

高速公路桥梁深水桩基及水中承台施工要点探析

张锋辉

中交二公局第四工程有限公司

摘要:为提升高速公路桥梁施工的质量和效率,对高速公路深水桩基及水中承台进行必要的施工技术分析十分必要。本文从我国高速公路桥梁深水桩基及水中承台施工现状出发,全面分析了桥梁深水桩基及水中承台的施工要点,并提出了具体的施工策略,以期为我国交通运输事业的发展做出一定的贡献。

关键词:高速公路;桥梁施工;深水桩基;水中承台;施工要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.16.054

一、引言

随着我国高速公路的发展,跨江大桥的数量也在不断增加。在深水桩基及水中承台的施工中,桥墩的施工一直是高速公路桥梁施工中的一个难点。深水桩基础和水中承台的施工工艺是影响工程进度和造价的重要因素。本文介绍了承台深水桩基的施工技术特点,该技术在深水桩基础工程中得到了广泛的应用,能够经受较大的水压,结构简单,便于施工是其主要优势。因此,设计人员在桥梁设计时应充分考虑深水桩基础的施工在水下进行时的注意事项。

二、我国高速公路桥梁深水桩基及水中承台施工现状

近几年,随着经济建设的迅速发展和河道交通网络的不断完善,原有的“五纵三横”道路已无法适应人们的生产、生活需要,目前全国的高速铁路网已形成了7条首都放射线、9条南北纵线、18条东西纵线,简称“7918”,目前,我国高速公路全长85000多公里,而随着高速公路的迅速发展,跨江大桥的数量也越来越多。在这一工程中,深水地基的建设已成为工程建设的一个难点,而深水地基的建设速度与水平直接影响到整个工程的建设与投资。

目前,在桥梁建设中,对于水深10m以上的高桩在水下进行施工时,其施工方式主要有钢吊箱、钢套筒、双壁钢围堰、钢板桩围堰等。在地质条件复杂的情况下,施工人员进行深水桩、水中承台施工时,可以采取围堰和钢吊箱的施工方式。双壁钢围堰由于其结构强度高、耐水性能好等优势被广泛地用于桥面的深水地基施工中,其具有结构简单、施工方便等特点,因此,在具体的高速公路桥梁施工中有广泛的应用前景。

三、关于钻孔灌注桩的施工要点

(一)关于钢护筒施工

钢质护筒的构造组合为:内径2.2m的护筒可选用16mm厚的钢板。根据钢护筒的角钢和钢板进行处理,

保证了钢筒在下沉时的强度和刚度与要求一致,当护筒外侧刃足达到2米时,可以增加钢板来完成护筒的打设工作,如果要控制和进一步减小护筒与地层之间的摩擦力,可以将护筒的刀腿加工成刃形,将加强板的下部加工成流线形。在钢管的制造完成后,必须将其运到工地进行装配,通过导轨进行引导和沉桩^[1]。

(二)关于承台的施工要点

1. 施工准备

要做好抽水、清底、整理等工作。待封底混凝土达到预设的强度要求,即可进行分节抽水;待箱体水位与水平支承高度一致时,即可接受焊接套管的横向支承;在抽水期间,对套管的变形进行检测,如有渗漏现象,应立即进行封口;待吊箱抽完水后,再将底部的水泥和残余物清洗干净,再用水泥砂浆进行平整,将底部的水泥钢护管切割下来,清理出杂物。

2. 承台施工

首先,做好钢质的箱子。在制造钢吊箱时,必须保证外形尺寸和部件的定位,保证装配和受力要求。首先要对工作台进行硬化处理、平整处理,然后利用型钢进行工作台的制造。在进行机械加工时,应首先铺设外侧钢板,然后焊接套筒骨架,再焊接骨架之间的加固筋。由于焊接过程中存在着韧性差、脆性大等问题,因此,对焊接过程中的质量进行严格的控制方法如下:

施工应尽量减少焊缝数量,缩小焊缝尺寸,保持焊缝间距,并对焊缝残余应力的叠加效应进行有效的控制。同时,应采用对称的焊接方式,使焊缝产生均匀的变形,防止出现弯曲现象;使用正确的焊接方向和顺序,即:首先对有大收缩量的焊缝进行焊接,使其收缩率保持不变,然后对错开的焊接长度进行适当的焊接。在保证焊接质量的前提下,对外观和内部进行质量检查。根据缺陷的种类,分为外部缺陷和内部缺陷。一般情况下,焊接表面有缺陷,可以用显微镜观察,在内部有缺陷时,需要用超声波进行检查。

其次是具体的施工。施工人员应根据设计的需要,对桥墩的预埋件进行加固。对于大面积混凝土进行施工,必须严格按照设计要求进行冷却管路的设置,控制好循环和温度。完成降温处理后,再冲洗冷却管道,将高强度水泥浆料压入,然后进行密封。相关操作可以通过添加掺料,降低混凝土的方法来减少混凝土的使用^[2]。

3. 墩身施工

一般的墩身施工应使用翻模的施工方法,并分节进行施工,使每一个分节的高度控制在2-4.5mm左右。

四、高速公路桥梁深水桩基及水中承台施工策略

(一) 水中桩基钻孔平台

随着我国经济的可持续发展，我国的桥梁工程也在不断地发展。在实际桥梁工程中，经常要进行深水环境下的施工，这对施工技术的要求很高。临时结构是工程平台的重要组成部分，它直接关系到深水桥墩的安全性。

1. 钻孔平台结构设计

桩基成孔施工需要在钻孔平台的支撑下进行，一般采用冲击锤成孔，然后将钢筋笼放入桩基孔洞中，之后再行填孔和浇筑工作。在相关的施工项目中，除了可以使用最基本的钢管桩外，还可以采用了工字钢和贝雷架，从而形成一个稳固的井口平台，为下一步的双臂钢围堰施工奠定了坚实的基础。

2. 布置施工平台

根据现场水文条件，合理设置水下墩平台，其中：4#、5#墩采用的平台尺寸不变，规格为27.9m×24.3m，为满足后续钢围堰施工作业要求，平台边距承台边较近处需采取加固措施，即设置钢管桩，并通过焊接的方式将其稳定连接于双拼I36a工字钢。在这个平台上，分布纵梁应采用20b型工字钢，并在上面铺设5-10mm厚的钢板。在工程中，为了保证钢护套的精度，必须采用定位导轨，并将其置于平台的底部。

(二) 浮式导向平台设计及施工

1. 导向船选用和改造

一般来说，高速公路下河流中运行的船舶以货轮为主，因此导向船应使用排水量400t的船舶。在进行方案设计时，将导流平台的荷载向各船分配300t左右。在具体构建导向系统时，选择的每一导向船的龙骨分布都应根据承受均匀荷载来考虑，而担任导向船角色的船舶，由于门式钢架的两个立柱部位受力比较集中，所以需要对其进行加固。引导船需要在货舱顶部的进入孔，将船底的龙骨加固，再在上面安装型钢焊接的桁架，将桁架的底部和原来的横梁连接起来，再在顶部安装横梁和斜杆。

2. 导向平台尺寸确定与整体布置

导流平台的布置应当优先做好纵向尺寸确定，桥墩基础按三列纵向排列，并根据船体宽度和操作要求的宽度，设置顺桥向支座长度，从而对主墩导向平台的两个导流船的轴距进行确定。一般来说，导板的横向尺寸是确定的，主墩桩基是四列，两座和中间的间隔是24.5m，如果安装工作在引导平台到位后一次完成，那么导向平台的侧向净宽度必须超过24.5m，因此，导流平台上的两个门式刚架的侧向中心距为20m，在施工时，引导船顺河平移，使龙门吊主梁悬挑，覆盖整个施工平台。目前我国主要使用的导流平台是整体式的，其中一个主墩引导平台主要包括导向系统、锚固调节系统、门式钢架（两个）、天车和操作平台。导向系统主要由两个导航船沿水流方向排列，两导航器的轴距一般

为24m。锚碇调整系统则应按导流平台锚碇的设置，在每艘导流船上都需要安装两套锚碇系统。在上游侧（主锚端）、下游侧锚端（尾锚）各配置一台5t吊车，上游侧吊车负责主锚和上游侧边锚的收起，下游侧吊车则负责收起尾锚和下游侧边锚^[3]。

(三) 水中桩基施工

以往的经验证明，深水桩基是桥梁工程的重要组成部分，它的施工进度和施工质量会受到很多因素的影响。

1. 放样

放样工作应当使用适宜数量的冲击钻，将其放置在井台的特定部位，然后对桩高程进行准确的测量，以保证桩位的定位精度，同时要求横、纵偏差控制在允许的范围之内。在后期施工中，应当对桩心、高程两项指标进行及时的检测，为了达到设计要求，必须在距离中心2m处4个方向上各设一根护桩。

2. 下放钢护筒

这一步的工作应当至少用12mm厚的钢板经过特殊的加工工艺加工而成的钢质护筒，其内径与桩径相比应该稍大，一般差距控制在20mm左右。具体流程是：先将钢护管缓缓放下，然后再安装导轨，调整到合适的位置，与水面保持50 cm的距离，接着将钢护管放下，然后使用焊接的方法，将它固定在工字钢上。

3. 泥浆钻孔

在施工场地内设置泥浆池，要求在靠近钢护管的地方，充分准备好造浆黏土，并对钻井液顶高度进行控制，一般比外水高2.0m，同时保证泥浆压力大于静水压。实践证明，在连续的孔隙渗透作用下，孔壁容易发生崩塌，并在孔壁上形成泥层。为此，必须做好钻井作业前的各项准备工作，以保证各项辅助设备的工作性能。重视施工工艺，将钻头插入护套，对钻具的稳定性要求很高。对钻孔的定位进行适当的调整，使其与钻孔的中心形成完整的共线。

4. 钻进质量检测

连续钻井达到规定的钻井深度后，技术人员对钻井的孔径、孔深等进行了全方位的检查，并将其制作成质量检查单，提交监理工程师进行验收并签署。为了保证测试的准确性，需要对诸如倾斜角度等的参数进行检验。采用置换法对高密度泥浆进行处理，并将低浓度泥浆注入其中。

5. 钢筋骨架的制作和安装

在指定的车间里，按顺序制造钢筋骨架，并进行成孔检查。成孔检查合格后，用起重机将钢筋骨架放入桩孔内；为了防止结构的变形，需要在支架上安装支座，其垂直距离应为2m。在吊装时，应遵循精准且慢的原则，骨架不能与孔壁产生碰撞，当骨架达到一定高度时，应采取辅助措施。

6. 围堰拼装和下放

在完成了围堰块的安装工作后，接下来就是将邻近

的部分吊装到组装平台上,安装位置一般在固定好的围堰块上,用焊接的方法将连接板安装到围堰上,然后进行下一步的组装。在完成底部节段围堰组装后,及时调整精轧螺纹钢,使其处于较紧状态。并抬高底部节段围堰,使其超过装配平台20cm,加长精轧螺纹钢,保证底部围堰能有效下沉,使其在水面上漂浮。在围堰接高时,应按照顺序进行对称排列,完成装配后,对焊接质量、安装精度等进行全面检查。在此基础上,还应对围堰进水深度进行适当调整,如果单靠围堰自身重量达不到这一目的,可以使用向料仓中灌水的方法。

7. 浇筑水下混凝土

目前主要的水下混凝土施工方式是通过泵送法进行浇筑施工,而该工艺的施工难度较高,因此,必须进行前期的试验。其中,第一次浇筑较为特殊,这一段需要根据剪球法进行加工。在施工过程中,在料斗底部安装一个隔离球,经过一段时间后,漏斗中会加入足够的混凝土,从而切断球形钢丝,让混凝土迅速下降,很快就能达到孔的底部,在施工中必须保证管道的完整性。

在第一次浇筑混凝土时,必须保证管道深度达到1m以上,并且要连续进行。随着施工继续进行,需要将管道逐渐抬高,在浇筑完成后,最后一段管道必须及时拆除,保持混凝土连续流动^[4]。

(四) 承台施工

1. 钢筋和模板

在设计图纸的指导下,结合目前的行业标准,进行钢筋和模板的施工,合理安排间隔,并合理布置冷却管道。承台钢筋绑扎完毕后,按设计要求进行墩身外缘的放样,使其精确显示在承台顶板上,然后在墩顶上进行支座施工。

鉴于这一结构的基本特征,必须在承台顶部预先埋设加固钢筋和预埋板,并在承台顶部设置8个钢板。组合钢模是成功完成承台施工的重要环节,在浇筑前,必须对套箱的拉杆孔进行处理,以达到有效的封堵效果。该措施的主要作用是防止水位波动,避免套管内壁出现渗漏的情况。

2. 混凝土的浇筑

如果不采取适当的控制措施,很容易造成混凝土的倾角和离析。为此,必须在套管的周围各设置足够数量的溜槽,并将其与混凝土顶部的间距控制在2m以内。在承台施工中,由于需要大量的混凝土,应采用从一边逐渐到另一边的工序,因此必须避免相邻两个承台层之间的间隔时间太长,否则会对整个承台的质量产生不利的影 响。混凝土浇筑完成后,要进行养护,一般采用透水土布进行覆盖,并对结构表面进行喷水,以防止出现开裂,养护期应在7天以上。

3. 承台混凝土的温度控制

(1) 安装和冷却冷却管道。为了满足承台的降温需要,需要在承台内部安装一根32mm的不锈钢管,每根管道之间的横向和纵向间隔都要超过1.5m。采用钢筋框

架和支架,能有效保证冷却管道的稳定,避免了以后的浇筑过程中管道的变形。

承台浇筑前应做好预热工作,冷却管道应保持通水流通,不得堵塞。可以在平台上增加一个水槽,潜水机可以源源不断地将水注入到水槽中(注入的水可以从施工现场的河水中抽取),冷却时间至少要14天。

(2) 测温计的设置。承台平面应符合对称性的要求,在斜线上放置适当的温度测量管,通过它可以得到入模温度、混凝土温度和管道进水温度。为了保证测量结果的准确性,每一测点处的温度测量管数应以3个为宜,并采用特殊的工艺处理,每个测量点的温度计为 $h/4, h/2, 3h/4$ (h 为基座高度)^[5]。在测量点位置时,温度计的埋深应该稍大于50mm,并采用插头工艺,以有效地消除外部温度对内部温度的不利影响。

浇筑完毕后,立即将清水倒入钢管内,并定期对钢管下部的混凝土进行检测。通过对各个深度的温度状况进行分析,得出各个点之间的温差。在混凝土加热过程中,测试工作间隔应为2~4小时,在冷却后每8小时进行测试,以得到现场的空气温度。另外,对每个测温孔进行编号处理,以确定其内部和表层的温度状况。

(3) 对孔洞进行灌浆和封堵。在通水冷却工作结束后,施工人员应及时对通水孔进行封堵,这一阶段的水灰比控制应在0.4~0.45之间,并使用活塞式压浆泵进行施工。由于冷却管线长度大,压浆压力必须小于1MPa。压浆结束后,封住出浆口,使压力保持在0.5MPa左右,并持续2分钟以上,这样可以有效保证工程质量^[6]。

五、结束语

综上所述,我国地域辽阔,高速公路桥梁深水桩与水下承台的结构形式是多种多样的,其结构特点和适用条件也各不相同。因此,在施工过程中,必须根据具体的水文地质、材料等因素进行综合考虑,以确定最优的桥梁施工方案。在工程设计中,必须兼顾桩基础和承台的施工。当前,我国的深水大桥施工和装备水平不断提高,大量的新型材料和全新的大型承台结构得以使用,从而使我国的高速公路桥梁施工技术取得了巨大进步。

参考文献

- [1] 彭文勇,李昌俊,卜向远,等.深水桥墩钢板桩围堰深层水平位移预警值研究[J].中国市政工程.2022,(1).
- [2] 李强.跨河桥梁工程水中承台钢围堰施工分析[J].常州工学院学报,2021,34(06):10-15.
- [3] 王皋.深水桩基在斜岩薄覆盖层地段穿孔漏浆防治施工研究[J].四川建材,2021,47(08):75+92.
- [4] 邓俊.高速公路桥梁水中承台钢吊箱施工技术研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(07):160-161.
- [5] 袁文豪.公路桥梁水中承台钢吊箱围堰设计综述[J].福建建材,2021(06):49-53.
- [6] 徐杰.高速公路桥梁深水桩基及水中承台施工关键技术[J].工程建设与设计,2021(01):174-176.