

谈20m、25m跨实腹式石拱桥拱圈施工监理质量控制

池 巍

(南昌有色冶金设计研究院, 江西南昌 330002)

〔摘要〕对两座石拱桥拱圈砌筑及其支、拆模等施工监理工作内容做了详细论述,力求做到通俗易懂,便于施工监理。

〔关键词〕小石子混凝土砌片石;小石子混凝土砌块石;浆砌面料石;拱圈

中图分类号: TU712.2 文献标识码: B 文章编号: 1004-4345(2004)02-0094-05

A Discussion on Construction Supervision and Quality Control of 20m, 25m-span Arch Circle of Solid-Spandrel Stone Arch Bridge

CHI Wei

(Nanchang Engineering and Research Institute of Nonferrous Metals, Nanchang, Jiangxi, China 330002)

Abstract The construction supervision on building, form erecting and removing of arch circle of 2 stone arch bridges are described in detail in an understandable way in this paper with the aim of offering help for construction supervision.

Keywords Scree concrete building slabstone; scree concrete building lumpstone; grouting surface chipped stone; arch circle

建筑是石头的史书。在我国一千多年前就有了石拱桥,它有着悠久的历史。石拱桥独特的造型和优美曲线,给人以美的享受。石拱桥在我国的山区较常见。建造石拱桥需要大量的石材,而山区恰恰有着丰富的石材。在山区建造石拱桥来取代钢筋混凝土桥,可节约大量的水泥、钢材和建设投资。

实腹式石拱桥构造比较简单,施工方便,但自重较大,常用于跨径在20m以下的拱桥。一般将矢跨比 $f_0/l_0 \geq 1/5$ 的拱称为陡拱;矢跨比 $f_0/l_0 < 1/5$ 的拱称为坦拱。

百年大计,质量第一。在工程重大事故时有发生的今天,人们应对工程质量给予足够重视。监理工作目的是规范施工单位施工行为,要求施工单位按规定施工程序办事;上道工序验收合格后,方可进行下道工序施工。俗话说得好:“外行看热闹,内行看门道”;“打铁还需自身硬”。只有具备丰富设计、施工和测量等方面知识的监理人员,才能在监理工作中发现施工存在问题,并能及时解决问题。

1 工程概况

两座跨河石拱桥位于浙江02省道西延改建工程第九合同段昌化附近。河水水位和流速受季节影响很大。

1.1 设计方面

20m跨坦拱石拱桥桥宽为22.5m,桥长为34.2m,桥中心桩号为K100+918,其主要技术参数为:净跨径 $l_0=20$ m,净矢高 $f_0=3.33$ m,矢跨比 $f_0/l_0=1/6$ 。桥拱圈为实腹式结构,其厚为75cm,用C20小石子混凝土砌筑片石而成。桥拱圈的两边均设有护拱,护拱脚高为1.85m,其顶坡度为1:5,用C15小石子混凝土砌筑片石而成。在桥宽中心线设了一道2cm伸缩缝将桥台身、拱圈一分为二。桥拱圈顶上侧墙高度为0.85m。

25m跨陡拱石拱桥桥宽为22.5m,桥长为42.2m,桥中心桩号为K102+436.5,其主要技术参数为:净跨径 $l_0=25$ m,净矢高 $f_0=6.25$ m,矢跨比 $f_0/l_0=1/4$ 。桥拱圈为实腹式结构,其厚为80cm,用C20小石子混凝土砌筑块石而成。桥拱圈的两边均设有护拱,护拱脚高为

收稿日期:2003-12-23

作者简介:池 巍(1962—),男,浙江人,工程师,全国注册监理工程师,主要从事结构设计与监理工作。

3.03m,其顶坡度为1:3,用C15小石子混凝土砌筑片石而成。在桥宽中心线上设了一道1m宽缝将桥台身、拱圈一分为二,相当于两座平行石拱桥,其1m宽缝上搁置预制板,做绿化带用。桥拱圈顶上侧墙高度为1.331m。

台身、拱上侧墙和拱圈通过特制的五角石连接。面料石拱圈是用多块梯形拱石用水泥砂浆砌筑而成。梯形拱石是用一块料石直接加工而成的。拱上侧墙顶宽为0.7m,向下逐渐加厚,外坡垂直,内坡为4:1,用C20小石子混凝土砌筑片石而成。桥的两边为实体C30钢筋混凝土防护栏。在石拱桥两边拱脚处,沿拱脚上方铅垂方向分别设了一道2cm伸缩缝,其贯通桥宽、拱上侧墙和防护栏。伸缩缝内用沥青麻絮填塞。为了美观,在桥台身、拱圈和侧墙外露部分均用M10水泥砂浆砌料石,并用水泥砂浆勾凸缝;对隐蔽面随砌随刮平。

1.2 施工方面

自备柴油发电机1台,搅拌机2台,振动棒4根,施工用水采用洁净溪水。

拱圈底模采用了木模,其上钉三合板。拱圈外侧模采用料石。拱圈采用满布支柱式木拱架,其支柱间距小,结构简单且稳定性好,适合于流速小、不受洪水威胁、不通航的河道上使用。木拱架的加工、制作简单,架设安装方便,在工地上不需要复杂的工具和设备就可以把拱架建造好,但耗木材较多。拱架分上下两部分,上部为拱形木桁架,下部为木支架,上下部之间设置卸落设备。

20m跨石拱桥拱架施工恰是雨季,为防洪将钢桁梁或贝雷梁与水流方向平行设置,并置之于桥下混凝土独立基础短柱(临时设施)上固定,拱形木桁架下立木柱架设在钢桁梁或贝雷梁上,木立柱为 $15 \times 15 \text{cm}^2$,其间距为1.5m;木立柱均设了水平木撑和斜木撑;拱形木桁架间距为1.38m。

25m跨石拱桥拱架施工是枯水季节,拱形木桁架下立木柱直接架设在河床岩石层上,木立柱为 $\phi 16 \text{cm}$,其间距为1.55m,立柱均设了水平木撑和斜木撑,拱形木桁架间距为1.32m。

2 拱圈的支、拆模监理工作

(1)要求模板及其支撑应具有构造简单,装拆方便的同时,又应具有足够的强度、刚度和稳定性,能可靠地承受新浇筑混凝土的重量和侧压力,以及在施工过程中所产生的荷载,以免浇筑混凝土时发生

模板变形。模板标高及其各部分形状尺寸和相互位置要满足设计要求。模板内杂物应清除干净,木模板表面应浇水湿润。

(2)木模加工后要防止太阳暴晒,在使用前的2~3h内要洒水浸透,以免浇筑混凝土后模板吸水变形,影响结构的设计几何尺寸和表面平整度。木模使用前都要在模板内侧表面涂刷隔离剂,并保持其有效性;模板接缝必须严密,不得漏浆。

(3)拱架受荷后,即产生弹性变形和塑性变形,因而拱架顶面有所沉落。为使拱圈在修建完成后拱轴线符合设计要求,施工时必须在拱架上预加拱度。石拱桥拱顶总预加拱度 δ ,当无可靠资料时,可按 $L/400 \sim L/800$ 估算,其中: L 为拱圈计算跨径。其它各点预加拱度值 δ_i 按二次抛物线变化计算。 $\delta_i = 4\delta x(l_0 - x)/l_0^2$ 式中: x 为以拱脚为原点的横坐标; l_0 为净跨径; δ 为拱顶总预加拱度。

(4)要求按设计图纸上的尺寸加各点预加拱度值在地上放出1:1的拱圈大样,然后按照大样制作拱架。

(5)拱架的节点构造应力求简单,制作时应采用最简单的接榫。对受力较大的节点,可用硬木夹板或铁夹板穿以螺栓连接,对于受力较小的节点也可用扒钉连接。卸架设备采用组合木楔,它是由三块楔木和一根螺栓组成,常用于跨径在40m以下的满布支柱式拱架。

(6)拱支架的支点必须放在坚实的地基上,以确保拱架稳定不变形。

(7)对拱架进行全面检查,注意支撑是否稳固,杆件接头是否紧密,并校核模板顶面的标高。模板标高经检查合格后,即用经纬仪测定桥中线,由桥中线放出拱圈边线,并在模板上画出墨线,用钢尺校核拱腹线长度。

(8)拆模顺序采取先支的后拆,后支的先拆;先拆上部,后拆下部。底模支撑应对称、均衡拆除。用撬棍时,为不伤混凝土棱角,可在撬棍下垫以角钢头或木垫块。

(9)为了使拱圈由支承在拱架上的状态逐渐地转变为受力状态,拱架必须逐渐均匀地脱离拱圈。否则拱圈骤然受力,可能发生裂缝。拱架卸落必须待拱圈混凝土强度达到设计标号的70%以上后进行,一般应从拱圈挠度最大点(拱顶)开始,从拱顶向拱脚对称地,逐渐地将卸架设备按一定数据值降落完毕后,

再从拱顶开始第二次降落,如此从拱顶向拱脚依次循环卸落,直至拱架完全与拱圈脱离为止。沿桥宽方向的各片拱架应当同时按同一程序进行。

3 小石子混凝土砌片(块)石拱圈监理工作

拱架变形将改变拱轴线的形状,在拱架变形突变的地方,将引起拱圈开裂。合理的砌筑方法将使拱架受力均匀,变形也均匀。

连续砌筑法是按拱圈的全厚和全宽由拱脚两端开始连续对称地向拱顶砌筑。当跨径较大时,若采用连续砌筑法,则在砌筑拱脚一段时,必然因拱石重力而使该段拱架下沉,拱顶部则受两边拱石重力的挤压而向上拱起。当连续砌筑到拱顶时,拱顶部拱架转为下沉,拱跨 $L/4$ 处拱架拱起,使拱圈轴线偏离设计轴线过多,增加拱圈内力,或引起灰缝开裂。对跨径较大拱圈砌筑(不论用何种拱架施工)一般采用每半跨均分成三段砌筑,即先砌拱脚段和拱顶段,后砌 $1/4$ 跨径段,两半跨应同时对称砌筑。但对跨径过大拱圈砌筑除采用分段砌筑外,必要时也可对拱架预加一定压力。预压砌筑是在砌筑前在拱架上预压一定重量的片(块)石,以防止或减少拱架弹性和非弹性下沉的砌筑方法。它可以有效地预防拱圈产生的不正常变形和开裂。

20m跨坦拱和25m跨陡拱施工均采用连续砌筑与拱顶预压相结合,即先在拱顶堆放片石或块石对拱架施加压力和砌拱脚段拱,后砌 $1/4$ 跨径段拱,最后砌拱顶段拱,在拱顶堆放的片石或块石应随撤随砌。这样同时在纵横向从拱脚向拱顶连续、对称、均衡地砌筑,最后拱顶合拢。它既克服了连续砌筑拱架突变形导致的拱圈开裂,又克服了分段砌筑先砌拱顶拱圈的困难(尤其是陡拱),片(块)石立不稳易下滑,且砌筑用的小石子混凝土易流失影响拱顶段拱圈质量。它不仅保证拱架受力合理和变形均匀,而且使施工质量得到了保证又方便了施工。

3.1 事前控制

(1)用来砌筑拱圈的片石、块石、碎石和水泥等原材料应满足规范要求(对原材料内在质量,施工方应提供有关检测报告。)

(2)片石和块石使用时必须经挑选(进行外观检查),无裂纹及夹层,不得使用风化岩。

(3)片石拱圈:片石应基本呈块状,有两个面,其中部厚度不宜小于150mm。片石尺寸在200~400mm

左右,每块片石重量约为20~30kg左右。填充小石块尺寸为70~150mm左右,数量约占片石总量的20%。

(4)块石拱圈:块石厚度20~30cm,形状大致方正,宽度约为厚度的1~1.5倍,长度约为厚度的1.5~3倍。当拱圈为一层块石砌筑时,块石高不得小于拱圈厚度。

(5)小石子混凝土中粗骨料碎石最大粒径不宜大于2cm。

3.2 事中控制

(1)小石子混凝土的材料配合比,应经试拌试验决定,水灰比不应大于0.65。小石子混凝土拌和物应具有良好的和易性,坍落度:片石砌体为5~10cm;块石砌体为7~10cm。

(2)小石子混凝土拌和后2~3h内应使用完毕,不允许加水重塑。

(3)片、块石在使用前必须浇水湿润,表面如有泥土、水锈应清洗干净。

(4)在拱架上用小石子混凝土砌片(块)石拱圈,如果施工顺序不对,拱架下沉变形,会引起已砌灌好的片(块)石砌体的开裂,为使拱架受力对称、均匀和变形小,因此要求:

①在拱架下沉量最大的地方(拱架顶部),先用片(块)石预压一定重量,使应该产生的下沉及早发生。

②在曲面上用小石子混凝土砌片(块)石拱圈时,应从较低(拱脚)处向较高处(拱顶)砌,这样后灌缝的小石子混凝土的自重和振捣作用使小石子混凝土向低处流动,且能使先灌缝的小石子混凝土密实。

(5)拱圈施工时应在拱脚、拱顶片(块)石两侧及可能出现裂隙处临时设置空缝(变形缝)。有关空缝的设置和填塞应满足下列有关要求:

①空缝宽度:砌片石为4~7cm;砌块石为5cm。可以将C20级混凝土块或小石块等插入块插入空缝以保持缝宽,其数量及尺寸不应过多、过大,以保持缝宽为度。为保证空缝的宽度,当拱圈跨径 ≥ 16 m时,轴压较大的拱脚部位附近的空缝宜用铸铁块垫隔;轴压较小的其他部位的空缝可用C20级混凝土块垫隔。空缝的填塞,应在砌缝混凝土强度达到设计标号的70%后进行,填塞时应分层捣实。

②用于空缝两侧的拱石,靠空缝一面应加工凿平成规则形状。

③全部拱圈浇筑完以及卸拱架前,应完成空缝填浆工作,填空缝混凝土应使用C20及C20以上半干

硬性小石子混凝土。所有空缝的填浆和捣实应自两拱脚逐次向拱顶对称进行填塞,也可所有空缝同时填塞。

(6) 监理对现场拌制的小石子混凝土质量,实行现场随机抽取小石子混凝土试件。每工作班取二组试件。每组小石子混凝土试件取3个150mm×150mm×150mm立方体。

(7) 应先砌面料石拱圈的拱石,定位拱桥宽,以确保片或块石拱圈宽,然后再砌筑片或块石拱圈。

(8) 片(块)石拱圈砌筑应先在可能变形拱脚等留设空缝、拱顶堆放片(块)石和砌拱脚段,后砌1/4跨径段,最后砌拱顶段,在拱顶堆放的片(块)石应随撤随砌。这样同时在纵横向从拱脚向拱顶连续、对称、均衡地砌筑,最后拱顶合拢。

(9) 砌筑片(块)石拱圈时,应先将砌筑面拱底模加以清洗、湿润,然后从拱脚逐行往拱顶砌筑片(块)石。片(块)石间应小石子混凝土饱满,片(块)石不得直接贴靠或脱空。在此同时,辐射缝两侧相邻两行片石间灰缝应互相错开(同一行内上下层灰缝可不错开)。块石间错缝搭接长度 $\geq 8\text{cm}$,避免出现单纯的灰缝。

(10) 当用小石子混凝土砌片或块石时,其砌缝宽度分别为4~7cm或 $\leq 5\text{cm}$ 。

(11) 片石坦拱拱圈砌筑:砌筑片石应将不同形状的片石经过适当的选配结合,彼此以最小空隙和间距相互衔接嵌挤成一体。对片石间的较大间隙者应先填小石子混凝土,然后用碎石块填实,不准先摆石片、碎石,而后塞填小石子混凝土。当片石高度不如拱圈厚时,可分层环砌筑片石。第一层片石拱圈应先在拱底模上均匀摊铺3~5cm厚度的1:3水泥砂浆(为了拆模后拱底美观),选用较大片石,片石砌筑最好竖直,片石应将大头朝上,小头朝下,并选用片石较大面朝向拱轴方向并与拱轴垂直。在立砌时,片石下端凸角可略加锤敲打平,并以水泥砂浆及小石块填满缺口。对不甚陡的辐射缝,应先在侧面已砌片石上铺小石子混凝土,再放片石挤砌;辐射缝较陡时,可在片石间先嵌入木条或小石块,再分层用小石子混凝土灌缝,然后用插入式振捣棒捣实。使用振捣棒应快插慢拔。从拱脚纵横向同时向拱顶连续、对称、均衡地用小石子混凝土砌筑片石,使片石高出混凝土面10~15cm,以便与第二层片石拱圈错缝咬码(相邻上下层间片石应犬牙交错)。第一层片石拱圈拱顶留一空隙暂时不合拢。第一层片石拱圈砌筑完

并养护数日后,砌缝混凝土强度达到1.2MPa时,再砌筑第二层片石拱圈,如此循环直到片石拱圈全部砌筑完毕,最后一次拱顶合拢。相邻上下层片石拱圈接触面应按施工缝处理,在施工缝处应先铺上10~20mm厚与混凝土成份相同的水泥砂浆一层。片石拱圈厚度不易控制,因此,砌筑时片石可略高于拱背,以保证拱圈的有效断面。

(12) 块石陡拱拱圈砌筑:在拱脚至拱跨1/4点附近段砌筑时,先在底下块石面上铺上一层厚薄均匀的小石子混凝土,然后将上面块石压下,借石料的重力将其压紧,并在灰缝上加以插捣和用木锤锤击块石,直至其表面出现浆液为止。在拱跨1/4点附近砌筑时,先在已砌好块石侧面用力抹上一层小石子混凝土,然后将块石向抹有小石子混凝土的侧面用手挤压,并加以插捣和用木锤锤击块石使浆挤出。在砌筑跨长1/4点至拱顶一段时,先安砌块石,并在块石间塞填料木片形成固定缝宽,然后在灰缝隙中灌以小石子混凝土,加以插捣,使之密实。

(13) 片或块石铺砌应在纵横向保持对称、平衡,并应随时注意观察和测定以控制拱架和拱圈的变形情况,必要时对砌筑程序或预压片或块石量进行调整,以控制拱圈的变形。

(14) 封拱合拢温度应符合设计要求,设计无规定时,封拱合拢宜在接近当地年平均温度或5~15℃时进行。

(15) 必要时可对凸出拱背的片(块)应粗凿之使拱背面应大致平顺。拱背面的砌缝可随砌随抹平。

3.3 事后控制

施工完后,应在12h以内用草帘等加以覆盖和浇水养护;浇水次数应能保持混凝土有足够的润湿状态;视水泥种类及气候情况,在7~14d内应加强养护,养护期一般不得少于7昼夜。如当日平均气温低于5℃时,应覆盖保温,不得向混凝土面上洒水。

4 浆砌面料石拱圈监理工作

4.1 事前控制

(1) 石材应质地坚实,无风化剥落和裂纹。

(2) 要求按设计图纸上的尺寸在地上放出1:1的拱圈大样,然后按照大样、灰缝宽和拱石宽制作梯形拱石。拱石的辐射缝应垂直于拱轴线。拱石宽度通常为30~40cm,拱石高等于拱圈厚度。

(3) 加工面料石时,修凿面每10cm长须有鑿路4~5条,正面凹陷深度 $\leq 1.5\text{cm}$ 。

(4)砂的最大粒径不宜超过2.5mm。

4.2 事中控制

(1)所用砂浆的材料配合比应经试拌试验决定。砂浆应有良好的和易性,其稠度值当用标准圆锥体沉入度表示时为5~7cm。

(2)人工拌和砂浆时,应将砂和水泥在干净、不漏水的槽内彻底拌和,直至拌和物有均匀颜色,然后加入适量的干净水应能使其形成结实的可塑体。砂浆拌和后2~3h内应使用完毕,不允许加水重塑。

(3)监理对现场拌制的水泥砂浆质量,实行现场随机抽取水泥砂浆试件。每工作班取一组试件,每组水泥砂浆试件取6个70.7mm×70.7mm×70.7mm立方体。

(4)料石在砌筑前应清除污泥,以免妨碍料石与砂浆的结合,要求料石在砌筑前应充分润湿,以免料石吸收砂浆中的水分。

(5)浆砌料石的灰缝宽度为1~2cm。

(6)对辐射缝为0°~30°的砌缝砌筑时,先在底块拱石面上铺上一层厚薄均匀的砂浆,然后将上面拱石压下,借石料的重力将其压紧,并在灰缝上加以插捣和用木锤锤击拱石,直至灰浆表面出现水膜为止。对辐射缝为30°~60°的砌缝砌筑时,先在已砌好拱石侧面用力抹上一层砂浆,然后将拱石向抹浆的侧面用手挤压,并加以插捣和用木锤锤击拱石使浆挤出。对辐射缝为60°~90°的砌缝砌筑时,先安砌拱石,并在拱石间塞填料木片形成固定缝宽,然后在灰缝隙中灌以砂浆,加以插捣,使之密实。

(7)拱圈施工时应在拱脚、拱顶石两侧及可能出现裂隙处临时设置空缝。有关空缝的设置和填塞应满足下列有关要求:

①外露面的空缝宽度为1~2cm,但当拱圈石为粗料石时,为便于砂浆的填塞,可将空缝内腔宽度加大至3~4cm,以便填浆。可以将M20水泥砂浆块或小石块插入空缝以保持缝宽,插入块数量及其尺寸不应过多、过大,以保持缝宽为度。

②在拱圈砌筑完和卸拱架前,应完成空缝填浆工作,填空缝砂浆应使用M20及以上或体积比1:1的半干硬水泥砂浆,砂子宜用细砂或筛除较大颗粒的中砂。所有空缝的填浆和捣实应自两拱脚逐次向拱顶对称进行填塞,也可所有空缝同时填塞。

(8)拱石应从拱脚向拱顶对称、平衡地铺砌,并应随时进行观察和测定拱架和拱圈的变形情况,以便采取相应措施防止拱圈过大变形。

(9)砌体外露面应进行勾缝,并应在砌筑砂浆未凝固时靠外露面预留深约2cm的空缝,备作以后勾缝之用。

4.3 事后控制

砌完后,应视水泥种类及气候情况,在7~14d内洒水润湿,加强养护。

5 结束语

通过两座石拱桥拱圈的施工监理实践,现将其监理实践经验进行总结,为以后的监理工作提供参考。

【参考文献】

- [1] 庞长锋,刘秋生,彭永楠.建筑工程质量管理.第2版[M].唐山:天津科学技术出版社,1996.
- [2] 李宇峙.工程质量管理[M].北京:人民交通出版社,1999.
- [3] 王奎杰.建筑施工验收[M].北京:中国环境科学出版社,1998.