歉!