

旧桥实施廊桥改造技术研究

高杰

(福建船政交通职业学院,福州 350007)

摘要:我国许多早期修建的钢筋混凝土桥现已无法满足交通需求,进行拓宽改造以便继续通行代价不菲,而拆除重建又甚为可惜,将其进行景观改造不失为一种可行的方法,原有桥梁得到充分利用的同时也保留了其文化价值。以某大桥进行廊桥改造为例,根据旧桥的基本情况和实际需求提出了改造思路,在现场调研和检测的基础上评定了旧桥的技术状况,并对其承载能力进行了计算分析。以此为基础提出并优化了新建廊桥上部结构的设计方案,进一步根据该设计方案拟定了旧桥的加固方案,最后对病害处治、旧桥加固和廊桥施工等实施措施进行介绍。研究成果可为此类桥梁的改造提供借鉴。

关键词:旧桥;廊桥改造;病害处治;加固

中图分类号:TB115

文献标志码:A

引言

随着我国社会经济状况的不断提升以及城镇化进度的快速发展,早期建设的许多旧桥由于荷载等级偏低以及桥面宽度不足等诸多原因已逐渐无法满足现有的交通需求,如何进行有效再利用成为一项新的课题。在旧桥整体情况良好的状况下,若经济条件许可,则通常的做法是以维修、加固、拼宽等改造方式继续维持桥梁在交通、景观以及作为历史文物等方面的各项价值。但当前大量的文献主要是从受力原理、材料要求、工作程序以及评价方法等方面进行普及性的介绍^[1-5],而对旧桥实施具有针对性的专项改造方案的内容仍然较少。在此以某地旧桥实施廊桥改造为工程研究背景,对旧桥的技术状况进行检定,进一步提出廊桥设计方案和加固措施,最终拟定相应的改造施工方案,为类似的桥梁改造提供参考和借鉴。

1 旧桥工程概况

某大桥修建于1957年,原为木面桥,后于1978年1月改建为钢筋混凝土装配式T型梁桥,如图1和图2所示。桥梁总长178.4m,跨径组合为:8×22.30m,桥面宽度9.1m=1.0m(人行道)+7.1m(车行道)+1.0m(人行道)。桥面铺装为8cm厚钢筋混凝土。上部结构横向布置为5片铰接T梁,T梁高1.34m;每跨设置7道横隔板,横隔板厚15.5cm。下部结构中0#台、1#墩、7#墩、8#台采用砌石台(墩)身及钢筋混凝土台(墩)帽,2#墩~6#墩采用钢筋混凝土墩身及钢筋混凝土墩帽。由于缺乏竣工资料及相关设计图纸,原桥设计荷载未知,但结合工程经验,参考同年代桥梁荷载等级,预估为汽-10,拖-31。

2 改造思路

由于旧桥桥面宽度与设计荷载等级均已无法满足

收稿日期:2017-06-14

基金项目:福建省教育厅科技项目(JA14375;JA15664)

作者简介:高杰(1966-),男,福建平潭人,副教授,高级工程师,主要从事桥梁检测、加固及耐久性能方面的研究,(E-mail)3114018@qq.com

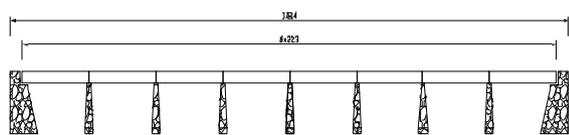


图1 旧桥立面示意图(单位:cm)



图2 改造前旧桥状况

现行交通发展的需要,当地政府决定对其实施改造。考虑到旧桥具有一定的历史文化价值,并不提倡对其进行简单地拆除重建,但旧桥各部件的尺寸与现有新建桥梁相比差异较大,若将其进行加固拓宽扩建不仅建造成本高、施工难度大,而且实际使用效果也未必见好^[6-7]。综合以上原因,在旧桥上另拟新址重建大桥,而对旧桥实施廊桥改造设计,以便使其在保留原有结构特点和文化价值的同时,还能继续发挥其人行及景观功能。

由于旧桥使用年限已久,运营状况不明,且进行廊桥改造相当于原桥荷载状况发生变化(主要荷载由原桥自重+汽车荷载+人群荷载改变为原桥自重+新建廊桥荷载+人群荷载),因此无法直接进行改造设计和施工,故拟按以下思路对原桥进行改造:

(1)对旧桥进行现场踏勘及检测评定,查明其技术状况以及现存承载能力。

(2)进行桥梁上部新建廊桥部分的设计以及优化,以改善结构受力状况并减少其新增外荷载。

(3)根据新增外荷载,选择适当的加固措施,并对加固后桥梁的承载力进行计算和复核。

(4)针对旧桥病害状况、加固措施,提出新建廊桥结构的维修改造措施。

3 旧桥技术状况评定

3.1 外观检查

3.1.1 桥面系

桥面铺装 90% 面积磨光露骨;存在局部凹槽和一条

纵向裂缝;全桥在伸缩缝处有泥沙阻塞,后浇带局部破损;栏杆存在多处局部破损、混凝土剥落现象,并有多处栏杆缺失;全桥人行道板存在多处破损和开裂,人行道挑梁混凝土剥落露筋锈蚀严重;部分排水孔堵塞,部分泄水管损坏。

3.1.2 上部结构

全桥所有主梁均存在开裂现象,检查裂缝宽度最大值为 0.35 mm,共 37 片主梁(占 92.5%)的裂缝宽度最大测读值大于 0.2 mm;裂缝均位于腹板两侧,翼缘板未见开裂,底板仅发现少量小于 0.1 mm 的裂缝;第一至八跨均发现主梁翼缘板湿接缝渗水;全桥主梁存在不同程度的蜂窝孔洞等病害。

3.1.3 下部结构

0 号台和 8 号台有不同程度的青苔和渗水,台帽上支座位置杂土覆盖,8 号台左侧锥坡灌木丛生,勾缝脱落,砌体破损;1 号至 7 号墩均有不同程度的青苔和渗水,盖梁上杂土覆盖,3 号墩盖梁右下缘有 1 处混凝土胀裂,露筋锈蚀;全桥可见支座全部锈蚀。

根据《公路桥涵养护规范》JTG H11-2004^[8]及检查结果,老桥完好状态等级评定为 D 级,即该桥处于不合格状态。

3.2 承载能力分析

根据《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015^[9]、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62-2004^[10]以及《公路桥梁承载能力检测评定规程》JTG/T J21 2011^[11]的要求,在对 T 梁进行荷载初步分析后,需进行承载能力和变形的计算复核。限于篇幅,在此仅列出主梁承载能力计算和分析过程。

考虑到进行改造后桥梁为景观廊桥,则所取荷载主要为原桥结构自重和人群荷载,其中人群荷载标准值按专用人行桥梁计取 3.5 kN/m²,而荷载组合则按 1.2 倍永久荷载加上 1.4 倍可变荷载计。由于各跨 T 梁截面和配筋状况均相同,因此其承载能力也相同,计算结果见表 1 和表 2。限于检测条件限制,构件梁端抗剪承载能力未考虑弯起钢筋作用,计算结果偏于保守。

表1 主梁正截面抗弯承载力验算结果

荷载	最大正弯矩 /(kN * m)	构件		规范 限值 < 1.05
		承载力 /kN	比值	
结构自重	744			
人群荷载	271	1371	0.93	满足
荷载组合	1272			

表 2 主梁斜截面抗剪承载力验算结果

荷载	支座剪力 /kN	构件承载力/kN	比值	规范限值 < 1.05
结构自重	161			
人群荷载	60	305	0.91	满足
荷载组合	277			

4 新建廊桥结构设计

4.1 方案设计

由表 1 和表 2 可知,在仅考虑原桥结构自重和人群荷载的作用下,虽然主梁尚能满足要求,但其承载能力富裕度已经很小,无论是抗弯还是抗剪均不足 10%,故进行新建廊桥结构设计必须尽量选择轻质材料,并进行结构和布局的优化,以减小新增的自重^[12-13]。

综合考虑经济及技术因素,新建廊桥主体结构采用木结构,其中柱、梁、栏杆及地板等构件采用甲等原始杉木,木雕刻构件采用小叶香樟木,屋面及屋顶主体采用青瓦。新建廊桥结构按对称布置于 T 梁上方,桥跨间拟设置自重较轻的走廊,所产生的跨中弯矩较小,而桥墩上方设置自重较大的观景凉亭,荷载可以直接由桥墩传向地基而将由此导致的跨中弯矩减至最小。考虑到墩顶将因此受到较大的集中压力,故在此处设置底檐梁架,以改善局部受压状况。通过以上方案的优化使旧桥改造所需额外提高的承载力降至最低,改善结构受力状态的同时也减少了工程造价。新建廊桥结构的立面布置如图 3 所示,图 4 为跨中 4 号桥墩顶部自重最大(最不利)的廊桥上部结构断面。

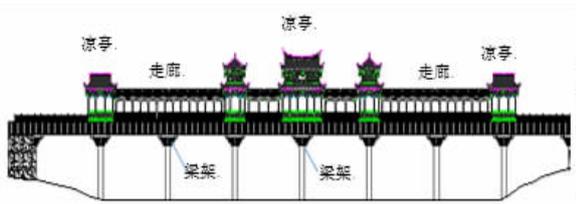


图 3 廊桥立面布置图

4.2 荷载验算

将新建廊桥结构的作用施加于桥梁各跨 T 梁的各个节点上,并将其分解为廊桥柱底轴力。采用 midas civil 软件以梁格法对 T 梁进行建模分析,所建模型和所受柱底轴力如图 5 所示。

计算时人群荷载取值同上,而廊桥荷载为永久荷载,荷载组合仍取 1.2 倍永久荷载加上 1.4 倍可变荷载。各跨 T 梁计算结果见表 3 和表 4。

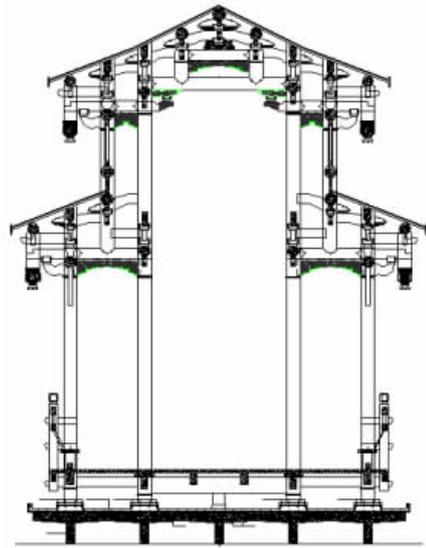


图 4 跨中 4 号墩顶廊桥横断面布置图

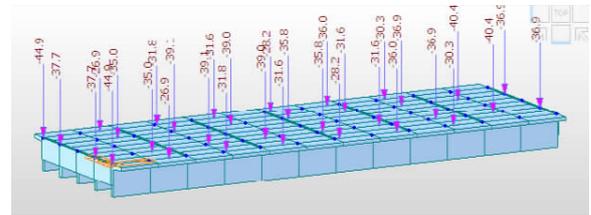


图 5 midas civil 有限元模型

表 3 各跨主梁正截面抗弯承载力验算结果

桥跨	最大正弯矩 / (kN * m)	构件承载力/kN	比值	规范限值 < 1.05
一、八	1320		0.96	满足
二、七	1577	1371	1.15	不满足
三、六	1571		1.15	不满足
四、五	1682		1.23	不满足

表 4 各跨主梁斜截面抗剪承载力验算结果

桥跨	最大剪力 /kN	构件承载力/kN	比值	规范限值 < 1.05
一、八	323		1.06	基本满足
二、七	365	305	1.2	不满足
三、六	393		1.29	不满足
四、五	406		1.33	不满足

由表 3 和表 4 可知,尽管对新建廊桥结构的方案进行了优化,但仅有第一跨和第八跨主梁的承载能力基本能满足要求,而其他跨的作用均已远超其承载能力,其中最不利为第四跨与第五跨,由于 4 号桥墩上方布置的观景凉亭自重最大,导致所受弯矩超过承载能力 23%,而所受剪力超过承载能力 33%。因而必须对二~七跨进行加固。

4.3 加固设计

梁式桥加固常用的方法有施加体外预应力、增大截

面、更换主梁、粘贴钢板以及碳纤维加固等,分别适用于不同的场合^[14]。考虑到本桥进行加固后所需提高的承载能力不高,且采用碳纤维加固基本不增加结构尺寸及自重,耐腐蚀、耐久性能好,采用适当的施工方式还能克服其抗裂和抗变形能力不足的缺陷,故选用此法进行加固^[15]。现以受力最不利的第四(五)跨为例,其余各跨的分析过程均相似。选用厚度为 1.2 mm 的碳纤维板,外覆三层碳纤维布,形成 U 型箍紧箍于 T 梁腹板下缘进行加固,如图 6 所示。

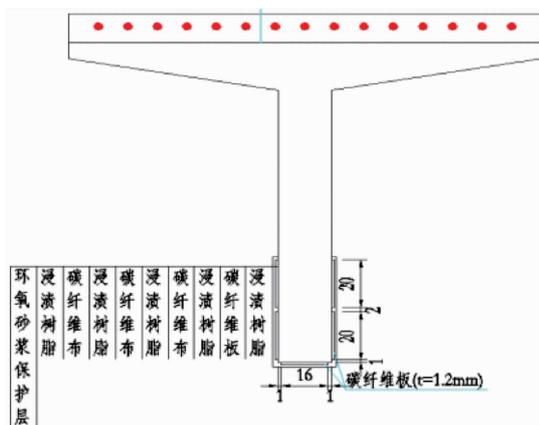


图 6 碳纤维 U 型箍加固设计

采用 midas civil 软件重新计算加固后第四(五)跨 T 梁承载能力,结果见表 5 和表 6。由表 5 和表 6 可知,加固后 T 梁承载力满足规范要求,可见该方案可行。

表 5 第四(五)跨 T 梁抗弯承载力验算结果

桥跨	最大正弯矩 /(kN * m)	抗弯承载力 /(kN * m)	比值	规范限值 <1.05
第四跨	1682	1852	0.908	满足

表 6 第四(五)跨 T 梁抗剪承载力验算结果

桥跨	最大剪力 /kN	抗剪承载力 /kN	比值	规范限值 <1.05
第四跨	406	485	0.837	满足

5 主要维修改造实施措施

在完成加固设计之后,即可拟定详细的廊桥改造实施措施,其包括病害处治、旧桥加固以及廊桥施工三个环节。

5.1 旧桥病害处治

5.1.1 裂缝处理

对旧桥所有宽度大于 0.1 mm 的裂缝进行灌浆,而小于 0.1 mm 的裂缝只需进行封闭。

灌浆处理首先用刮刀将混凝土表面的灰浆和尘土铲去,并沿缝开凿“V”形,用丙酮清洗后使裂缝保持干

燥。然后在裂缝表面每隔 20 cm 左右骑缝粘贴压浆嘴,每条裂缝应保证有一个进浆孔和一个排气孔。用环氧树脂将压浆嘴及裂缝表面封闭严实后进行注浆。缝隙全部注满后进行养护,待浆液固化后,拆除灌浆嘴,并对混凝土表面进行修整。

封闭处理时先将细小裂缝凿成“V”形槽,然后进行清渣、吹风。在封闭裂缝前,用毛刷沿“V”形槽口内均匀涂刷一层环氧基液,再用环氧树脂泥封闭,如图 7 所示。

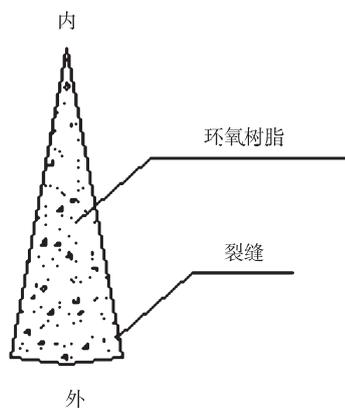


图 7 裂缝封闭处理

5.1.2 混凝土破损修补

按照病害的严重程度,混凝土的破损通常可分两种情况进行处理。如果疏松层较浅并且其面积不大,则只需采用丙乳砂浆填补破损处。但如破损深度超过 6 mm,则必须采用丙乳细石混凝土进行修复。

修补施工如图 8 所示,首先应使用工具将疏松层凿除,并且开凿成规则的多边形,周边呈台阶状,台阶高度宜大于 3 cm,直至露出密实的混凝土,然后进行清洗并将其泡水润湿 1 天。在润湿的情况下涂刷丙乳净浆后,进行搭模现浇丙乳细石混凝土并进行振捣,在模板拆除后用湿麻袋保湿养护 1 周。最后,清洗修补区并保持湿润,用丙乳净浆分批分次涂抹。

5.1.3 钢筋锈蚀区的修复

由于破损而外露的钢筋,要先对外露钢筋除锈,再外涂阻锈剂,最后用丙乳砂浆或丙乳细石砼修补破损处,如图 9 所示。丙乳砂浆或丙乳细石砼的使用方法及注意事项同前。对施工中外露的多余钢筋,应一并处理,以免钢筋锈蚀造成砼裂缝。

5.1.4 桥面系处理

由于旧桥桥面铺装、栏杆系以及人行道部件破损严重,且与廊桥新建上部结构无法有效衔接,故拟直接对其

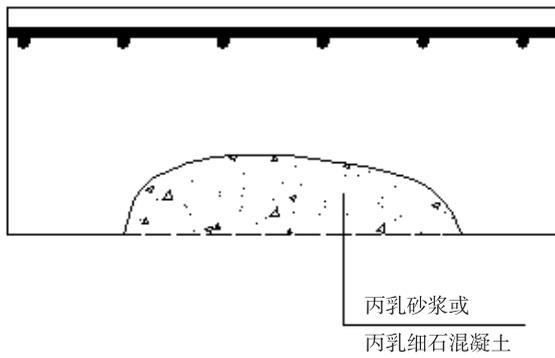


图 8 混凝土破损修补

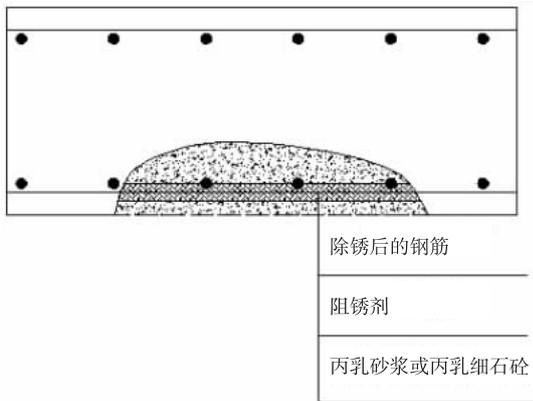


图 9 锈蚀钢筋修复

进行拆除。常用的拆除方法通常包含爆破拆除法、机械拆除法、综合拆除法三种^[16],由于本桥只涉及拆除桥面系结构,故主要以人工配合小型机具进行拆除,其后重新浇筑 8 cm 厚的 C40 防水砼。对旧桥伸缩缝以及两筒支 T 梁衔接处,采用 TST 弹塑体与碎石填充型伸缩缝进行修复。

5.1.5 新老混凝土结合面的施工

在老混凝土表面新浇筑混凝土,必须用钢刷对结合面的杂物和疏松层进行清除,然后将结合面凿毛,通常可做成 5 mm 深度的小坑,坑距 3 mm。其后用清水冲洗,并在结合面涂刷一层厚度为 1 mm~2 mm 的 M15 水泥净浆,(水泥净浆中可加入浆液体积 10% 的丙苯乳液以增强粘结力),随即浇注混凝土。

5.2 旧桥加固处理

采用碳纤维进行加固施工中应注意的是,碳纤维布、板的粘贴应在梁体表面缺陷修补及裂缝封闭后进行,且将 T 梁下缘棱角作圆化处理,圆化半径应满足 $r > 20$ mm。黏贴碳纤维板之前应先按《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23 - 2008)^[17]的要求进行底层处理。胶粘剂应采用专门配制的改性环氧树脂类胶粘剂(A 级胶)。施工时在已处理好的混凝土表面均匀地抹上一层厚度为

0.5 mm~1 mm 胶粘剂,中间厚边缘薄,然后固定好碳纤维布材料,采用滚筒挤压的方式除去胶体与纤维布之间的气泡,使胶体渗入纤维布,浸润饱满。在碳纤维布表面指触干燥后,应立即进行下一层碳纤维布的粘贴。

5.3 新建廊桥施工

由于廊桥主体部分采用木结构,所用木材必须进行防火、防虫和防腐处理,通常可使用木材阻燃防腐剂。使用前首先清理好木材表面,然后选择合适的比例与水进行稀释混合,再使用真空加压法进行处理。木材还应使用熟桐油涂刷,其工艺流程为:基层处理(打磨、填孔、清洁) - 抹腻子 - 打砂纸 - 涂刷三遍熟桐油 - 清理完毕。

对于廊桥木柱与混凝土桥面的衔接,如图 10 所示,在柱底预埋 12 mm 厚的钢板,四周焊接直径 20 mm 的钢筋,中部焊接直径 50 mm 高度 300 mm 的不锈钢管,并采用螺栓十字交叉固定,以此作为预埋件。

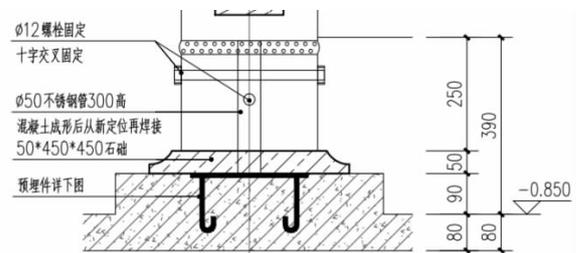


图 10 柱底预埋连接件

其余施工环节可参照现行建筑安装工程有关施工验收规范及木结构的有关规范规定。在此不做详细介绍。改造后廊桥结构如图 11 所示。



图 11 改造后廊桥结构

6 结束语

我国修建于早期的钢筋混凝土简支梁桥为数众多,但随着社会和经济的快速发展,此类桥梁在其整体结构、细部构造、荷载标准等各个方面均与现行规范所要求的技术标准相差较大,勉强进行拓宽改造继续通行或

是简单地拆除重建均非良策,而将其进行景观改造无疑是一条可行的思路。在此综合考虑了旧桥的结构特点和实际需求将其改造为廊桥,首先通过现场调查掌握了旧桥的病害状况和承载能力,然后提出并优化了新建廊桥的设计方案,并据此进行了旧桥的加固设计,最后提出了改造的具体实施措施。这种方式不仅充分利用了原桥结构,保留了其历史文化价值,并且满足了桥梁继续安全使用的功能以及美观效果。至今为止,改造后的桥梁使用已满2年,整体状况良好。

参考文献:

- [1] 吴跃梓,章劲松.多因素影响下的旧桥改造方案的决策[J].安徽建筑工业学院学报:自然科学版,2012,12(6):11-14.
- [2] 刘驰宇.旧桥加宽改造技术应用与计算[J].中外建筑,2016(4):126-129.
- [3] 王茜,王恩营,徐岳.公路旧桥加固设计方法研究[J].公路交通科技,2006,23(4):81-86.
- [4] 王法雨.高速公路桥梁加宽拼接技术[J].公路,2011(7):128-131.
- [5] 董华平.混凝土桥梁加宽改造的结构可靠度分析[D].湖南:湖南大学,2015.
- [6] 张无畏.城市旧桥景观改造设计[J].西部交通科技,2015,101(12):49-52.
- [7] 刘小燕,陈威,曹宇辞.桥梁拓宽加固结构合理刚度设计研究[J].长沙理工大学,2016,30(2):31-35.
- [8] JTG D60 2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [9] JTG H11-2004,公路桥涵养护规范[S].
- [10] JTG D62 2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [11] JTG/T J21 2011,公路桥梁承载能力检测评定规程[S].
- [12] 酒小锋.多跨连续梁景观廊桥运营期变形性能研究[D].陕西:长安大学,2015.
- [13] 王伟,靳国胜,奉龙成,等.大跨径曲线连续刚构桥静载试验及承载力研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2016,29(4):69-73.
- [14] 丛晓辉,张云龙,李杰.旧桥加固方法及其理论的综合阐述[J].吉林建筑大学学报,2016,33(5):8-12.
- [15] 高华国,赵畅,徐凌.碳纤维布预应力施加设备研究与应用[J].沈阳工业大学学报,2016,38(3):344-349.
- [16] 缪锋.旧桥拓宽改造风险评估与控制[J].福建工程学院学报,2016,14(1):10-14.
- [17] JTG-T J23-2008,公路桥梁加固施工技术规范[S].

Study on the Technology of Implementing Corridor Bridge in Old Bridge

GAO Jie

(Fujian Chuanzheng Communications College, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Many of the early reinforced concrete bridges in China are now unable to meet the traffic demand. The cost of Widening Reconstruction to continue to pass is greater, and it is a great pity to demolish and rebuild. A viable way is to carry out the landscape transformation. Through this way, the original bridge was fully utilized while retaining its cultural value. Taking a bridge which has been implemented the transformation of gallery as an example, the transformation idea according to the basic situation and the actual demand of the old bridge is put forward, and the technical condition on the basis of the research and detection is evaluated, then the calculation and analysis to its carrying capacity is carried on. On the basis of this, the design scheme of the upper structure of corridor bridge can be optimized, and the reinforcement scheme of the old bridge can be further elaborated. Finally, the implementation of the disease treatment, the old bridge reinforcement and bridge construction and other measures are introduced. The research results can provide some references for the improvement of such bridges.

Key words: old bridge; implementing corridor bridge; disease treatment; reinforce