

文章编号: 0451-0712(2004)09-0050-03

中图分类号: U445.551

文献标识码: B

水中大直径桩基在厚卵石层的施工

吴颖峰¹, 卢文锋², 杨爱民², 米长江²

(1. 浙江交通职业技术学院 杭州市 311112; 2. 路桥集团第二公路工程局 西安市 710000)

摘 要: 介绍钱江五桥特殊的超厚卵石层的钻孔施工, 分析了卵石层的漏浆规律, 并提出针对性的施工措施和处理办法, 取得了成功。

关键词: 钱江五桥; 卵石层; 钻孔灌注桩; 漏浆; 处理措施

随着工程建设的不断发展, 钻孔灌注桩已广泛应用于工程实践中, 并取得了良好的效果。钱江流域地质复杂, 卵石层层厚、埋置深、含量大, 施工工艺、设备选用、处理措施等若不恰当、不及时, 将直接影响到成孔质量和成孔时间。如何保证钻孔过程中卵石层泥浆护壁的稳定, 已成为桩基施工中的关键问题。下面根据钱江五桥的施工, 对大直径钻孔灌注桩施工加以总结, 希望能对本流域及类似的钻孔灌注桩施工提供一些参考。

1 工程概况和水文地质条件

大桥位于钱塘江、富春江、浦阳江三江交汇处, 主桥墩基础为 18 根桩径为 1.8 m 的钻孔灌注桩, 主桥共 88 根桩按摩擦桩设计, 桩尖进入微风化岩层不少于 2 m, 桩顶标高为 -4 m, 桩底标高为 -85 m, 主引桥、引桥基础为 59 根桩径为 1.5 m 的桩基。

1% 频率洪水位为 +9.118 m, 多年平均常水位为 +6.928 m, 河床标高为 -5~+5 m。

钱江流域属第四纪冲海沉积平原, 地形平坦开阔, 河床高程在 -9~+7 m 之间, 上部为冲海相沉积物, 下部为河流阶地沉积物, 下伏基岩为白垩系凝灰质砾岩、凝灰质砂岩。根据成因时代与沉积环境, 下伏地层主要如下。

亚砂土、淤泥质亚粘土: 饱和, 流塑, 其层面高程为 -3~-30 m。

卵石层: 饱和, 中密~密实, 卵石含量 > 60%, 卵石粒径为 1~15 cm, 少数达 20 cm 以上, 成份为凝

灰岩、灰岩, 其层面高程为 -30~-60 m, 层厚约 10~30 m。

中砂层: 饱和, 密实, 厚层状, 其层面高程为 -60~-75 m, 厚约 4~15 m。

基岩层: 基岩为白垩系上、下统地层, 根据岩性不同划分为泥质粉砂岩、角砾岩、晶屑凝灰岩。岩层风化程度不同又分为全风化、强风化、弱风化及微分化层。

钱江流域地质的主要特点是: 覆盖层厚, 地表以淤泥质亚粘土、亚砂土为主, 承载力低; 卵石埋置深、含量大, 漂卵石、卵石厚度最大约 30 m, 施工中容易造成较大规模的泥浆漏失; 桩基持力层入土 70 m 以上, 岩性强度低, 一般为 5~15 MPa, 桩基以摩擦桩设计为主。

2 卵石层漏浆原理和规律

钻进卵石层时, 其泥浆漏失强度与卵石层的渗透系数、所揭露的卵石层渗透过水断面面积及承压水位之间的水头差、泥浆粘度有如下关系:

$$Q \propto KSH/T$$

式中: Q 为泥浆漏失强度, 即单位时间内的泥浆漏失量; K 为卵石层的渗透系数, 与地层的孔隙率成正比; S 为钻孔揭露的卵石层渗漏过水面积, 包括钻孔所揭露的卵石层侧壁面积和钻孔底面积, 即 $S = \pi \times D_1 + 0.25\pi \times D^2$, D 为钻孔直径, D_1 为卵石层厚度; H 为泥浆水头与承压水位之间的水头差; T 为泥浆的粘度。

当钻进至卵石层时,地层的渗漏强度变化趋势一般为由小到大,再由大到小最终趋于稳定。此时,泥浆与地下水位的水头差较大,且由于地层的渗透性较好,泥浆不能及时在孔壁周围形成高质量泥皮,在水头差的作用下,形成孔内泥浆补给承压含水层;在渗漏过程中,环孔壁卵石层的细小颗粒被渗漏泥浆大量携带冲刷,从而加大了地层的渗透性,同时,泥浆渗漏强度也呈上升趋势,当渗浆到一定程度时,便会发生瞬间泥浆大量漏失现象。在泥浆漏失过程中,卵石层颗粒孔隙中所漏失泥浆与地下水两种不同介质相互混合后会形成一混合过渡带,当泥浆漏失至含水层中一定范围时,此混合过渡带中泥浆运动逐渐减弱并逐渐趋于相对静止状态,在压力作用下,泥浆失水逐渐形成泥膜充填在颗粒之间,此段地层的渗透性将降低,此时泥浆渗漏强度呈下降趋势,并逐渐向钻孔方向发展,进而在钻孔壁形成泥皮,泥浆漏失强度将趋于零。在群桩施工过程中,由于钻孔区域地层经多次泥浆漏失与填充作用,从而经常有前一两个钻孔发生漏浆现象,而后施工的在钻孔过程中存在少量漏浆或基本不漏浆。

3 钱江五桥卵石层桩基施工

3.1 施工中的不利因素

(1)地表淤泥质亚粘土厚,地基承载能力低,钻孔平台支承桩及护筒埋置深;

(2)受钱塘江潮汛和强涌潮的影响,护筒内水头保持要求较高,护筒底口与河床容易串孔;

(3)卵石埋置深、漂卵石含量大、层厚,施工容易出现大规模的漏浆和卵石层孔壁塌孔;

(4)在卵石层及基岩风化层钻进时,因地层软硬不均,孔壁容易出现斜孔及台阶。

3.2 施工措施

钱江五桥地层的卵石层为古钱塘江冲洪积层,主要由铁板砂、圆砾、卵石、漂卵石组成,含砾量超过 60%,透水性较好,其顶面标高约为 $-30 \sim -50$ m,厚度在 19~25 m 之间。针对钱江流域卵石层厚、埋置深的特点,桩基施工中我们采取如下措施。

(1)护筒标高和平台设计。

考虑钱塘江涌潮对水位变化和冲刷的影响以及地表覆盖层承载力低的特点,钱塘江流域地下水为承压水,受地表水补给,其承压水位低于地表水位,为避免因漏浆而造成坍孔等施工隐患,钻孔钢护筒需打入到稳定隔水层内一定深度。综合考虑,护筒顶

标高确定为 $+9.5$ m,底标高为 -18 m,护筒进入河床 10~12 m,在 $+7.5$ m 位置用 $\phi 27$ 连通管将护筒连成一体造浆,同时利用护筒作为钻孔平台的支承桩,其优点有:①减少了护筒底口与河床串浆的可能性;②减少了钢管桩和泥浆系统投入。钻孔平台见图 1 所示。

(2)成孔工艺及钻头的确定。

经对泵吸反循环回转钻进工艺、冲击反循环工艺和泵吸反循环回转配合大直径滚刀钻头三种钻进工艺比较,并结合漂卵石层厚、粒径大的特点,确定在卵石层钻进时采用气举反循环配合大直径滚刀钻头提高钻进时效,使用滚刀钻头优点是能充分利用钻机钻进时提供的扭矩和压力,能有效施加给漂卵石较大的静压力和冲击荷载,能将压力集中作用于较大直径漂卵石,大大提高滚刀齿刃的破碎能力,同时使用气举反循环工艺可减少卵石在钻进过程中的重复破碎,有效地将破碎卵石排出孔外,提高滚刀寿命和效率。

(3)降低水头高度并使用堵漏材料。

钻进即将进入卵石层时,在保证孔壁稳定的前提下,尽量降低泥浆水头高度,以减小泥浆水头与地下水位之间的水头差。并及时调整泥浆性能,使其控制在:粘度 25~28 s、比重 1.40~1.50、含砂率 $<4\%$ 。

在泥浆中添加一些惰性堵漏材料,如锯末、优质膨润土、聚丙烯酰胺絮凝剂(水解度 15%~30%、分子量 600~800 万)等,利用其颗粒的微膨胀性充填地层孔隙,堵塞渗漏通道,以有效降低地层渗漏系数。

在钻进卵石层时,可采用分段间隙钻进,减小卵石层渗透过水断面面积,以降低泥浆渗漏量并有利于泥皮的形成。

(4)孔钻、造浆、保持泥浆压力。

当钻进至卵石层中下部时,由于地层颗粒逐渐变大,其渗透性也随之增大,此时,可以停止钻进,进行孔钻将泥浆循环一段时间,同时向孔内回填适量膨润土,加大泥浆浓度,以利泥皮的形成及膨润土颗粒的沉淀,利用土颗粒的膨胀性堵塞渗漏通道。

补给充足的泥浆量,以维护孔内一定泥浆压力,保证孔壁稳定。相邻孔不宜同时钻进,以免造成相互串孔。

3.3 漏浆堵漏措施

在卵石层钻进时,一旦发生漏浆,针对影响卵石层渗漏强度的几个主要因素,采取泥浆间断循环,降低泥浆漏失强度,采取以下措施。

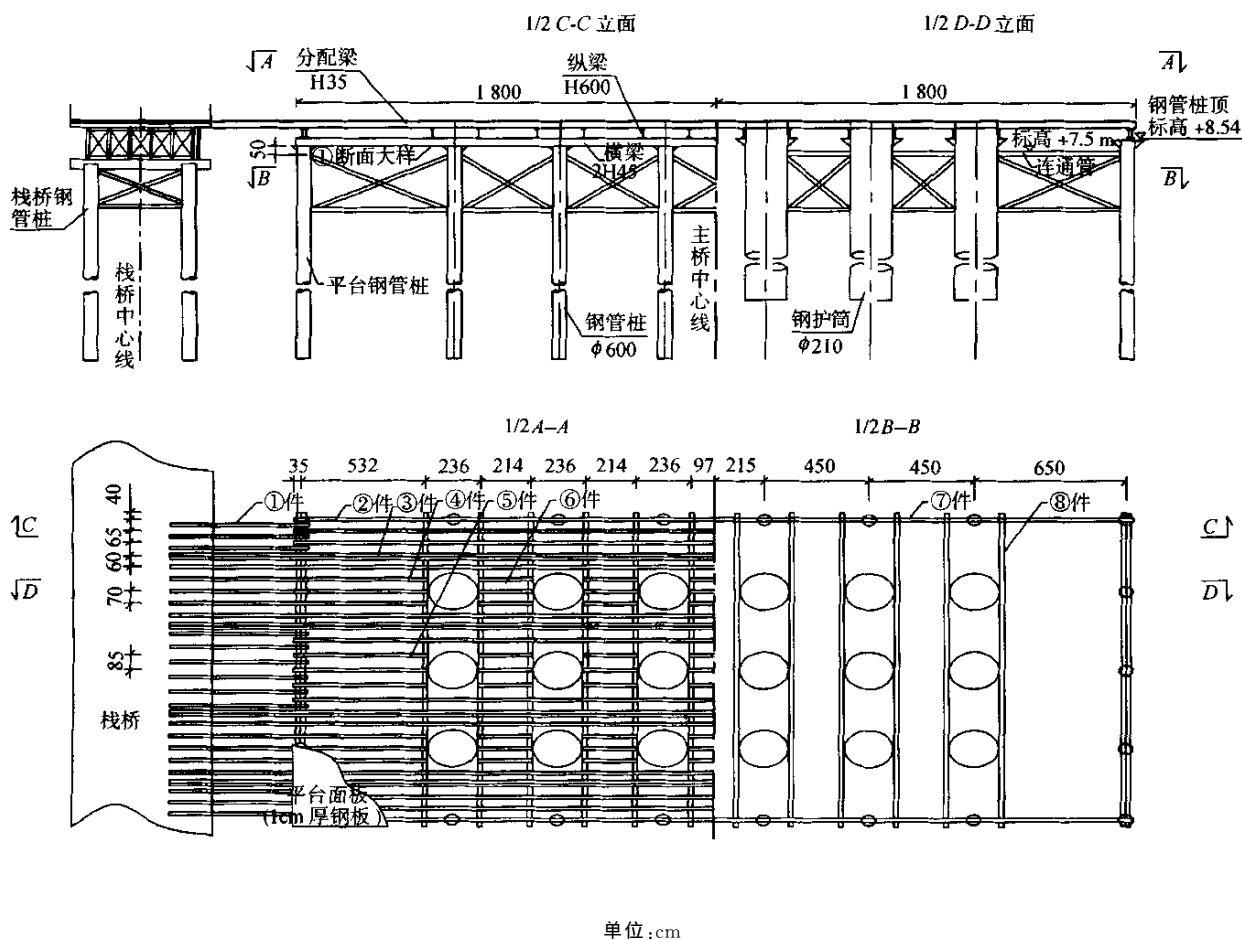


图 1 钻孔平台

(1) 惰性材料堵漏。首先提高泥浆的粘度指标, 使泥浆粘度控制在 $28 \sim 40$ s, 同时在泥浆中添加一些惰性堵漏材料, 如锯末、稻壳等, 其用量为泥浆量的 $3\% \sim 5\%$ 。

(2) 聚丙烯酰胺絮凝堵漏。在泥浆中加入水解聚丙烯酰胺 (水解度为 $15\% \sim 30\%$, 分子量为 $600 \sim 800$ 万), 加量为泥浆量的 $500 \sim 1\,000$ ppm。使泥浆中劣质粘粒产生絮沉及在卵石层孔壁形成薄而坚韧的泥皮, 达到堵漏的目的。

(3) 聚丙烯酰胺交联堵漏。用水解聚丙烯酰胺、水泥及泥浆配制成水泥泥浆, 每方泥浆中加入 $500 \sim 1\,000$ kg 普通水泥, 用 3 PNL 泥浆泵通过钻杆注入孔底, 其注入量为卵石层漏浆段钻孔体积的 $1.5 \sim 2$ 倍。

(4) 必要时, 回填优质黄土和片石, 利用冲击钻冲砸来挤密、修复孔壁。

(5) 护筒底口与河床穿孔时, 采取加长护筒穿越松散层贯入密实稳定土层, 并在护筒外围填砂袋堵漏穿孔口进行处理。

3.4 钻孔垂直度控制

在施工中根据地层情况并结合以往经验, 从以下几点进行控制。

(1) 在卵石层及基岩风化层钻进时, 采取减压钻进工艺, 同时加大钻具配重。

(2) 在上部第四纪覆盖层钻进时, 采用双腰带梳齿钻头, 上下腰带高约 1.5 m, 增强了钻头的导向效果。

(3) 因卵石层及基岩风化层往往是地层软硬不均, 故钻进时采取滚刀或梳齿钻头, 轻压慢转钻进, 另外在钻进中加强扫孔, 以确保孔壁不会出现斜孔、台阶孔。

(4) 纠偏处理, 可适当加大钻头直径, 在斜孔位置, 轻压慢转扫孔钻进, 并反复上下刮削孔壁。

3.5 孔底沉渣厚度的控制

沉淀层有时沉淀的比较紧密或含有胶质粘土颗粒, 往往用吸泥管清孔时会形成孔中孔, 造成已清除沉淀层的假象。因此, 解决这个问题的通常作法是: 一是经常采用换位吸泥; 二是在吸泥管下口焊长约

文章编号: 0451—0712(2004)09—0053—04

中图分类号: TU528. 59

文献标识码: B

钢管混凝土轴压构件承载力试验研究

宁平华¹, 李新平², 肖敏²

(1. 广州市市政工程设计研究院 广州市 510060; 2. 华南理工大学交通学院 广州市 510640)

摘 要: 结合钢管混凝土柱的轴压试验、ANSYS 有限元计算以及已有的规范理论对钢管混凝土构件在轴压状态下的极限承载能力进行了分析, 有限元计算结果和规范理论值吻合较好。

关键词: 钢管混凝土; 轴压; 承载力; 试验研究

1 钢管混凝土结构的特点

钢管混凝土是指在钢管中填充混凝土而形成的构件, 它利用钢管和混凝土两种材料在受力时相互间的组合作用, 充分发挥两种材料的优点, 不仅使混凝土的塑性和韧性性能大为改善, 而且可以避免或延缓钢管发生局部屈曲, 从而使钢管混凝土结构具有承载力高, 塑性和韧性好, 经济效果显著以及施工方便等特点。因此钢管混凝土在拱桥结构和高层建筑中被越来越广泛地采用。

钢管混凝土的基本原理是借助外包钢管对核心混凝土的套箍约束作用, 使核心混凝土处于三向受压状态, 从而使混凝土具有更高的抗压强度和压缩变形能力。

2 钢管混凝土柱的轴压试验

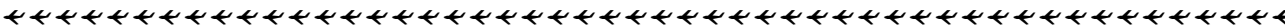
工程实际应用的钢管混凝土柱为 $\phi 1\ 000\ \text{mm} \times$

14 mm, 混凝土标准强度为 50 MPa, 钢管材质为 16 Mn 钢, 屈服强度为 340 MPa, 根据试验条件按 1/2 缩尺为 $\phi 500\ \text{mm} \times 7\ \text{mm}$, 长度 2 m。试验中 C50 混凝土配合比为: 42. 5 (R) 普通水泥 400 kg; UEA 膨胀剂 60 kg; 硅灰 15 kg; 水 180 kg; 砂 750 kg; 碎石 1 009 kg; 高效减水剂 4. 5 kg。混凝土在试验室用机械搅拌, 振动捣实, 浇注在钢管内, 共制作了 3 个试件, 其中混凝土实测强度 f_{ck} 分别为 56. 9 MPa、55. 1 MPa、51. 6 MPa, 16 Mn 钢实测屈服强度为 365 MPa。

试验在华南理工大学结构试验室进行, 采用长春 CSS—254 型 15 000 kN 压力试验机对试件施加轴向荷载, 加载屈服前采用力控制 (300 kN/min), 屈服后采用位移控制 (0. 5 mm/min)。试验装置如图 1 所示。

3 个试件实测的承载能力分别为 11 768 kN、10 470 kN、11 298 kN。因 A、B、C 3 个试验柱的荷载

收稿日期: 2004—07—28



10 cm 的挂泥齿, 其随吸泥管摆动, 以挂拉沉淀层面, 破坏其紧密结构, 使气压能够冲散沉淀, 达到有效清孔的目的。为有效控制沉渣厚度, 清孔后泥浆指标应控制在粘度为 17~20 s, 比重 1. 03~1. 10, 含砂量小于 2%。但由于成孔提钻至灌注混凝土时间较长, 孔底容易沉淀过厚, 需进行二次清孔, 钱江五桥采用 120 旋流除砂器降砂, 并利用混凝土导管作空气吸泥机清孔, 清孔完毕后, 立即拆除导管的输气管, 能有效缩短清孔至灌注水下混凝土之间的时间, 有效控制沉渣厚度。

4 结语

钱江五桥桩基成孔后, 采用 KODEN 型超声波孔壁检测仪来检测成孔, 检测结果孔深、孔径、垂直度均能满足设计要求。桩内混凝土灌注施工完毕, 经国家海洋局第二海洋研究所采用超声波进行质量检测, 153 根桩全部为 I 类桩, 这也充分说明了针对钱江流域卵石层层厚、埋置深、漂卵石粒径大、含量高的特点, 所采取的施工方法是科学合理的, 对类似钱江流域钻孔灌注桩桩基施工有一定的参考价值。