

文章编号:1001-7372(2013)03-0094-07

公路与城市桥梁技术状况评估方法对比分析

陈宝春,余印根

(福州大学 土木工程学院,福建 福州 350108)

摘要:为了研究中国公路与城市桥梁技术状况评估方法的差异,对《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)和《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99—2003)进行了比较分析,应用2本规范对1座钢筋混凝土简支梁桥和1座钢管混凝土拱桥进行了检测与技术状况评估,对评估结果进行了对比分析;并对2本规范评估方法一般性内容进行了比较。结果表明:2本规范对桥梁技术状况评估均采用构件加权法,但具体方法、内容均存在一定差异;运用2本规范方法得出的2座桥的桥面系、上部结构和下部结构3个部位的评估结果相近,但上、下部结构的权重差异较大,导致全桥技术状况等级评估结果差异很大;研究结果可为中国道路桥梁技术状况评估方法提供参考。

关键词:桥梁工程;桥梁养护;对比分析;技术状况评估规范

中图分类号:U445.7 **文献标志码:**A

Comparative Analysis of Technical Condition Rating of Highway Bridges and City Bridges

CHEN Bao-chun, YU Yin-gen

(School of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350108, Fujian, China)

Abstract: To study the difference of the technical condition rating methods for highway bridges and city bridges in China, a comparison analysis of the rating systems of the *Code for Maintenance of Highway Bridges and Culverts* (JTG H11—2004) and the *Technical Code of Maintenance for City Bridge* (CJJ 99—2003) was carried out. A simple RC beam bridge and a concrete filled steel tubular arch bridge were investigated and their conditions were rated by the two codes, and the rating results were analyzed. In addition, the rating methods in the two codes were compared. The results show that both of them adopt the member weight method but there is difference in detailed approaches and contents; the rating results of the deck systems, the superstructures and the substructures of the two bridges by the two codes agree well, while the rating results of the whole bridges are quite different because the weighing values of superstructures and substructures in the two codes have great difference. This study can provide reference for the condition rating of road bridges in China.

Key words: bridge engineering; bridge maintenance; comparative analysis; technical condition rating code

收稿日期:2012-06-08

基金项目:住房和城乡建设部科学技术计划项目(2011-1-59)

作者简介:陈宝春(1958-),男,福建罗源人,教授,博士研究生导师,工学博士,E-mail:baochunchen@fzu.edu.cn。

0 引言

桥梁在交通荷载、环境因素等作用下,必然出现结构劣化、使用功能下降等病害,定期养护维修是保证其服役期内交通安全、功能发挥的根本措施。对桥梁技术状况进行科学评估是制订养护维修方案的技术依据。

桥梁技术状况评估的研究已有近30年的历史,许多国家和地区分别制定了具有本国或本地特色的评估方法。评估方法一般包括结构状况、功能状况、安全性(包括承载能力)、重要性等4个方面。中国道路桥梁的技术状况评估目前主要依据《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)^[1]和《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99—2003)^[2]。

2011年颁布实施的福建省地方建设标准《钢管混凝土拱桥技术规程》(DBJ/T 13-136—2011)^[3]含有公路与城市钢管混凝土拱桥的养护内容。在编制DBJ/T 13-136—2011时,对JTG H11—2004和CJJ 99—2003两本养护规范进行了比较分析,发现这2本规范的评估方法均以结构状况评估为主,但评估方法不尽相同。

文献[4]中对1座在役的钢管混凝土拱桥应用2本规范进行了技术状况评估,发现二者评估结果基本一致。然而,2本规范中有关钢管混凝土拱桥的内容均不多,且文献[4]中仅1个桥例,其一致性还有待进一步确定。

为此,本文中提出了将JTG H11—2004评估方法转化成以CJJ 99—2003方式表现的评估方法,选择1座钢筋混凝土梁桥和1座钢管混凝土拱桥,应用2本规范进行技术状况评估和评估结果分析,以便对2本规范评估方法进一步比较分析,从而提出中国道路桥梁技术状况评估方法今后努力的方向。

1 规范评估体系的比较

1.1 JTG H11—2004

JTG H11—2004将桥梁分为17个部件,对其缺损状况进行判定并给出评分,加权后所有构件缺损标度 $\sum R_i W_i$ 转化为百分制值 $\sum R_i W_i / 5$,以完好状况100分减去该值得出桥梁技术状况评分值 D_r ,即

$$D_r = 100 - \sum R_i W_i / 5 \quad (1)$$

式中: R_i 为第*i*类部件的评估标度($0 \leq R_i \leq 5$); W_i 为第*i*类部件的权重, $\sum W_i = 100$ 。

根据评分值 D_r 评出从完好到危险5个技术状况等级,见表1。

表1 JTG H11—2004 桥梁等级评估标准

Tab. 1 Bridge Grade Assessment Standard in JTG H11—2004

评分值范围	$D_r \geq 88$	$60 \leq D_r < 88$	$40 \leq D_r < 60$	$D_r < 40$
类别	一类	二类	三类	四类、五类
等级	完好、良好	较好	较差	差、危险

JTG H11—2004的评估方法与美国纽约桥梁检测系统^[5]的评估方法相近,该系统将桥梁分为13个部件,对各构件状态等级进行划分(1级~7级),然后进行综合加权平均获得桥梁整体状态等级值。

1.2 CJJ 99—2003

CJJ 99—2003首先根据桥梁的重要性将其分为5类,I类养护的桥梁(简称I类桥梁)和II~V类养护的桥梁(简称II~V类桥梁)采用2种不同的技术状况评估方法。

I类桥梁直接根据桥梁结构构件缺陷评为合格与不合格2个级别。

II~V类桥梁采用分层加权法,将桥梁分解为“全桥→3个部位→15个构件→75个具体损坏类型”4个层次,采用扣分百分制由底层开始按照加权综合的方法逐层综合得到上层直至整座桥梁的技术状况指数 B_{CI} ,即

$$B_{CI} = B_{CI_m} \omega_m + B_{CI_s} \omega_s + B_{CI_x} \omega_x \quad (2)$$

式中: B_{CI_m} , B_{CI_s} , B_{CI_x} 分别为桥面系、上部结构和下部结构的技术状况指数; ω_m , ω_s , ω_x 分别为桥面系、上部结构和下部结构的权重。

由此评出从完好到危险5个桥梁完好状态等级,见表2。

表2 CJJ 99—2003 桥梁完好状况评估标准

Tab. 2 Bridge Intact Status Assessment Standard in CJJ 99—2003

技术状况指数	$B_{CI}^* \geq 90$	$80 \leq B_{CI}^* < 90$	$66 \leq B_{CI}^* < 80$	$50 \leq B_{CI}^* < 66$	$B_{CI}^* < 50$
等级	A (完好)	B (良好)	C (合格)	D (不合格)	E (危险)

注: B_{CI}^* 表示 B_{CI} , B_{CI_m} , B_{CI_s} 或 B_{CI_x} 。

CJJ 99—2003中II~V类桥梁的技术状况评估方法与日本长崎桥梁检测评估方法^[6-7]、美国《全国桥梁检测准则》^[8]的方法相近。日本长崎桥梁检测评估方法采用层次分析法,将桥梁分解为“全桥→3个部分→7个构件→26个具体损坏形式”4个层次,采用扣分百分制分别得到各构件的健全度,再得到各部分的健全度,最终得到全桥的健全度。美国

桥梁检测准则方法通过外观调查对桥梁具体构件按好、普通和差 3 个级别进行评分,将构件评分结果计入上层桥面系、上部结构、下部结构、河道及构造物和涵管等 5 个部分,由此得出 5 个部分由坏到好划分的 0~9 十个等级,进而得出全桥技术状况评估结果。

1.3 评估体系比较

1.3.1 构件划分及权重值

2 本规范采用的都是考虑了不同构件(部件)权重的加权评估方法。JTG H11—2004 中采用综合加权平均法,将桥梁分为 17 个部件,各部件权重采用固定权重值,部件划分及各个部件权重值见表 3。

表 3 JTG H11—2004 部件划分表

Tab. 3 Bridge Components Division in JTG H11—2004

部件编号	部件名称	权重 W_i	部件编号	部件名称	权重 W_i
1	翼墙、耳墙	1	10	桥头与路堤连接部	3
2	锥坡、护坡	1	11	伸缩缝	3
3	桥台及基础	23	12	人行道	1
4	桥墩及基础	24	13	栏杆、护栏	1
5	地基冲刷	8	14	灯具、标志	1
6	支座	3	15	排水设施	1
7	上部主要承重构件	20	16	调治构造物	3
8	上部一般承重构件	5	17	其他	1
9	桥面铺装	1			

CJJ 99—2003 则采用分层加权法,将桥梁分解为“全桥→3 个部位→15 个构件→75 个具体损坏类型”4 个层次,见图 1。其中各部位和构件权重采用固定权重值;各构件权重值根据不同结构的桥梁型式规定了不同的定值;损坏类型的权重值采用可变权重,如 ω_{ij} 表示桥面系第 i 类构件中第 j 项损坏的权重,由经验公式 $\omega_{ij} = 3.0\mu_{ij}^3 - 5.5\mu_{ij}^2 + 3.5\mu_{ij}$ 计算而得,其中 μ_{ij} 根据第 j 项损坏的扣分值 P_{ij} 占桥面系第 i 类构件所有损坏扣分值的比例 ($\mu_{ij} = P_{ij} / \sum_j P_{ij}$) 计算而得。

1.3.2 比较方法

由于桥梁部件划分较多且不一致,对 2 本规范从部件层面上进行比较较为困难。因此,本文中将在桥梁部位层面上进行比较。将 JTG H11—2004 中各部件参照 CJJ 99—2003 分为桥面系、上部结构及下部结构 3 个部位,给出以 CJJ 99—2003 方式表现的 JTG H11—2004 评估方法。在此基础上,进行 2 本规范评估体系的比较。

将表 3 中的 17 个部件归入桥面系、上部结构和

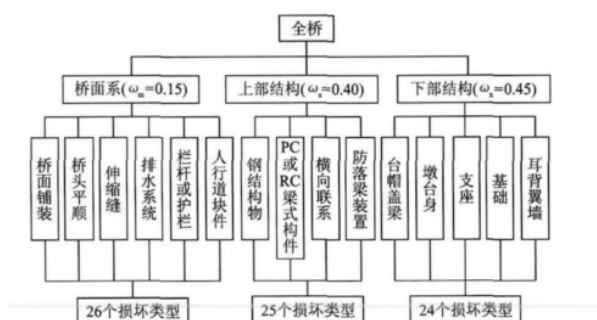


图 1 CJJ 99—2003 桥梁结构分层

Fig. 1 Bridge Structural Layers in CJJ 99—2003

下部结构 3 个部位,其权重计算为

$$\omega_k = \sum_{i=1}^n W_i R_i / \sum_{i=1}^{17} W_i R_i \quad (3)$$

式中: k 表示 m, s, x, 分别代表桥面系、上部结构和下部结构; n 为各部位的部件数,桥面系、上部结构和下部结构的部件数分别为 9, 2 和 6。

由式(3)可求得三大部位的权重 ω_k , 分别为 0.15, 0.25 和 0.60。

对权重的比较可知,2 本规范规定的桥面系权重一致,均为 0.15;对上、下部结构的权重,二者均考虑下部结构大于上部结构,但二者之间存在差异。JTG H11—2004 中,下部结构的权重达 0.60, 远大于上部结构的 0.25;而 CJJ 99—2003 中,下部结构的权重为 0.45, 仅比上部结构的 0.40 略大一些。

同样将 JTG H11—2004 中的 17 个部件分为桥面系、上部结构和下部结构三大部位,其技术状况指数 B_{Cik} 可表示为

$$B_{Cik} = 100(1 - \sum_{i=1}^n W_i R_i / \sum_{i=1}^n 5W_i) \quad (4)$$

全桥技术状况指数 B_{CI} 计算见式(2)。

应该指出的是上述 JTG H11—2004 评估方法转化成以 CJJ 99—2003 方式表现的评估方法,只是表现形式的转化,并不是要按 CJJ 99—2003 的分层法进行评估,因此所求得的全桥技术状况指数 B_{CI} 与式(1)所得到的 D_r 结果一致。

2 典型桥梁检测与评估

2.1 某简支梁桥

2.1.1 工程概况

某城市桥梁为 1 座三跨简支斜交梁桥(图 2)。斜交角 21° , 四车道,桥面净宽 18.0 m, 设计荷载为城-A 级。主梁为钢筋混凝土 T 梁, 20.0 m 跨径, 混



图2 某简支梁桥总体布置(单位:cm)

Fig.2 Elevation of Simple Beam Bridge (Unit:cm)

凝土桥面。重力式浆砌块石桥台,桩柱式墩。养护等级为城市桥梁Ⅲ类。

2.1.2 技术状况检测

(1)桥面铺装:全桥桥面铺装出现多条纵向贯通裂缝;局部桥面出现交错裂缝,形成网裂,网裂面积占整个桥面的1%。

(2)桥头平顺:南侧桥头桥面破损严重,存在多处坑槽,桥梁与道路连接不平顺,高差2mm;北侧桥头与道路连接平顺。

(3)伸缩缝:全桥共设置4道伸缩缝,伸缩缝内均存在沉积物堵塞现象,部分伸缩缝被沥青覆盖。

(4)排水系统:全桥两侧各设4个泄水孔,下游侧2个泄水孔过滤网缺失,部分泄水孔局部堵塞,桥面排水基本顺畅;部分泄水孔引水管设置不当,雨水侵蚀横隔板。

(5)人行道栏杆及块件:全桥人行道栏杆技术状况良好;南侧桥头上游侧人行道板横向断裂;下游侧人行道块件技术状况良好;路缘石局部破损。

(6)PC梁式构件:部分T梁两侧腹板、梁底及翼缘板存在蜂窝麻面、露筋锈蚀现象;T梁梁底均存在明显横向裂缝,部分裂缝延伸至两侧腹板,裂缝宽度最大测读值为0.19mm。

(7)横向联系:部分横隔板连接处混凝土剥落,焊接钢板外露锈蚀;部分横隔板受雨水侵蚀。

(8)桥墩台:1#墩有轻微冲刷,1#墩盖梁上杂物堆积;0#、3#台均为重力式浆砌块石桥台;0#台帽局部存在长草、渗水现象;3#台上游侧存在垃圾堆积现象。

(9)支座:0#台部分支座处杂物堆积、影响支座正常工作;第1跨1#墩上1#梁处支座发生明显剪切变形;第2跨2#墩上3#梁处支座变形不均匀。

(10)基础:该桥桥面铺装层及盖梁、台帽未出现因地基不均匀沉降、倾斜等病害产生的开裂现象,间接说明该桥的基础处于正常工作状态。

(11)耳背翼墙:0#台翼墙局部生长杂草,上游侧翼墙局部破损,墙体表面出现6条竖向裂缝,裂缝宽度最大测读值0.72mm;3#台翼墙整体技术状况良好。

(12)其他:灯具、标志完好无缺,设置合理;桥梁未设置调制构造物及防撞设施。

2.1.3 技术状况评估

(1)JTG H11—2004 的评估结果

应用JTG H11—2004进行技术状况评估的结果见表4。将表4的数值代入式(1)得 D_r 值为62.6,对照表1,该桥为二类桥,处于较好状态,养护对策为小修。

表4 某简支梁桥技术状况评估结果(JTG H11—2004)

Tab.4 Technical Condition Rating Results of Simple Beam Bridge (JTG H11—2004)

桥梁部位	部件编号	部件名称	W_i	R_i	$W_i R_i$
下部结构	1	翼墙、耳墙	1	2	2
	2	锥坡、护坡	1	1	1
	3	桥台及基础	23	1	23
	4	桥墩及基础	24	1	24
	5	地基冲刷	8	1	8
	6	支座	3	1	3
上部结构	7	上部主要承重构件	20	4	80
	8	上部一般承重构件	5	3	15
桥面系	9	桥面铺装	1	5	5
	10	桥头与路堤连接部	3	3	9
	11	伸缩缝	3	4	12
	12	人行道	1	1	1
	13	栏杆、护栏	1	1	1
	14	灯具、标志	1	1	1
	15	排水设施	1	2	2
	16	调治构造物	3	0	0
	17	其他	1	0	0

(2)CJJ 99—2003 的评估结果

应用CJJ 99—2003对该桥三大部分的评估结果如表5所示。表5中 M_i 为第 i 类部件的总和分值,将表5所得的三大部分的桥梁技术状况指数值代入式(2),得该桥的整体技术状况指数为63.65,对照表2,该桥评为D级,处于不合格状态,养护对策为中修或大修。

2.2 某中承式钢管混凝土拱桥

2.2.1 工程概况

某公路桥梁为净跨136m的中承式钢管混凝土拱桥,矢跨比为1/5,悬链拱轴线,设计荷载为汽-20、挂-100。拱肋为钢管混凝土桁式结构。桥面以上3道横撑,以下2道K撑。桥面系采用工字形横梁和T形纵梁。行车道板与人行道板均为钢筋混凝土预制板。拱座为分离式钢筋混凝土结构,直接坐落于岩层,砌石桥台。桥梁养护等级Ⅰ类(图3)。

表 5 某简支梁桥技术状况评估结果(CJJ 99—2003)

Tab. 5 Technical Condition Rating Results of Simple Beam Bridge (CJJ 99—2003)

序号	评估要素	W_i	M_i	$(100-M_i)W_i$
1	桥面铺装	0.30	80.42	5.87
2	桥头平顺	0.15	15.00	12.75
3	伸缩装置	0.25	40.71	14.82
4	排水系统	0.10	76.53	2.35
5	人行道	0.10	22.50	7.75
6	护栏	0.10	15.00	8.50
7	主梁	0.60	55.96	26.43
8	横向联系	0.40	43.59	22.56
9	盖梁	0.30	15.00	8.50
10	墩身	0.30	25.00	22.50
11	基础	0.20	15.00	25.50
12	冲刷	0.10	15.00	17.00
13	支座	0.10	40.71	5.93
14	台帽	0.10	15.00	8.50
15	台身	0.30	18.64	24.41
16	基础	0.30	15.00	25.50
17	翼墙	0.10	26.70	7.33
18	锥坡	0.10	0.00	10.00
19	支座	0.10	40.71	5.93

注:序号 1~6 属于桥面系,其状况指数为 52.04(D 级);7~8 属于上部结构,其状况指数为 48.99(E 级);9~19 属于下部结构,其中,9~13 属于桥墩,14~19 属于桥台,下部结构状况指数为 80.55(B 级)。

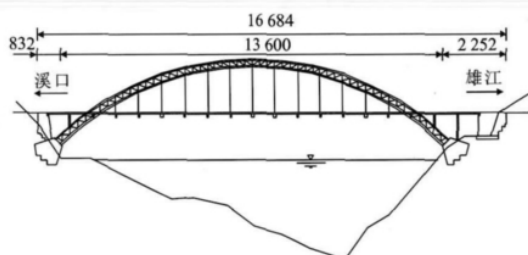


图 3 某钢管混凝土拱桥总体布置(单位:cm)

Fig. 3 General Arrangement Diagram of CFST Arch Bridge (Unit: cm)

2.2.2 技术状况检测

(1)桥面系:靠近 2 个桥台处的桥面有较多横向和纵向裂缝,北侧桥面铺装出现一处坑槽,其面积为 $2.5\text{ m} \times 0.2\text{ m}$;部分人行道加宽部分出现纵向裂缝,最大缝宽 1.00 cm ;部分伸缩缝橡胶老化破损,橡胶表面出现横向裂缝。

(2)钢管混凝土拱肋:拱肋对接处有多处明显错边,其误差达到 $2.0 \sim 3.0\text{ mm}$;拱肋横焊缝可见多处明显咬边,且多处未焊满,多处过渡不均匀,其表

面可见明显气孔,部分焊缝甚至有焊渣未清理干净现象;拱肋盖板也可见多处咬边;拱肋油漆可见多处明显发泡、起皮、反锈和剥落,拱脚处拱肋油漆出现大面积的反锈和起泡。

经过超声波探伤检测发现,钢管拱肋对接横焊缝内部均发现超出 II 级规定的条状超标可扩展缺陷。所检焊缝质量等级为 III 级^[9]。

(3)拱肋密实性:采用敲击法检查发现,大部分拱肋顶部存在空隙,经测量,空隙的横向范围为 $0.24 \sim 0.41\text{ m}$ 。

(4)吊杆:部分吊杆钢套管表面有多处锈蚀,个别吊杆的套管与拱肋板和桥面板交接处发现有开裂现象,导管内的吊杆钢丝有锈蚀现象。

(5)吊杆下锚头:随机抽查 26 根吊杆中有 8 个吊杆下锚头,发现保护盒无填充物,锚具盒、钢丝及锚头裸露,锚头有锈蚀现象。

(6)横梁:5# 横梁底面箍筋位置出现多处纵向微裂缝;6# 横梁露筋 3 处,长 0.10 m ,蜂窝麻面 1 处 ($2.00\text{ m} \times 0.20\text{ m}$),掉块 1 处 ($0.40\text{ m} \times 0.10\text{ m}$);2#~12# 吊杆横梁出现多处竖向裂缝,集中在跨中区域的下翼缘板上,部分延伸至腹板,裂缝宽度为 $0.02 \sim 0.12\text{ mm}$,未超过 JTG H11—2004 的裂缝限值。

(7)横撑:横撑与拱肋对接处的焊缝过渡不均匀;部分横撑发现有部分油漆出现反锈、起皮现象。

(8)桥面板:总体技术状况良好,未见明显病害。

(9)下部结构:总体状况良好,南侧台帽两侧有防震挡块开裂、外表混凝土剥落现象。

2.2.3 技术状况评估

(1)JTG H11—2004 的评估结果

应用 JTG H11—2004 进行技术状况评估的结果见表 6。将表 6 数值代入式(1),得 D_r 值为 62.4,对照表 1,该桥为二类桥,处于较好状态,养护对策为小修。

(2)CJJ 99—2003 的评估结果

根据 CJJ 99—2003 规定,吊杆拱桥属于特殊结构桥梁,即为 I 类养护的城市桥梁。根据 CJJ 99—2003 第 4.5.3 条“吊杆拱桥钢丝、吊杆和锚具损伤”可直接评为不合格级桥梁。由于该桥吊杆及锚头均存在锈蚀,影响结构安全,桥梁完好状态等级评定为“不合格级”,养护对策为立即修复。

3 桥梁的评估结果分析

从 2 个实例来看,2 本规范的评估结果存在着较大的差异,本节将对这种差异进行分析。

表 6 某钢管混凝土拱桥技术状况评估结果
(JTG H11—2004)

Tab. 6 Technical Condition Rating Results of CFST Arch
Bridge (JTG H11—2004)

桥梁 部位	部件 编号	部件名称	W_i	R_i	$W_i R_i$
下部 结构	1	翼墙、耳墙	1	2	2
	2	锥坡、护坡	1	2	2
	3	桥台及基础	23	1	23
	4	桥墩及基础	24	1	24
	5	地基冲刷	8	1	8
	6	支座	3	2	6
上部 结构	7	上部主要承重构件	20	4	80
	8	上部一般承重构件	5	2	10
桥面系	9	桥面铺装	1	3	3
	10	桥头与路堤连接部	3	3	9
	11	伸缩缝	3	4	12
	12	人行道	1	3	3
	13	栏杆、护栏	1	2	2
	14	灯具、标志	1	2	2
	15	排水设施	1	2	2
	16	调治构造物	3	0	0
	17	其他	1	0	0

3.1 某简支梁桥评估结果分析

将 JTG H11—2004 评估结果以式(3)和式(4)的计算结果和 CJJ 99—2003 的技术状况评估结果(表 5)进行比较(表 7)。从表 7 可见:2 本规范对桥梁上部结构、桥面系及下部结构技术状况等级评估结果一致性较好。然而由表 7 可知,2 本规范对桥梁不同部位的权重差异较大,正是这种差异性导致了应用 2 本规范所得的桥梁全桥技术状况等级评估结果存在较大的差异。由于该桥的上部结构技术状况较差,这一部分在 JTG H11—2004 中权重仅为 0.25,而在 CJJ 99—2003 中则达到了 0.40,所以前者的评估等级较高,而后者较低。

表 7 某简支梁桥 2 本规范评估结果比较

Tab. 7 Comparison of Evaluation Results of Simply
Beam Bridge by Two Codes

评估 要素	JTG H11—2004			CJJ 99—2003		
	权重	状况 指数	状况 等级	权重	状况 指数	状况 等级
桥面系	0.15	58.67	三类	0.15	52.04	D 级
上部结构	0.25	24.00	四类或 五类	0.40	48.99	E 级
下部结构	0.60	79.67	二类	0.45	80.55	B 级
全桥		62.60	二类		63.65	D 级
养护对策	小修			中修或大修工程		

3.2 某钢管混凝土拱桥评估结果分析

将 JTG H11—2004 评估结果以式(3)和式(4)的计算结果和 CJJ 99—2003 的技术状况评估结果进行比较(表 8)。由表 8 可知:JTG H11—2004 中上部结构的权重较小,对钢管混凝土拱桥上部结构的特殊性和重要性反映不够,导致桥梁完好状态等级评定较高,这是不合理的;而 CJJ 99—2003 则视其为特殊结构的桥梁,直接对桥梁完好状态等级进行评定,无法直观表现桥梁结构组成部分的技术状况等级,同时该规范缺乏钢管混凝土拱桥的评估内容,评估结果受主观因素影响大。

表 8 某钢管混凝土拱桥 2 本规范评估结果比较

Tab. 8 Comparison of Evaluation Results of CFST Arch
Bridge by Two Codes

评估 要素	JTG H11—2004			CJJ 99—2003		
	权重	状况 指数	状况 等级	权重	状况 指数	状况 等级
桥面系	0.15	56.00	三类	0.15		
上部结构	0.25	28.00	四类或 五类	0.40		
下部结构	0.60	78.33	二类	0.45		
全桥		62.40	二类			不合格
养护对策	小修			立即修复		

4 其他比较

上节针对 2 座实桥的评估结果,主要从权重方面对 2 本规范的评估方法进行了比较,本节将对 2 本规范其他方面的内容进行一般性比较。

4.1 评估方法的适用性

JTG H11—2004 的桥梁技术状况评估方法,不采用分层法,而是直接由 17 个部件来评分,计算简单、概念明确、直观、容易实施。但该规范对桥梁部件仅划分为 17 个部件,较为粗糙,如上部结构仅给出了“上部主要承重构件”和“一般承重构件”2 个参评部件,虽能满足简单体系结构的要求(如简支梁、连续梁等),但对于比较复杂结构如斜拉桥、悬索桥、中下承式拱桥等,显然划分过于笼统,适用性不强。下部结构的桥台及基础、桥墩及基础等也存在类似的问题。

CJJ 99—2003 对 II~V 类桥梁采用分层法,构件分类更细化;但该规范对 I 类桥梁状况评估未采用 B_{CI} 评分法,评估等级划分过于简单,无法准确直观反映桥梁完好状态,且评估方法受主观因素影响大。较之 JTG H11—2004, CJJ 99—2003 对参评构件虽然作了一定的细化,然而仍不够完善。如上部

结构只列出了钢结构物、PC 或 RC 梁式部件、横向联系和防落梁装置 4 项,将钢-混凝土组合梁桥、吊桥、吊杆拱桥和斜拉桥均归入 I 类桥梁,而由前文分析可知,该规范对 I 类桥梁的评估方法过于简单,使部分检测技术人员仍将钢管混凝土拱桥作为 II~V 类桥梁采用 B_{CI} 法进行评分^[10]。

4.2 部件缺损状况的评分标准

JTG H11—2004 中对部件缺损状况标度以累加评分方法确定,在现场实施时,受主观影响较大,可操作性较差。CJJ 99—2003 虽然给出了较详细的各部件的缺损扣分标准,但部分取值存在明显的不合理性。例如桥面系桥面铺装中“坑槽”损坏程度小于 3%,3%~5%及大于 5%扣分值均为 65 分;上部结构钢结构物中小于等于 20%螺栓出现松动扣分为 20 分,而“一般锈蚀”锈蚀面积小于 10%扣分值达 25 分。

4.3 对于未设置的桥梁部件评分

对于未设置的桥梁部件,JTG H11—2004 中规定评估时将该部件缺损评估标度按 0 处理,使得此类桥梁所有构件缺损标度的百分值 $\sum R_i W_i / S < 100$,造成由公式(1)求得的 D_r 值偏高的不合理现象。而 CJJ 99—2003 对桥梁没有设置某部件时,没有规定权重处理方法,不同评估人员采用不同处理方法将带来不同的评估结果。

4.4 根据局部构件严重缺损的直接评估法

CJJ 99—2003 中第 4.5.3 条规定,出现其所列的 14 种情况之一或附录 D 表中 16 种构件损坏程度时,II~V 类桥梁可以直接评为 D 级桥。这样使得有些可能进入 E 级的桥梁止于 D 级,无法被评为 E 级。

JTG H11—2004 未制定将桥梁直接评估为四类或五类桥梁的条件。因此,可能出现当某些重要部件出现严重影响结构安全的破损时,桥梁整体状态评估结果还较好,造成危险程度被掩盖。

5 结 语

(1)2 本规范对中国道路桥梁的养护起到极为重要的作用。在桥梁技术状况评估时,均采用构件加权法,但具体方法不尽相同,各有优缺点,在今后的研究与修订中应互相借鉴,取长补短。

(2)2 个实例的比较结果表明,2 本规范对桥梁上部结构、桥面系及下部结构技术状况等级评估结果一致性较好。然而桥梁不同部位的权重差异,导致桥梁全桥技术状况等级评估结果存在较大差异。

因此,必须对 2 本规范桥梁不同部位的权重值开展综合研究。

(3)2 本规范均存在着对于常规桥梁构件划分较粗糙的问题,对缺损、劣化的描述均以文字的形式表现,不直观,不易为检测评估人员所掌握。今后应在现有的规范基础上,不断积累经验与资料,根据不同地区、不同桥型编写图文并茂、详细的实施细则。

(4)2 本规范均存在着可应用的桥型不够广的问题,如钢管混凝土拱桥这种已在中国大量应用的桥型缺乏相应内容。因此,应以现有规范为基础,对规范中未列入或内容相对较少的桥型针对性地开展相关研究。

(5)在根据局部构件严重缺损采用直接评估法方面,CJJ 99—2003 作了规定,但该规定不尽合理,使得有些可能进入 E 级的桥梁止于 D 级,无法被评为 E 级,因此要进行相关的修订,使之合理。JTJ H11—2004 未制定将桥梁直接评估为四类或五类桥梁的条件。可能出现当某些重要部件出现严重影响结构安全的破损时,桥梁整体状态评估结果还较好,造成危险程度被掩盖。因此,建议 JTJ H11—2004 在修订时增设相关的内容。

参考文献:

References:

- [1] JTJ H11—2004,公路桥涵养护规范[S].
JTJ H11—2004, Code for Maintenance of Highway Bridges and Culverts[S].
- [2] CJJ 99—2003,城市桥梁养护技术规范[S].
CJJ 99—2003, Technical Code of Maintenance for City Bridge[S].
- [3] DBJ/T 13-136—2011,钢管混凝土拱桥技术规程[S].
DBJ/T 13-136—2011, Technical Specification for Concrete Filled Steel Tubular Arch Bridges[S].
- [4] 黄卿维,余印根,韦建刚,等.钢管混凝土拱桥技术状况检测与评估[J].建筑科学与工程学报,2011,28(3):34-39.
HUANG Qing-wei, YU Yin-gen, WEI Jian-gang, et al. Technical Inspection and Appraisal of a Concrete-filled Steel Tubular Arch Bridge[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2011, 28(3): 34-39.
- [5] YANEV B, TESTA R B. Life-cycle Performance of Bridge Components in New York City[J]. Transportation Research Record, 1993, 1389: 17-24.

(下转第 109 页)

- cle Cost Design of Deteriorating Structures[J]. Journal of Structural Engineering, 1997, 123(10): 1390-1401.
- [9] LEE K M, CHO H N, CHOI Y M. Life-cycle Cost-effective Optimum Design of Steel Bridges[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2004, 60(11): 1585-1613.
- [10] ANG A H S, LEON D D. Determination of Optimal Target Reliabilities for Design and Upgrading of Structures[J]. Structural Safety, 1997, 19(1): 91-103.
- [11] 邵旭东, 彭建新, 晏班夫. 桥梁全寿命设计方法框架性研究[J]. 公路, 2006(1): 44-49.
SHAO Xu-dong, PENG Jian-xin, YAN Ban-fu. Framework Research on Design Method for Bridge Life Cycle[J]. Highway, 2006(1): 44-49.
- [12] 邵旭东, 彭建新, 晏班夫, 等. 基于全寿命成本的桥梁车道数决策研究[J]. 土木工程学报, 2008, 41(10): 46-52.
SHAO Xu-dong, PENG Jian-xin, YAN Ban-fu, et al. Planning Decision Based on Life-cycle Cost for Deteriorating Bridges[J]. China Civil Engineering Journal, 2008, 41(10): 46-52.
- [13] 同济大学. 桥梁工程全寿命设计理论与方法研究报告[R]. 上海: 同济大学, 2010.
Tongji University. Research Report of Whole-life Design Theory and Methodology for Bridge Engineering [R]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [14] 秦 权. 基于时变可靠度的桥梁检测与维修方案优化[J]. 公路, 2002(9): 17-25.
QIN Quan. Bridges Inspection and Repair Planning Optimization Based on Time-variant Reliability[J]. Highway, 2002(9): 17-25.
- [15] 叶文亚, 李国平, 范立础. 桥梁全寿命成本初步分析[J]. 公路, 2006(6): 101-104.
YE Wen-ya, LI Guo-ping, Fan Li-chu. Preliminary Analysis of Life Cycle Cost for Bridge[J]. Highway, 2006(6): 101-104.
- [16] 彭建新. 基于寿命周期成本的桥梁全寿命设计方法研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
PENG Jian-xin. Life-cycle Cost-based Bridge Whole-life Design Method [D]. Changsha: Hunan University, 2009.
- [17] VAN NOORTWIJK J S, FRANGOPOL D M. Two Probabilistic Life-cycle Maintenance Models for Deteriorating Civil Infrastructures[J]. Probabilistic Engineering Mechanics, 2004, 19(4): 345-359.
- [18] KONG J S, FRANGOPOL D M. Prediction of Reliability and Cost of Deteriorating Bridges Under Time and Performance-controlled Maintenance[J]. Journal of Structural Engineering, 2004, 130(12): 1865-1874.
- ~~~~~
- (上接第 100 页)
- [6] 于晓光. 国内、外桥梁养护检测规范对比[J]. 世界桥梁, 2012, 42(2): 59-62.
YU Xiao-guang. Comparison of Bridge Maintenance and Inspection Code in China and Overseas [J]. World Bridges, 2012, 42(2): 59-62.
- [7] 石川一美. 日本道路桥梁的性能评价及检测技术[C]//林文修. 第七届全国建筑物鉴定与加固改造学术会议. 重庆: 重庆出版社, 2004: 446-454.
ISHIKAWA H. Performance Appraisal and Inspection Technology for Road Bridges in Japan [C]//LIN Wen-xiu. Proceedings of the 7th National Conference on Building Evaluation and Strengthening. Chongqing: Chongqing Press, 2004: 446-454.
- [8] FHWA-PD-96-001, Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges[S].
- [9] JG/T 203—2007, 钢结构超声波探伤及质量分级法[S].
JG/T 203—2007. Method for Ultrasonic Testing and Classification for Steel Structures [S].
- [10] 邓海泉, 祝小龙. 钢管混凝土拱桥典型病害分析研究[J]. 城市道桥与防洪, 2010(6): 135-138.
DENG Hai-quan, ZHU Xiao-long. Analysis and Study on Typical Disease of Concrete-filled Steel Tubular Arch Bridge[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2010(6): 135-138.