

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2020.11.031

基于层次分析法的连续梁桥倒拆拆除结构状态评定

闫兴非

(上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125)

摘要:以上海某大泖港桥为背景,针对变截面混凝土连续梁悬臂倒拆拆除进行拆除前检测和评估研究。建立基于层次分析法的待拆混凝土连续梁桥倒拆拆除技术状况评定体系。通过建立层次结构模型并进行评估模型中的权重研究,确定综合评定方法,并应用该评估体系评定本桥的拆除技术状况。此评估体系对悬臂机械切割倒拆拆除的结构状态评定具有一定的指导意义。

关键词:混凝土连续梁;悬臂倒拆法;层次分析法;结构状态评定

中图分类号:U445.6

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2020)11-0110-05

0 引言

目前,我国有大量老旧桥梁因病害发展严重、设计荷载不能满足当前经济发展要求、桥下净空不满足通航要求等原因亟需改建扩建,桥梁拆除问题是桥梁工程师即将面临的重要课题。桥梁拆除方法有控制爆破拆除、静力爆破拆除和机械拆除等,其中,机械切割拆除的施工安全性较难控制。2012年7月,杭州幸福路跨线桥拆除过程中发生垮塌,可见在桥梁拆除作业前,需要对桥梁结构进行详细的拆除检测和评估研究,确保桥梁拆除的安全可行性。

针对混凝土连续梁的机械倒拆拆除研究较少。刘成章^[1]针对预应力混凝土连续梁的拆除进行了拆除方法的讨论和拆除结构的受力及变形分析和设计验算。张维昕等^[2]就连续梁顶推拆除进行了仿真分析,分析了顶推拆除过程的受力和挠度变化。刘长天等^[3]采用支撑边跨、倒拆主跨的倒拆拆桥法对锡澄河大桥进行了方案设计。Juan R C^[4]用基于可靠度的方法提出了混凝土桥梁悬臂施工的分项安全系数。袁海庆等^[5]提出了基于模糊层次分析法的桥梁综合评估。姚佩林等^[6]提出了层次分析法在桥梁施工安全评价中的应用。上述各研究主要从拆除方法出发,研究悬臂拆桥过程中结构受力和变形发展特性、悬臂拆除施工倾覆稳定性问题以及桥梁安全综合评估。然而对待拆桥梁的结构状态评定及拆除方法的安全可行性评估没有展开系统研究。

收稿日期:2020-06-02

基金项目:上海市城乡建设和交通委员会科研项目(建管2013-006-003);上海市科委研究项目(17DZ2251900);住房和城乡建设部科研项目(K92018111)

作者简介:闫兴非(1976—),男,博士,教授级高级工程师,主要从事桥梁结构设计研究工作。

本文首先介绍对待拆连续梁桥进行的各种检测及典型病害,然后建立基于层次分析法的待拆混凝土连续梁桥倒拆拆除技术状况评定体系;建立拆除评估的层次结构模型、研究评估模型中的权重、提出综合评定方法。最后,应用该评估体系对某连续梁桥的拆除技术状况进行论述分析。

1 工程背景及拆除方案

本研究以上海某大泖港桥为背景,主桥为56 m+80 m+56 m三跨变截面预应力混凝土连续梁桥。由于该桥净空不满足通航要求,需拆除并原位重建。拟定采用逆施工顺序,挂篮悬臂切割,倒拆施工拆除。待拆桥梁实景图如图1所示。



图1 待拆桥梁实景图

悬臂倒拆拆除施工方案为:1号和2号桥墩同时施工,静力切除的方向为合拢段—9#块—1#块—0#块。单墩的拆除基本分为4个阶段:第一阶段为合拢段的拆除,第二阶段为9#块—1#块的拆除,第三阶段为0#块的拆除,第四阶段为下部结构的拆除。图2为拆除示意图。

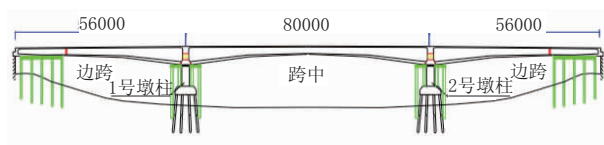


图2 大泖港桥拆除示意图(单位:mm)

该方案采取朝施工相反方向对称进行。随着切割的进行,跨中附近的临时支墩先退出工作,至1#块的拆除,两对临时支墩均退出工作。拆除栏杆、人行道板、路缘石,不拆除桥面铺装,直接采用金刚石绳锯进行静力整体切割,两侧翼缘板采用汽车吊吊运,箱梁部分采用浮吊吊装或挂篮起吊(挂篮采用菱形挂篮,自重25 t,起吊能力100 t)。拆除顺序为1、2号桥墩同时切割拆除。具体拆除每跨时,由合拢段向桥台方向进行分段切割,反向操作。操作流程如图3所示。

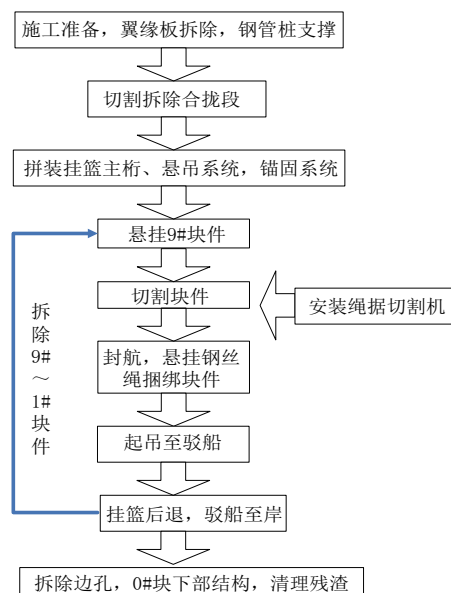


图3 拆除施工过程流程图

2 待拆桥梁检测内容及典型病害

2.1 表观病害检测

针对桥梁的不同病害有不同的检测方法,主要分为表观检测和缺陷内部检测。表观检测需要技术人员现场调查检测,进行数据、图像的采集与处理,对桥梁实时病害做出准确的描述。

2.2 保护层损伤检测

保护层破坏的原因主要是保护层太薄,施工时振动不密实等,多为施工机械和车辆碰撞产生,保护层碰撞损伤在边梁最为严重。由于保护层损伤会导致钢筋锈蚀、钢筋与混凝土的握裹力下降,因此必须检测保护层厚度。

2.3 混凝土弹性模量及强度检测

对已建成的待拆桥梁,其混凝土强度、弹性模量除了由设计要求决定外,还受材料、施工过程、后期养护以及使用阶段的环境变化等诸多因素影响,因此分析计算混凝土梁桥拆除过程的安全性时必须考虑混凝土桥梁结构的实际强度和弹性模量。

2.4 有效预应力测定

对于已服役一定时间的预应力混凝土桥梁,预应力筋因收缩徐变、预应力筋松弛等问题发生较大的预应力损失。因此,在待拆混凝土桥梁拆除过程中的受力安全评定中,必须准确考虑桥梁实际的有效预应力。

2.5 混凝土裂缝检测

大部分待拆的老旧混凝土桥及病害严重的新桥都存在不少较严重的结构裂缝。一些重要构件重要部位的结构裂缝会较大程度上影响桥梁在拆除过程中的受力安全性,故需要进行全面的桥梁结构裂缝检测。

2.6 碳化及钢筋腐蚀

混凝土碳化和氯离子侵蚀是混凝土桥梁服役期中较为严重的病害,碳化会加速混凝土结构的劣化。对于待拆的老旧桥梁,其拆除施工阶段分析已然与设计正装施工阶段分析有很大不同,因此需要全面检测待拆桥梁结构的混凝土碳化和腐蚀情况,并在拆除施工阶段分析过程中加以考虑。

2.7 墩台病害检测

桥墩置于水中经常承受洪水冲刷以及冰块、石块碰撞,容易出现墩台变位碰撞破坏等问题,墩台变位对桥梁结构承载的影响非常大,严重时会引起坍塌的危险。此外,在近沿海地区,水中的氯离子较多,在水位升降部位,由于氯离子和空气环境条件,极易受到腐蚀,即是上文提到的混凝土腐蚀和钢筋锈蚀病害。

2.8 支座病害检测

桥梁支座不仅是桥梁上部结构和下部结构的传力构件,其重要作用还在于适应桥梁的位移和转角。支座的主要病害有橡胶支座剪切变形过大、支座局部受压、支座滑移过大、盆式橡胶支座钢盆开裂、支座钢板锈蚀、支座垫石压碎等。支座是桥的重要部件,因此必须对待拆桥梁支座进行详细检测。

2.9 桥面铺装检测

桥面铺装病害主要包括坑槽、雍包、裂缝等。坑槽会造成桥面板的受力冲击,对结构造成危害。裂缝不仅会导致桥面系整体性下降,还会引起桥面渗水进而整个铺装层恶性循环破坏。因此需要检测待拆桥梁的桥面铺装破坏情况。

3 基于层次分析法的结构状态评定

3.1 层次分析法基本原理

层次分析法(AHP)是一种有效的多目标规划方法,也是一种最优化技术。方法的本质是一种决

策思维方式,把决策规划过程中定性分析与定量分析有机地结合起来,用统一方式优化处理。AHP法可将分析人员的思维过程系统化、数学化和模型化。虽然分析时所需要的数据量不多,但要求分析人员对问题所包含的要素及其相关关系非常清楚。AHP法适用于多准则、多目标的复杂问题的分析和评价,被广泛应用于资源规划分析、人员素质测评、经济发展比较、危险品安全评估等。

3.2 桥梁部件缺损状况评定

根据缺损程度(大小、多少、轻重)、缺损对结构使用功能的影响程度(无、小、大)和缺损发展变化状况(趋向稳定、发展缓慢、发展较快)三个方面,以累加评分方法对各部件缺损状况做出等级评定。评定结果为0~5,即从完好到危险,共6个标度(见表1)。

表1 桥梁部件缺损状况评定方法

缺损状况及标度		组合评定标度						
缺损程度及标度	程度	标度	小→大 少→多 轻度→严重					
			0	1	2			
缺损对结构	无、不重要	0	0	1	2			
使用功能的	小、次要	+1		1	2	3		
影响程度	大、重要	+2		2	3	4		
以上两项评定组合标度			0	1	2	3 4		
缺损发展变化 状况的修正	趋向稳定	-1	0	1	2	3		
	发展缓慢	0	0	1	2	3 4		
	发展较快	+1	1	2	3	4 5		
最终评定结果			0	1	2	3 4 5		
桥梁技术状况及分类			完 好 一 类	良 好 二 类	较 好 三 类	较 差 四 类	坏 的 五 类	危 险 类

注:“0”表示完好状态,或表示没有设置的构造部件,如调治构造物,“5”表示危险状态,或表示原无设置,而调查表明需要补设的结构部件。

3.3 待拆桥梁层次分析模型

针对变截面混凝土连续梁桥的拆除评定,建立层次分析法结构评估模型。评估模型由指标层、项目层和目标层组成,主要考虑对拆除过程安全性有重要影响的构件和病害,比如主梁裂缝、桥墩沉降或倾斜等。由于栏杆、路灯等附属设计对拆除过程安全性的影响几乎为0,因此不予考虑。评估结构层次模型如图4所示。在此模型中,桥梁结构在逆序倒拆拆除过程中安全性评估的重点是权重研究和桥梁评定。

3.4 专家评分采集

在层次结构模型的基础上,上下层次间元素的隶属关系即被确定。假定以上一层次元素 C_k 作为准则,对下一层次元素 A_1, A_2, \dots, A_n 有支配关系,我们的目的是在准则 C_k 之下按它们相对的重要性赋予 A_1, A_2, \dots, A_n 相应的权重。AHP采用的是两两比较的方法,使用1-9的标度来表征两两元素之间的相对重要性程度,由此可获得 n 个元素两两比较的判断矩阵 A :

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

根据前文建立的层次结构模型和1-9的标度模型采集专家意见,形成判断矩阵,然后使用方根法求解权重并检验判断矩阵的一致性。求得每一个专家打分样本的权重结果和判断矩阵的一致性后,剔除未通过检验的样本,再对通过一致性检验的样本权重结果求平均值,即获得评估层次结构模型中每一个元素的权重。

3.5 结构状态评定结果

依据待拆桥梁层次分析法评估模型的研究和养护规范中对构件缺损状况的评定方法,提出针对待拆混凝土连续梁桥技术状况安全性的综合评定计算公式:

$$D_r = 100 - \sum_{i=1}^n R_i W_i / 5 \quad (2)$$

式中: R_i 为依据桥梁部件缺损状况评定方法所得各部件的评定标度(0~5); W_i 为各部件权重,

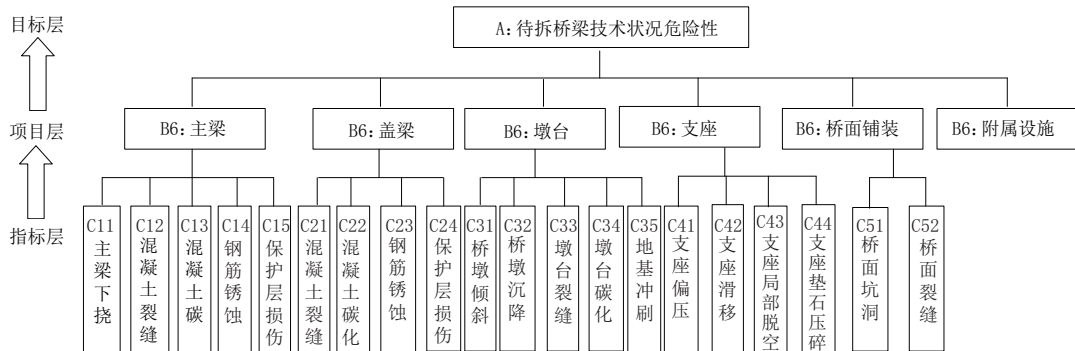


图4 层次分析法评估待拆桥梁技术状况模型

$\sum W_i = 100$; D_i 为全桥结构技术状况评分 (0~100); 评分高表示结构状况好, 缺损少。

对待拆桥梁进行外观检查后, 根据前文所述的层次分析法评估研究结果和综合评定方法, 对待拆混凝土连续梁桥的技术状况进行综合评定, 评定过程和评定结果见表 2。

从表 2 中可以看出此待拆混凝土连续梁的盖梁和墩台缺损最严重, 其缺损状况表现为混凝土碳化严重。由于此类病害的权重低, 因此未对盖梁、墩台造成严重的缺损, 其缺损评分均小于 3, 即均不是较差。桥梁的总体评分为 62.2 分, 此连续梁桥结构已有一定的退化。

需要指出的是, 以上技术状况安全性评估是针对现役桥梁的服役安全性开展的, 结合本桥所述施工拆除方案, 拆除时需对桥梁支座部位进行临时固定, 且栏杆等附属设施在主桥结构拆除前即会进行清理。因此, 应对表 2 中各部件权重进行重新划分, 重新考虑权重后, 得到评定结果见表 3。

由表 3 可以看出, 考虑拆除过程后所得到的

结构状态评估结果与未考虑拆除过程时略有区别。因此, 有必要在桥梁拆除时, 结合具体的施工方案, 进行结构状态的二次评定工作。此外, 由表 3 表明, 相对主梁而言, 本桥墩台缺损情况更为严重, 因此在施工过程中应重点加强对墩台部位的监控, 必要时可采取可靠的预加固措施。

4 结 论

本文针对变截面混凝土连续梁悬臂倒拆拆除课题进行拆除前检测和评估研究, 建立了基于层次分析法的待拆混凝土连续梁桥倒拆拆除技术状况评定体系, 包括建立桥梁拆除安全评估的层次结构模型、评估模型中的权重研究、综合评定方法。应用该评估体系评定了上海某待拆混凝土连续梁桥的技术状况。主要研究成果如下:

(1) 通过工程实践总结, 提出待拆混凝土桥梁结构拆除前的检测内容应该包括混凝土强度、弹性模量检测、混凝土结构碳化和腐蚀等病害检测、混凝土的结构裂缝检测等, 以满足后续的桥梁结构拆除过程安全可靠度评定的研究需要。

表 2 待拆桥梁技术状况安全性综合评定

部件	权重	构件	权重	缺损评定	判定依据	部件缺损评定	总体技术状况
B1 主梁	42	C11 主梁下挠	0.31	1	—	1.59	62.2 二类
		C12 混凝土裂缝	0.19	2	—		
		C13 混凝土碳化	0.09	2	—		
		C14 钢筋锈蚀	0.31	2	—		
		C15 保护层损伤	0.10	1	—		
B2 盖梁	12	C21 混凝土裂缝	0.28	1	—	2.41	
		C22 混凝土碳化	0.13	4	腐蚀严重		
		C23 钢筋锈蚀	0.45	3	混凝土腐蚀会加速钢筋锈蚀		
		C24 保护层损伤	0.14	2	—		
B3 墩台	26	C31 桥墩倾斜	0.25	2	—	2.18	
		C32 桥墩沉降	0.38	2	—		
		C33 墩台裂缝	0.17	2	—		
		C34 墩台碳化	0.06	5	腐蚀严重		
		C35 地基冲刷	0.14	2	—		
B4 支座	5	C41 支座偏压	0.14	2	—	1.65	
		C42 支座滑移	0.51	2	—		
		C43 支座局部脱空	0.27	1	—		
		C44 支座垫石压碎	0.09	1	—		
B5 桥面系	10	C51 桥面坑洞	0.17	0	—	0.83	
		C52 桥面裂缝	0.83	1	—		
B6 附属	5	—		4	附属设施较多损坏	4	

表3 考虑施工方案的待拆桥梁技术状况评定

部件	权重	构件	权重	缺损评定	判定依据	部件缺损评定	总体技术状况
B1 主梁	42	C11 主梁下挠	0.31	1	—	1.59	
		C12 混凝土裂缝	0.19	2	—		
		C13 混凝土碳化	0.09	2	—		
		C14 钢筋锈蚀	0.31	2	—		
		C15 保护层损伤	0.10	1	—		
B2 盖梁	17	C21 混凝土裂缝	0.28	1	—	2.41	
		C22 混凝土碳化	0.13	4	腐蚀严重		
		C23 钢筋锈蚀	0.45	3	混凝土腐蚀会加速钢筋锈蚀		
		C24 保护层损伤	0.14	2	—		
B3 墩台	31	C31 桥墩倾斜	0.25	2	—	2.18	62.2 二类
		C32 桥墩沉降	0.38	2	—		
		C33 墩台裂缝	0.17	2	—		
		C34 墩台碳化	0.06	5	腐蚀严重		
		C35 地基冲刷	0.14	2	—		
B4 支座	0	C41 支座偏压	0.14	2	—	1.65	
		C42 支座滑移	0.51	2	—		
		C43 支座局部脱空	0.27	1	—		
		C44 支座垫石压碎	0.09	1	—		
B5 桥面系	10	C51 桥面坑洞	0.17	0	—	0.83	
		C52 桥面裂缝	0.83	1	—		
B6 附属	0	—		4	附属设施较多损坏	4	

(2)以层次分析法原理为基础,建立待拆混凝土连续梁桥倒拆拆除技术状况评定的层次结构模型,研究评估模型中的权重,给出综合评定方法,并结合施工拆除方案论述桥梁拆除时进行结构状态评定的必要性。

参考文献:

[1] 刘成章. 预应力混凝土连续箱梁桥拆除方法及其结构分析研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2012.

[2] 张维昕,张凯,周鑫. 连续梁桥顶推拆除过程的仿真分析[J]. 中外公路,2013,33(2):123-126.

[3] 刘长天,吴华俊,吴俊明. 预应力砼连续箱梁的拆除[J]. 工程技术,2010(4):80-81.

[4] Juan R C. Reliability-based partial safety factors in cantilever construction of concrete bridges[J]. Journal Structural Engineering, 1997,123(3):305.

[5] 袁海庆,杨燕,范剑锋,等. 模糊层次分析法在桥梁综合评估中的应用[J]. 武汉理工大学学报,2005,29(6):906-909.

[6] 姚佩林,晁俊儒,刘喆. 层次分析法在桥梁施工安全评价中的应用[J]. 公路交通科技,2012(5):144-146.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

电话:021-55008118 传真:021-55008850 投稿及联系邮箱:cdq@smedi.com