

# 混凝土旧桥检测评估

田春艳<sup>1</sup>, 葛惠娟<sup>2</sup>, 郭晗<sup>1</sup>, 李欣<sup>1</sup>

(1.北京市建设工程质量第三检测所有限责任公司,北京市 100037; 2.北京市道路工程质量监督站)

**摘要:** 对于混凝土旧桥检测评估中几个重要方面内容进行了讨论,包括检测的总体要求、资料调查的重要性、裂缝检测原则以及在无损检测、荷载试验、计算分析中需要注意的问题,指出了目前工作中存在的一些误区,结合实际经验给出了对策。

**关键词:** 混凝土旧桥; 检测评估; 无损检测; 荷载试验

据统计,到2018年底,中国公路桥梁数量已超过80万座,其中带病或有缺陷的桥梁超过10万座。这部分桥梁中相当一部分为20世纪90年代及以前建设的旧桥,由于施工质量不良、管养不到位、服役时间长及超载等因素,逐渐进入病害多发期。特别是,近些年社会经济快速发展,道路运输荷载越来越重,对很多原设计荷载较低的老旧桥梁非常不利。为保证桥梁安全,各地均按照养护规范要求对桥梁进行定期检测,但是效果并不十分理想,有的桥梁状态尚可,却被评定为危桥进行加固或拆除重建,造成社会资源的浪费;有的桥梁存在严重隐患却在检测时被忽视而造成事故。可见,旧桥检测评估工作直接影响到桥梁的安全,该文针对如何做好混凝土旧桥的检测评估进行初步探讨。

## 1 旧桥检测的总体要求

旧桥检测评估要以事实为依据,全面细致地掌握桥梁的工作状态,包括表观状态如变位、挠曲、破损、开裂等,材料或结构特性的改变如混凝土强度、碳化深度、钢筋锈蚀状况、内部缺陷、振动特性等;同时,结合桥梁结构的形式特点、设计与施工情况、车辆荷载的作用、环境因素的影响以及养护维护状态,对检测结果进行有效分析,才能反映出桥梁的真实状态,做出合理的评估。

在旧桥检测中有两个应该避免的误区:

(1) 由于对检测工作不认真,应付了事,导致一些重要病害没有被检测到并记录下来,或者记录下来没有认真对待,做出的评定偏于安全,使桥梁存在隐患,这类情况的发生往往是责任心不够导致的。加拿大的

魁北克大桥建设过程中经过两次倒塌,其中第一次倒塌的原因之一为在钢桁梁架设过程中,弦杆出现明显挠曲但没有得到管理人员的重视,最终导致75个工人死亡,给工程师们留下了深刻的教训。

(2) 事无巨细但抓不住重点。很多检测报告面面俱到、事无巨细,几十甚至上百页的报告中罗列出很多图、表、照片,但是对主要构件、关键部位的病害分析深度不够,对桥梁状态的评定模棱两可。其原因在于检测人员水平不够,无法透过现象揭示本质,做出合理的评定。

以上两种情况的桥梁检测评估结果,都无法对养护管理起到有用的指导,在检测工作中应该特别引起重视并予以避免。

例如,原鹏程桥是一座整体现浇式混凝土板桥,在定期检测时发现板底多处钢筋外露锈蚀、混凝土剥落开裂。由于这类病害在旧桥中比较常见,仅建议对外露钢筋除锈后采用环氧砂浆修复。但在维修中敲击混凝土发现有空鼓声,将混凝土保护层凿掉后,发现全部钢筋均不同程度锈蚀,1/2的钢筋严重锈蚀。如果仅对外露钢筋除锈处理,对桥梁将起不到任何改善作用,钢筋状况仍会继续恶化并有锈断的可能,存在相当大的风险。

## 2 重视资料调查

由于桥梁管理不规范、管理单位更迭等原因,很多老旧桥梁的档案中资料很少,有竣工图的寥寥无几,有的连设计图都没有,甚至有的桥梁属于“五无”桥梁:无相关图纸、无施工记录、无法确定建设年代、无法确定设计荷载等级、无养护维修资料。桥梁资料的缺失将

给桥梁检测评估带来相当大的难度。

某桥是一座普通钢筋混凝土简支T梁桥,为适应交通路线的要求,外侧为异形板,其边缘为一根曲梁,检测时发现该梁跨中有一条两侧贯通的竖向裂缝,宽度为1.2 mm,裂缝延伸至梁截面的2/3高度。因此,检测报告认为“该裂缝宽度大大超过规范限值,又处于梁体主要受力部位,建议进行荷载试验来评定该梁的实际承载能力,以判断是否需要对该梁加固”。经过认真观察发现,裂缝中夹有钢片等杂物,用钢钎等插入试探未发现纵向钢筋穿过裂缝,因此怀疑裂缝的性质是否受力裂缝。经过多方调查,最终找到原设计图纸,确定该梁为装饰梁,该处裂缝为防止装饰梁裂开而预留的缝隙。

由此可见,缺乏桥梁基础档案资料,对桥梁检测评估很不利,因此要尽力收集所有相关资料,包括向桥梁历年的管理单位、原设计单位、原施工单位、城市档案馆等各种渠道搜集桥梁图纸和管养资料。对查到的资料需要与实际桥梁进行对照核实,因为很多桥梁施工过程中由于某些原因图纸发生变更,而竣工图绘制时常照抄设计图,变更情况并没有在竣工图中反映出来。对于“五无”桥梁,更要加强实地调查,多方询问历届桥梁管理者、请教周围居民,尽可能掌握桥梁具体建设年代,根据桥梁设计规范以及当时交通流量情况大致推断出桥梁设计荷载等级的可能范围。

### 3 裂缝检测的原则

检测时需要特别重视混凝土桥梁的裂缝情况,通过各种检测手段和方法确定裂缝的形态,并分析产生的原因。裂缝产生的原因很多,如基础变位、荷载影响、温度、收缩、徐变、钢筋锈蚀、碱骨料反应、氯离子侵蚀等。普通钢筋混凝土桥梁是允许带裂缝工作的,因此应根据裂缝发生的部位、形态、走向、长度、宽度、深度等特征,结合桥梁自身形式与特点,分析设计、施工及养护资料,来判断裂缝发生的时点、原因和类型。当裂缝产生的成因以及对桥梁的影响分析清楚之后,桥梁处于什么状态也就基本明了。因此,可以认为裂缝是混凝土内部状态的一种体现。

例如,某桥第16#轴~19#轴与向西匝道相连接,上部结构为不规则的异形混凝土现浇板,预应力筋单向布置,在主桥沿南北方向布置,在匝道沿东西方向布置。下部为柱式墩、桩基础。某线地铁盾构区间于2010年10月从17-2#墩与17-3#墩基础之间自南

向北穿过,由于各桥墩距盾构区间的距离不同,桥墩之间产生了差异沉降。由图2可以看到:在差异沉降作用下,在17-2#~17-3#桥墩之间、17-1#~17-2#桥墩之间的板底均出现了多条与桥墩连线大致垂直的裂缝,裂缝较盾构下穿前增加了107条,最大宽度0.56 mm。后来由于对17-3#桩注浆加固,引起17-3#墩向上隆起,导致异形板再次增加裂缝100条,新增裂缝最大宽度0.31 mm。第二次增加的裂缝主要集中在17-3#~17-2#墩之间,裂缝走向垂直于两个桥墩的连线,分析原因仍然是桥墩之间高程的变化产生的附加沉降对上部结构造成的影响。异形板由于结构和支撑的不规则性,受力状态比较复杂,但该实例通过对裂缝原因进行准确分析,确定了是由于桥墩之间的差异沉降使上部结构开裂,裂缝宽度也比较大,对结构承载力有较大影响,经过检测评估最终决定对该桥进行加固处理。

## 4 混凝土强度与钢筋锈蚀检测应注意的问题

### 4.1 采用回弹法检测混凝土强度

回弹法是目前既有混凝土结构强度检测最常用的无损方法之一,简单易操作,但其准确性较取芯法等直接方法低,因此需要严格按照规范认真操作,检测过程中需要注意以下几个方面的问题:

(1) 采用回弹法检测混凝土强度时应首选地方标准。回弹法的应用基础是通过测试得到不同龄期的混凝土试块的极限抗压强度与用回弹仪弹击得到的回弹值之间建立关系,形成曲线,称之为测强曲线,分为统一测强曲线、地区测强曲线和专用测强曲线3类。混凝土原材料性能对测强曲线影响较大,包括水泥的强度和安定性,砂的细度和含泥量,石子的成分和粒径等,各地区原材料的品种不同,测强曲线会有偏差。而实际检测时很少会为某座普通桥梁建立专用测强曲线,因此应尽量选用地方标准,应用地区测强曲线来提高检测的准确性。

(2) 应用回弹法检测有龄期的限制。回弹法检测行业标准以及各地的地方标准中均对混凝土龄期有要求,一般为1 000 d左右。这是因为建立测强曲线的混凝土试块最大龄期一般不超过365 d,当桥梁建成时间过长时,受到碳化对混凝土表面硬度的影响,回弹法相关标准中的测强曲线已经不准确,因此只能采用取芯等方法进行修正。

(3) 回弹法的使用条件有一些限制要求,如测区布置、回弹仪率定、弹击角度修正、测试面修正、碳化深度修正等。如果不按照这些规定进行操作,测试结果的误差会很大。如,有的检测人员现场不测试碳化深度,回去根据龄期估算一个数值;有的跨河桥上部结构检测时仅在岸边布置测区,桥墩仅在靠近地面抬手能够到的位置布置,无法代表整个构件的回弹特性;回弹仪使用前后不在钢砧上率定或率定结果不合格仍然使用;检测表面粗糙或麻面、表面湿度过大仍然回弹等;以上这些操作都是不规范的,对检测结果影响很大,应严格按照规范要求进行操作。

#### 4.2 钢筋锈蚀情况检测

混凝土旧桥受环境影响碳化深度逐渐增大,当碳化深度超过钢筋保护层厚度时,混凝土对钢筋的保护作用被削弱,如果有裂缝存在,水气以及其他腐蚀性气体更易进入混凝土内部,使内部钢筋发生锈蚀,并使混凝土胀裂、剥落,进一步加大钢筋锈蚀程度。对于一些建成时间长的旧桥,混凝土大面积脱落、钢筋缩径,严重者钢筋锈断,已经影响到结构承载能力和桥梁安全。

目前钢筋锈蚀无损检测方法常用的有半电池电位法、电阻率法及氯离子含量法,其中半电池电位法能检测得到钢筋锈蚀的可能性,电阻率法检测混凝土的导电性,氯离子含量法检测混凝土中氯离子含量,一般用于沿海或有氯化物腐蚀的环境。这 3 种检测方法均为间接检测方法,不能直接得到钢筋的锈蚀程度,同时检测结果的准确性均受检测环境、操作水平的影响很大。因此,当检测结果认为钢筋锈蚀的可能性较大或者混凝土导电性很强、混凝土中氯离子含量较高时,宜通过钻孔或凿开混凝土验证。

确定钢筋锈蚀检测的测区位置时,应注意结合外观状况的检测结果,对下列部位应特别注意:混凝土剥落较多的部位;有较多沿主筋的纵向裂缝或沿箍筋的横向裂缝,且裂缝处渗水、有分泌物析出的部位;以及实测混凝土碳化深度较大,已经接近或超过钢筋保护层厚度的部位。

### 5 荷载试验与结构计算

经检测桥梁状态较差或者无法判明状况时,可通过静、动载试验进一步检测评估,旧路线改造时往往也需要对线路上的桥梁进行荷载试验。旧桥荷载试验需要注意以下几个方面的问题。

#### 5.1 如何确定试验荷载等级

当知道桥梁原设计荷载等级时,宜按原等级进行试验。当原设计荷载不明或遇到以下几类情况时,不能贸然按照现行规范某一等级进行试验,这种情况下,首先应按照实测得到的结构几何尺寸、钢筋配置、混凝土强度等参数对桥梁进行检算,并按照技术状况评定结果对检算结果进行修正,之后才能按照修正后的计算结果所能满足的荷载等级进行试验。

(1) 桥梁受过明显的损伤导致承载能力下降。

(2) 桥梁工作状况较差,经过检测评定认为处于危桥状态。

(3) 桥梁图纸缺失,原设计荷载不明。此种情况下,首先需要对全桥的线形、构件几何尺寸、钢筋配置情况、混凝土强度进行实际检测和测量,根据检测及测量结果方能进行计算。

当路线改造需要提高桥梁荷载等级时,为确保试验时桥梁安全,不宜直接按提级后的荷载等级进行试验,首先需要对桥梁进行承载能力检算并按照当前技术状况等级进行修正,当检算结果能够满足提高后的荷载等级时方可进行试验;若不能满足则应根据实际计算结果进行。此外,这种情况下加载方法和加载顺序也需要非常慎重,试验时需要加强观测并随时进行数据分析,避免造成结构的损伤。

#### 5.2 应变的测量应注意的问题

混凝土旧桥一般都存在裂缝,如何准确测量截面的应变是一个值得研究的问题。理论上应将受拉区混凝土凿开,露出主筋,直接在钢筋上焊接或粘贴应变计,但当混凝土标号较高、浇筑质量较好时,混凝土很难凿开,而且凿开之后不易修补完好,反而容易导致内部钢筋锈蚀。对于这种情况,有些检测单位直接在混凝土上粘贴电阻应变片或者安装弦式应变计,受混凝土裂缝的影响,这种做法很难测量到应变的准确值。

对于混凝土裂缝较多的情况,可以采用如下方法:如图 1 在 T 梁腹板上有多条竖向裂缝,均为由梁底横向裂缝发展延伸而来。试验时在 T 梁下缘主筋位置连续交叠布置多个弦式应变计,对各应变计的测试值取平均值作为该截面的应变实测值。连续布置的应变计可以把开裂引起的拉应变突增与两条裂缝之间未开裂部分应变负增长的不均衡消除,得到比较可靠的平均应变的增量值。

对于有腹板的梁式桥,应沿截面高度尽可能多布置一些测点,以便于分析截面中性轴的高度变化。

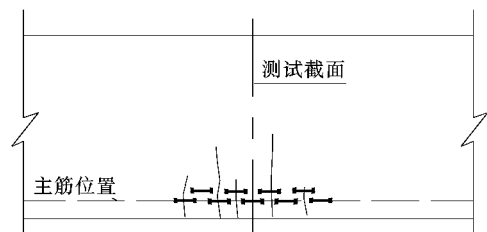


图1 裂缝处应变计的布置方式

### 5.3 试验组织与实施

组织实施对旧桥荷载试验结果有重要影响,以下几点应注意:

(1) 试验应有全面细致的技术方案和组织方案,有的单位试验前不做正式的方案,也不进行演练,只是简单地用笔在纸上写几条要点就开始做,试验时组织混乱,指令无法顺利贯彻,导致加载车进入退出顺序错误,测试数据疏漏,甚至会由于传感器粘贴不牢而无法读取数据等。

(2) 对旧桥尤其是危桥,加载时应适当多分级,当原桥设计等级不明或试验控制荷载高于原设计荷载等级时,尤其需要注意加载时桥梁的安全。

(3) 除了测量变形、应变等,旧桥荷载试验还特别需要注意巡视桥梁的整体状况,如伸缩缝、防撞护栏是否拉开,挠度是否过大或是否有局部突变,裂缝是否激增或急剧扩展,墩台是否有位移、桥梁结构是否发出异响等,如果发现这些问题应暂时停止试验,查找原因。

### 5.4 计算分析与数据处理

进行荷载试验需要计算加载车位及试验理论值,对旧桥进行承载能力评价也需要进行结构计算。计算时需要注意:

(1) 软件只是工具,计算人员除了会使用计算分析软件,还必须力学概念清晰,掌握结构受力原理,了解施工方法和过程,具有丰富的桥梁检测或管养经验。

(2) 计算模型宜简不宜繁,能体现结构特点、满足计算需求即可,不宜单纯追求模型的繁复美观,不仅浪费时间也会造成主次不分,影响计算的准确性。比如,对于简支铰接空心板桥,采用实体单元建模分析不但耗费时间,且不能直接得到工程中需要的内力值,可采用梁单元模型直接得到单元内力,在进行粗略估算时则可以采用横向分布系数法,该方法经过学者长期的研究,可靠性也比较高。

(3) 对于复杂结构桥梁,如曲线变宽桥、悬索桥、斜拉桥、钢管混凝土吊杆拱桥以及各类异形桥梁最好采用三维空间有限元程序进行分析,并应用两种以上的软件互相校核。在进行整体分析之后,为反映结构

局部的受力状况,有时还需要进行细部分析。

荷载试验数据处理也非常重要,采集的数据由于传感器漂移、读数、温度等因素的影响会产生一定的误差,应尽可能消除或进行修正。混凝土结构由于开裂以及浇筑质量的原因,应变测试数据易出现异常,在前文中介绍了采用平均应变的一种方法。掌握如何分析并排除异常数据是体现检测技术与水平的重要方面。

## 6 结果评定

检测完成后,须按相关规范对桥梁进行评定。对于旧桥,应注意有些桥梁虽然存在较严重的耐久性病害,如大面积混凝土剥落、钢筋锈蚀等,如果当前钢筋锈蚀的深度还比较小,对承载能力影响不大,荷载试验结果仍可能满足要求,但对耐久性病害需要特别重视,加以处理,否则失去混凝土有效保护后钢筋的锈蚀速度会更快。

## 7 结语

中国目前仍处于工程建设的高潮阶段,很多特大桥、新型结构桥梁不断建成。但随着时间的推移,桥梁管养问题也逐渐凸显,因各种原因发生了桥梁塌陷等事故。因此,旧桥的维护管养工作非常重要,而检测评估的准确性直接影响到维护管养的效果。为了做好检测评估,有必要从桥梁检测的各个环节入手,加深研究,不断提高检测的准确性,通过检测对桥梁状况做出准确的判断,保障桥梁安全。

### 参考文献:

- [1] 汪乾松.对现有桥梁状况评价体系补充及细化研究[D].重庆交通大学硕士学位论文,2016.
- [2] 张翔.中小跨径混凝土桥梁的性能与维护策略研究[D].浙江大学硕士学位论文,2015.
- [3] 叶华文,张澜,秦健洪,等.魁北克大桥垮塌全过程分析[J].中外公路,2015(5).
- [4] 钟惠萍,张建仁,张克波.缺失资料既有钢筋混凝土桥梁钢筋分布状况的检查[J].中外公路,2006(2).
- [5] JGJ T23-2011 回弹法检测混凝土抗压强度技术规程[S].
- [6] 邹向农,龙俊贤,陈宇翔,等.腐蚀预应力混凝土桥梁拉力退化预测方法[J].中外公路,2019(3).
- [7] 王磊,陈鹏飞,张旭辉,等.钢筋混凝土公路桥梁承载力评定的中美规范对比分析[J].中外公路,2017(6).