

非对称独塔斜拉桥拆除工艺研究

谭仁兵, 马马, 霍啸苏

(江苏交科交通设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001)

摘要:结合一座独塔非对称斜拉桥的拆除实例,通过有限元软件分析其拆除工艺的可行性,并结合桥梁拆除监控结果与理论值的分析比较,以确保桥梁拆除工作的顺利进行,为以后同类型的桥梁提供一套静力拆桥的成功案例。

关键词:独塔非对称斜拉桥; 跨航道桥; 拆除; 有限元分析; 拆除过程监控

1 引言

老桥、危桥的拆除工作是一项技术难度、安全风险较大的工程,拆除过程中充满着许多不确定的因素。近年来,随着交通流量的增大、荷载等级的提高、道路及航道等级的提升,许多桥梁已不能适应目前的交通发展。同时因各老桥所处的位置、结构体系等不同,拆除中需面对及解决的问题也复杂多样,所以选择合适的拆除方案显得尤为重要。

淮钢大桥为江苏省淮安市西安路上的一座跨越京杭运河的大桥,桥梁建成于1990年,荷载设计标准采用汽车-20级,挂车-100。主桥桥型为独塔双索面非对称斜拉桥,桥梁全长194 m,桥跨布置为独塔双索面斜拉桥(边跨64 m 混凝土主梁+主跨90 m 钢结构桥梁)+2×20 m T梁,桥面宽度为:2.5 m(人行道)+12 m(行车道)+2.5 m(人行道),总宽17 m。

因淮安市快速一期建设工程的需要,淮钢大桥已不能满足道路通行的需求,同时京杭运河于淮安市境内为Ⅱ级航道,最高通航水位为10.63 m,通航标准按最高通航水位满足净空110 m×7 m控制。原有老桥既不能满足道路通行需要也不能满足航道通航需求,故需考虑对淮钢大桥进行拆除新建。

老桥跨越航运繁忙的京杭运河且位于淮安城区段,采用爆破法拆除桥梁必将影响通航安全,且严重影响周围的环境,造成一定的社会影响。因此必须选择适用、安全的老桥拆除方案来保证桥梁的顺利拆除,经过综合考虑比选,最终确定主桥采用静力拆除方案。

2 拆除总体方案概述

2.1 淮钢大桥构造简述

淮钢大桥主桥为独塔双索面斜拉桥结构体系,主跨(北侧河跨)为90 m 工字钢纵横梁、钢筋混凝土桥面组合梁,边跨(南侧岸跨)为64 m 现浇后张预应力钢筋混凝土纵梁、预制钢筋混凝土横梁,微弯板组合结构。主桥索塔位于南侧河岸,采用墩、塔、梁固结体系,塔高为46 m,顺桥向为倒Y形,横桥向为H形。斜拉索按扇形布置,全桥共42根,河跨每组2根,桥面索距为10 m;南岸跨每组1根,桥面索距为7.3 m。南岸跨主梁设3列钢管柱+单链杆摆式支座,将64 m 南岸跨分成3跨,钢管柱为直径325 mm的钢管混凝土柱,钢管壁厚20 mm,单排设2根钢管柱,其下为混凝土底座,主桥布置图见图1。

主跨(北侧河跨)工字钢纵梁长86 m,高1.65 m,按索距10 m 分段制作,全桥共分为GL1~GL9段;两纵梁间用高1.14 m的横梁连接,横梁间距2.5 m,纵、横梁接头分别采用M24、M22 高强紧固摩擦型连接,现浇钢筋混凝土桥面厚0.18~0.25 m,其上铺设8 cm 沥青铺装层。

边跨(南侧岸跨)采用现浇后张预应力钢筋混凝土纵梁,预制钢筋混凝土横梁,微弯板组合结构。现浇纵梁高1.9 m,宽1.4 m;预制横梁高1.04 m,宽0.3 m,横梁距离为2.4 m;微弯板由2.05 m 一节拼装而成,其上为沥青铺装层。

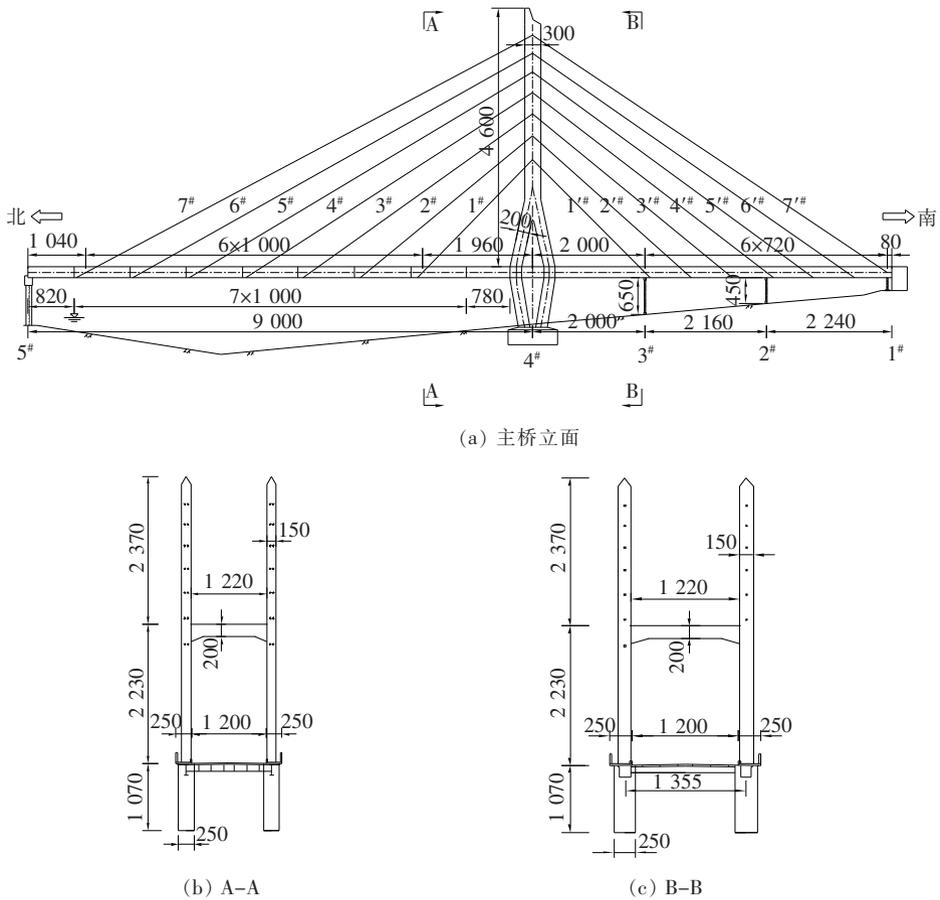


图 1 淮钢大桥主桥布置图(单位:cm)

2.2 老桥拆除流程

该桥为斜拉桥结构体系,多次超静定结构,受力复杂,拆除风险较大,目前可供参考的类似桥梁拆除方案较少。为达到可行、安全、合理的拆除目的,考虑采用对原有老桥建造过程的一个“倒拆”方式进行拆除。原有建桥顺序概述如下:① 搭设主塔到南岸桥台满堂脚手架;② 施工 1#~4#墩柱,同步施工北岸 5#~7#墩;③ 施工南岸跨纵横梁并张拉预应力,之后安装微弯板,同步施工北岸引桥;④ 施工主塔;⑤ 通过北岸临时地锚、主塔上横梁、南岸临时地锚设置缆载吊机,通过缆载吊机吊装施工 GL1 梁段,之后进行桥面板浇筑,桥面板强度达到设计值并拆除桥面板模板后,施工 GL2 梁段;⑥ 通过缆载吊机吊装施工 GL2 梁段,安装 1#、1'#索,之后进行桥面板浇筑,桥面板强度达到设计值并拆除桥面板模板后,张拉斜拉索;⑦ 重复步骤⑥,直至全部河跨施工完毕,拆除临时措施,施工桥面系及附属措施。桥梁建设完毕。

经对原有建桥过程的仔细分析,因现状条件与原建桥时所处的环境有所不同,故不可能完全采用建桥过程的逆向进行,但是总体上本着“倒拆”的思路考虑

桥梁拆除,全桥拆除施工流程图如图 2 所示。

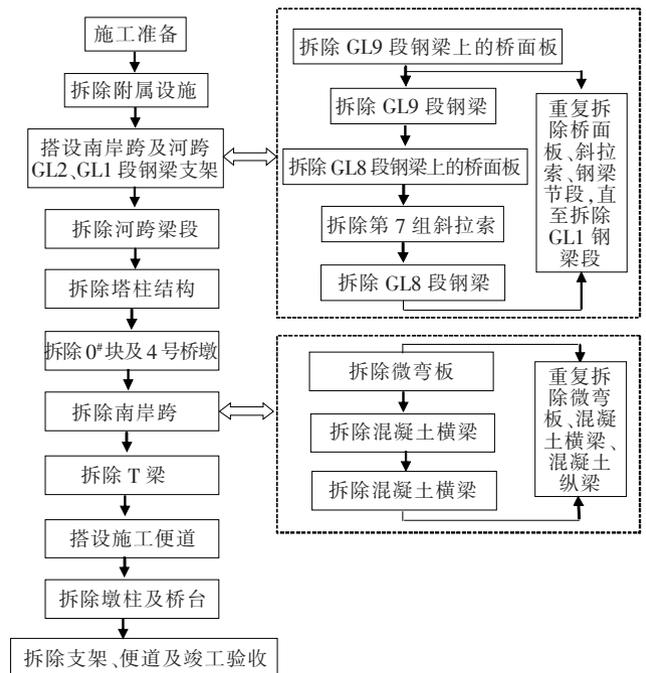


图 2 全桥拆除施工流程图

3 桥梁拆除有限元建模分析

桥梁的拆除施工与新建桥梁不同,因拆除结构一般都已运营多年,桥梁结构的时变特性已经稳定,故计算过程中,此类问题已不需考虑,而需重点考虑结构的现状工作状态。

为保证拆桥过程安全可靠,对桥梁现状索力(索力值见表1)、主桥工作情况等进行了检测,并依据检测状况,采用Midas Civil对桥梁进行了拆除全过程的分析,梁、主塔、基础等采用梁单元,斜拉索采用桁架单元,全桥共计300个节点,350个单元。

表1 桥梁拉索现存索力值

拉索编号	现存索力值/kN	拉索编号	现存索力值/kN
1#	714.8	1' #	1 393.1
2#	633.5	2' #	1 011.0
3#	597.5	3' #	1 367.1
4#	697.6	4' #	1 427.8
5#	713.3	5' #	1 581.3
6#	719.5	6' #	1 592.9
7#	955.5	7' #	2 053.6

根据总体“倒拆”思路,将结构模拟为表2所示工况进行计算。

表2 桥梁拆除计算工况

工况编号	具体工作内容	包含的子工况及具体工作
1	解除5#墩支座	
2	拆除GL9段	① 拆除GL9桥面板;② 拆除GL9纵横梁
3	拆除GL8段	① 拆除7#索;② 拆除7' #索;③ 拆除GL8桥面板;④ 拆除GL8纵横梁
4	拆除GL7段	① 拆除6#索;② 拆除6' #索;③ 拆除GL7桥面板;④ 拆除GL7纵横梁
5	拆除GL6段	① 拆除5#索;② 拆除5' #索;③ 拆除GL6桥面板;④ 拆除GL6纵横梁
6	拆除GL5段	① 拆除4#索;② 拆除4' #索;③ 拆除GL5桥面板;④ 拆除GL5纵横梁
7	拆除GL4段	① 拆除3#索;② 拆除3' #索;③ 拆除GL4桥面板;④ 拆除GL4纵横梁
8	拆除GL3段	① 拆除2#索;② 拆除2' #索;③ 拆除GL3桥面板;④ 拆除GL3纵横梁
9	拆除GL2段	① 拆除GL2桥面板;② 拆除1#索;③ 拆除1' #索;④ 拆除GL2纵横梁
10	拆除GL1段	/

注:计算荷载主要包括结构自重、施工临时荷载(主要为50、160 t履带吊等)。

根据有限元模型,对拆除过程中主要构件的工作状态进行分析,并判断主要构件是否能满足受力要求,分析结果见表3~5。

表3 河跨钢主梁应力

拆除工况	钢主梁应力值/MPa	
	压应力	拉应力
2	-127.5	32.1
3	-131.4	153.2
4	-138.9	148.7
5	-127.3	151.3
6	-133.3	149.9
7	-115.0	146.2
8	-105.1	99.6

表4 主塔根部最大弯矩值

工况编号	主塔弯矩/(kN·m)	主塔截面抗力/(kN·m)	安全系数
2	14 339.2	16 583.9	1.16
3	14 150.5	16 583.9	1.17
4	13 012.5	16 583.9	1.27
5	12 351.7	16 583.9	1.34
6	10 003.1	16 583.9	1.66
7	8 201.4	16 583.9	2.02
8	6 556.6	16 583.9	2.53

由表3可知:在桥梁拆除过程中,钢主梁最大拉应力为153.2 MPa,最大压应力为138.9 MPa,河跨工字钢纵梁材质为16Mn钢(弯曲应力设计值为210 MPa),在桥梁拆除过程中,河跨钢纵梁应力值始终维

表 5 岸跨混凝土主梁最大弯矩值

拆除工况	主梁弯矩/ (kN·m)	主梁截面抗 力/(kN·m)	安全系数
2	2 074.7	5 112.5	2.46
3	2 786.3	5 112.5	1.83
4	3 500.6	5 122.5	1.46
5	4 362.3	5 112.5	1.17
6	5 742.1	5 112.5	0.89
7	6 180.0	5 112.5	0.83
8	6 293.0	5 112.5	0.81

持一定的富余值。由表 4 可知:在桥梁拆除过程中,主塔根部最大弯矩值能保持一定的安全系数。

由表 5 可知:在工况 6~8 拆除过程中,岸跨混凝土主梁的弯矩值已超过主梁截面抗力,表明岸跨混凝土主梁在拆除过程中存在一定风险。在岸跨混凝土主梁施工时,边跨相当于堆在满堂支架上的混凝土散体重量,而倒拆桥时已成为钢筋混凝土结构,并具有承受荷载的能力,故为解除岸跨混凝土拆除风险,考虑在边跨设置少量支架钢管支撑。

4 桥梁拆除过程监控分析

根据上节的理论分析可知,该桥梁拆除方案理论上安全可行。在淮钢大桥拆除过程中,结构在每个拆除工况不停地变化,每节段拆除中就包括了斜拉索拆除、桥面板拆除、钢横梁拆除及钢纵梁的拆除,且施工中吊装重量及各种临时荷载不断变化;为保证桥梁拆除安全可控,必须对桥梁的关键部位进行实时监控,其中主要位移监测点包括:每根拉索在梁上的外侧位置处(SZ1~SZ7)、塔顶位移(TSZ1),主要应力检测点包括:主塔根部(YL1、YL2)、临时钢管支撑处(GYL1~GYL6)等,具体位移及应力监测点布置见图 3。

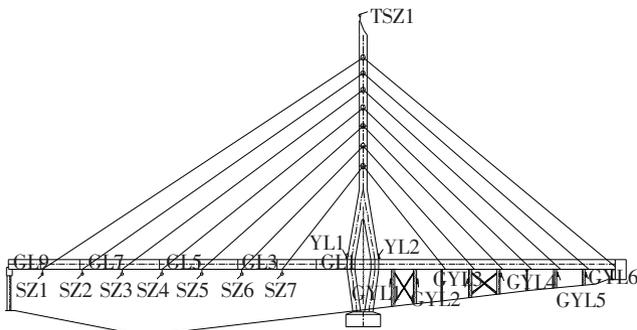


图 3 位移及应力监测点布置图

在各工况拆除过程中,对相应控制截面处的变形进行观测,以便掌握桥梁当前的变形状况,为桥梁拆除提供有效、安全的保证。表 6、7 分别为控制断面的理论计算值及现场观测值的比较,其值以向上为正,向下为负。

表 6 河跨钢梁悬臂端、塔顶变形值

位置	拆除 工况	测点 编号	变形理论值/mm		变形观测值/mm	
			min	max	min	max
河跨 钢梁 悬臂 端	2	SZ1	282.9	350.7	273.2	303.5
	3	SZ2	-96.4	230.0	-73.6	190.8
	4	SZ3	-67.6	197.7	-43.8	165.4
	5	SZ4	-52.1	154.6	-35.9	137.2
	6	SZ5	-39.0	112	-28.3	105.8
	7	SZ6	-14.6	85.4	-6.3	68.3
	8	SZ7	-14.6	44.5	-8.9	35.6
塔顶	2		63.8	73.8	46.2	53.1
	3		-1.1	78.1	2.3	59.2
	4		-4.4	62.9	-0.3	49.8
	5	TSZ1	-11.7	57.7	-6.7	50.3
	6		-13.7	45.6	-6.8	41.2
	7		-14.5	34.3	-7.6	27.3
	8		-7.0	22.0	-3.8	16.5

表 7 主塔河侧、岸侧根部应力变化值

位置	拆除 工况	测点 编号	应力理论值/ MPa	应力观测值/ MPa
河侧	2		-0.05	-0.11
	3		0.52	0.63
	4		0.57	0.52
	5	YL1	0.8	0.75
	6		0.88	0.81
	7		0.59	0.62
	8		-0.09	-0.05
	岸侧	2		-0.24
3			0.54	0.61
4			0.19	0.16
5		YL2	0.40	0.28
6			0.54	0.53
7			1.00	0.80
8			1.24	1.13

现浇支架钢绞线反拉压载施工技术

黄影,何雪靓,乐俊

(湖南省湘筑工程有限公司,湖南长沙 410004)

摘要:该文以广西柳(州)—南(宁)改扩建工程 NO.4 标洛维大桥主墩上主梁 0[#]、1[#] 块现浇支架压载施工为依托,利用钢绞线连接承台上预埋锚固装置和支架顶面分配梁,在分配梁上设置液压张拉装置张拉钢绞线,形成张拉力,反作用于支架上,用以实现对主墩 0[#]、1[#] 块现浇支架的预压施工。

关键词:现浇支架;预压;钢绞线;反拉

1 工程概况

柳州洛维大桥主墩 0[#]、1[#] 块箱梁顺桥向长 11 m (2 m+7 m+2 m),最大梁高 7.5 m,横桥向宽 22.5 m,最大合计浇筑方量约为 653.6 m³,单侧最大悬臂重量约为 350 t。

主墩现浇支架均采用管桩+贝雷梁+工字钢组合

的结构形式,单个主墩支架共计 10 片管桩桁架,每片管桩桁架由一根直管桩和一根斜管桩组成,主墩墩身两侧各布置 5 片管桩桁架,布置间距为(3+6+6+3) m;考虑管桩支架结构稳定性,需在各管桩支架设置平联及剪刀撑;支架平联共两层,层间距为 7 m,平联采用 36b 型工字钢焊接;其剪刀撑由槽钢(25b 型)组焊而成,钢管桩立柱与设置的平联和剪刀撑之间均采用节点加强板连接(图 1)。

从表 6、7 可看出:在拆除相应节段的斜拉索后,梁段位移均有不同程度的下挠,在拆除相应节段的桥面板后,会有较大幅度的上翘;塔顶位移也随着不同的拆除工况发生一定程度的左右变形;另外主塔根部的应力值,由计算模型可知主要为压应力,结合监测数据与计算数据发现,主塔根部的应力变化幅度较小。

另外,通过现场实测得到临时钢管支撑的压应力基本为 35 MPa 以下;由以上分析可知,现场实测结果基本上与理论分析保持一致,结构的受力状态变化比较明确,拆除过程处于安全可控的状态。

5 结论

历时 3 个多月,该非对称独塔斜拉桥的拆除工作顺利结束,通过对大桥拆除工况的计算分析及实时监控,得出以下主要结论:

(1) 对于大桥的拆除,必须按照事先指定的总体拆除方案,进行理论计算分析,发现方案中的不足及可

能存在的安全风险,并采取措施降低风险源,确保拆除方案理论上安全可行。

(2) 独塔不对称斜拉桥为多次超静定结构,每个不同的拆除工况,都会引起结构受力的反复变化,采取切实有效的监控措施,可随时监测桥梁工作状态,并判断挠度、应力等是否与理论计算保持一致,保证结构处于可控状态。

参考文献:

- [1] 向中富. 桥梁施工控制技术[M]. 北京:人民交通出版社, 2011.
- [2] 郑文通,王智勇,郭金山,等. 独塔不对称斜拉桥主梁施工中支架受力行为研究[J]. 中外公路,2014(4).
- [3] 孙全胜,孟安鑫. 非对称独塔斜拉桥张拉方案比选[J]. 中外公路,2016(5).
- [4] 李伟,冯仲仁. 独塔混合梁斜拉桥合龙控制分析[J]. 中外公路,2018(4).
- [5] 舒林,许红胜,曾毅杰,等. 影响斜拉索运营寿命的各种因素分析[J]. 中外公路,2017(1).