

双壁钢套箱围堰在硬岩面深水条件下封底施工关键技术

潘剑峰¹ 巩明¹ 王富林²

1. 中铁大桥局集团有限公司第二工程分公司 江苏 南京 210015

2. 广西柳梧铁路有限公司 广西 贵港 537306

摘要: 目前,桥梁水中基础多采用围堰的形式施工,封底是成功进行承台施工的关键工序。文章结合新建柳梧铁路盘龙柳江特大桥主墩深水基础双壁钢围堰施工实例,介绍钢套箱围堰封底施工控制要点及关键技术,供类似工程借鉴。

关键词: 钢套箱围堰;封底;堵漏

引言

新建柳梧铁路盘龙柳江特大桥主桥采用(52.45+100+326+86.5+63)m钢-混凝土混合箱梁斜拉桥,两个主墩基础均位于深水中,每年防汛期间水深最高达25m,采用埋入式低桩承台,主塔墩河床自上而下为卵石土、弱风化灰岩。承台围堰底标高位于河床以下八米左右,根据施工组织安排,采取先围堰后平台的方案,预先水下开挖河床,保证围堰能顺利下放到位,浇筑钢围堰刃脚混凝土并注水下沉,围堰定位到位稳定后,下放钢护筒和钻孔平台管桩,浇筑围堰封底混凝土。封底混凝土的作用:一是封堵钢围堰与钢护筒间的缝隙,创造在钢围堰内进行承台施工的干作业环境;二是利用封底混凝土与钢护筒间的粘结力,使钢围堰在承台施工各工况下均能固定在设计位置。

该桥横跨柳江,桥梁全线与柳北高速公路平行,无交叉点,两者最近相距50米,桥址上距柳江红花水利枢纽约84km,距象州县城12.8km;下距石龙三江口16km,距大藤峡水利枢纽约129km。

1 围堰概况

盘龙柳江特大桥主桥32#、33#主墩围堰与承台结构形式一致为圆端梯形六边形,平面尺寸均为35.97m×18.9m,其中32#墩围堰高36m,竖向分为三节,每节高12m;33#墩围堰高33m,竖向分为三节前两节高12m,第三节高9m。围堰设防水位为柳江十年一遇水位+70.8m,围堰顶标高均为+73.667m。围堰采用双壁钢围堰结构形式,由面板、加劲板、水平环板组成,壁厚1.5m。围堰底部设置

通讯作者: 潘剑峰; 出生年月: 1986.06, 民族: 汉; 性别: 男; 籍贯: 安徽黄山; 单位: 中铁大桥局集团有限公司第二工程分公司; 职位: 项目副经理; 职称: 高级工程师; 学历: 本科; 邮编: 210015; 研究方向: 铁路桥梁施工。

3.5m厚封底混凝土。第一节底部设置1.1m高的刃脚,便于围堰下沉及着床。围堰竖向节段采用焊接形式接高,为便于接高在节段顶部设置法兰盘^[1]。

2 工程特点

(1) 水中承台尺寸为32.57m*15.5m*4.5m,封底厚度为3.5米,封底混凝土方量大,对混凝土性能要求高。

(2) 因河床为弱风化灰岩,为保证围堰顺利下放,需事先水下开挖基坑,将造成围堰四周堵漏困难,并且刃脚以下部分混凝土难以密实。

(3) 封底属于水下隐蔽工程施工,增加了堵漏难度,并且桩孔桩的钢护筒是后期承台施工的主要受力系统,对混凝土与钢护筒间的粘结力要求较高。

(4) 先围堰后平台的施工,导致水上作业平台过小,封底过程中,混凝土浇筑机械和运输机械协调难度大。

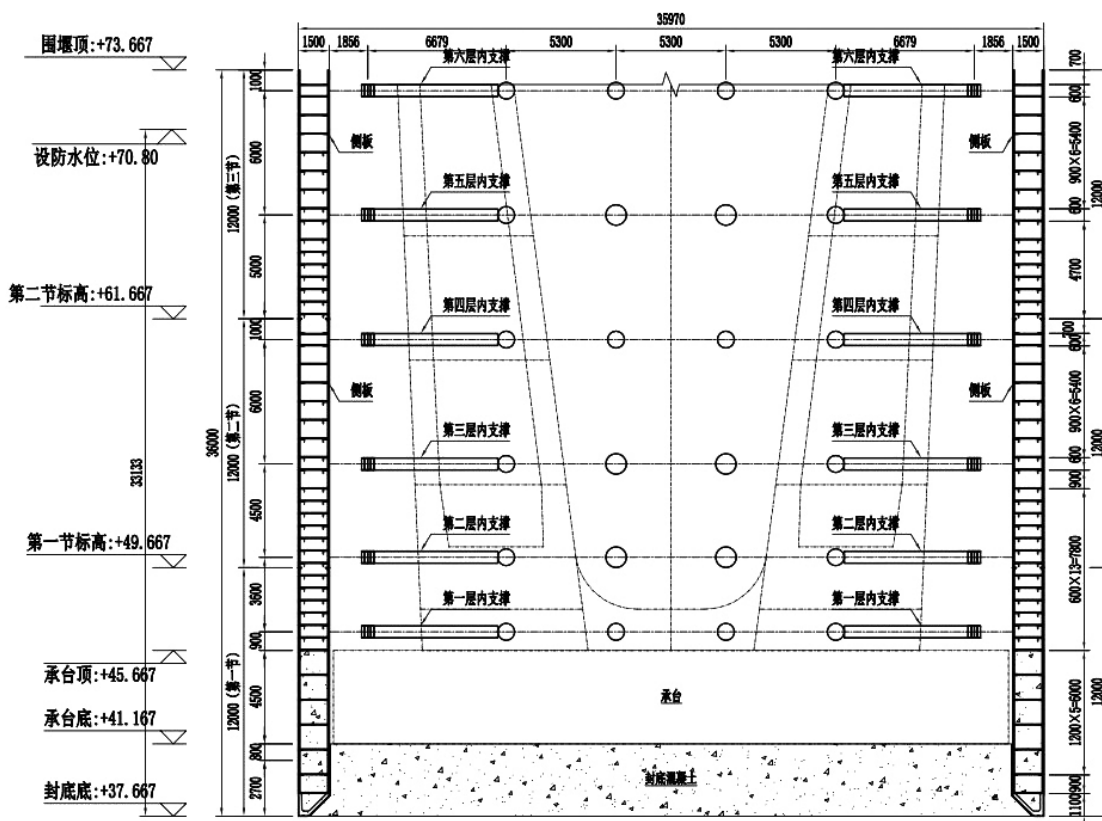
3 围堰封底施工控制要点

3.1 河床清基

盘龙柳江特大桥32#、33#两个主墩均位于水中,桥墩承台均埋入河床,需要先行对围堰范围进行开挖基坑处理。由于为水下破碎,开挖后基底平整度较差,为确保围堰着床精度满足要求,需在基底开挖完成后进行河床扫测,根据扫测数据抛填50cm左右碎石进行找平,找平完成后再次扫测,对后续结构安排潜水员点对点进行平整。

在围堰下放和钢护筒安装到位后,利用吸泥机将围堰内淤积的沉渣和淤砂吸出,通过存渣船运输到指定存渣点。同步使用测绳多点测量控制,安排潜水员下水对护筒周围河床进行重点排查。因为地质基岩坚硬,钢护筒无法打入,只能放置在基岩上,后期承台施工时抗浮全靠自重和钢护筒与封底混凝土的粘结力,所以在清淤时尽可能的将基岩表面的沉渣清除干净,这样能与封底混凝土衔接的效果会较好,对抗浮也能有帮助作用。

32#墩围堰立面图 1:270



3.2 护筒外壁清理

护筒外壁清理是封底混凝土与钢护筒间的粘结力满足要求的重要保证,并且根据受力计算,需要再钢护筒外侧封底混凝土区域内焊接加劲钢筋或钢板以抵抗围堰的上浮力。钢护筒因施工期间埋置水中时间较长,柳江水域流通海口,担心钢护筒外壁可能会附着海蛎子及河床冲刷形成的板结物,所以需要潜水员利用钢铲或钢刷对封底混凝土高度范围内的钢护筒外壁的附着物结合水下视频系统进行刮除清理,再通过潜水员水下逐桩摸排检查,将护筒表面的附着物及浮锈清理干净,以保证封底混凝土与护筒间的粘结力。

3.3 围堰四周设置联通阀

区内河流水系发育,流经线路的主要河流有柳江、紫荆河、大湟江、万江、思旺河、乌江、秦川河、濠江等,属西江流域,其汇水面积大、降雨量充足。以上各条河流均为常年流水,河水量大,水量受大气降雨影响而季节性变化。根据水文站信息,在汛期时候,水位涨幅大涨速快,为使围堰内外的水位差造成压力达到平衡状态,在围堰的四角设置联通阀。在封底过程中打开联通阀,保证混凝土浇筑过程中围堰达到平衡,并且在混

凝土凝结过程中,保证不受往高流速潮水的影响,使混凝土与护筒以及围堰联结密实。

3.4 围堰四周堵漏

在围堰通过浇筑刃脚混凝土和注水下沉精确着床后,继续向围堰井壁内灌注1m高的水,增加围堰与河床的摩阻力以确保围堰的稳定。因采取的先围堰后平台的方案,钢围堰下放到位后需要安装钻孔平台管桩和桩基钢护筒以及相应联结系,为防止在此期间,沉渣或淤泥通过刃脚底部流入围堰内堆积到刃脚影响混凝土粘结力,可在围堰稳定后,潜工下水(围堰内),在围堰内刃角附近抛填沙袋堵漏,封堵住流沙或沉渣。堵漏时应注意抛填均匀,控制抛填沙袋顶面标高低于刃角面标高。

3.5 护筒周边堵漏

和前文介绍的护筒外壁清理时想要达到良好的粘结力同样的道理,护筒周边的堵漏的材料和范围不能影响到钢护筒的受力。潜水员从钢护筒内入水利用水泥砂袋(袋内装60%水泥砂子混合物)覆盖在钢护筒的底部和内侧,利用吊机将水泥砂袋环绕护筒一圈下放,潜水员下水逐个封堵,以达到堵漏目的。

若经济方案可行,在钢护筒安放到位并固定后,可

直接浇筑封底混凝土，使混凝土在封底范围内填充钢护筒，后期在桩基施工时利用钻机先行钻进混凝土然后钻进基岩直至成孔。需要注意的是，钢护筒内部的封闭混凝土需利用钻机清理干净，以保证桩基混凝土与钢护筒内部有效粘结。不管何种方案，封底范围内的钢护筒内外都必须要与混凝土粘结紧密，并且要在整个围堰范围内形成整体，形成有效的抗浮受力系统。

3.6 导管的选择和布置

导管选用外径325mm、壁厚6mm、长度24m钢管作为导管，导管节段之间，料斗与导管之间均通过法兰连接，橡胶密封圈止水，导管使用前做水密承压、接头抗拉性试验，合格后使用。导管垂直卡挂在封底平台上，控制导管底部距河床20cm。围堰封底时的导管数量及在平面上的布置，应使各导管的有效灌注半径互相搭接，覆盖基底全范围。为确保封底效果，减少封底时的劳动强度，导管按要求一次性布置完毕。每根导管使用前应通过煤油渗透试验检查焊缝质量，观察漏水情况，不漏水即为合格。导管全长组节完成后，用钢尺准确丈量长度并作好标记和记录；明显弯曲部分应拆开进行调整。不漏水，不破裂，长度符合要求，经检查合格并做出记录签认后使用。

导管的布置按照以下原则进行：①单根导管的作用半径按照4m考虑，全部导管的作用范围覆盖整个围堰区域，相邻导管的作用区域有所重叠；②导管宜放于两钢护筒之间，与外侧壁保持一定距离，利于混凝土的均匀扩散。经计算，采用履带吊提升导管，共配备12套，1~7号导管倒用一次。

3.7 施工参数计算

3.7.1 首盘混凝土方量计算

围堰水下封底混凝土的施工关键是保证水下混凝土不洗澡、不离析。施工时首批混凝土的方量应能满足导管初次埋置深度和施工规范要求及填充导管底部的需要。首批混凝土计算按下式：

$$V = (H_1 + H_2) \times \pi R^2 / 3 + (h_1 - H_2) \times \pi d^2 / 4 \quad (1)$$

其中， H_1 为导管悬空，取0.2m； H_2 为首批混凝土导管埋深，取0.5m； R 为导管的作用半径，取4m； h_1 为首批混凝土下放后，导管内混凝土柱至基岩高度，经计算为7.4m； d 为导管内径，为0.313m。

经计算， $V=12.25\text{m}^3$ 。

3.7.2 导管作用半径的验算

根据流动性保持时间 t_h 内，浇筑的混凝土与水下混凝土锥容积相等，即

$$t_h \times I \times F = F \times R_{cx} \times i / 3 \quad (2)$$

其中， t_h 为水下混凝土流动性保持指标，取5h； R_{cx} 为水下混凝土的极限扩散半径，m； I 为水下混凝土上升速度，计算为0.20m/h； i 为扩散半径平均坡度，取1:5。

经计算， $R_{cx} = 15\text{m}$ 。导管的作用半径宜采用0.4倍~0.5倍的极限半径作为允许最大作用半径。因此采用4m的作用半径是可行的。

3.8 封底混凝土指标控制

混凝土配合比的合理设计，是封底成功的重要因素之一，除使用粉煤灰与高效减水剂双掺技术提高混凝土的和易性、流动性和稳定性外，对封底混凝土其它性能指标进行了规定。在混凝土浇筑过程中，可根据具体情况，对混凝土配合比进行必要的调整，使得各项指标均满足封底混凝土的质量要求。

①混凝土初始坍落度20~22cm；

②混凝土初凝时间 > 20h（最大混凝土浇筑量1637.3 m^3 ，实际浇筑能力按80 m^3/h ）；

③混凝土7d强度达到设计强度的90%以上。

4 封底混凝土的浇筑

4.1 封底混凝土浇筑机械布置

结合桥址范围内空间有限，现场水上平台较小的因素，将混凝土泵车随浇筑位置从下游向上游推进的方式布置。

4.2 封底混凝土的浇筑

4.2.1 总体灌注顺序遵循：由上游向下游推进，两台泵车与两个料斗配合依次对每个点进行拔球。每根导管按照单排方向导管编号1→2→4→3的方向拔球，以保证混凝土在中间合拢，拔球后，保持混凝土的持续送料，在测量确认导管埋深达到1m后进行下根导管的首封。

4.2.2 导管首封后，需按规定时间及时补料，同一导管两次灌入混凝土的时间间隔不宜大于30min，以保持混凝土的流动性，尽量采取隔管互补的形式补充灌注混凝土。

4.2.3 浇筑混凝土过程中做好测量记录，对钢护筒四周加密测量点，特别是护筒相对导管背后的位置，并采用测量双检制，为灌注顺序提供有效的技术资料。

4.2.4 灌注应连续进行，且应在各点之间经常交替进行，当某一导管周围混凝土面与其他点高差达到20cm以上，需移动泵车对其他点进行灌注，保证混凝土面整体均匀上升。封底混凝土厚度为3.5m（其中水下封底浇筑3.3m，二次找平浇筑0.2m）。

4.2.5 封底混凝土顶面标高为+44.147m，根据现场测

绳实测结果,确定该区域是否最终浇注,终浇前上提导管适当减小埋深,尽量排空导管内混凝土,使其表面平整。浇筑结束后,重点检测导管作用半径交叉处、护筒周边、围堰内侧板周边等部位,根据结果对标高偏低区域进行补料。

5 封底混凝土施工注意事项

5.1 保持水压力平衡

当外界水压力过大时,会导致护筒堵漏效果差,护筒周边出现返涌,致使混凝土“洗澡”,出现离析现象。为保证封底混凝土与钢护筒有良好的粘结效果,封底应始终打开围堰侧板上的联通管,保持围堰内外水压力平衡。

5.2 混凝土标高测量

严格控制混凝土的灌注过程,及时测量各点标高确

保混凝土灌注顺利进行。严格控制混凝土的拌制质量,提高混凝土的和易性,减少堵管几率,定时检测混凝土坍落度,和易性不良的混凝土不得使用。混凝土浇注过程中要及时调整导管埋深,利用履带吊经常将导管少量的往上提,导管的埋深不小于0.5m。

6 结语

钢套筒围堰水下封底混凝土的施工重点是保证封底结构的连续性和整体性,保证封底混凝土与钢护筒间的粘结作用。通过导管的布设、测点的频率、混凝土的性能,以及封底过程中的统一组织协调指挥,保证了封底混凝土的顺利浇筑,保障了承台施工的顺利进行。

参考文献

[1]中铁二院工程集团有限公司.新建柳州至梧州铁路施工图[Z].成都:中铁二院工程集团有限公司,2022.