

# 双曲拱桥加固施工技术

梁 彧

(柳州欧维姆工程有限公司 广西柳州 545005)

**摘要:**以西渡大桥双曲拱桥加固工程为背景,对双曲拱桥产生病害的原因进行了分析,并介绍其加固维修措施。

**关键词:**双曲拱桥 病害分析 加固施工技术

## 1 引言

双曲拱桥因取材方便、工艺简单、施工速度快等优点在20世纪60年代我国桥梁建设中得到了广泛应用,但现阶段仍在服役的许多双曲拱桥已经出现了很多病害和承载能力不足等问题<sup>[1]</sup>。因此双曲拱桥的加固维修便成为一个突出的亟待研究解决的课题。本文通过对西渡大桥病害原因进行分析,提出了维修加固措施。

## 2 桥梁概况

西渡大桥建成于1986年,位于县道X207线南渡—旺庆,桥中心桩号K3+580。桥长150米,桥宽9.5米,上构布置为3×40m三跨双曲拱桥,下构为浆砌片石U形桥台、混凝土重力式墩,扩大基础大桥(见图1)。原设计荷载等级为:汽车-13级,拖车-60。

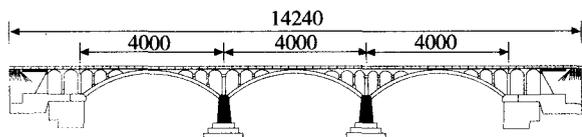


图1 西渡大桥立面图(单位:cm)

## 3 桥梁主要病害及其原因分析

经过现场实地调查、检测,西渡大桥病害主要表现在以下几个方面。

### 3.1 主拱圈

经使用全站仪对主拱圈拱轴线进行实测后,发现主拱圈线型与推定的理论拱轴线较为吻合。但跨中截面附近拱波纵向开裂严重。拱肋局部(第一跨上游侧第一片拱肋1/4跨处)有混凝土脱落、钢筋外露且锈蚀的现象。

跨中拱波纵向桥向的裂缝是由于拱肋间的横向联系刚度低引起的。双曲拱桥试验表明,它与梁

桥一样,当拱肋间无横向联系或横向联系不足时,在车辆荷载作用下,各片拱肋的变形在横桥方向是不均匀的,会使拱波产生纵向裂缝;随着横向联系的加强,各肋间的变形就趋一致。这就说明拱肋之间的横向联系刚度直接影响拱圈的受力均匀和各片拱肋的变形大小。

拱肋、系梁均存在不同程度渗水腐蚀、砼剥落、钢筋锈胀、横向裂缝、砂浆脱落。

经对拱肋回弹碳化测强、保护层厚度测定和钢筋锈蚀测定,推断上构主拱圈拱肋混凝土原设计强度为C30,原桥实际保护层厚度为22~24mm,平均碳化最大深度为3mm,钢筋锈蚀最小电位值为-298mv,说明拱肋钢筋有锈蚀活动性。

### 3.2 立柱和腹孔墩盖梁

腹拱墩立柱与底梁相接处开裂或破碎、立柱根部环向开裂、部分系梁与立柱连接处混凝土脱落露筋。腹孔墩盖梁在支点负弯矩区和跨中正弯矩区均有断开裂缝,裂缝宽均超过容许值,开裂严重(缝宽最大达1mm)。

从整个腹孔墩的病害形式和产生部位来看,主要系由于立柱截面较小,导致腹孔墩刚度较小、墩身抗压和抗弯能力均较差,加上现行重载交通的作用而引起的。腹孔墩盖梁截面尺寸较小、配筋较少,承受不了支点和跨中产生的正、负弯矩,从而产生裂缝。

### 3.3 桥面

桥面水泥混凝土纵、横向严重开裂,裂缝宽度多达1mm~2mm。其纵向裂缝位置与腹孔墩盖梁跨中和支点位置(空腹段)及拱肋、拱波拱顶位置(实腹段)对应。分析桥面空腹段纵向裂缝产生原因主要是因为腹孔墩盖梁在跨中正弯矩区

及支点负弯矩开裂造成的；实腹段纵向开裂则是由于全桥横向整体性较差的缘故；横桥向裂缝主要是由于主拱圈承载力不足和拱上填料出现不均匀沉降所致。

### 3.4 人行道栏杆

栏杆缺失、破损严重，人行道缘石破碎情况也较严重。这与该桥当年的设计标准偏低有着必然的关系。

## 4 维修加固措施

由此可知，西渡大桥原设计荷载等级为：汽车-13级，拖车-60，与现行的设计荷载等级相差较大。结构使用24年后，经现场勘察，主拱圈原混凝土保护层厚度偏小，随着表层混凝土的碳化，大部分钢筋处于锈蚀临界点。另外，由于原桥修建年代较早，受当时建设条件限制，原设计荷载等级低以及原构件设计强度较低，已不能满足现桥梁正常交通通行和结构安全使用需求。同时，由于桥面车辆超载、超重现象严重，加速了该桥结构性裂缝的产生、扩展，使原结构承载力进一步削减，给结构的正常运营存在安全隐患。因此对主拱圈进行承载能力维修加固，提高主要承重构件拱肋的承载能力，加强横向联系作用，增强整体受力，防止因钢筋进一步锈蚀所可能引起的脆性破坏，延长桥梁使用寿命是必要而且重要的。基于此，对大桥进行提载加固，荷载等级提高至公路Ⅱ级，人群荷载 $3.5\text{kN/m}^2$ 。

### 4.1 主拱圈维修加固

主拱圈是双曲拱桥的重要受力构件，当其强度和刚度不足时，往往会引起桥梁的承载能力下降，同时也会引起其他构件的损坏，因此应加固主拱圈，以提高大桥的承载力。

(1) 对系梁、拱肋、拱波混凝土脱落和露筋部位进行修复，其方法是，首先凿除剥落处已损坏的混凝土，使钢筋全部露出，钢筋至少与混凝土保持 $1.5\text{cm}$ 空隙，然后用钢丝刷清除钢筋及混凝土表面上的锈迹、灰尘。由于原钢筋锈蚀较为严重，在原钢筋上绑扎不小于原钢筋直径的补强钢筋。为了加强新老混凝土之间的粘结力，在清洁好的混凝土及钢筋表面均匀地涂上一层环氧浆液，然后用环氧砂浆进行施压修补。

(2) 对系梁、拱肋、拱波混凝土裂缝（宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ ）进行灌浆处理，其方法是，首先对裂缝进行现场检查及标注，然后进行清缝及裂缝表面处理，粘贴灌浆嘴及裂缝表面封闭，通过压气试验检查裂缝封闭的密闭性，灌注混凝土裂缝修补注浆料，待浆液固化后拆除灌浆嘴，最后涂混凝土裂缝修补胶封闭。

(3) 主拱肋通过三面外包 $15\text{cm}$ 厚C40混凝土增大原截面（见图2），达到提高原主拱肋的承载能力，新增部分钢筋混凝土通过植筋方式与原结构形成整体；原横系梁底面外包混凝土增大截面。另外，拱肋与拱座连接处增设牛腿，改善连接处应力分布，同时，加强拱肋与拱座的整体受力。通过植筋方式将拱肋主筋预埋入拱座中。

图3为植筋工艺流程<sup>[2]</sup>。



图2 主拱圈外包混凝土全景

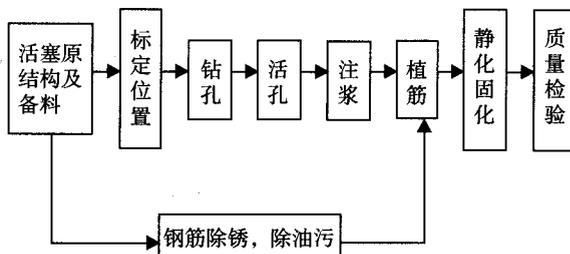


图3 植筋工艺流程图

### 4.2 桥墩（台）立柱、腹孔及墩盖梁维修加固

(1) 对桥墩（台）立柱、腹孔及墩盖梁混凝土裂缝（宽度 $\geq 0.15\text{mm}$ ）进行灌浆处理。

(2) 对腹孔墩盖梁侧面进行粘贴钢板加固，其方法是：在混凝土结构上划线定位，对混凝土及钢板界面处理：将加固面的混凝土凿毛，凿毛深度达到骨料新面，并形成平整的粗糙面，

表面不平处用尖凿轻凿整平,再用钢丝刷刷毛。并将钢板上将与混凝土的粘合面用钢丝刷磨机进行除锈和糙化处理。然后钻孔植埋螺栓,并依据现场植埋的螺杆,对待灌注的钢板进行配套打孔。在混凝土与钢板中间放置3mm垫片,将钢板套在螺栓上进行调整水平和固定,保证钢板与混凝土表面的间隙在3mm,以确保灌注质量,避免局部脱空、缺胶。焊接钢板接缝,完成钢板安装。配制钢板封边胶,对钢板进行封边处理,将注入胶嘴粘结在钢板的注入孔上,在钢板边缘插入排气管,在膨胀螺栓头上罩上盖碗,然后用钢板封边胶封闭钢板边缘,完成封边。待钢板封边胶达到固化强度,再通气试压以检验钢板的封边良好。最后用压力泵以0.2~0.4MPa的压力将盛于压力罐中的粘钢灌注胶经塑料导管从注入嘴灌注到钢板和混凝土的空隙中,压力保持稳定,当排气孔冒出浆液时停止加压,用钢板封边胶堵住排气孔,再以较低压力维持约10分钟,或灌注工作持续到所有排气孔均有胶液流出。在灌注过程中,用橡皮锤敲打钢板以确认是否灌注密实。注胶施工结束后,进行72小时静置养护。经检验确认钢板粘贴固化密实效果可靠后,去除所有注入嘴和排气管,并清除钢板表面污垢和锈斑,对外露钢板进行防腐处理涂装(见图4)。

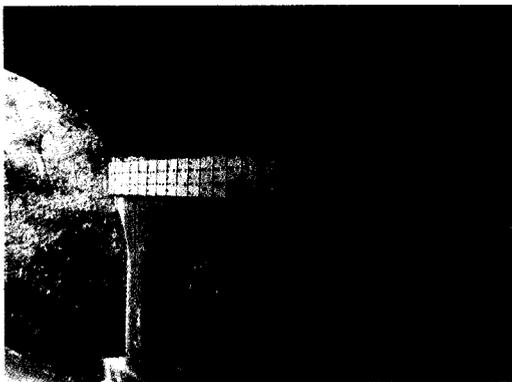


图4 腹孔墩盖梁粘贴钢板全景

### 4.3 桥面系改造加固

(1) 采用LC20轻质混凝土换填原拱上填料,减轻主拱圈的自重,增强主拱圈横向整体性。由于双曲拱桥的受力特性和本桥的特点,拆除、重做桥面系和拱上填料时遵循分层对称均衡的原则,其中拱上建筑拆除严格按设计卸载程序

进行。若拆除拱上建筑不当,可能使拱的压力线严重偏离拱轴线,使某些截面弯矩过大,造成截面破坏或使拱圈失稳。挖除桥面铺装层(原油面、灰土层),由中孔中心对称向两桥台卸载。在桥两侧及桥孔下搭建支架,以木板搭建平台,用于人工作业和作为小车运送石块及建筑垃圾的车道。在卸载量大的就近位置及桥墩台处安装提升机运送物料,以下各工序拆除物均由此途径运走。挖除填料由中孔中心对称向两桥台卸载。拆除过程中需注意如下几点:施工对称、均衡,严格按卸载程序进行。桥梁任何部位施工拆除不准伤及主拱圈,不准将拆除石块往下扔,尽量减小振动,以免造成不必要的损坏,拆除完毕后清扫主拱圈顶,用水清洗干净。拆除同时设专人负责观测、检查各部位情况,认真做好施工拆除记录,发现问题及时采取措施。拱顶回填、桥面系重做则反之。并随时观测施工跨及相临跨四分跨、拱顶的挠度、横向位移及构件裂缝,以免主拱圈受力状态发生不利变化。

(2) 由于原台后未设置搭板,台后填料发生不均匀沉降。故对原台后填料换填碎石,并增设台后搭板,保证台后与原路基平顺衔接。

(3) 考虑到原栏杆缺失、破损严重,且安全高度不够。对原栏杆进行更换。

## 5 结语

双曲拱桥由于修建年代较早,且当时设计荷载等级低,以及自身结构缺陷,在几十年超设计荷载作用下,已多数破损待加固维修。加固维修双曲拱桥有许多方法,可根据加固维修的要求、病害种类、病害产生的原因及严重程度选择加固维修措施。西渡大桥主要以提高结构承载力和结构整体刚度为目的,采用主拱肋外包混凝土,结构加厚补强,拱上填料换填卸载减轻自重等加固维修措施。经验算,提高了桥梁承载力,能满足公路-II级荷载要求,达到了预期目的。

### 参考文献

- [1] 刘静波,冯强.混凝土双曲拱桥病害与加固研究[J].交通标准化,2010,(17):111-113.
- [2] JTG/T J23-2008,公路桥梁加固施工技术规范[S].2008.