

现有桥梁技术状况评定的差异性研究与实际应用

宗成思,何明星,赵荣欣

(上海市建筑科学研究院有限公司,上海市 200032)

摘要: 桥梁技术状况评定是综合评定桥梁技术状况的主要手段,针对我国现阶段实施的《城市桥梁养护技术标准》(CJJ 99—2017)和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)两本规范标准进行差异性研究,从多个维度展开分析,并结合典型工程实例进行应用研究,比较两本标准的差异性、适用性以及实际应用中的不同之处。

关键词: 运营期桥梁;技术状况;评定方法;差异性研究

中图分类号: U446.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)03-0080-05

0 引言

随着国内经济飞速发展,公路里程数不断增加,桥梁保有量呈现快速增长趋势,我国现已成为世界桥梁大国。与此同时,桥梁的发展已经由以建设为主的阶段进入建养并重阶段,旧桥数量不断增加,部分桥梁步入关键养护期,性能退化趋势较为明显。为保证运营期内桥梁结构的安全,桥梁养护就显得尤为重要,其中桥梁技术状况评定作为桥梁养护工作中不可或缺的一环,其结果的准确性直接影响到管养单位的后续决策。及时对桥梁结构采取维修加固手段,能够合理有效地延长桥梁使用寿命。

现阶段国内桥梁的技术状况评定主要依据以下标准:公路桥梁参考《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)^[1],而市政桥梁主要参考《城市桥梁养护技术标准》(CJJ 99—2017)^[2]。下文将对这两本规范标准各自所涉及的桥梁技术状况评定方法进行差异性研究,对实际应用中的问题进行解析,总结归纳两种技术状况评定方法各自的优缺点和适用性,并结合典型桥梁结构的实际案例,对其应用过程的实用性进行研究并提出合理化改进建议。

1 评定方法对比分析

对两本标准所涉及到的桥梁技术状况评定方法从多个方面开展分析,总结结果见表1。

收稿日期: 2023-04-20

基金项目: 2020年上海市科委优秀技术带头人计划项目(20XD1432400)

作者简介: 宗成思(1983—),男,本科,工程师,从事桥梁隧道的检测监测及评估工作。

表1 桥梁技术状况评分评定的对比

标准名称	《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)	《城市桥梁养护技术标准》(CJJ 99—2017)
评定方法	分层综合评定与单项指标控制	分层加权法与单项指标控制
评定过程	病害-构件-部件-部位-全桥	病害-构件(部件)-部位-全桥
病害标度	3级,4级,5级	3级
评定等级	1类[95,100] 2类[80,95) 3类[60,80) 4类[40,60) 5类[0,40)	I类养护合格级 不合格级 II类~V类养护 A级[90,100] B级[80,90) C级[66,80) D级[50,66) E级[0,50)
桥型划分	梁式桥、拱式桥、悬索桥和斜拉桥	梁式桥、桁架桥、拱桥、刚构桥、悬臂+挂梁、人行天桥、人行地下通道
权重分配	考虑权重二次分配	考虑权重二次分配

(1)两种评定方法都采用了多级加权分层综合评定与单项指标控制相结合的方法^[3],JTG/T H21—2011采用桥梁总体技术状况评分 Dr ^[1],CJJ 99—2017采用桥梁技术状况指数BCI(表征桥梁结构的损坏情况)作为桥梁技术状况分级的依据^[2],两者的计算过程和底层逻辑比较接近,可以近似理解成同一项指标,不同之处在于参数指标和规定权重的差别。

(2)CJJ 99—2017在桥梁技术状况指数BCI的基础上,引入了桥梁结构状况指数BSI(表征桥梁不同组成部分的最不利单个要素或单跨(墩)的结构状况)^[2]。JTG/T H21—2011中规定当主要部件的评分为4类或者5类且影响到桥梁的安全时,可按照桥梁主

要部件最差的缺损状况评定,这是由于主要部件不仅对桥梁安全运营至关重要,实际维修难度也较大^[4]。这两种评定方法都特别强调了从结构的最不利部件来评价桥梁技术状况以及结构正常运营的安全储备状况。

(3)两者桥梁评定过程基本一致,均通过逐步分层评价,最终得出桥梁技术状况评定结果,仅在上部结构的技术状况评定过程中存在些许区别,JTG/T H21—2011以单个构件划分为最小评定单位,而CJJ 99—2017则是以单跨的所有同类型构件为最小评定单位,对所有上部结构孔跨的得分取算数平均。

(4)评定等级中把桥梁技术状况等级划分为5级。针对某些发现严重影响桥梁使用安全的情况^[1],都额外采用了单项控制指标来进行“一票否决”。两本标准对于此类病害所涉及的范围基本已经覆盖了“危桥”的判断条件,最大程度保证了结构安全,避免灾害事故发生。

(5)JTG/T H21—2011中依据病害对结构的重要程度划分为3类,其各自的最高标度均不同,又根据病害的严重程度给予合适的标度控制,最终通过这两项指标决定病害的扣分值;CJJ 99—2017中统一把病害标度分为3个级别(个别病害实际上只有2级标度,第1级标度扣分为0),根据病害类型的不同,每级的扣分项都不相同。

(6)JTG/T H21—2011按照桥梁受力特性把桥梁划分为4大类,CJJ 99—2017罗列了几种城市桥梁结构中常见的结构体系,以及人行天桥、人行地下通道等构造物的评定方法。CJJ 99—2017中,单孔跨径大于100 m的桥梁及特殊结构的桥梁均被定性为I类养护类别桥梁,斜拉桥、悬索桥、系杆拱桥等特殊桥型进行桥梁技术状况评定时均采用I类养护类别的条款。

(7)两本规范均考虑到部分桥梁在实际中未设置个别部件的情况,如某些桥梁未设置人行道,单跨桥梁未设置中间桥墩等情况,在计算权重时进行了二次分配,即根据此部件的所属关系,将未设置部件的权重值分配给其余既有部件,分配原则按照其余既有部件权重在全部既有部件权重中所占比例进行分配^[1]。

2 典型桥梁技术状况评定

结合某市区县内部署的570座桥梁,分别采用2种评定标准对其进行桥梁技术状况评定,该批桥梁

大部分位于二、三级公路。其中,小桥456座、中桥119座、大桥5座。桥梁结构形式以简支空心板梁桥为主。最终的桥梁评级结果见表2。

表2 桥梁技术状况评分评定方法对比

JTG/T H21—2011			CJJ 99—2017		
评级	数量	百分比/%	评级	数量	百分比/%
1类	60	10.53	A级	65	11.40
2类	460	80.70	B级	458	80.35
3类	49	8.60	C级	46	8.07
4类	1	0.18	D级	1	0.18
5类	0	0.00	E级	0	0.00

结合统计数据可以发现,采用两个标准分别进行桥梁技术评定,最终结果差异不大。考虑两本标准技术状况评定的评定模型以及各部件的权重分配不同,最终桥梁评定结果的偏差范围也在合理范畴内。由于CJJ 99—2017中设置A级评分区段较为宽松,而C级和D级评分区段较严格,故从最终的统计结果来看,各评定等级的桥梁数量也符合这一设置。CJJ 99—2017的评定模型偏保守,同一座桥的整体评分会比JTG/T H21—2011的略高4~6分,但考虑评级的区段划分不同,两本标准各个评级最终的桥梁数量基本保持一致。

以下例举两本标准在实际应用中的差异性研究,并对各自的不足之处提出一些优化建议。

(1)合理划分构件数量

JTG/T H21—2011中存在一项计算公式(1)

$$PCCI = \overline{PMCI} - (100 - PMCI_{\min})/t \quad (1)$$

式中: t 为一个随构件的数量而变的系数。 t 值趋势线如图1所示。

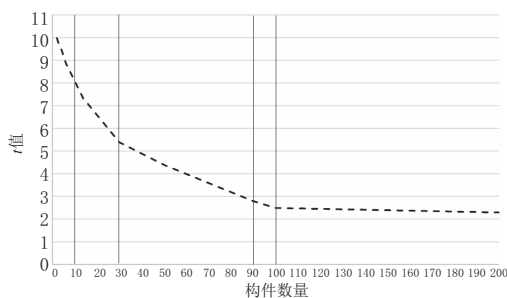


图1 t 值趋势线

在发生病害的构件数量不变的情况下,随着构件数量的增多,桥梁技术状况得分应该呈上升趋势,但在实际应用中,会在超过某个数值后,式(1)左半部分 $\overline{PMCI}$ 会较右半部分 $(100 - PMCI_{\min})/t$ 的增值为负,出现PCCI值最终反而会降低的情况。如图2所示, $PMCI_{\min}$ 分别为80、60、40这三种情况,即实际运

用中所能取到的最大值、中位值以及最小值。

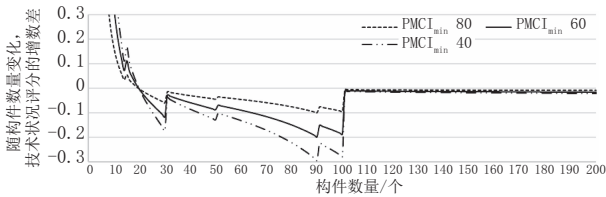


图2 增数差曲线示例图

从图2可知,构件数量在达到20个之后,数值增值变为负数,也就是说当一座桥梁发生病害的构件数量固定的情况下,构件数量为19个的时候,单项技术状况得分为最大值,之后呈现出不规则的减少趋势;在构件数量达到101个时,单项技术状况得分接近最大值,此后,数值以极小的速率继续变小。其中,在构件数量达到10、30、50、90、100的时候,曲线都呈现出反弯的趋势,这和 t 值曲线的斜率改变的折点呈对应关系。

这一现象表明了 t 值曲线存在一定的局限性,构件数量所影响的 t 值对最后的技术状况计算结果影响极大,划分构件数量时需慎重考虑,如:桥墩立柱、梁桥的刚性连接部位等,过分细化桥梁部件,易导致 t 值取值偏大,最终造成计算结果失真,与实际情况不符合。

(2)合并同源病害

在构件数量较少而病害种类较多的情况下,如单跨混凝土现浇箱梁上存在蜂窝、麻面,剥落、掉角,空洞、孔洞这3类病害,所有病害标度均为最小,即为2,那么通过计算,该构件的得分 $PMCI=54.61$,属于4类构件范畴。

导致这种情况的出现主要有以下2个原因:

a. 构件划分规则不合理

上文已经提到合理划分构件数量的重要性。针对一些大体积的构件,如单跨现浇箱梁,构件数量定义过少,易导致病害集中在单个构件上,从而得分偏低。可以考虑根据结构的受力特性或施工节段来进行划分,把整个结构分成底板、左右腹板、顶板等部分,这样构件数量定义为4,病害也相应分摊到各自的构件上,评定结果趋于合理,与实际情况相符合。同样较易发生此类情况的还有桥面系的桥面铺装、人行道、悬索桥和斜拉桥的索(主)塔,可以考虑按照孔跨来划分桥面铺装的数量;索(主)塔可以按照横梁的数量把塔身化分为上、中、下塔柱。

b. JTG/T H21—2011 部分病害类型划分过细

在实际桥梁技术状况评定过程中,发现部分构

件未出现结构性损伤但其技术评分较低,主要原因是单个构件病害类型多,虽然各个病害影响程度小,评定标度低,但由于病害种类数量繁多,最终的构件得分偏低。此类病害的成因比较相近,对结构的安全性也没有过大的危害,往往只影响到构件的耐久性。

可以将这种对结构本身安全性无太大影响,仅对耐久性产生不利作用的一部分病害予以合并。针对此类病害,因影响性质一致,可仅做单次扣分处理,评定标度按照最不利原则,可选择此类病害中病害程度最严重,即最高的评定标度作为耐久性病害的评定标度。用这个方法重新对构件进行计算,构件得分 $PMCI=75.00$,属于3类构件范畴。其他部件中病害成因或维修方法相接近的也可以参照此方法进行合并(见表3)。

表3 合并病害类型前后评分对比

JTG/T H21—2011						
病害类型	标度	最高标度	U1	U2	U3	PMCI
蜂窝、麻面	2	3	20			
剥落、掉角	2	4	25	13.26	7.13	54.61
空洞、空腔	2	4	25			
合并病害类型后						
病害类型	标度	最高标度	U1	U2	U3	PMCI
混凝土耐久性病害	2	4	25	—	—	75.00
CJJ 99—2017						
病害类型	DP_{ijk}	ω_{ijk}	$DP_{ijk} \times \omega_{ijk}$	SDP_{ij}	$1 - SDP_{ij}$	
混凝土剥离	15	0.73	10.95			
露筋锈胀	20	0.76	15.20	26.15	73.85	

(3)检测盲区的数据处理

两套桥梁技术状况评价体系中下部结构的得分都偏高,其中CJJ 99—2017的结果更甚,下部结构常在90分以上。

出现此类情况的原因分析如下:

a. CJJ 99—2017的结构技术评定中把下部结构中的台帽(盖梁)、台身(墩身)单独划分出来作为一个部件,见表4。这样操作最终导致CJJ 99—2017中台帽盖梁的权重与JTG/T H21—2011比明显偏小。如在检测过程中,遇到部分墩台身整体状况良好,或结构形式为埋置式桥台,就会出现CJJ 99—2017下部结构的评分普遍高于JTG/T H21—2011的情况。

b. 墩台基础是桥梁下部结构的重要组成部分,在下部结构的权重分配中占据相当大的比重。可在实际检测工作中,大部分桥梁基础在运营期,均已回

表 4 下部结构权重分配

JTG/T H21—2011			CJJ 99—2017					
下部结构	桥墩	0.30	桥墩	盖梁	0.15	桥台	台帽	0.15
	桥台	0.30		墩身	0.30		台身	0.20
	墩台基础	0.28		基础	0.40		基础	0.40

填或处于水下，后期难以通过常规手段实现检测。水下基础可以通过特殊检测方式来获取准确的病害信息,需要动用相关辅助手段(水下机器人、水下相机等)进行特殊检测,检测频率也较低,通常为 3 年至 5 年 1 次，较难保证在每次定期检查中做到全面覆盖。

因此,基础通常情况下都是桥梁检查时的盲区,在日常检查和定期检查中难以进行检测,这部分桥梁构件病害信息的缺失,导致评分失真,最终影响整体桥梁技术状况评定结果。尤其是 CJJ 99—2017 中基础所占权重比 JTG/T H21—2011 相对为高,更是加剧了 CJJ 99—2017 中下部结构得分偏高的情况。

表 5 下部结构权重二次分配前后评分对比

构件	SDP_{jk}	ω_{jk}	BCI_{sj}		SDP_{jk}	ω_{jk}	BCI_{sj}
台帽	27.96	0.15	90.27	权重二次分配后	27.96	0.25	83.79
台身	16.42	0.20			16.42	0.33	
支座	15.00	0.15			15.00	0.25	
基础	0.00	0.40			0.00	0.00	
耳背翼墙	0.00	0.10			0.00	0.17	

(4)补充病害类型

两本标准中均缺少上部结构渗水这一常见的病害类型。渗水析白作为上部结构梁体或横向联系的常见病害,由雨水或桥面积水通过桥面系下渗至上部结构构件积水导致,有时渗水还会伴随混凝土表面泛碱现象,部分渗水严重会引发腐蚀现象,从而造成起钢筋的锈胀,导致混凝土的剥落。建议在标准的后续更新中可以考虑钢筋混凝土梁桥上部结构病害中增加渗水、腐蚀这一病害条目,病害标度可以参考 JTG/T H21—2011 中关于钢筋混凝土拱桥中主拱圈中渗水病害进行设置 4 级标度。

(5)取消关联性不强的病害类型

JTG/T H21—2011 中在上部结构构件技术状况评定中引入无损检测的结果来参与评定^[1],然而桥梁技术状况评定作为桥梁定期检测的一项成果汇报是具有普遍性的,无法保证每次都对桥梁开展无损检测。这样做的结果导致本次桥梁检查是否进行无损检测,会直接影响到桥梁技术状况评定的最终结果。

建议针对这类常规检测时难以检测的盲区,可以考虑将其视为未设置此类构件,采用标准中现有的方法将此类构件的权重进行二次分配,分配方法采用将缺失部件权重值按照既有部分权重在全部既有部件权重中所占比例进行分配的方法^[1];或者可以根据桥梁的设计使用年限和实际已使用年限,按照比例考虑其结构耐久性的损失,使用寿命的缩减,对其采用系数进行直接折减。

表 5 中所列举的算例,在修改基础的权重二次分配后,下部结构单项 BCI 从 90.27 降至了 83.79,完好状况从 A 级调整至 B 级,更接近于桥梁运营多年的实际情况。

而在公路标准 JTG/T J21—2011 中已经将桥梁结构无损检测的结果作为材料性能、截面尺寸的折减系数引入了承载能力的判定。建议在桥梁技术状况评定中取消此类与无损检测挂钩的病害条目,保证多次检测结果的可比性。

(6)丰富评定模型

CJJ 99—2017 中定义为 I 类养护类别的桥梁作为重点养护对象,但其评定模型过于精简,只要不涉及 15 条单项控制指标,桥梁技术状况评定就会被评定为合格级。而如今大数据下电算逐渐普及,该评定模型不利于管养单位在桥梁运营维护中掌握实际的情况、了解桥梁的真实运营状况,并采取积极有效的手段。

3 应用案例

下面将采用 2 本标准以及前文中提到的一系列优化方案对同一座桥梁进行技术状况评价(见表 6)。

表6 技术状况评定结果对比

原 标准的技术状况评定							
JTG/T H21—2011			CJJ 99—2017				
桥梁组成	桥梁组成评分	桥梁组成评级	桥梁部位	BCI	完好状况	BSI	结构状况
上部结构	50.40	4类	上部结构	70.10	C	70.10	C
下部结构	83.16	2类	下部结构	88.34	B	86.34	B
桥面系	77.48	3类	桥面系	77.25	C	60.00	D
总体	70.18	3类	总体	79.38	C	—	—
优化后的技术状况评定							
JTG/T H21—2011			CJJ 99—2017				
桥梁组成	桥梁组成评分	桥梁组成评级	桥梁部位	BCI	完好状况	BSI	结构状况
上部结构	80.83	3类	上部结构	80.17	B	77.80	C
下部结构	76.43	3类	下部结构	80.57	B	77.57	C
桥面系	81.44	2类	桥面系	80.25	B	60.00	D
总体	80.19	2类	总体	80.35	B	—	—

(1)桥梁概况

三跨简支梁桥,钢筋混凝土板梁,跨径8 m+10 m+8 m,横向布置为0.25 m栏杆+2 m人行道+14 m车行道+2 m人行道+0.25 m栏杆,每跨布置18樁主梁,横向联系为铰接缝,支座采用矩形板式橡胶支座。桥面铺装采用10 cm 沥青混凝土铺装。下部结构采用桩柱式墩台。检测期为汛期,墩台基础已淹没,无法直接检测到墩台基础部分病害。

(2)主要病害描述

a. 桥面出现大面积车辙;两侧模数式伸缩缝止水橡胶开裂破损;部分桥面泄水孔严重堵塞。

b. 板梁腹板和底板均发现大量纵向裂缝和竖向裂缝,裂缝宽度未超过标准限值;少数位置混凝土孔洞、剥落、露筋锈胀。

c. 桥墩盖梁均存在大面积渗水痕迹,两侧台帽存在竖向不规则贯通裂缝,裂缝宽度未超过标准限值。

由表6可知,优化后的技术状况评定趋于合理,桥梁各组成部分评级基本符合实际情况,发生病害的构件的评分在75~78区间内,做为3类构件,应对该构件予以中修,本次优化后的技术状况评定对养护单位在今后的养护决策中提供了合理的引导。

4 结 语

(1)桥梁技术状况评定是桥梁管理养护的重要依据,高质量地完成桥梁技术状况评定对后续管养单位的养护、维修、加固均具有十分重要的意义^[5]。现行的两个技术标准采用的分层综合评定与单项指标控制方法均可以满足桥梁技术状况评定的需求,两者

的评定流程、计算模型、权重划分等虽有不同之处,但是考虑城市和公路桥梁两者的目标群体不同,各自的模型也在合理范畴内,而对不足之处仍需要进行优化调整,逐步完善。

(2)在桥梁检测的实际工作中,对于一些明显不合理的评分或评级,应从病害的分布、缺损状况等多方面因素综合考虑,分析判断病害对桥梁主体结构的危害,从而更合理地给出与桥梁实际情况相符合的技术状况评级。

(3)持续发展先进的桥梁检测手段,无人机、物联网、图像识别等应用技术将是辅助桥梁检测的有利手段,也是未来桥梁检测技术发展的重点方向。

(4)大数据时代下的桥梁检测,应建立统一桥梁病害信息数据库,开发行业通用软件,对桥梁进行系统化、统一化管理,从病害位置、病害程度、病害数量等各个维度对病害进行标签化描述,实现桥梁技术状况评定的信息化、智能化,动态监控病害发展状况,考虑缺损发展变化的修正,引入耐久性指标,合理预测桥梁的使用寿命。

参考文献:

[1] JTG/T H21—2011,公路桥梁技术状况评定标准[S].

[2] CJJ 99—2017,城市桥梁养护技术标准[S].

[3] 陈树礼,刘永前.城市与公路桥梁技术状况评定方法对比分析[J].建筑科学与工程学报,2018,35(3):95-103.

[4] 刘国金.公路桥梁技术状况评定标准浅析[J].北方交通,2012,234(10):81-85.

[5] 关淑萍.现役桥梁技术状况评定方法解读及对比分析[J].湖南交通科技,2019,45(4):110-114.