

文章编号: 0451-0712(2006)05-0081-05

中图分类号: U445.72

文献标识码: B

宜宾马鸣溪金沙江大桥加固

黄 勇, 张佐安, 李远达, 张 军

(四川路桥建设股份有限公司大桥分公司 成都市 610071)

摘 要: 介绍宜宾马鸣溪金沙江大桥维修加固的设计、施工方法及效果。

关键词: 箱形拱桥; 维修加固; 设计; 施工

1 马鸣溪金沙江大桥概况

四川省宜宾市马鸣溪金沙江大桥为钢筋混凝土箱形拱桥。主孔净跨径 $L_0=150\text{ m}$, 净矢跨比 $f_0/L_0=1/7$, 拱圈截面高度为 2 m ; 引孔净跨径 $L_0=65\text{ m}$, 净矢跨比 $f_0/L_0=1/8$, 拱圈截面高 1.3 m ; 拱圈截面横桥向均由 5 片预制拱箱构成, 拱圈截面宽 7.6 m ; 桥梁全长 244.97 m 。该桥位于宜宾市柏溪县城边, 是连接宜宾市至圉坝以及川云中路上的咽喉工程, 于 1979 年竣工通车, 在我国建桥史上有重要的影响, 其总体布置见图 1 所示。

该桥经过 24 年的运营后, 在 2003 年有关部门组织下对该桥进行了全面检测, 存在以下主要病害。

(1) 主拱拱背纵向开裂。在宜宾岸下游侧, 8 号和 9 号横墙(靠拱脚的为 1 号横墙, 向拱顶方向编号

增大)之间的边箱与中箱的接缝位置出现纵向开裂, 裂缝表面宽度在 0.5 mm 以上; 在靠近实腹段至 $L/4$ (L 为跨径)的拱背中部出现纵向裂缝, 裂缝宽度在 0.2 mm 以内。

(2) 主拱拱腹横向连接钢板锈蚀已基本脱落, 降低了主拱圈的整体性。

(3) 拱脚排架立柱根部环向和竖向开裂。环向裂缝主要是由于桥面肋板纵梁支撑条件较差, 导致立柱受水平力过大造成的。立柱垫梁混凝土出现大量的网状收缩裂缝。

(4) 主跨两侧 8 号、9 号拱上横墙, 引桥 1~4 号横墙横向中部竖向开裂, 裂缝延伸至拱背, 裂缝宽度在 0.2 mm 以上。

(5) 桥面肋板纵梁和人行道挑梁及拱上立柱混

收稿日期: 2005-09-14

参考文献:

- [1] 邵旭东. 桥梁设计百问[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [2] 范立础. 桥梁工程(第二版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.

- [3] 姚玲森, 程翔云. 钢筋混凝土梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1982.
- [4] JTJ D62-2004, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

Design and Reinforcement Calculation of New Type Bracket

LI Dong, ZHANG Zhe

(School of Civil and Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: According to the study on the mechanical behavior of traditional bracket for suspended girder structure, a more rational new type bracket is presented. Using the ANSYS software to analyze the tensile failure of the new type bracket, an ideal design of the new type bracket is expounded.

Key words: suspended girder structure; skew bracket; structural design; reinforcement calculation



图1 宜宾马鸣溪金沙江大桥总体布置

拱圈加固从拱脚至拱顶实腹段交界处,采用拱背加厚 15 cm 的 C40 混凝土补强,拱背加厚混凝土的另一目的是增强拱圈的横向连接;拱脚拱背植入 26 根 $\phi 25$ 钢筋,植入深度平均为 80 cm, $\phi 25$ 钢筋纵向主筋从排架垫梁和横墙钻孔通过,同时,在实腹段内植入 40 cm 锚固长度。为保证新旧混凝土的结合,新旧混凝土的结合面采用凿毛并涂界面剂。为使新旧混凝土共同参与受力,在原拱圈的顶面采用植筋方法,植入 $\phi 12$ 的钢筋,钢筋沿拱圈纵横向以 30 cm 间距布置,植入深度为 15 cm,在预制拱箱之间的填缝处植入深度为 50 cm。在拱圈的每一个横隔板处设一道横向碳纤维布,碳纤维布为一层,尺寸为 500 mm \times 7 600 mm。对拱圈的 3L/8 截面至拱顶截面,在 40.8 m 范围内拱腹采用粘贴一层纵向碳纤维

布的方法,总共粘贴5片,碳纤维布尺寸为1 000 mm×40 800 mm,以增强拱圈的横向连接。

2.2.2 主桥排架

排架立柱根部靠近垫梁处有环向裂缝和竖向裂缝,裂缝宽度都大于0.1 mm。采用对裂缝进行封闭后用2层碳纤维布环包的方法进行加固。立柱下部垫梁混凝土出现大量的网状收缩裂缝,裂缝宽度都小于0.05 mm,采用对裂缝封闭的方法进行弥补。盖梁与桥面板接触部位混凝土大部分已被压碎、脱落,对裸露的锈蚀钢筋除锈后,用环氧砂浆进行填实修复。

2.2.3 主桥横墙

主桥两侧8号、9号拱上横墙横向中部竖向开裂,裂缝已延伸至拱背,裂缝宽度大于0.2 mm。先封闭裂缝,再用8 mm厚的钢板进行U包。

2.2.4 主桥面肋板

采取的措施是全部换板,新桥面肋板形式与原桥形式一样,板厚由12 cm增至14 cm,桥面横坡通过调整桥面肋板纵梁高度来实现。每孔桥面板分两块预制,中间为40 cm湿接缝。在桥面板下增设橡胶支座,其规格为180 mm×200 mm×28 mm,并在其下增设调平钢板,保证橡胶支座受力不受桥梁纵坡的影响。

2.2.5 引桥

将桥面以下的填料换成C15片石混凝土。横墙的中部出现贯通裂缝,与主桥的横墙相似,采用的加固方法相同,即先封闭裂缝,再用8 mm厚的钢板进行U包。

2.2.6 桥面铺装

采用10 cm厚的钢纤维防水混凝土,并用 $\phi 12$ 钢筋设置间距为10 cm×10 cm的桥面铺装钢筋网。在桥面板跨缝间加密钢筋网($\phi 16$)成为桥面连续。

2.2.7 伸缩装置

将原伸缩装置换成FD50型伸缩装置,全桥共4道,因为原伸缩装置已经破坏,在桥台和主桥实腹段采用植筋的办法布置伸缩缝预埋钢筋。

2.2.8 宜宾岸桥台开裂

其处理方法与主桥横墙裂缝处理方法相同。

2.2.9 人行道系

为减小拱圈受力和考虑美观的要求,将原桥的混凝土栏杆更换为轻型复合钢栏杆。

3 维修加固的施工

3.1 封闭裂缝

对宽度在0.1 mm以下的裂缝,用角磨机切割割片在裂缝处开V形槽,用专用裂缝灌注胶在其表面进行反复涂抹,使胶料渗入裂缝内,达到对裂缝的封闭弥补。对于大于0.1 mm的裂缝采用壁可法(恒定低压)压浆,具体操作步骤如下。

(1)根据设计单位提供的检测资料,用红油漆将实际裂缝位置标注出来。

(2)用空压机及钢丝刷将裂缝附近的灰尘及杂物清除干净。

(3)采用手提式切割机沿裂缝方向每隔30~40 cm在垂直裂缝中心切割“V”形槽,切缝深为20~30 mm,长为40~50 mm,用高压气体将切缝内灰尘吹净,然后在切缝中心用胶液和水泥拌制成的胶泥粘贴压浆嘴,胶泥不能堵塞压浆嘴及切缝孔道,再用胶泥沿裂缝方向(宽50~60 mm)封闭裂缝,待封闭胶泥达到一定强度后,即用MY-111型压浆机压注浆液。压浆顺序由低至高,逐孔压注,压注压力控制在0.2 MPa左右(裂缝愈细、深度愈深时,其压注压力应适当提高)。当高孔位有与化学胶液同稠度的液体溢出时,封闭有胶液溢出的高孔位压浆嘴,稳压5 min,再封闭压浆孔,移至上一孔位继续压注。操作时压浆机内一次装入药量不超过1.5 kg。

3.2 修复拱圈缺陷

用人工凿除拱圈腹板外表面明显涨裂及松散的混凝土,用钢丝刷将外露钢筋表面除锈,经监理工程师检验合格后,用环氧砂浆将凿除混凝土的部位填平,并封闭外露钢筋,同时在表面涂刷有机硅或丙烯酸涂料进行防护。

3.3 拱背加固

3.3.1 拱背钻孔植筋

(1)钻孔。

孔径为32 mm的眼孔(对应植 $\phi 25$ 钢筋)平行于拱背,孔径较大,采用HIL-TI型钻机;孔径为18 mm(对应植 $\phi 12$ 钢筋)和22 mm(对应植 $\phi 16$ 钢筋)的眼孔垂直于拱背,孔径较小,采用喜利得TE系列电锤成孔。

(2)植筋。

用钢丝刷清刷孔壁,用高压气体清除孔内杂物,保持孔内干燥。用植筋枪将药剂从底部压入孔内,药剂灌入深度为孔深的2/3。调整好钢筋角度,并用手握住钢筋外露部分,缓慢旋转地插入孔内,以保证孔内药剂与钢筋、孔壁结合密实,无气泡。植筋先做试验,合格后进入正式施工,施工时分批次、间隔钻孔、

植筋,每批孔数不超过 10 个,孔径为 18 mm 和 22 mm 的眼孔按梅花形布置,待植筋药剂达到设计强度后再施工下一批孔。根据垫墙、横墙眼孔深度和实际成孔轴线位置确定 $\phi 25$ 主筋分段下料长度,然后将主筋从拱背垫梁、横墙眼孔一对一的穿过,主筋分段接头采用绑条焊,植入的钢筋弯钩需钩住主筋,并与主筋焊接。

3.3.2 拱背补强混凝土浇注

(1)首先在拱背混凝土表面均匀地涂刷一层 YJ-302 界面剂,界面剂用量按 $3 \text{ m}^2/\text{kg}$ 控制。

(2)模板安装:共加工 2 套,每套共 4 块,由拱脚对称安装。安装时以每块为单位进行混凝土浇注,第 1 块浇注完成后安装第 2 块模板,相邻块安装间隔时间不超过混凝土的初凝时间。

(3)混凝土浇注:混凝土采用商品混凝土,由运输罐车直接运到施工现场泵送至模板内,由拱脚向跨中对称浇注。

3.3.3 拱腹粘贴碳纤维布

(1)构件表面处理:将原横隔板横向连接钢筋表面除锈,增补的钢筋与之双面焊接。定出横向、纵向粘贴碳纤维布的设计尺寸,凿除粘贴范围内的拱腹表面混凝土浮浆,并用 2 m 长的标准靠尺检查横向平整度,做到不大于 2 mm。

(2)涂底胶:底胶用排刷反复在粘贴表面涂刷均匀,使其浸入混凝土内部,增强粘贴效果。

(3)用找平胶对构件表面修补平整。

(4)贴碳纤维布并形成复合材料:粘贴胶用排刷在粘贴表面反复涂刷,直到均匀为止。将碳纤维布平铺在粘贴面上,用罗拉(滚筒)、塑料刷贴紧碳纤维布反复拖动,使粘贴胶充分与碳纤维布结合、浸润,直到碳纤维布表面平整度 $\leq 1 \text{ mm}$,空孔率 $\leq 5\%$ 时为止。

(5)刷表面防护胶:表面防护胶用排刷在粘贴表面反复涂刷,主要是防紫外线和雨水浸湿。

3.4 主桥排架粘贴碳纤维布及加固缺陷混凝土

先对需要加固的排架表面进行清洁处理,把原结构面打磨平整,露出结构新面,倒角处打磨成圆弧状。涂抹树脂类粘贴材料,粘贴碳纤维片材料要逐层进行,多次滚压形成复合材料,贴完后用丙烯酸涂料做表面防护处理。

对桥面梁肋纵梁与排架横墙接触面的破损混凝土,在拱圈上搭设钢管脚手架,作为施工平台,人工清除胀裂混凝土,对外露锈蚀钢筋用钢刷进行人工

除锈,在破损处涂刷一遍环氧胶作为粘合剂,再用环氧砂浆填补平整。

3.5 横墙加固

在对主桥和引桥横墙的裂缝处理后,用墨线标出其粘贴钢板的范围,并对钢板进行下料、钻定位眼孔及压浆孔。在粘贴钢板相应的眼孔位置按照钻孔植筋的办法钻螺栓眼孔,并把螺杆利用植筋胶植入眼孔内,深度为 15 cm。待达到强度后,利用钢刷刷除表面油垢物,利用水枪冲洗,对粘合面进行打磨,直至完全露出新面,并用空气压缩机清除粉尘,同时对钢板进行打磨,直至露出金属光泽,打磨纹路与钢板受力方向垂直,再用棉纱沾丙酮清擦干净。利用植入的螺栓将清洁后的钢板锚固于设计位置,用灌缝胶水拌和水泥封闭钢板四周和膨胀螺栓眼孔,并粘结压浆嘴。待封闭的水泥胶水达到强度后由下至上从压浆嘴开始灌注粘贴钢板专用胶。其方法与裂缝灌注相同,直至最顶部的压浆孔有胶水溢出,压注饱满时为止。当注胶达到强度后,剔除压浆嘴,最后对外露钢板进行防腐处理。

3.6 桥面肋板的预制和安装

肋板单块重 17 t,长 6.6 m,宽 3.5 m(未计挑梁 1.75 m 宽)。根据现场实际情况,预制场布置在北岸(靠宜宾的一岸)引道上,采用常规预制方法预制桥面肋板。考虑到工期紧(不能采用无支架安装设备),施工过程中要保证留出人行通道,大吨位吊车不能上桥进行吊装施工,并且肋板横桥向只有两块,而且要保证从桥上通过的天然气管道正常运行等因素,制定了以下安装实施方案。

(1)新旧肋板采用轨道和平车完成运输。

(2)施工顺序采用先安装上河肋板,再安装下河肋板。从桥上通过的上河挑梁上的天然气管道在安装前必须移到下河挑梁上。在安装完成上河肋板后,下河人行通道和天然气管道移到上河新肋板挑梁上,再进行下河肋板的安装。

(3)肋板安装按照拆除一块原桥面肋板后接着再安装一块新的桥面肋板的顺序进行,拆除的旧肋板运到南岸引道上处理。

(4)肋板的拆除和安装采用自行设计的运梁架来完成,见图 2 所示。运梁架长 14.5 m,宽 4.2 m,高 2.5 m。因考虑肋板上带有悬出挑梁,故将运梁架的承重立柱设计为活动的,在必要时可拆去立柱的下半部,满足桥面肋板能顺利进出运梁架内。

(5)桁架纵向移动和横向移动采用轨道配合卷

扬机完成。

成,见图2所示。

(6)肋板提升采用4台100 kN的手动葫芦完

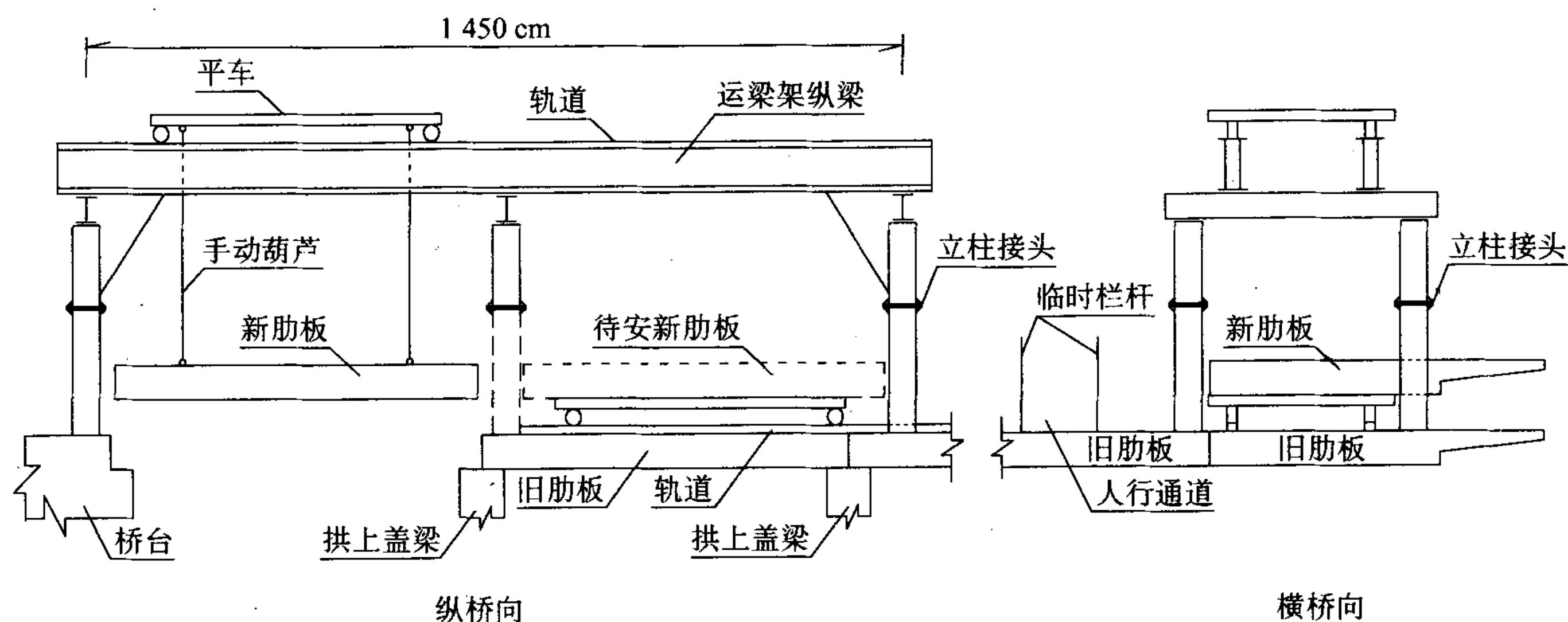


图2 桥面肋板拆除和安装示意

3.7 桥面及人行道系的施工

桥面及人行道系按照常规方法进行施工。

整时的冲击作用较为显著。桥跨结构动力性能较好,满足设计及规范要求。

4 维修加固后的试验

经过上述方案维修加固后,由西南交通大学结构工程试验中心对该桥进行了静载试验和动载试验,得到以下结论。

(1)全桥经过效率系数为0.85~1.02的静载试验,实测挠度校验系数介于0.62~1.09之间,应力结构系数多介于0.47~1.10之间,除个别峰值外,基本在合理的范围。桥跨结构强度及刚度满足设计荷载(汽车—20级、挂车—100)要求。

(2)对桥跨结构的动载试验表明:主桥结构竖向一阶频率 $F_1 = 1.914$ Hz,横向一阶频率 $F_1 = 0.918$ Hz,主拱结构竖向阻尼比 $D_1 = 0.007 6$,横向阻尼比 $D_1 = 0.010 6$ 。主拱圈的行车冲击系数介于1.03~1.34之间,冲击作用较为明显,跳车冲击系数介于1.09~1.67之间,说明桥跨结构在桥面不平

5 结语

宜宾马鸣溪金沙江大桥原桥在2004年5月至10月期间维修加固后,经过试验检测,各项技术指标均达到了设计要求,于2004年11月1日开放交通,目前运营情况良好。该桥加固维修的实践证明,所采用的加固设计与施工方法是可靠、可行的,可供类似工程借鉴。

参考文献:

- [1] 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院. 宜宾马鸣溪金沙江大桥维修加固工程施工图设计[Z]. 2003.
- [2] 中国建设部加固规范管理委员会. 钢筋混凝土结构植筋锚固技术规程(征求意见稿).
- [3] CECS146:2003,碳纤维片材加固混凝土结构技术规程[S].