

双曲拱桥拆除对邻近桥梁安全风险影响评估

史增朝¹, 孙智峰², 李鑫²

(1. 河北省邯郸市交通运输局公路养护管理处, 河北 邯郸 056000; 2. 长安大学公路学院, 西安 710064)

摘要:针对桥梁拆除施工对邻近桥梁影响的特点,基于现有的研究成果,分析了拆除施工对邻近桥梁产生影响的途径。从风险评估角度出发,参考危险指数安全评价法的基本原理与步骤建立桥梁拆除施工对邻近桥梁安全风险影响评估模型。在专家评价的基础上,定性分析了拆除施工对现有桥梁的影响程度。

关键词:双曲拱桥拆除;施工安全风险;安全风险影响模型

中图分类号:U441

文献标志码:A

引言

矿山桥(东)位于邢峰线武安境内,本桥所在线路为一级公路,由于原桥交通量较大,重载车辆较多,使结构受到损坏,并使病害加速发展,旧桥修建年代久远,设计标准无法满足交通流量的要求。根据桥梁现状及病害状况,要使桥梁满足现有交通量的需求及行车安全,需将矿山桥(东)拆除重建。

矿山桥(东)为上部构造15 m+50 m+15 m的普通钢筋混凝土双曲拱桥。西侧有矿山大桥(西),为已建成的15 m+50 m+15 m箱型拱桥,使用状况良好。两座桥之间的距离为1.5 m。

新桥桥址与原东桥桥址重合,在拆除过程中,亦需要使用破碎机械拆除旧桥桥墩到基础底板并清理干净。桥梁拆除是一个基础应力释放过程,基础的拆除更会破坏原有的静态土体平衡,发生应力状况的改变,产生释放变形、基础回弹,引起周边地面沉降或位移,从而对邻近建筑物产生直接风险。本文尝试以拆除过程引起的周边地面变形为依据,从风险评估角度阐述旧桥拆除对西桥的影响。

风险评估的方法多种多样,以“量”的概念作为标

准,大致可将评估方法分为定性分析、半定量分析与定量分析三种类别。鉴于严格的定量分析需要以基于统计方法的概率分析为基础,这需要大量的相关工程案例及其工程数据资料,客观条件的限制导致此项工作难以开展,因此本文中事故概率与事故的严重程度相结合,采用半定量分析的综合指数法予以计算^[1]。

半定量分析法以风险的数量指标为基础,对桥梁拆除施工风险事故后果和事故发生概率按权重值分配一个指标,然后将事故的概率和事故的严重程度进行组合,通过数学方法综合起来,形成一个相对风险指标,从而快速简单的估算相对风险等级。综合指数法即属于半定量分析法。

1 安全风险影响因素分析

在桥梁拆除施工过程中,对邻近桥梁影响的安全风险评估主要考虑三方面因素:拆除桥梁因素、地层地质因素和邻近桥梁自身因素。通过对这三方面因素的分析,可以得到桥梁拆除施工对邻近桥梁影响风险的评估模型^[2]。

将拆除桥梁因素与地质地层因素结合起来,可认为是桥梁拆除施工危险性指数 F_1 ,邻近桥梁自身的状况,

可认为是作为风险承载体的易损性指数 F_2 。所谓危险性指数,即是在一定的时间段内,致灾因子以一定的强度发生的可能性。易损性指数即是在给定的致灾因子强度下,灾害载体受到损坏程度的大小^[3]。通过分析桥梁拆除施工中的致灾机理,可得到对邻近桥梁影响的各个致灾因素。对致灾因素进行分级,确定其相对重要程度。并综合考虑两桥位置关系、邻近桥梁重要程度、安全补偿系数等,得到影响风险指数,利用安全补偿系数予以修正,确定综合指数(图 1)并对影响程度进行安全分级。

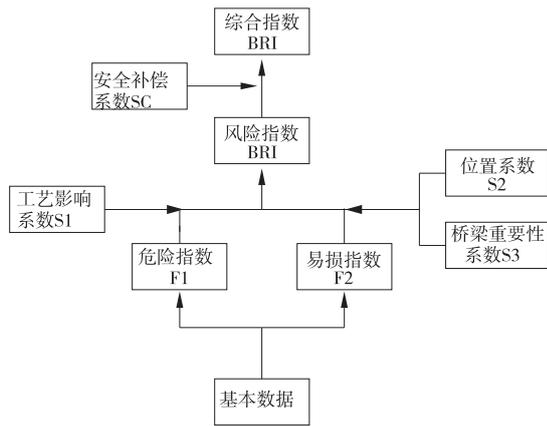


图 1 综合指数法

2 评估模型建立

评估模型建立的关键因素在于风险指标的选取。风险指标的选取应具有代表性、全面性^[4]。指标的代表性要求所用指标能反映被评对象某方面的特性;指标体系的全面性则要求所选指标体系能反映出研究对象在所研究问题上的全部信息。

2.1 拆除施工危险性指数 F_1

拆除施工的危险性指数在这里主要为影响周边基础变位的各项因素,主要有:基础的埋置深度、工程规模、地质状况、基础规模尺寸、拆除施工方式、施工技术水平、工期影响和监控水平等,各因素权重见表 1。

2.2 工艺影响系数 S_1

工艺影响系数,表示施工技术水平、监控水平和工期等因素对拆除施工危险性指数的影响程度的大小。在拆除施工过程中,危险性植入未纳入这三类主观因素,忽视主观因素是不合情理的,在这里将主观因素综合为工艺影响系数,用来对危险性指数 F_1 进行调整,这样得出的结论更合理。在这里将施工技术水平、工期影响和监控水平作为工艺影响系数 S_1 考虑(表 2)。

表 1 危险性指数 F_1 各因素权重及赋值

致险因素	权重	取值范围	评分	备注
地质状况	0.45	IV	35~45	地质状况的分级参照我国公路隧道围岩分类标准
		V	25~35	
		VI	15~25	
埋置深度	0.14	0.01~0.02	5~7	埋置深度的取值=埋深/基础底面积
		0.02~0.03	8~10	
		0.03~0.04	11~14	
基础尺寸规模	0.19	小	1~7	
		中	8~13	
		大	14~19	
工程规模	0.12	中桥	1~4	
		大桥	5~8	
		特大桥	9~12	
施工方式	0.10	风镐破碎	1~5	
		爆破	6~10	

表 2 施工工艺影响系数权重及赋值

影响因素	权重	子项	评级	赋值	工艺影响系数 S_1
施工技术水平	0.6	施工人员素质	良好	20~30	
			一般	10~19	
			差	0~9	
		施工设备技术状况	良好	20~30	
			一般	10~19	
			差	0~9	
作业人员因素	良好	30~40			
	一般	20~29			
	差	0~19			
管理人员素质	良好	20~30			
	一般	10~19			
	差	0~9			
监控水平	0.3		良好	20~30	
			一般	10~19	
			差	0~9	
工期影响	0.1		良好	30~40	
			一般	20~29	
			差	0~19	
工艺影响系数总分			宽松	71~100	
			一般	31~70	
			紧张	0~30	
				80~100	0.8
				60~79	0.9
				0~59	1.0

2.3 桥梁易损性指数 F_2

该指数反映了邻近桥梁对拆除施工所产生的附加影响的响应敏感程度及风险承受能力。根据桥梁常见损坏形式,结合相关规范标准及国内外类似工程经验,该指数的确定主要考虑因素包括:桥梁服役状态、上部结构形式、基础形式、基础埋深及所处持力层围岩等级(表 3)^[5]。

2.4 位置系数 S_2 和桥梁重要性系数 S_3

2.4.1 位置系数 S_2

两桥之间的位置系数反映桥梁之间的水平距离对桥梁

表3 桥梁易损性指数各因素权重及赋值

影响因素	权重	取值	评分	备注
桥梁服役技术状况	0.3	一类桥	1~6	参照我国《公路桥涵养护规范》中的相关条文规定
		二类桥	7~11	
		三类桥	12~19	
		四类桥	20~25	
		五类桥	26~30	
上部结构形式	0.1	简支梁	1~8	
		拱桥	4~10	
基础形式	0.1	桩基础	4~7	
		扩大基础	6~10	
		被拆基础顶面以上	15~20	
基础埋深	0.2	被拆基础顶面与底面之间	10~14	
		被拆基础底面以下	5~9	
岩等级所处持力层围	0.3	IV	24~30	地质状况的分级
		V	16~23	参照我国公路隧道围岩分类标准
		VI	11~15	

易损性的重要性系数。对于桥梁间位置系数的划分,目前没有公认的确定方法。在这里参考王梦恕对地铁车站施工队邻近桩基础的影响范围划分为5个等级的做法^[6],亦将桥梁间位置关系划分为4个等级(表4)。

表4 位置系数取值

平面接近程度	级别说明	影响系数 S ₂
非邻近	大于2倍H区域	0.1
较邻近	以桥轴线为中心,两侧各1.5H~2H范围内	0.3
邻近	以桥线为中心,两H~1.5H范围内	0.8
极邻近	以桥轴线为中心,两侧各1H范围内	1

2.4.2 桥梁重要性系数

参考《公路桥涵设计通用规范》的相关规定,对桥梁重要性系数的设定,根据结构破坏可能产生的后果的严重程度划分为3个等级(表5)。

表5 桥梁重要性系数

桥梁重要程度	级别说明	影响系数 S ₃
一类	结构破坏会引起严重后果	0.9~1
二类	结构破坏导致的后果一般	0.7~0.8
三类	结构破坏后果可以忽略	0.5~0.6

2.5 综合指数的确定及风险分级

参考危险指数评价法中的计算方法,通过工艺影响系数 S₁ 对拆除施工危险指数 F₁ 进行修正,通过位置关系系数 S₂ 和桥梁重要性系数 S₃ 修正桥梁易损性指数 F₂,综合修正后的 F₁ 和 F₂ 得到风险基础指数 BRI(Basis Risk Index):

$$BRI = F_1 F_2 S_1 S_2 S_3$$

对体系风险指数进行二次修正,在 BRI 的基础上乘

以安全补偿系数 SC(Safety compensating Coefficient),得到处理后的影响风险综合指数 CRI(Comprehensive Risk Index)^[7]:

$$CRI = 0.01 \times SC \times BRI$$

根据以上分析计算,得到针对本桥拆除过程中对邻近桥梁影响风险指数,将本桥的桥梁风险等级定为4级(表6)。

表6 桥梁拆除影响风险分级

CRI	风险等级
<16	低度
17~34	中度
35~55	高度
>56	极高

3 工程实例安全评价

3.1 工程地质概况

桥址跨越矿山村最郭二庄公路干线及二线之间的小河沟,该河段河道微弯,水位较低,水流平缓,无横流斜流。地表覆有薄厚不等的冲击土;其下为强风化闪长岩、微风化闪长岩。桥梁墩台基础坐落在坚硬的岩石之上,地质、地层结构相对简单,未发现断裂及活动性断裂构造,稳定性好。桥址地区无论地表水还是地下水对混凝土均无结晶类、分解类及结晶分解复合类腐蚀性。

3.2 东桥的拆除施工概况

双曲拱桥的拆除顺序与建造顺序相反,其施工顺序为:桥面附属结构物—桥面铺装—拱桥填料—护拱—腹拱拱圈—腹拱墙盖梁—腹拱墙身—墙座—拱波—横梁—拱肋—墩台及基础拆除。

施工期间各种工法轮换频繁,工序要求复杂,施工进度计划变化较多,对各种机械设备和施工技术人员要求很高,工期相对紧张。

3.3 西桥的技术状况

对西桥进行外观检查,检查结果表明:下部结构整体状况良好,除发现几处墩、台拱脚处泛白外,未有其他病害发现;上部结构整体状况较好,除发现几处腹拱底梁处有明显水迹外,未发现其他病害。经综合评定,该桥属于二类桥,技术状况良好。

3.4 安全风险评估过程

危险性指数 F₁:地质状况 25分;埋置深度 8分;基础尺寸规模 8分;工程规模 8分;施工方式 7分。确定 F₁ 值为 56。

施工工艺影响系数 S₁:施工技术水平 42;监控水平 24;工期影响 2.5。确定 S₁ 值为 0.9。

邻近桥梁易损系数 F₂:桥梁服役技术状况 8;上部结

构形式 10;基础形式 10;基础埋深 12;岩等级所处持力层围 16。确定 F_2 值为 56。

位置系数 $S_2; S_2 = 1$ 。

重要性系数 $S_3; S_3 = 1$ 。

$BRI = 56 \times 0.9 \times 56 \times 1 \times 1 = 2822.4$

$CRI = 0.01 \times SC \times BRI$, 由于在拆除施工过程中并未对邻近桥梁基础进行任何形式的防护,故 $SK = 1$,

$CRI = 0.01 \times 2822.4 = 28.224$

综合评价结果表明,东桥拆除施工对西桥影响风险等级为中度。

4 结束语

本文借鉴隧道施工对邻近桥梁影响的安全风险的分析,建立起桥梁拆除施工过程对邻近桥梁影响风险评估模型,给出了拆除施工对邻近桥梁的风险管理流程。桥梁易损性系数各风险权重的确定是采用定性分析方法,这需要一大批丰富工作经验的专家和大量的类似工程数据资料,为提高评估的准确性和可信度,需要形成

一个完备的动态专家评估数据库,开发专门的风险评估软件,使评估模型程序化、可视化,有助于加强对风险的管理。

参考文献:

- [1] JTG H11-2004,公路桥涵养护规范[S].
- [2] JTG D70-2004,公路隧道设计规范[S].
- [3] 王世斌.隧道施工对邻近桥梁安全风险综合指数法评估[D].长沙:中南大学,2009.
- [4] 嵇正永.桥梁工程施工阶段的风险识别与评估研究[D].北京:北京交通大学,2009.
- [5] 李运生,张彦玲,王慧东.拱桥稳定分析的规范方法与建议[J].石家庄铁道学院学报,2002,15(3):60-64.
- [6] 张圣坤,白勇,唐文勇.船舶于海洋工程风险评估[M].北京:国防工业出版社,2003.
- [7] 徐培德.项目风险分析理论方法及应用[M].长沙:国防科技大学出版社,2007.

Assessment of Security Risk Caused by Demolition Double Curved Arch Bridge to Its Adjacent Bridge

SHI Zeng-chao¹, SUN Zhi-feng², LI Xin²

(1. Hebei Province Handan City Bureau of Transportation Highway Maintenance Management Office, Handan 056000, China;
2. Chang'an University of Highway College, Xi'an 710064, China)

Abstract: According to the characteristics of effect that the demolition of bridge to its nearby bridge, based on the existing research results, the way how the demolition have effect on its nearby bridge is analysed. From the angle of security risk assessment, the common risk index assess model about removing construction to nearby bridge is established in reference to the basic principles and steps of Risk index safety evaluation method. Based on expert evaluation, qualitative analysis of the security risk caused by removing construction is done.

Key words: construction security risk; risk index assessment model; risk rating