

浅谈公路桥梁病害的起因、检测与加固

张 舍

(安徽省港航勘测设计院设计一部,合肥 230011)

摘 要:通过现场勘查多座公路桥梁,发现公路桥梁常见病害,分析桥梁病害的起因,阐述了桥梁综合加固技术的构思,同时以景洪桥为例介绍了几种桥梁检测与加固的方法,对有效和合理地解决公路桥梁的病害问题具有重要意义。

关键词:桥梁;病害;起因;检测;维修与加固

中图分类号:U448

文献标识码:A

文章编号:1006-4540(2005)01-039-05

The cause of highway bridges damagement and how to detect and reinforce the highway bridges in advance

ZHANG She

(First Design office, Surveying and Design Institute of Harbour Channel, Anhui Province, Hefei, 230011, China)

Abstract: After many highway bridges were surveyed, causes of the possible damage to the highway bridges were analysed. Taking Jinghong Bridge as an example, some good suggestions about how to detect and reinforce the bridges in advance are presented here in order to resolve the bridge-damaging problems efficiently and easily.

Key words: highway bridge; damage; cause; detect; maintain

随着交通运输事业的发展,交通运输量大幅度增长,行车密度及车辆载重越来越大,尤其是重型车辆日益增多,再加上许多桥梁超负荷使用,已带来严重的安全隐患。而改造又限于资金的紧缺,只能采取投资较少,施工期短,又能缓解当前运输紧张状态的维修与加固技术措施。因此,桥梁病害的检测与病害原因分析就显得尤为重要。笔者就近年来参与检测维修多座桥梁的经历浅谈公路桥梁病害的起因、检测与加固。

1 桥梁常见病害及产生的原因

去年,我院与合肥工业大学有关专家联合对繁昌金峨大桥等十几座桥梁进行了现场勘查、病害分析,查找病害产生的原因。

通过实地调查,发现桥梁病害主要发生在建

设年代久、设计荷载较低的一些桥上,以六、七十年代修建的拱类桥居多;也有个别新桥由于施工质量较差出现病害的。超重车辆是造成桥梁病害的一个重要原因,而缺少养护或养护不当又加速了桥梁的损坏。我们按桥梁基础、下部结构、上部结构和桥面系等分类把桥梁病害大致归纳如下。

1.1 下部结构

实体式墩台多由于基础开裂或沉陷而引起的竖向裂缝或倾斜;柱式或框架式墩台由于受力截面小,在荷载增加过大及基础变位双重影响的情况下,易造成盖梁或立柱产生裂缝,使立柱钢筋锈蚀,因而减小了立柱的有效受力截面,减少其承载能力。

1.2 上部结构

梁式桥除普遍存在支座老化、倾倒、锈蚀等通

病外,主梁受力状况一般良好,少部分梁体跨中挠度偏大并出现裂缝,梁底混凝土保护层出现开裂、脱落等现象。拱类桥病害偏多,其中石拱桥多产生由于基础沉陷而引起的拱圈横向开裂,而位于半填半挖路段的石拱桥则易产生顺桥向裂缝、侧向外倾等;桁架拱桥多为七十年代水利部门所建,一般主拱圈矢跨比、断面尺寸均过小,由于荷载的增加,易产生变形,使得拱圈拱腹部位钢筋保护层开裂、脱落,钢筋锈蚀;双曲拱桥除主拱圈易产生类似桁架拱桥的病害外,其拱波一般由于未配置钢筋加上拱肋间的横向联系较弱,而在波顶产生裂缝;此外,拱上填料填筑不当或因桥面漏水使其产生膨胀,则容易造成拱上建筑中侧墙的外倾,严重威胁桥梁的稳定。

1.3 桥面系

桥头跳车、栏杆、人行道和伸缩缝毁坏是目前桥梁普遍存在的通病。而桥面铺装过厚、排水不畅等现象多由于养护不当或不善引起的。

2 桥梁的检测

2.1 常规检查

首先对于桥梁的总体尺寸、各部分构件的截面尺寸、钢筋直径及布置、支座位置等进行详细的检测、记录;其次对材料的性能如钢筋混凝土和钢筋的强度、弹性模量、圬工拱桥的石料标号、砂浆标号等进行测定和了解;然后是对桥梁运营状况,特别是桥梁存在的病害进行反复的现场观测检查和了解,检查桥梁结构是否产生了位移和变形、混凝土施工质量如何、风化剥落情况以及局部的损伤、裂缝宽度、深度分布情况极其发展趋势;检查钢筋锈蚀的情况、以及制作、伸缩缝、排水装置、桥面铺装等附属设施的功能及地基承载力等。

2.2 鉴定检查

对发现的病害进行深入的检查,判定病害的危害程度,以决定维修和加固的措施所进行的调查方式。对于不同指标的检测分别采用以下不同的方法。

2.2.1 混凝土强度的检测

(1) 无损检测法。无损检测法又分机械(敲击法、回弹仪法、撞击法、枪击法等)和物理(共振法、超声波探测仪法)及综合法。由于用单一的方法存在某些局限,测定结果不是很准确,故采用两种或

两种以上的方法来综合评定,则可提高测试的准确度并使应用范围扩大。其中超声波速法与回弹仪两者结合应用最广,可使测定的强度误差缩小到12%以内。

(2) 挖取试样法。若无损检验结果不能满足要求,在必要时,可采用从结构中挖取试样,在试验机上加试验,测定混凝土的实际强度。取试样的部位既应具有代表性,又应为结构使用的安全所允许,而且要事先验定主要钢筋的位置,并避开它。为了避免试样在挖取过程中受到振动破坏,最好采用钻机切取,缺乏钻机时,常采用人工的方法凿取。试件从实体上取下后,须仔细磨平,用高标号砂浆补齐,然后进行试验。这种检验方法的优点是既能做强度试验又能做弹性模量与密度试验,测定结果也符合实际情况。缺点是破损了结构、费工、试验条件要求较高。因此常用于测定精度要求高的含筋量较小的大体积混凝土。

2.2.2 裂缝检测

桥梁结构出现裂缝之后,应加强检查与观测。根据裂缝的特征,结合设计、施工资料进行分析、查明裂缝性质、原因极其危害程度,确定是否需要修补并为修补方案的制定提供可靠的依据。检测内容包括:① 裂缝发生的部位、走向、宽度、分布状况以及大小和长度等;② 裂缝的变化发展情况。观测裂缝的仪器一般有塞尺、手持式读数显微镜。也可采用长标距裂缝应变片、千分表引伸仪等。其方法如下:① 在裂缝两边设置小标杆,两杆间的距离用卡尺测量或者用读数放大镜直接测量裂缝的宽度。② 设置两块金属板相接触,量测并记下裂缝变化的尺寸。③ 利用水泥浆或石膏作成薄片的标记贴在裂缝处,或用玻璃片,较牢固的纸糊在裂缝上,观察其是否继续开裂。在观测裂缝时,要求记录气温的情况。因为气温降低时,结构的外层比内层冷却的快些,因而表面收缩较快,这时裂缝呈现的较大,当气温增高时则情况相反。裂缝的评定应根据我国在《公路养护技术规范》中对桥梁技术状况评定标准及裂缝宽度作出的规定,只要裂缝的宽度和数量超过规范的范围和限度就必须进行修补与加固,否则,会导致结构恶化,降低桥梁的承载能力和使用寿命。

2.2.3 承载力的检测

现有桥梁承载力的检定,常采用以下方法:

(1) 分析计算法。首先对被检定的桥梁结构进行检查(搜集资料、现状检查、材质与地基的检验等),然后将检查所得的有关资料和检验测量结果,运用桥梁结构计算理论及有关的经验系数进行分析计算,从而评定出桥梁的安全承载能力。分析计算法又分为经验系数折算和理论计算两种做法。经验系数折算法是以桥梁原有设计荷载等级为基础,同时考虑桥梁损坏程度、材料老化程度、桥面行驶条件、实际交通情况、桥梁建造使用期限等因素,折算出桥梁安全承载力的方法。承载力由下式所得

$$P = P_0 K_1 K_2 K_3 K_4$$

此法的关键是确定各种系数,系数的建立必须经过广泛的调查研究。理论计算法是当原桥荷载等级不清楚或上述的各种系数较难确定时,应用结构计算理论,估算出桥梁结构可能承受的最大外力(如弯矩);然后,再与实际检定的荷载相比较,从而判定出桥梁安全承载力的方法。此法应注意的问题:荷载计算应根据实际荷载,即采用需通过的荷载等级进行验算;材料强度以实测结果为准;应正确地把结构的缺陷估计到计算中去,即由于结构的部分损坏而承载力降低。

(2) 荷载试验法。此法是比较普遍采用的方法,通过现场荷载试验及测试,可以直接检验桥梁的实际承载力。它又分为:静载试验和动载试验。静载试验的加载量一般为设计荷载的0.8~1.0倍,试验前应先进行估算。如果原桥的病害较大,初步判定承载能力将降低,则加载量可先低一点,逐步加载;若需要进行超载试验,可逐步提高加载量,但要谨慎,加强检查,加载方法采用时间短的方式,通常是采用车辆进行加载。测试内容包括应变、挠度和裂缝。梁桥的控制截面为跨中截面和支座处;拱桥则为拱顶、 $L/4$ 处、拱脚截面;测试横向对称加载或偏载情况下原桥的应变、挠度和裂缝的数值及变化情况,其残余变形部分应符合在容许范围之内。

测试结果要与预估值进行比较,而不宜直接与规范规定值进行比较。动载试验法主要是通过桥面在动荷载作用下产生的动力系数、自振频率和阻尼数据进行分析,求得桥梁的实际承载能力。此法因为涉及的因素较多,如混凝土容许开裂、收缩徐变对超静定结果得动力特征等,故难度

较大。

(3) 实物调查比较法。此法是由实际交通情况来检定桥梁承载力的动态求法。它是对被检定桥梁进行相当长期的观测,根据桥梁通过的车辆荷载,测定车辆通过时桥梁各主要部位的挠度(跨中或产生挠度最大处)、应变、应力、裂缝开展情况等数据,然后对这些数据进行统计分析,从而得出桥梁可以承受的荷载等级。

3 旧桥通病防治对策

针对以上主要病害,我们在制定具体的桥梁维修、改造或加固方案中,主要有以下几点做法:

(1) 桥梁基础和下部结构。在春季枯水季节和夏季洪水过后,利用桥梁定期检查的同时,及时发现并处理病害,按常规施工方法进行处理,对于部分桩基维修、加固,要充分考虑冲刷而不致产生负面效应;对于墩、台身产生的部分竖向裂缝,除用环氧砂浆予以封堵外,还应用钢绞线(结合钢板)缠绕设箍并施加一定的预应力进行处理。

(2) 梁桥。除个别T梁跨中挠度过大,需加强定期观测外,一般主梁病害主要为梁底混凝土保护层脱落,维修时应先将已碎混凝土全部清除,并给钢筋除锈,再用环氧砂浆抹平,施工时要求密实、平整、美观。

(3) 拱类桥。主拱圈的维修、加固,应先对裸露钢筋表面及破碎保护层进行清理,然后采用型钢全长帮衬并填充膨胀水泥混凝土进行加固,若欲增加拱肋断面尺寸还应配置必要的受力钢筋;对于侧墙外倾、拱肋开裂等病害处置,宜先对全桥(或相邻部分几跨)卸载后,才能重新进行施工,其中拱上填料的更换以二灰炉渣为宜。拱类桥的维修、加固,要特别注意其对称性施工,以保证施工安全。

(4) 桥面系。大部分桥梁行车病害集中反映在桥面系、桥面铺装的维修,切忌直接在原桥面上加铺,以新做8~12 cm厚的35#防水钢筋混凝土面板为宜;伸缩缝的更换可采用先进的TST材料(无缝伸缩缝)进行现场施工,基本适用于总伸缩量在5 cm范围;栏杆系列除局部损坏可按原设计进行维修外,全桥改造可采用统一的混凝土防撞护栏形式,既安全又耐久。同时,泄水管的更换与安装应以确保桥面排水为前提。由于旧桥桥台引道沉降基本稳定,桥头跳车问题可用传统的桥头搭板加以

解决。

(5) 其它。桥台锥坡(或护坡)的维修加固应视桥位的具体地质状况而定,如不能将基础直接做在岩面上,可采用抛石、打桩、浇筑水下混凝土对基础加固后再进行防护工程的砌筑施工。

4 工程实例

4.1 旧桥概述

巢湖景洪旧桥位于合裕线K20+393 km处,是跨越巢湖的一座大型桥,桥梁全长341.01 m。原设计为10~30 m装配式钢筋混凝土T型简支梁桥,后因施工过程中受洪水等因素影响,致使墩台位置与原来设计不尽相符。故变更设计后有五种不同跨径,原桥设计标准为交通部交通工程设计院1967年9月编制的公路桥涵设计规范(草案),设计荷载汽—13,拖—30,人群荷载为 350 kg/m^2 ,桥面净宽净—7+2×1.5 m人行道,桥面纵坡为平坡,横坡为1.5%,人行道横坡向内倾1.0%。上部结构由每孔7片装配式钢筋混凝土T梁组成;下部结构:墩身均采用重力墩,除1[#]、9[#]墩为明挖基础外,其余均为沉井基础,桥台为埋置式轻型桥台。

4.2 旧桥现状及加固原因

4.2.1 现状

我院于2000年3月对大桥封闭通车(机动车辆)后,对现状进行检测,检测结果为:①人行道系:两侧混凝土柱与扶手接头混凝土有破碎,露筋锈蚀情况,人行道板有磨损。②主梁:挠度仅10[#]孔各梁与竣工值差2.5 cm,不满足要求外,其余满足要求。梁肋的裂缝较多,裂缝最宽为0.5 mm,此孔6号梁裂缝最多315条;横隔板裂缝与1986年测时相同,此次检测发现1986年经环氧树脂修补后的裂缝以有不少继续开裂。③支座:支座锈蚀严重,活动支座灵活度下降。④伸缩缝及桥面铺装,钢板伸缩缝完好,但四周混凝土呈网状开裂,桥面铺装破坏严重。最长的横向裂缝以贯穿全桥行车道,最宽缝为5 cm,桥面标高经测量后与竣工资料基本一致,混凝土有极少剥落,墩身较微剥蚀,且裂缝出现,但无缺角露筋现象。⑤墩台帽及墩身:经丈量后几何尺寸与原设计资料一致,混凝土有极少剥落,墩身较微侵蚀,且有缝隙出现,但无缺角露筋现象。⑥基础:各墩基础均有不同程

度环蚀,且部分冲刷大,但均未达到4.0 cm的一般冲刷深度。⑦附属部分:锥坡昆岸下沉7~12 cm,护坡变形与桥台接触面缝宽2~4 cm,下游桥台与锥坡裂缝有小树一棵。景岸锥坡面上、下游占全面积 $5\sim 2/5$ 的淤泥,上、下游锥坡块石裂开,沉陷面积 1.08 m^2 。

4.2.2 加固原因

大桥投入营运35年来,对繁荣地方经济,改善和提高人民的物质和文化生活等都起到很大的作用,随着交通运输事业的发展,交通运输量大,幅度增长快,行车密度及车辆载重越来越大。现交通量已达17 000辆/昼夜。(1999年),2000年4月测的三轮车3 266辆/13 h,摩托车3 847辆/13 h,自行车5 834/13 h,由此可见设计荷载汽—13,拖—20已满足不了现今的运输及经济发展,所以大桥加固势在必行。

4.3 设计技术标准

根据现行的交通部部颁标准确定了此桥的设计计算。

(1) 设计荷载:汽车—20级,挂车—100,人群荷载 3.5 kN/m^2 ;

(2) 桥面净宽:净—14+2×2.0 m(人行道);

(3) 设计地震烈度:9°。

4.4 设计要点

4.4.1 上部结构

(1) 桥宽方向中间采用预应力混凝土箱梁,两边沿用原来的T梁。

(2) 采用同济大学编制的桥梁博士软件,计算出各跨的跨中弯矩和支点剪力,以最大弯矩控制设计,支点剪力进行验算。

(3) 运营状态下,主梁应力按预制板、铰缝共同受力进行计算。

4.4.2 桥墩

(1) 以荷载组合VI为主要控制设计验算各截面的强度、地基承载力和稳定性。

(2) 墩帽:原墩帽由于完好无损,故新墩帽在原墩帽的上现浇高为1.8 m的预应力混凝土悬臂墩帽,新旧混凝土用钢筋连接。

(3) 墩身:墩身表面大面积出现裂纹,在墩身表面挂钢筋喷射10 cm厚混凝土。

(4) 墩基:扩大基础与沉井基础均作环蚀处理。

(5) 冲刷坑。用混凝土预制块抛填冲刷坑至原河床标高处。

4.4.3 桥 台

(1) 桥台为埋置式轻型桥台,现改为重力式桥台,为满足交通量及城建部门过输水管道抬高桥面标高,以减小南北水位差要求,现采取在原桥台身及基础上横向每边加宽4.75 cm,在原帽台上加高1.8 m。

(2) 旧耳墙应全部拆除,因新台帽在旧台帽上浇筑,故应加宽旧台帽。

(3) 基础采用15#片石混凝土,锥坡、护脚采用片石加固。

(4) 桥面横坡由台帽调整而成。

(5) 计算基底应力时,已包括台前、台后填土及地震对其产生的附加应力。

4.5 主要材料

(1) 混凝土:箱梁、铰梁、现浇桥面板、新增墩帽采用50#混凝土,人行道、栏杆、墩身加固采用30#混凝土;墩基采用环蚀处理;台基采用15#片石混凝土;新增台帽采用30#混凝土。

(2) 砌体:砌体均采用10#浆砌、30#块石;锥坡、勾缝均用15#水泥砂浆。

(3) 箱梁采用直径 ϕ 15.24 预应力钢绞线,公称截面积140 mm²,标准强度 $R_b=1\ 860$ MPa 张拉控制应力采用1 395 MPa。

(4) 钢筋直径 ≥ 12 mm,用二级热轧螺纹钢; ≤ 12 mm,用一级热轧圆钢筋。

(5) 支座:设置D300×49 球冠圆板或橡胶支座。

4.6 施工要点

(1) 预应力混凝土施工关键是严格控制施加预应力。

(2) 墩身加固时应严格控制牵钉的插入深

度、凿毛墩身表面及冲松的砂浆,并清理干净,填塞孔眼裂缝完全塞满,钢筋距原墩身5 cm。

(3) 台身基础加宽时,应把原砌体凿毛清洗后涂抹一层10#水泥砂浆再砌砌体。

(4) 施工时拆除原耳墙至台帽顶。

(5) 新、旧墩台帽连接时,先敲掉旧墩台帽挡块,并(凿)去旧墩台帽混凝土保护层,露处主筋用直径12的钢筋连接新、旧主筋,焊接牢固,绑扎钢筋网,支模浇筑混凝土。

(6) 水下预填骨料自流灌浆的水泥砂浆应满足流动度泌水量,灌注度,无颗粒下沉,初凝时间大于2 h,灌浆混凝土2 d 抗压强度大于25 MPa。

(7) 未尽事宜按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ—041—89)和《公路工程质量检测评定标准》的有关条文办理。

4.7 加固效果评价

景洪桥的加固,充分利用旧桥。加固后不但承载力大大提高,而且社会效益非常显著。从经济效益看,如果新建同样一座桥需要肆仟多万,但加固的费用只有贰仟伍佰万,大约节省一半。故对于桥梁的病害,采用加固的方式是非常可行的。

参考文献

- 1 张耀宏. 桥梁用长期监视装置的开发[J]. 国外桥梁, 1994, (3): 22~25.
- 2 杨文渊. 桥梁维修与加固[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997. 6.
- 3 JTJ071—98, 公路工程质量检验评定标准[S].
- 4 肖 敏, 雷昌龙. 混凝土桥梁的病害防治[J]. 桥梁建设, 2002, (2): 36~39.
- 5 惠云玲. 混凝土结构中裂缝的分类、特征、原因及处理办法[J]. 工业建筑, 1995, (8): 9~12.
- 6 成井信. PC 桥梁的损坏、修补以及今后的措施[J]. 国外桥梁, 1985, (2): 59~62.