

旧石拱桥改造实例分析

陈柳毅

(福建省厦门市公路局,福建厦门 361009)

摘 要:该文通过对某旧石拱桥改造的实例分析,介绍了旧桥使用性能和工作状态的评价方法,阐述了旧桥改造的方案设计、施工步骤及施工注意事项。

关键词:旧石拱桥;改造;方案设计

中图分类号:U448.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)06-0063-04

0 前言

随着国民经济的发展,公路交通的运输量大幅度增长,行车密度及车辆载重越来越大,使公路桥梁负荷日趋加重,尤其是推行托挂运输和集装箱之后,重型车辆日益增多;另一方面,在城市内交通枢纽位置的桥梁,两侧可能会悬挂各类管线,加重桥梁的负担。部分早期设计修建的桥梁既有损伤不断加重,加速了桥梁的老化、破损;特别是修建年代早、设计标准低的桥梁,病害严重,已不能维持正常使用,而只能限速限载通行,甚至不得不关闭交通,严重影响和制约了交通运输和地方经济的发展。旧桥改造既是桥梁使用安全上的需要,也是节省公路养护资金,以较小的投资,取得较大社会效益的需要,从已加固改造好的旧桥来看^{[1][2][3]},这种办法可以提高旧桥的承载能力和改善行车性能,延长服务年限,是桥梁建设可持续发展的一个重要组成部分。本文通过一石拱桥改造的实例分析,介绍了使用性能和工作状态的评价方法,阐述了旧桥改造的方案设计、施工步骤及施工注意事项。

1 工程概况

厦门大桥集美立交匝道上跨206省道集美学村至高崎海堤路段,由于匝道底部高程无法满足集美学村至高崎海堤路段行车净空高度($h=5\text{ m}$),致使该路段车辆通行能力大大降低,特别是集装箱车辆几乎无法通行。而该路段跨越银江的旧桥建设年代久远,路面及人行道损坏严重,特别

是各种管线直接承重于外挑人行道外侧,致使人行道挑梁混凝土剥落,钢筋严重外露、锈蚀,人行道向外倾斜,因此改造该路段刻不容缓。

该旧桥桥梁建于1970年3月,全长72.0 m,桥面净宽9.0 m,上部构造为 $4\times 16.0\text{ m}$ 空腹式悬链线等截面石板拱,旧桥净跨径16.0 m,矢跨比1/6,主拱圈厚度0.65 m,拱板横向宽度9.5 m,腹拱圈净跨径1.20 m,为半圆拱,腹拱圈厚度0.22 m,横墙厚度0.8 m,桥墩宽度2.0 m,桥墩高度4.0 m,实测拱轴系数1.756。旧桥结构如图1所示。

2 旧桥检测及状况评定

旧桥改造、加固提高标准时,承载能力是反映桥梁使用现状的一个重要技术指标,对原桥进行一定的技术检测和分析,确定现有承载能力及潜力,对确定改造方案至关重要^[4]。因此选择对第一跨拱顶、拱脚和第二、三、四跨拱顶控制截面进行试验,对实际结构使用性能和工作状态作出评价,检验该桥梁结构经改造后是否符合汽-20级、挂-100荷载等级的正常行车使用要求。

2.1 承载力验算

拱桥验算材料主拱圈按40#块石、10#砂浆,拱圈容重 24 kN/m^3 ,侧墙及护拱容重 23 kN/m^3 ,拱上填料容重 20 kN/m^3 ,横墙及桥墩容重 24 kN/m^3 ,其中温度变化按升降温 15°C 计算。该桥在降低标高后的荷载(包括两侧水管)及汽-20级、挂-100作用下的控制截面荷载组合见表1。

经计算表明,偏心距均小于允许偏心距,相应轴力均小于允许轴力。

2.2 静力荷载试验

2.2.1 加载工况与试验内容

工况1:检验第一跨拱顶截面最大挠度(分

收稿日期:2006-09-15

作者简介:陈柳毅(1972-),男,福建厦门人,工程师,从事路桥建设管理工作。

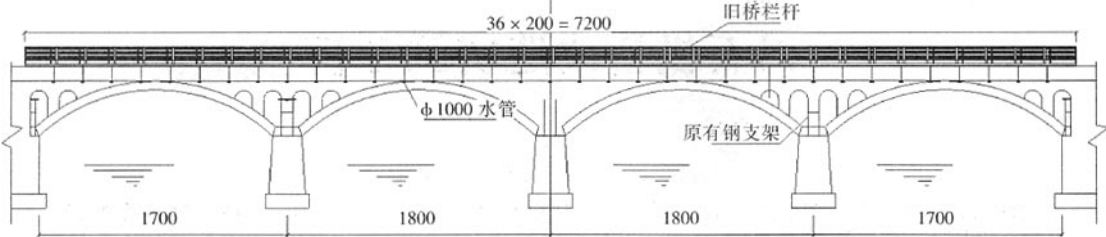
参考文献

[1]姚玲森.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,1998.

[2]朱新实,刘效尧.预应力技术及材料设备[M].北京:人民交通出

版社,2004.

[3]《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)[S].北京:人民交通出版社,2004.



单位:cm

图 1 旧桥原结构图

表 1 控制截面荷载组合

荷载	拱顶				拱脚			
	M _{max} (kN·m)	N(KN)	M _{min} (kN·m)	N(KN)	M _{max} (kN·m)	N(KN)	M _{min} (kN·m)	N(KN)
组合 I	689.2	6257.4	-24.6	5659.6	423.2	7743.0	-1298.2	7447.6
组合 II 升温	415.5	5239.9	-155.5	4761.6	523.2	6293.3	-853.9	6050.0
组合 II 降温	687.2	4772.0	116.2	4293.7	153.9	6095.5	-1223.2	5859.2
组合 III	535.7	5109.0	7.2	4438.1	434.9	6271.7	-1026.2	5643.4

上、下游偏载、中载);工况 2:检验第一跨拱脚截面最大负弯距(中载);工况 3:检验第二跨拱顶截面最大挠度(分上、下游偏载、中载);工况 4:检验第三跨拱顶截面最大负弯距(分上、下游偏载);工况 5:检验第四跨拱顶截面最大挠度(分上、下游偏载)。

2.2.2 试验荷载

试验时选用 2 辆三轴载重汽车,加载车辆轴重及轴距见表 2。

表 2 加载车辆轴重

车号	总重 (kN)	双后轴重 (kN)	前轴重 (kN)	前中轴距 (m)	中后轴距 (m)
1	35.1	280.0	71.0	1.40	3.20
2	35.4	284.0	70.0	1.40	3.20

加载过程中采用分级加载;加载时车辆能准确就位,卸载时车辆以不大于 5 km/h 的车速退出结构试验影响区。

2.2.3 控制截面实测挠度结果分析

对第一跨跨中最大正弯距控制截面挠度值采用拱圈底部安装百分表观测,第二、三和四跨跨中最大正弯距控制截面挠度值采用桥面上下游安装高精度水准仪观测。各跨跨中截面挠度实测值与理论计算值比较见表 3。

从表 3 可以看出,试验荷载作用下,实测挠度值小于理论值,挠度校验系数在 0.57~0.63,桥跨结构具有一定的安全储备,相对残余变位小于 20%,满足《旧桥承载能力鉴定方法》(1988 年 1 月)规定。

2.2.4 控制截面实测应力结果分析

表 3 各跨跨中截面挠度实测值与理论计算值比较

跨	工况	实测值	理论值	η =实测值/理论值	最大残余变位
1	1-1(偏上游加载)	0.91	1.46	0.62	7%
	1-2(中载)	0.89	1.46	0.61	
	1-3(偏下游加载)	0.88	1.46	0.60	
2	3-1(偏上游加载)	0.96	1.59	0.60	3%
	3-2(中载)	0.92	1.59	0.58	
	3-3(偏下游加载)	0.91	1.59	0.57	
4	4-1(偏上游加载)	0.95	1.59	0.60	2%
	4-2(偏下游加载)	0.90	1.59	0.57	
5	5-1(偏上游加载)	0.92	1.46	0.63	5%
	5-2(偏下游加载)	0.90	1.46	0.62	

对第一跨拱脚控制截面最大负弯距利用增加延长杆的加长杆件采用千分表测试应力。第一跨拱脚截面实测应力值与理论计算值比较见表 4。

表 4 第一跨拱脚截面实测应力值与理论计算值比较表

工况	位置	实测值(MPa)	理论值(MPa)	η =实测值/理论值	最大残余变位
2(中载)	上缘	0.386	0.775	0.50	6%
	下缘	-0.472	-1.013	0.47	

2.2.5 裂缝

在第一跨中截面和拱脚截面以及腹拱拱顶砌缝处涂白灰,采用人工目力检查,辅以裂缝显微镜观测。在荷载作用下,该桥主体结构未见明显受力裂缝产生,腹孔拱顶原有的裂缝未出现扩展现象。

3 旧桥改造设计方案

3.1 桥面铺装层改造方案

旧桥检测及状况评定表明该旧桥具有一定的承载潜力,经加固改造,该桥承载能力可以达到汽-20 级、挂-100 荷载等级的正常行车使用要求。因此本次改造利用原桥梁的下部结构,鉴于旧桥桥面净空不足($h=4.79\text{ m}$),故须降低桥面高程,以满足桥面净空要求,确定在不改变石拱桥主要构造(主拱圈、腹拱圈、拱上填料、侧墙)的前提下对主拱圈拱顶以上的建筑进行改造,主要对桥面铺装层及人行道进行改造。设计计算力学模型按全桥为 4 孔无铰拱连拱,两桥台拱脚截面控制设

计,并且考虑最不利组合,负弯距控制设计,对旧桥进行各种施工情况及成桥验算。

(1)原设计方案

旧桥铺装改造方案为凿除旧桥铺装及拱上填料 0.71 m,新建路面结构为:4 cm SMA 沥青混凝土层,25 cm C35 钢筋混凝土层,18 cm C15 素混凝土层及 2 cm 防水层,旧桥桥面设计高程降低 0.22 m。由于旧桥位于厦门大桥桥下,改造后旧桥桥面铺装后可使厦门大桥通行净空由原来的 4.78 m 提高为 5.00 m。与厚 25 cm C35 钢筋混凝土板联成一体预制挑梁、不锈钢钢管栏杆及 199 × 190 cm 的人行道板组成人行道,人行道上铺砌 25 × 25 × 3 cm 彩砖。

(2)修改后的方案

在旧桥桥面铺装改造施工过程中,当凿除旧桥混凝土铺装后,拱上填料为石灰三合土。石灰三合土层经过桥梁的多年通车运营已非常密实、坚硬,而且可以防水,因此采用新建 C15 素混凝土代替石灰三合土层做路面结构垫层,未必可以有效地改善旧桥路面结构。故全桥平均凿除旧桥混凝土铺装及拱上填料 0.54 m,将新建路面结构变更为 3 cm SMA 沥青混凝土,4 cm 中粒式沥青混凝土,25 cm C35 钢筋混凝土。这样既缩短了工期、降低了工程造价,同时保证了施工安全,并满足了桥梁的使用要求。

3.2 管线保护设计

旧桥原人行道板下悬挂各类管线,左侧有 D1000 mm 的原水管;右侧有 D400 mm 的供水管和通讯光缆,荷载均较大,必须采取吊装设计方案加固管线支撑,使各种管线能够安全悬挂;另外在拆除旧桥桥面系(包括旧人行道)时,应采取必要的临时支撑措施,保护各类管线的安全。

(1)左侧管线的保护

左侧的原水管及电力电缆坐落在原旧桥原钢筋混凝土托梁上。原设计将旧托梁凿除,采用新的托梁托住管线。在施工中发现原托梁为桥梁全横断面贯通,凿除困难,而且凿除旧托梁将会破坏旧桥结构,若不凿除旧托梁,则新建托梁无法安装。修改设计后,旧桥原托梁不予拆除,对破损处进行修补,而将原吊装钢筋加工成圆环式,如图 2 所示,全桥左侧共吊装 37 处。

(2)右侧管线的保护

右侧水管原采用间隔 2 ~ 3 m 的钢丝绳吊装于旧人行道上,通讯管线也用若干绳子绑扎在旧桥上,不利于管线的保护。右侧水管吊装设计方案将原吊装装置拆除,用钢筋固住两槽钢,悬吊于新挑

梁上,供水管及 6 根直径 200 mm 通讯光缆同时置于槽钢上,如图 3 所示,全桥右侧共吊装 12 处。

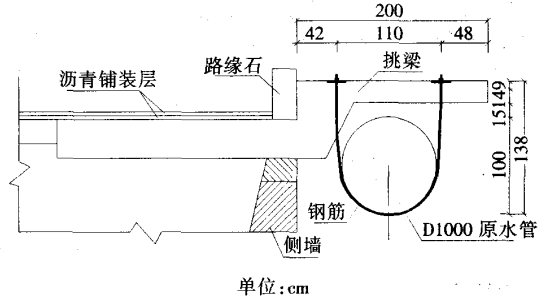


图 2 旧桥左侧水管吊装图

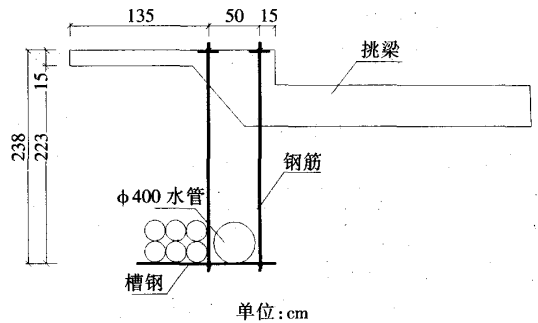


图 3 旧桥右侧水管吊装图

(3)管线的临时支撑系统

当拆除旧桥原人行道板及桥面铺装时,悬吊于旧桥上的水管由于失去支撑,可能会导致破裂,电信或电力管线也会因为挠度太大而产生断裂,为保证两侧管线的安全,需设置临时支撑系统。支撑方案采用贝雷片在旧桥桥台及桥墩上沿顺桥向在桥梁两侧架设撑架,支撑两侧的水管及管线,将各种管线搁置其上,以保证供水及电力、电讯的正常使用,如图 4 所示。待新设置的永久支撑系统施工完成后,将管线移至上面,即可拆除临时支撑系统。

4 改造施工步骤及注意事项

4.1 改造施工步骤

(1)在旧桥桥台及桥墩上架设钢支架,在支架上用贝雷片,沿顺桥向在桥梁两侧架设贝雷梁,应确保整个临时支撑系统的稳定性及刚度都能满足要求,然后用木楔垫高与水管底平,支撑水管的荷载,同时将电力及电信管线迁移放到贝雷梁上。

(2)预制人行道板、挑梁。预制人行道板时,应注意预埋栏杆钢板;预制挑梁时,应预留管线吊装孔,孔顶的预埋钢板应在预制挑梁时焊接于箍筋上,之后再浇筑混凝土。

(3)依次拆除栏杆、人行道板、旧挑梁,凿除旧桥面后按照设计标高,挖出部分拱上填料,全桥

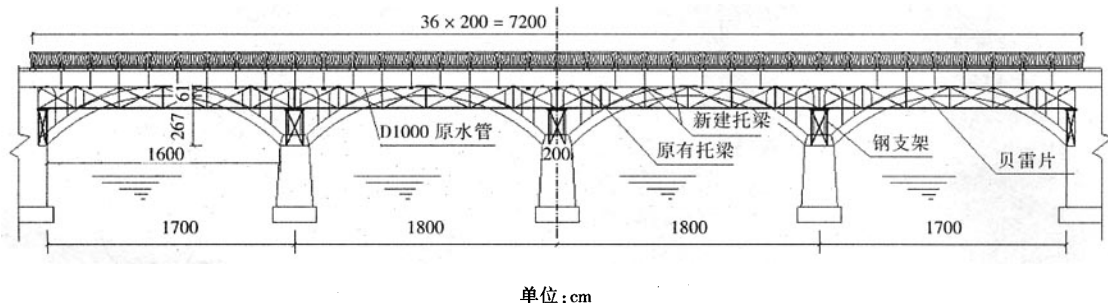


图4 旧桥两侧管线的临时支撑系统

平均挖出总厚度为 0.54 m。

(4) 安装新挑梁, 安装顺序为先安装桥梁拱顶部位, 再安装拱脚部分。

(5) 现浇钢筋混凝土路缘石, 路缘石内应预埋栏杆钢板。

(6) 在旧三合土上清除松散物, 在上面安装双层钢筋网, 在边部加设架立筋, 铺上木板后作为混凝土小推车运输轨道, 先浇筑拱顶部分, 再浇筑拱脚部分, 混凝土浇筑完毕后用插入式、平板式振动器及振动梁振捣密实。

(7) 待桥面混凝土达到 85% 设计强度后, 立即摊铺 4 cm 中粒式沥青混凝土及 3 cm SMA 沥青混凝土。

(8) 安装人行道板、铺砌彩砖; 安装吊装器具和吊装管线的托梁, 并将旧桥两侧的管线移至新托梁上。

(9) 安装人行道栏杆, 栏杆立柱应与人行道板及路缘石中栏杆预埋钢板焊接。

(10) 拆除贝雷梁, 全桥施工结束。

4.2 施工注意事项

(1) 施工期间应中断车辆通行, 采取全封闭施工。

(2) 安装钢支架及连接贝雷片架设管线的临时支撑系统时, 须确保支架刚度及贝雷片的安装质量, 确保支架对桥梁两侧的水管及管线的可靠支撑。

(3) 旧桥面的拆除及新桥面的施工应按照对称、均匀的原则进行。

(4) 拆除旧行车道板及人行道时须采用人工拆除, 避免过大过激的震动; 当桥面铺装及拱上填料拆除至 0.5 m 高度时, 应避免机动荷载上桥。

(5) 拆除拱上填料时, 视具体施工情况而定, 尽量不拆除侧墙, 若拆除侧墙, 重新砌筑时应采用浆砌块石, 与旧桥材料统一, 和谐美观。

(6) 在施工过程中, 应加强对旧桥主拱圈的观测, 确保拱桥在施工过程中的安全。

(7) 为了确保每个吊杆及托梁受力均匀, 防止受力集中, 托梁就位后, 须仔细调整每根吊杆两端的螺母, 确保每根托梁两端在同一个水平面上, 并受力均匀。

5 结论

(1) 旧桥改造、加固提高标准时, 承载能力是反映桥梁使用现状的一个重要技术指标, 对原桥进行一定的技术检测和分析, 确定现有承载能力及潜力, 具有重要意义。本文通过承载力验算和静力载荷试验, 表明该旧桥具有一定的承载潜力, 经加固改造, 该桥承载能力可以达到汽-20 级、挂-100 荷载等级正常行车使用要求。

(2) 根据对旧桥的检测分析及旧桥存在的问题, 确定了旧桥的改造方案, 即利用原桥梁的下部结构, 不改变石拱桥主要构造(主拱圈、腹拱圈、拱上填料、侧墙)的前提下对主拱圈拱顶以上的建筑进行改造, 主要对桥面铺装层及人行道进行改造。

(3) 由于旧桥建设年代久远, 调查的设计资料不一定与旧桥的实际情况完全相符, 在旧桥施工过程中, 应根据现场情况, 调整设计方案, 使设计方案更加科学、经济, 便于施工。

(4) 若旧桥两侧悬挂各种管线, 在设计中应考虑吊装方案和施工的临时支撑, 确保在施工过程或通车后管线的安全。

(5) 该旧桥经过改造后, 通行能力大大提高, 运行效果良好, 比拆除重建节省较多的资金。

参考文献

- [1] 卢荣辉. 几座中小桥加固改造的方法和体会[J]. 广东公路交通, 2001, (4): 18-21.
- [2] 王丽云, 李建萍, 陈运强. G324 线狮子潭桥桥面系改造[J]. 广东公路交通, 2005, (1): 16-17.
- [3] 赵永平, 李洪生, 李进超. 安邦河大桥加宽改造设计[J]. 森林工程, 2000, 16(3): 50-51.
- [4] 刘柱国, 张国强, 张增科. 等. 义井桥技术改造试验及成果分析[J]. 公路, 2002, (9): 59-62.