

薄覆盖层河床钢栈桥钢管桩的锚固方法探索与实践

彭鑫

(长沙市公路桥梁建设有限责任公司, 湖南 长沙 410005)

摘要:某公路桥梁跨越湘江支流,河床局部由于受挖砂与水流冲刷影响,覆盖层很薄。施工钢栈桥竖向钢管桩在薄覆盖层区域振动沉桩困难,导致栈桥稳定性不足,存在极大的安全隐患。经过调研确定在满足通航要求前提下,采用无底钢套筒浇筑水下混凝土形成人工覆盖层锚固钢栈桥钢管桩。通过有限元软件 Midas 对栈桥结构进行模拟,锚固后的钢栈桥在使用期间强度、刚度满足规范要求,被洪水淹没时栈桥钢管桩顶最大位移为 19.5 mm,不会发生倾覆与滑移。栈桥在遭遇 50 年一遇洪水时保持稳定,钢管桩顶最大位移为 22.5 mm,实测值与理论计算值基本吻合。

关键词:钢栈桥;薄覆盖层;钢管桩;锚固方法

1 工程概况

某公路桥梁横跨湘江支流,河道宽约 242 m。100 年一遇洪水位为 39.21 m,施工水位为 35.00 m。施工栈桥长约 2.35 km,最大跨径 6.0 m,桥面宽 6 m,设计顶面标高为 36.50 m。栈桥下部结构均采用 $\phi 630$ mm \times 8 mm 钢管桩,在钢管桩顶面以下 1.4 m,横桥向采用 2[16a 槽钢设置一道剪刀撑,在钢管桩顶面以下 2.0 m,纵桥向加 2[16a 槽钢横撑、斜撑。上部结构枕梁采用 2I40a 工字钢,纵梁为间距 50 cm 的 I36a 工字钢,桥面满铺[16 号槽钢,槽钢间隙为 1 cm,并设置防护栏杆。钢栈桥示意图如图 1 所示。

利用 50 t 履带吊车配合 DZ60 振桩锤施工栈桥钢管桩,选取“钓鱼法”施工方式,沿一边河岸向对面河岸纵向逐步施打钢管桩,安装栈桥。在施工河道中主桥 2[#]~4[#] 桥墩位置处钢管桩(对应钢管桩编号 72[#]~98[#])时,钢管桩下沉困难,甚至有跳锤现象发生,通过更换 DZ90 振动锤增大钢管桩下沉的激振力,但是效果不明显;必须采用加固方法完成钢管施工。

2 锚固方法

经调查当地水文资料,并结合现场勘察发现,由于河道支流无通航要求,河道受非法采砂影响严重,此外,河道中间水流湍急,河床受冲刷严重,导致河床覆

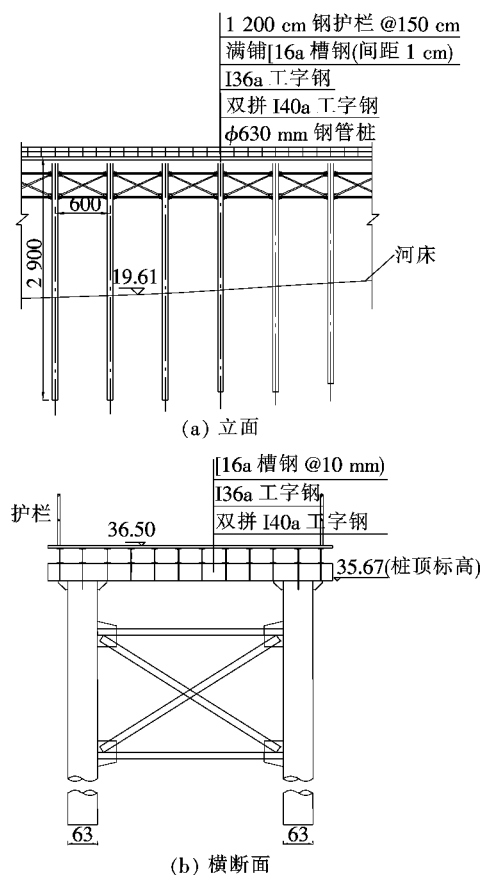


图 1 钢栈桥示意图(单位:除标高为 m 外,其余:cm)

盖层较薄。具体位置为主桥 2[#]~5[#] 墩处,约 80 m 范围河床岩层表面仅有约 30 cm 厚的沉积泥层,如图 2 所示。薄覆盖层处钢管桩下沉深度达不到设计要求,

栈桥钢管桩与河床的咬合力很小,栈桥抗推、抗倾覆能力均不足,且水位越高,栈桥的自稳能力越差,洪水期间存在极大的安全隐患。常规的加固方式为钢管桩+锚固桩方案,若采用该施工方案需增设临时施工平台,这样增加了取芯钻机钻孔,锚杆安装、孔底注浆等工艺,施工工艺复杂、工期长,且河床底隐蔽工程施工质量很难保证。

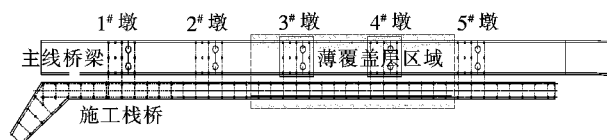


图2 河道薄覆盖层区域

经过反复比较后,提出在钢管桩底部浇筑混凝土覆盖层的方式对栈桥钢管桩进行锚固。在钢管桩施工完成后,下沉钢套箱,浇筑水下混凝土,形成覆盖层,增大钢栈桥(钢管桩底部)与河床的接触面。利用覆盖层(水下混凝土)在水中的重力(扣除浮力)及钢栈桥重力来抵抗上游水流、漂浮物冲击力及风荷载对栈桥的倾覆力,其次覆盖层与岩面的摩擦力可以增大栈桥抗滑力,可保证栈桥的整体稳定性。但该锚固方案需考虑在该非通航河道可能存在旅游船通行需要,故钢管桩底部覆盖层混凝土高度不宜超过2 m,为保证钢栈桥在施工水位(+35.0 m)时的稳定,可以增大覆盖层混凝土底部面积。最终确定在横桥向两根钢管桩底部设置高度2 m,长度8.47 m,宽度3.63 m的覆盖层混凝土,具体尺寸如图3所示。

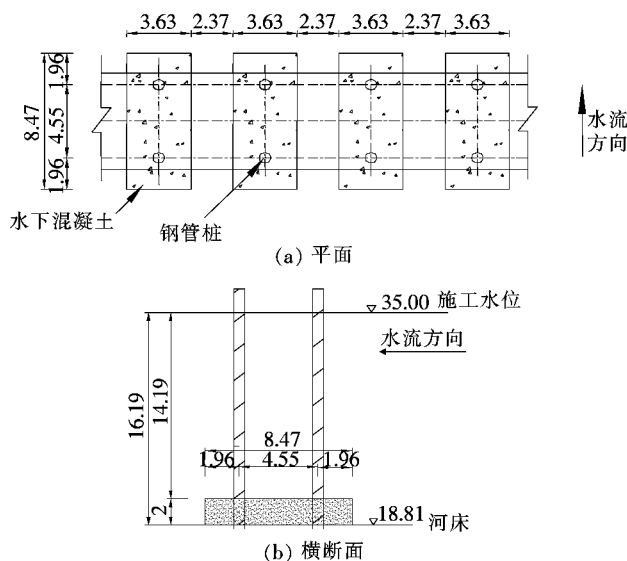


图3 覆盖层混凝土断面示意图(单位:m)

3 方案计算

3.1 技术参数选取

施工水位处于+35.00 m以下时,栈桥上车辆正常通行,实际水位超过该水位时,桥面禁止车辆通行,发生洪水时,考虑栈桥结构被淹没。按照最不利控制设计原则,选取施工水位最深位置栈桥结构作为研究对象(3#桥墩位置栈桥),河床标高为18.81 m。根据运输车辆所处位置与施工水位,选取计算工况如下:

工况1:运输车辆位于栈桥跨中。

工况2:运输车辆位于栈桥墩顶。

工况3:洪水淹没栈桥。

栈桥为材料设备运输通道,不得作为除施工车辆以外运输车辆的通道,因此通行车辆荷载有:10 m³混凝土搅拌车(满载)50 t,50、70 t履带吊、50 t吊车,各车辆均不同时通行,其中栈桥通行车辆中70 t履带吊对栈桥影响最大,履带横向间距取2.5 m,履带接地长度4.5 m,履带宽76 cm。桥宽6 m,拟计划中间4 m过车,两侧1 m为人行通道,人群荷载取3.5 kN/m²。

作用在栈桥结构上的水流冲击力:

$$F_w = KA[\gamma v^2 / (2g)] \quad (1)$$

式中: γ 为水的重度(kN/m³),取 $\gamma = 10$ kN/m³; v 为水的流速,取 $v = 1.46$ m/s; A 为阻水面积(m²); g 为重力加速度,取 10 m/s²; K 为结构形状系数,取 $K = 0.8$ 。

发生洪水时,考虑栈桥全部淹没,上部结构阻水面积按封闭考虑。计算得: $F_1 = 0.54$ kN/m(钢管桩); $F_2 = 0.38$ kN/m(枕梁、纵梁与桥面槽钢); $F_3 = 0.14$ kN/m(纵向横撑、斜撑); $F_4 = 6.19$ kN/条(覆盖层混凝土)。

3.2 正常使用状态下的计算结果

为了研究分析栈桥结构各构件在各工况荷载作用下的受力特性,采用有限元软件Midas对栈桥进行模拟。各构件采用梁单元模拟,枕梁与钢管桩顶部、枕梁与纵梁均采用铰接,钢管桩底部与水下混凝土底部约束竖向向下位移、横向位移与纵向位移。根据GB50017—2017《钢结构设计规范》中3.1.5条规定,工况1、2荷载组合相同,仅作用位置不同,对两个工况荷载作用下的强度与刚度进行验算。由于栈桥结构为对称结构,为减小计算工作量,工况1选取一跨栈桥进行模拟,工况2选取两跨栈桥模拟。

在工况1荷载作用下栈桥结构最大位移位于纵梁

跨中位置,最大位移为 $14.3 \text{ mm} < 6\,000/250 = 24.0 \text{ mm}$,刚度满足要求;在工况 2 作用下,栈桥结构最大位移位于枕梁跨中位置,竖向最大挠度为 $7.7 \text{ mm} < 4\,550/250 = 18.2 \text{ mm}$,刚度满足要求。

在工况 1 荷载作用下,栈桥结构最大正应力位于桥面分配槽钢上,为 $193.3 \text{ MPa} < [\sigma] = 215 \text{ MPa}$;在工况 2 荷载作用下,栈桥结构最大正应力也位于桥面分配槽钢上,为 $207.3 \text{ MPa} < [\sigma] = 215 \text{ MPa}$,即工况 1、2 荷载作用下栈桥结构的强度满足要求。在工况 1 荷载作用下,除桥面槽钢外栈桥结构最大正应力位于纵梁跨中,与最大竖向位移位置吻合;在工况 2 荷载作用下,除桥面槽钢外栈桥最大正应力位于枕梁跨中,与最大竖向位移位置吻合。最大正应力位置与最大位移位置吻合,验证了模型计算的有效性。

3.3 特殊状态下验算

发生洪水时栈桥结构无车辆荷载通行,此外,若钢栈桥钢管桩插入深度不够,主要影响其抗水流冲击时的稳定性,因此工况 3 只验证其在洪水冲击作用下的稳定性。若选取整个锚固施工段的钢栈桥进行计算分析,则计算工程量过大,若仅选取 1 跨钢栈桥进行模拟则无法准确模拟其边界条件,因此按照栈桥实际结构建立 3 跨整体空间模型进行分析计算。

计算结果表明:在洪水作用下栈桥结构不会发生倾覆。具体结果如下:

(1) 工况 3 荷载作用下,钢管桩顶部最大位移为 19.5 mm ,满足规范要求。

(2) 栈桥结构剪应力最大值位于钢管桩根部,为 $15.7 \text{ MPa} < [\sigma] = 125 \text{ MPa}$ 。

(3) 栈桥结构正应力最大值位于斜撑与钢管桩交接位置,为 $121.9 \text{ MPa} < [\sigma] = 215 \text{ MPa}$ 。

综上所述可知:钢管桩在洪水冲击作用下可以保持稳定。

4 锚固施工

4.1 钢套箱制作与下沉

首先采用吸泥机结合潜水员下水作业方式清除河床原有薄弱覆盖层,消除覆盖层混凝土与河床之间的软弱结构面,增大两者之间的摩阻力,提高迎水面抗力。由于河床底坡度较大,为保证套箱模板底部与岩面吻合严密,并具有足够的稳定性,通过测绳测量套箱 4 个角点的河床高程,确定套箱前后高差,通过高差确定套箱的结构尺寸,在保证套箱顶面高程一致的基础

上,岩面较倾斜使得套箱各侧模板高度不同,套箱底口形成“齿口型”,简称“齿口套箱”。齿口套箱现场加工及拼装完成后,用 50 t 履带吊整体吊装下放到指定位置,当模板精确定位好后,由潜水员检查模板着床情况,对四周有小缝隙的位置采用袋装快硬水泥进行堵漏,同时在外围抛填不小于 1 m 的砂夹石,砂夹石抛填方向从上游到下游进行。

4.2 覆盖层混凝土浇筑

通过下放导管浇筑水下混凝土,一次浇筑成型人工覆盖层混凝土。每组钢管桩覆盖层混凝土约 61.5 m^3 ,水下混凝土的流动半径按 4 m 计算,此外考虑到覆盖层为长条形,因此在每组钢管桩底覆盖层混凝土浇筑时设置 3 个灌注点。导管底口距河床底部按 15 cm 悬空计算,初始埋深按 55 cm 考虑,选用 0.8 m^3 小料斗和 10 m^3 混凝土运输车作为集料设备。覆盖层混凝土厚度为 2 m,为保证导管有一定的埋深,混凝土灌注顺利时,一般不随便提升导管,即使需要提管时,提升的高度都应严格控制为 30~50 cm。混凝土浇筑临近结束时,采用测锤全面测出覆盖层混凝土标高,根据测量结果,对混凝土表面标高偏低的测点附近导管增加灌注量,直至所测结果满足要求。

4.3 锚固栈桥运营与拆除

通过对运营期栈桥结构的监控,锚固施工后栈桥使用良好,尤其是 2018 年 7 月湘江下游区域遭遇超过 50 年一遇的洪水时,栈桥结构钢管桩顶部顺水流方向的最大位移位于主桥 3# 与 4# 墩中间位置,即河水最深位置,位移达到 22.5 mm,虽较理论计算值 (19.5 mm) 偏大,考虑到冲击物的冲击力及冲挂在栈桥上的各类杂物造成过水面积的减小等影响,实际情况与理论计算值基本吻合,表明加固后的栈桥经受住了洪水的考验。栈桥拆除按照后安先拆的思路进行,桥面系的拆除为常规拆除,水下钢管桩拆除前由潜水员在水下进行平联的解除工作,底部采用切割方式配合吊车进行拆除。

5 结论

针对裸岩、覆盖层薄、水位高等条件下钢栈桥施工特点,提出采用浇筑水下混凝土、形成人工覆盖层,锚固钢栈桥竖向钢管桩等措施施工得以顺利进行,得到以下结论:

(1) 与利用大型施工平台施工锚固桩加固栈桥的常规做法相比,浇筑覆盖层混凝土锚固栈桥工艺成熟,

体外预应力碳纤维板加固梁桥工程应用

龙钦初, 龙策

(湘潭市公路管理局, 湖南 湘潭 411100)

摘要:该文简要介绍了采用专用夹具锚进行体外预应力碳纤维板加固桥梁的特点、原理及施工要点,并结合具体工程实例,探讨了该型夹具锚进行体外预应力碳纤维板加固桥梁工程的应用。

关键词:体外预应力碳纤维板; 夹具锚; 桥梁加固

随着汽车工业的飞速发展,一方面客、货运车辆数量不断增加;另一方面单台车辆的载荷能力不断提高,公路运输客、货物周转量与日俱增。为与之相适应,公路工程技术标准不断修订,桥梁设计荷载等级标准由最初的汽车—10级、拖车—60级,修订到现时的公路—Ⅱ级、公路—Ⅰ级。对于既有桥梁,一是随着运营时间的延续,逐渐趋近于其设计使用年限,二是与桥梁当初设计时的荷载等级标准相比,超负荷运行。故承载潜能相对有限的梁式桥的主要承重构件——梁,出现疲劳损伤的机率越来越大。梁体一旦出现损伤,承载力降低,不能满足运营需要时,拆除重建,固然能一劳

永逸,但资源消耗量大。所以,对既有桥梁进行加固,使其适用现代交通发展需要尤显重要。

1 体外预应力碳纤维板加固桥梁的特点

1.1 体外预应力碳纤维板加固桥梁的优点

该文所述采用专用夹具锚进行体外预应力碳纤维板加固桥梁技术,其优点主要表现在:① 预应力损失小。其有效预应力的保持,完全依靠夹具锚碳纤维板锚具的夹锚能力,不依赖任何胶黏剂的黏结作用,无须考虑辅材老化,耐久性好;② 具有很好的经济技术性。

施工简单、施工难度小、工期短。其次浇筑混凝土覆盖层锚固技术仅增加了混凝土材料成本,无需增加其他设备,经济效果好。

(2) 浇筑覆盖层混凝土锚固栈桥后,栈桥结构在正常使用状态时结构强度、刚度均满足规范要求。

(3) 被洪水淹没后,栈桥不会发生倾覆滑移,理论计算钢管桩顶最大位移为 19.5 mm,发生 50 年一遇洪水时实际桩顶最大位移为 22.5 mm,考虑到漂流物减小了过水面积等的影响,理论值与实际值基本吻合,洪水期间栈桥可保持稳定。

(4) 钢栈桥施工过程中,每次洪水过后,应及时清理冲挂在栈桥上的各类漂浮物,防止其过水面积减小,流水冲击力增大。施工期间应加强监控量测,发现位移增大区域,及时采取相应的补强加固措施。

参考文献:

[1] 潘龙,孙健,周彦,等.青龙湾大桥跨海大型钢栈桥船吊施

工技术[J].施工技术,2016(24).

[2] 胡红波,彭鑫,滕丹.根式基础在密实砂土地区的应用研究[J].中外公路,2018(6).

[3] 伊凯.深水急流裸岩钢栈桥施工技术[J].铁道建筑技术,2016(2).

[4] 王雪岩.桩底锚固技术在钢管桩栈桥施工中的应用[J].北方交通,2013(7).

[5] 李荣.双壁钢围堰支撑体系优化设计研究[J].中外公路,2018(1).

[6] 李二伟,赵少强.浪河特大桥 15 号主墩围堰施工方案研究[J].施工技术,2019(17).

[7] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].

[8] 肖丹.湘江下游水流运动及物质输送的数值模拟研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2017.

[9] GB 50017—2017 钢结构设计规范[S].

[10] 陈富强,田唯,刘占国,等.匹配浇筑混凝土接触面摩擦系数试验研究[J].中国港湾建设,2014(12).

[11] 尹玉林,余昌平,易佳飞.钢套箱水下封底施工技术探讨[J].公路,2019(5).