

如通苏湖城际铁路桥梁上跨闸站安全影响评估分析

王 林, 宁正芳, 周卫卫

(中铁工程设计咨询集团有限公司郑州设计院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 新建如东经南通苏州至湖州城际铁路采用桥梁跨越在建阳安塘闸站, 为确保城际铁路桥梁施工、运营期间对闸站安全及闸站运营、维护作业对城际铁路桥梁的影响, 需对城际铁路桥梁上跨闸站进行安全影响评估, 分析闸站、城际铁路桥梁变形。首先, 采用经验分析法、风险交流法和专家调查法开展城际铁路桥梁、闸站在施工、运营期间的风险源定性识别, 并结合规范确定评估标准; 其次采用有限元数值仿真定量分析城际铁路桥梁基坑开挖、主体结构施工、列车运营对闸站结构竖向、水平变形影响, 闸站运营、河道淤积及清淤对城际铁路桥梁结构竖向、水平变形影响, 城际铁路运营工况叠加河道水位变化对闸站影响等工况; 最后提出变形监测要求及监测控制值。

关键词: 铁路桥梁; 安全评估; 数值计算; 闸站; 影响值; 风险源

中图分类号: U24

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)12-0152-06

0 引 言

近年来, 随着国家基础设施建设的不断完善, 我国城市化进程达到了前所未有的高度, 公路、铁路、市政、水利、电力等基础设施建设也在蓬勃发展, 由此导致铁路选线的制约因素越来越多, 不可避免地与水利等设施交叉, 铁路项目建设及运营对周边水利设施的影响、水利项目建设及运营对铁路设施的影响日益突出^[1]。例如, 苏通湖城际铁路水乡联络线 2 号特大桥上跨阳安塘闸站工程, 铁路桥梁施工、运营期间将会对闸站变形产生影响; 阳安塘闸站工程建设及运营中也有可能对铁路桥梁产生不可预见作用。因此, 工程实施前有必要对其相互影响进行安全影响评估分析, 慎重考虑设计、施工及运营期间城际铁路桥梁与闸站间的相互影响, 以确保铁路桥梁、闸站运营安全。蒋海涛^[1]基于高速铁路桥梁建设对电站运营影响的安全评估方法进行了研究。孙宗磊、孟繁增^[2]对下穿高铁桥梁施工安全风险源进行识别, 并提出动态控制技术。其他研究人员也对航道下穿高铁变形控制^[3]、市政道路下穿高铁^[4]、邻近高铁桥墩基坑开挖^[5-9]及软土地区高铁桥梁安全评估^[10-12]进行了研究, 并取得了重要成果。本文以如苏通湖城际铁路

水乡联络线 2 号特大桥和阳安塘闸站为例, 研究城际铁路桥梁施工、运营对闸站及闸站运营、管养对城际铁路桥梁的安全影响评估, 以期为类似工程提供借鉴。

1 工程概况

新建如东经南通苏州至湖州城际铁路(南谿至长兴段)设计时速为 160 km/h, 双线电气化, 无砟轨道, 无缝线路, 水乡联络线 2 号特大桥跨越阳安塘闸站采用连续梁方案, 桥长 844.8 m, 主桥(59.9+100+59.9)m 连续梁。阳安塘闸站位于沈家港与阳安塘河道交叉处, 主要功能为防洪排涝、沟通阳安塘与圩区内河水系, 生态换水。

阳安塘闸站主要建筑物级别为 2 级, 中型泵站, 阳安塘闸站节制闸净宽 12 m, 泵站流量 10 m³/s, 采用闸、泵分离式结构。闸室基础采用桩径 60 cm 的 C30 混凝土灌注桩, 排间距 2.4 m, 桩长 19.8 m。

如通苏湖城际铁路水乡联络线 2 号特大桥上跨阳安塘闸站, 线路与闸站中轴线的交叉角度 85°, 城际铁路桥梁依次上跨闸站堤顶道路、翼墙、外河海漫滩段、外河抛石防冲槽。闸站结构与城际铁路桥梁墩身、承台、桩基最小水平距离分别为 11.49 m、9.84 m、11.57 m, 城际铁路部分桥墩侵入闸站红线 9.05 m。水乡联络线 2 号特大桥、南谿高架特大桥与闸站位置关系如图 1 所示。

收稿日期: 2023-12-28

作者简介: 王林(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁设计工作。

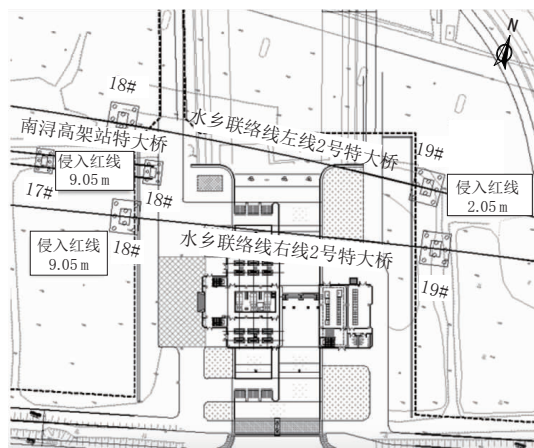


图 1 平面位置关系

2 安全影响评估技术

国内外学者对大跨度桥梁、跨线桥梁、道路下穿高铁桥梁、大型沉降井结构项目的建设和运营安全影响评估技术开展了研究^[2],但对于城际铁路桥梁跨越闸站和闸站下穿城际铁路桥梁的风险辨识与安全影响评估技术研究相对较少,闸站评估技术标准尚不明确。鉴于此,国家法律法规、国家标准、行业规范、操作规程及工程案例等可作为安全影响评估风险源和评估技术标准确定的依据,采用经验分析法、风险交流法、专家调查法进行定性确定,再借助有限元软件数值仿真模拟分析法定量进行安全影响评估分析。

2.1 安全影响评估风险源

经过风险综合评价法分析,安全评估风险源主要分为以下几个方面:针对河道闸站和城际铁路桥梁工程建设特点,开挖卸荷和加载堆荷往往会诱发周边土体产生应力变化和位移,进而在邻近既有桩体内部产生附加应力和变形,造成工程灾害^[3];城际铁路桥梁对闸站的风险主要为施工期间基坑卸载风险、结构自重荷载加载风险及运营期间列车荷载风险;闸站对城际铁路桥梁的风险主要为闸站运营荷载风险和清淤卸荷风险。针对上述风险源开展定性分析,并提出与之相应的工程控制措施。

(1)基坑卸荷风险。水乡联络线 2 号特大桥主墩承台基坑规模大,基坑开挖卸载量较大。若基坑失稳,会引起土方大量卸载,将导致闸站发生位移。因此,需保证基坑的稳定性,并尽量减少卸载。基坑四周均采用钻孔桩防护尽量减少开挖量,同时加强管理,避免基坑周边大面积堆载,保证基坑的稳定性,尽量减少基坑卸载。

(2)结构自重荷载加载风险。水乡联络线 2 号特大桥采用封闭挂篮悬浇梁体,桥梁墩身、梁体和二期

荷载作用于基础,引起邻近基础周围土体松动或压缩变形,产生隆起或沉降变形,需将影响控制在允许范围之内。因此,桥梁基础采用钻孔灌注桩,基坑围护桩兼作水平位移隔离桩,减小土体松动或压缩变形影响。

(3)运营期间列车荷载风险。城际列车通过水乡联络线 2 号特大桥,产生列车振动荷载,极端情况下会出现列车脱轨冲出桥面,影响桥下闸站运营作业。因此,在桥墩位置设减隔震支座,减少列车振动荷载向下传递,桥上轨道设置护轮轨,并在桥梁两侧设置防撞墙,避免列车脱轨后冲出桥面。

(4)闸站运营荷载风险。闸站运营工况主要为水泵运营震动荷载,阳安塘闸站单台水泵自重 10t,配备三台水泵,水泵提升排水时产生剧烈震动,水泵持续动荷载作用引起周围基础震动并向外传递。因此,在水泵底座增加阻尼橡胶基座,起到隔震作用,减少水泵工作时震动影响。

(5)清淤卸荷风险。阳安塘闸站处河道宽 40 m,深 5 m,运营期间河床淤积后会出现逐步抬高现象,淤积达到一定厚度时,需将河道内淤泥疏浚,淤积范围、厚度及每次清除淤泥范围、厚度导致荷载变化,引起铁路桥梁变形。因此,结合评估定性分析,制定河道疏浚作业制度,明确每次作业条件,尽量减少对水乡联络线 2 号特大桥影响。

2.2 涉闸站安全评估标准

阳安塘闸站设置于天然土质地基上,是采用桩基础的多层建筑结构,依据《水闸设计规范》(SL 265—2016)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011),闸站地基最大沉降量不宜超过 15 cm,相邻部位的最大沉降差不宜超过 5 cm;桩顶水平位移值宜控制不大于 0.5 cm;结构应由局部倾斜值控制值 0.004^[13-14]。

2.3 涉铁桥梁安全评估标准

如通苏湖城际铁路为无砟轨道,结合《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》(TB 10182—2017)、《城际铁路设计规范》(TB 10623—2014)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005)、《铁路安全管理条例》(国务院令第 639 号文)等相关要求,桥墩顶纵、横向水平位移及竖向位移标准均按 2 mm 控制,墩台均匀沉降标准按 20 mm 控制,相邻墩台沉降差标准按 10 mm 控制^[15-17]。

2.4 安全影响评估办法

安全影响评估采用定性与定量分析相结合的方

法。定性分析主要依托风险交流和经验总结而开展,贯穿于整个评估过程。定量分析主要依托 MIDAS GTSNX 有限元程序软件进行模拟分析,开展数值模拟计算。定量和定性相结合方法的目的是从理论和实践上获得对风险源危害程度的科学判断,从设计、施工、运营等各阶段分别提出相应的风险预防或处理措施,将各阶段风险有效规避或降低到可控范围内,以确保安全。

3 模型

采用 MIDAS GTSNX 有限元程序建立包括阳安塘闸站、城际铁路桥墩的三维工程模型,模拟土体尺寸为 260 m×135 m×110 m(阳安塘闸站的纵向、横向和竖向土层厚度),桩基采用线弹性桩单元,桩土间作用采用摩擦面,程序自动耦合,城际铁路桥墩、闸站等均采用实体单元,自动划分为四面体单元;城际铁路桥墩承受上部荷载、闸站前后水位变化、清淤荷载等均采用均布荷载形式加载模拟;计算初始应力场模拟简化为阳安塘闸站、河道对地层初始应力场的影响,土体采用修正“摩尔-库伦(M-C)”土体弹塑性连续介质模型,边界条件地表为自由面,其余方向约束位移。有限元模型如图 2 所示。

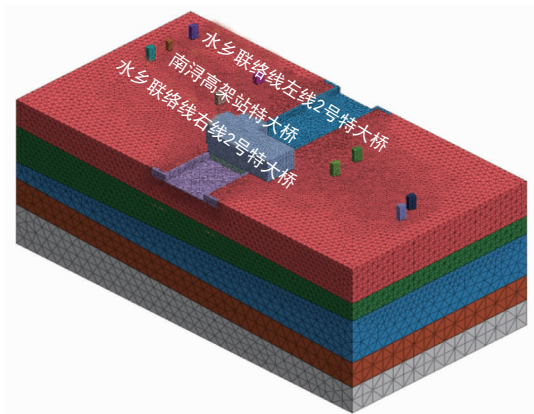


图 2 有限元模型

根据地勘报告,场地位置从上自下土层信息为粉土、粉质黏土、粉砂,土层特征值参数见表 1。

表 1 地层特征值参数

名称	本构模型	容重 / (kN·m ⁻³)	黏聚力 / kPa	内摩擦角 / (°)
粉质黏土	修正“M-C”	18.8	32.6	12.4
淤泥质粉质黏土	修正“M-C”	17.9	11.5	10.5
粉质黏土	修正“M-C”	18.2	11.2	28.6
粉质黏土	修正“M-C”	17.8	18	12

城际桥墩采用 C40 混凝土,桩基采用 C35 混凝土,混凝土材料特征值参数见表 2。

表 2 混凝土材料特征值参数

名称	本构模型	弹性模量 / (kN·m ⁻²)	泊松比	容重 / (kN·m ⁻³)
C35 混凝土	弹性	3.30×10 ⁷	0.2	25
C40 混凝土	弹性	3.40×10 ⁷	0.2	25

4 涉闸站安全影响评估分析

如苏通湖城际铁路水乡联络线 2 号特大桥施工及运营期间对阳安塘闸站的影响,评估共分析施工工序 3~8 六个施工工况,具体工况见表 3。

表 3 铁路施工及运营工况一览

工序	工况
1	阳安塘闸站施工前初始应力场
2	阳安塘闸站运营(初始位移清零)
3	铁路桥墩桩基施工、承台基坑开挖
4	铁路承台施工
5	桥墩及梁体施工
6	铁路静活载作用
7	铁路动荷载作用
8	铁路动荷载与闸站最大水位变化差叠加

4.1 闸站竖向变形分析

通过模型分析,阳安塘闸站建设完成后,城际铁路桥梁施工前,阳安塘闸站结构竖向变形如图 3 所示。

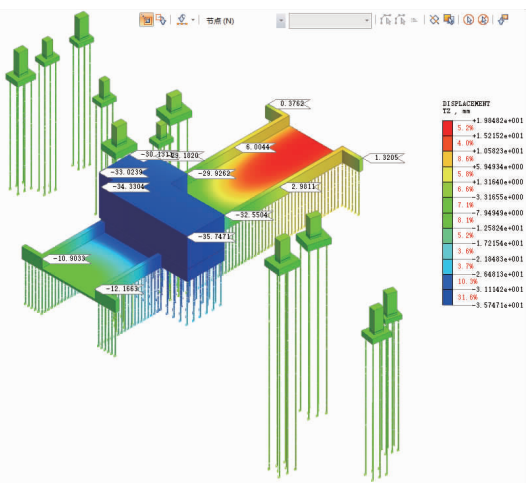


图 3 闸站沉降云图(工况 8)

由图 3 可知:阳安塘运营后入水口与出水口最大水位差与城际铁路运营(考虑冲击系数)叠加后阳安塘闸站沉降量最大值-36.34 mm。

阳安塘闸站运营后,基底最大沉降量为-35.7 mm,城际铁路修建后阳安塘闸站基底最大沉降量为-36.4 mm,均满足《水闸设计规范》(SL 265—2016) 8.3.6 条,天然土质地基上闸站地基最大沉降量不宜

超过 15 cm 限值规范要求,相邻位置最大沉降差 7.3 mm,满足规范中相邻部位的最大沉降差不宜超过 5 cm 限值规范要求。

根据数值结果表 4 分析可知,阳安塘闸站运行后,因城际铁路施工引起闸站结构最大沉降变形为 -0.8 mm,挡墙结构最大变形为 -1.2 mm。铁路运营

后因考虑铁路冲击震动荷载,闸站结构最大沉降为 -0.1 mm,挡墙结构最大沉降为 -0.1 mm。考虑列车冲击系数及最大水位差叠加工况后,闸站结构最大沉降为 4 mm,挡墙结构最大沉降为 7.4 mm,规范要求的最大沉降限值为 150 mm,铁路工程建设对闸站变形影响较小。

表 4 竖向变形一览

工况	指标	差异沉降变形/mm									
		节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	节点 7	节点 8	节点 9	节点 10
工况 2	施工前闸站沉降	-39.3	-39.2	-34	-33.7	-38.7	-35.3	-31	-30.6	-38.8	-35.5
工况 3	施工影响值	2.0	1.8	0.5	0.4	1.5	0.5	0.9	0.4	1.8	0.7
	叠加累计值	-37.3	-37.4	-33.5	-33.3	-37.2	-34.8	-30.1	-30.2	-37	-34.8
工况 4	施工影响值	-4.4	-4.1	-1.3	-1.1	-3.5	-1.4	-2.2	-1.0	-4.0	-1.8
	叠加累计值	-41.7	-41.5	-34.8	-34.4	-40.7	-36.2	-32.3	-31.2	-41	-36.6
工况 5	施工影响值	-1.7	-1.5	-0.5	-0.4	-1.4	-0.6	-0.9	-0.4	-1.6	-0.7
	叠加累计值	-43.4	-43	-35.3	-34.8	-42.1	-36.8	-33.2	-31.6	-42.6	-37.3
工况 6	施工影响值	-0.1	-0.2	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
	叠加累计值	-43.5	-43.2	-35.3	-34.8	-42.2	-36.8	-33.2	-31.6	-42.7	-37.4
工况 7	施工影响值	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	叠加累计值	-43.7	-43.3	-35.4	-34.8	-42.2	-36.8	-33.2	-31.6	-42.7	-37.4
工况 8	施工影响值	1.9	1.2	1.6	0.9	0.8	0.7	0.1	0.1	1.7	1.6
	叠加累计值	-41.8	-42.1	-33.8	-33.9	-41.4	-36.1	-33.1	-31.5	-41.0	-35.8
相邻差异沉降		0.3		0.1		-5.3		-1.6		-5.2	

注:表内数据为累计,负值代表沉降。

4.2 闸站水平向变形分析

阳安塘闸站修建完成后,城际铁路桥梁施工前,阳安塘闸站结构水平变形如图 4 所示。

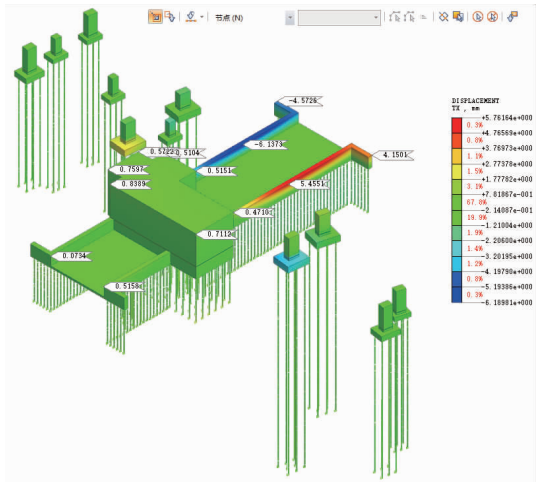


图 4 闸站水平变形云图(工况 8)

由图 4 可知:阳安塘运营后入水口与出水口最大水位差与城际铁路运营(考虑冲击系数)叠加后闸站结构最大附加横向位移 0.08 mm。

根据数值结果表 5 分析可知,阳安塘闸站运行后,因城际铁路施工引起闸站结构最大横向位移为

0.86 mm,挡墙结构最大横向位移为 2.44 mm。铁路运营后因考虑铁路冲击震动荷载,闸站结构附加最大横向位移趋于 0 mm,挡墙结构最大附加横向位移趋于 0 mm;同步考虑最大水位差及铁路冲击震动荷载,闸站结构最大附加横向位移 0.08 mm,挡墙结构最大附加横向位移 3.64 mm,换算为变形倾斜率最大为 0.000 5,均满足不大于 0.004 的规范要求,铁路工程建设对闸站变形影响较小。

4.3 桩基承载力分析

闸站桩基承载力叠加城际铁路桥梁工程施工影响后,桩基承载力变化值见表 6。

由表 6 可知:城际铁路修建运营后,阳安塘闸站桩基轴力较原设计单桩轴力增加较小,变化后单桩轴力小于单桩容许承载力,满足基桩承载力设计要求。

5 涉铁路桥梁安全影响评估分析

阳安塘闸站已经开工建设,待城际铁路桥梁运营后,阳安塘闸站运营对城际铁路桥梁会存一定影响。因此,需分析闸站运营工况对城际铁路桥梁安全

表 5 水平变形一览表 单位:mm

节点 编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#
工况 2	0.57	0.53	0.53	0.39	0.58	0.74
工况 3	0.62	0.58	0.58	0.46	0.67	0.84
工况 4	0.64	0.59	0.59	0.47	0.69	0.86
工况 5	0.64	0.59	0.59	0.48	0.70	0.86
工况 6	0.64	0.59	0.59	0.48	0.70	0.86
工况 8	0.57	0.51	0.52	0.47	0.71	0.84
工况 4	0.05	0.05	0.05	0.07	0.09	0.1
工况 5	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
工况 6	0	0	0	0.01	0.01	0
工况 7	0	0	0	0	0	0
工况 8	-0.07	-0.08	-0.07	-0.01	0.01	-0.02
最大倾 斜率	0.000 03	0.000 03	0.000 03	0.000 02	0.000 03	0.000 04
倾斜率 限值	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表 6 闸站桩基承载力一览表 单位:kN

位置	泵房及闸站				内河挡墙				外河挡墙
节点编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	
工况 3	12	3	54	83	-3	-3	-8	-7	
工况 4	2	0	9	14	0	0	-1	-1	
工况 5	1	1	6	9	0	0	-1	0	
工况 6	0	0	0	0	0	0	0	0	
工况 8	47	25	52	33	13	14	25	37	
施工工况 合计	47	25	54	83	13	14	25	37	
单桩原设 计值	945	843	843	945	542	543	584	589	
叠加施工 工况	992	868	897	1 028	555	557	609	626	
单桩容许值 [P]	1 100	1 100	1 100	1 100	850	850	850	850	
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

表 8 铁路桥墩竖向变形一览表 单位:mm

施工阶段	水乡联络线左线 2 号特大桥				南浔高架站特大桥			水乡联络线右线 2 号特大桥			
	17#	18#	19#	20#	16#	17#	18#	17#	18#	19#	20#
工况 5	-2.580 1	-1.515 5	-1.507 4	-2.395 5	-2.297 5	-1.894 2	-1.628 8	-2.862 1	-1.657 7	-1.567 7	-2.745 2
工况 6	-2.551 0	-1.929 2	-1.836 0	-2.364 8	-2.266 6	-1.986 5	-2.289 2	-2.829 9	-2.039 7	-1.829 8	-2.708 6
工况 7	-2.580 1	-1.515 5	-1.507 4	-2.395 5	-2.297 4	-1.894 1	-1.628 8	-2.862 1	-1.657 6	-1.567 6	-2.745 2
单墩沉降限值	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足
清淤工况附加位移	0.029 1	-0.413 7	-0.328 6	0.030 7	0.030 9	-0.092 3	-0.660 4	0.032 2	-0.382	-0.262 1	0.036 6
附加位移限值	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足
相邻桥墩沉降差	1.064 6	0.008 1	-0.888 1		0.403 3	0.265 4		1.204 4	0.09	-1.177 5	
沉降差限值	10	10	10		10	10		10	10	10	
结论	满足	满足	满足		满足	满足		满足	满足	满足	

的影响。这里主要分析闸站运营(检修)时河道水位变化及工作震动、河道积淤、河道清淤的影响。闸站运营工况见表 7。

表 7 闸站运营工况一览表

编号	工况内容
1	现状阳安塘闸站施工前初始应力场
2	阳安塘闸站运营工况
3	铁路运营工况
4	位移清零
5	铁路运营(考虑列车冲击)
6	河道积淤工况
7	河道清淤工况

5.1 铁路桥梁竖向变形分析

城际铁路桥梁设计沉降量控制的影响,17# 桥墩出现最大沉降值 -2.86 mm,满足规范关于墩台均匀沉降不大于 50 mm 要求。

由表 8 数据分析可知:工况 5,桥墩最大沉降为 -2.86 mm,满足《城际铁路设计规范》(TB 10623—2014)关于墩台均匀沉降不大于 50 mm 的要求。

工况 6,最大单墩附加沉降值为 0.66 mm,满足《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》(TB 10182—2017)关于无砟轨道桥墩附加沉降量不大于 2 mm 的要求。

工况 7,引起的相邻桥墩累计沉降差最大为 1.23 mm,满足《城际铁路设计规范》(TB 10623—2014)关于相邻墩台沉降差不大于 10 mm 的要求。

5.2 铁路桥梁水平向变形分析

铁路桥墩纵横向变形数值见表 9、表 10。

由表 9、表 10 数据分析可知:工况 5、工况 6、工况 7 三种工况中,桥墩最大附加横桥向位移为 -0.07 mm,最大附加纵桥向位移为 -0.67 mm,均满

表 9 铁路桥墩顺桥向变形一览 单位:mm

施工阶段	水乡联络线左线 2 号特大桥				南浔高架站特大桥			水乡联络线右线 2 号特大桥			
	17#	18#	19#	20#	16#	17#	18#	17#	18#	19#	20#
工况 5	-0.091 6	-0.165 2	-0.255 6	-0.638 9	0.067 2	0.147 7	0.041 5	0.668 7	0.471 1	0.273 4	0.525 4
工况 6	-0.093 5	-0.126 3	-0.188 7	-0.642 9	0.069 3	0.155 4	0.089 9	0.674 1	0.466 0	0.244 0	0.530 1
工况 7	-0.091 6	-0.165 2	-0.255 5	-0.638 9	0.067 2	0.147 7	0.041 6	0.668 7	0.471 2	0.273 6	0.525 4
附加横向往移	-0.001 9	0.038 9	0.066 9	-0.004	0.002 1	0.007 7	0.048 4	0.005 4	-0.005 1	-0.029 4	0.004 7
横向往移限值限值	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表 10 铁路桥墩横桥向变形一览 单位:mm

施工阶段	水乡联络线左线 2 号特大桥				南浔高架站特大桥			水乡联络线右线 2 号特大桥			
	17#	18#	19#	20#	16#	17#	18#	17#	18#	19#	20#
工况 5	-0.168 3	-0.205 1	0.118 5	0.405 7	-0.092 6	-0.174 0	-0.416 0	-0.133 8	-0.112 9	0.090 3	-0.032 7
工况 6	-0.117 8	0.295 0	-0.436 6	0.354 1	-0.048 4	0.019 2	0.260 8	-0.083 6	0.370 6	-0.376 6	-0.078 1
工况 7	-0.168 3	-0.205 0	0.118 4	0.405 7	-0.092 6	-0.173 9	-0.415 9	-0.133 8	-0.112 9	0.090 2	-0.032 8
附加横向往移	0.050 5	0.500 1	-0.555 1	-0.051 6	0.044 2	0.193 2	0.676 8	0.050 2	0.483 5	-0.466 9	-0.045 4
横向往移限值限值	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
结论	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

足《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》(TB 10182—2017)关于墩台横纵向位移不大于 2mm 的要求。

6 变形监测

变形监测按照施工前、施工过程中、施工完成后三阶段进行,结合变形监测要求布置监测点位;各工况下均应完成对结构变形观测,验证和校核理论计算结果,根据观测资料的分析,判断结构变形,对运营安全进行预警。

闸站监测点可利用既有建筑物监测点作为变形观测点^[14],沉降监测以二等水准进行,地表沉降速率不大于 10 mm/d,连续 5 d 平均沉降速率不大于 5 mm/d,水平位移不大于 5 mm/d。铁路每个桥墩设置 4 个变形监测点,观测精度±0.1 mm,无砟轨道桥墩竖向位移控制值 2 mm,水平位移控制值 2 mm,控制值的 60%作为预警值。若观测发现有变形超标情况,应分析产生原因,研究对策,提出整改措施,以保证运营的安全。

7 结 论

本文以如通苏湖城际铁路为项目背景,对城际铁路与闸站交叉工程安全影响评估风险源进行辨识,研究了评估标准,采用数值仿真模拟计算分析城际铁路桥梁与闸站施工、运营的相互影响,提出城际

铁路桥梁、闸站结构变形与承载力的安全影响评估方法,并得出如下结论:

(1)城际铁路引起安全影响评估风险源是施工期间开挖基坑卸荷、施工主体结构加荷及运营期间列车荷载。闸站引起风险源是运营机械设备荷载及河道淤积、清淤的荷载变化。

(2)城际铁路桥墩顶水平及竖向附加变形控制值均为 2 mm,墩台均匀沉降控制值 20 mm,相邻桥墩沉降差控制值 10 mm;闸站桩基础水平变形控制值 5 mm,均匀沉降控制值 150 mm,最大沉降差控制值 50 mm;城际铁路与闸站对变形控制精度要求差异较大。

(3)计算结果表明:阳安塘闸站水平变形 0.86 mm,竖向最大沉降 4 mm,最大沉降差 7.3 mm;如通苏湖城际铁路桥墩水平顺桥向变形影响值 0.67 mm,横桥向变形影响值 0.07 mm,竖向变形影响值 -0.66 mm,最大沉降值 -2.86 mm,沉降差值 1.23 mm,均在控制值范围内。

参考文献:

[1] 蒋海涛.高速铁路桥梁建设对电站运营影响的安全评估方法[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2020,39(5):117-122.
[2] 孙宗磊,孟繁增.下穿高铁桥梁施工安全风险评估及变形动态控制技术[J].桥梁建设,2022,52(5):135-141.
[3] 孙阳,李怡玮,顾祯雪,等.新建航道下穿高铁桥梁时加固方案的变形控制[J].水运工程,2022,394(5):91-133.
[4] 李仁强.市政道路下穿运营高速铁路桥梁影响分析及风险评估[J].

轨迹线为圆曲线时,活动垫块总量最少。

(3)根据顶推运动理论,当梁体处于直线+竖曲线上时,其顶推行为应为主梁的刚性转动+平动^[7]。整个顶推过程需要在平动一定距离后进行主梁刚性旋转的调整,施工作业较为繁琐,工效低,主梁受力不易控制。

相较于抛物线、椭圆曲线,圆曲线更适合作为顶推轨迹线,因为它将刚性转动+平动转变为绕固定的圆心转动旋转,使各顶推运动点都在圆曲线的切线上,有效地降低了顶推施工难度^[8]。

3 结 论

经数据验证,主梁线形为复杂的组合线形时,采用圆曲线拟合曲线作为顶推轨迹线时,能够大大降低顶推施工难度和风险,同时减少了各垫块数量,节约成本,能为其他相类似桥梁施工提供很好的借鉴。

参考文献:

- [1] 熊正强.变曲率竖曲线连续钢梁桥顶推施工线形控制研究[J].中外公路,2015(4):187-191.
- [2] 叶建良.瓯江北口大桥北引桥槽形钢梁顶推施工关键技术[J].桥梁建设,2020,50(增刊2):115-120.
- [3] 杨文爽,阙水杰,楚民红.复杂竖曲线桥梁主梁顶推转动自适应控制法[J].桥梁建设,2022(2):53-59.
- [4] 梁崇双.公铁两用三主桁连续钢桁梁顶推施工新技术[J].铁道工程学报,2021,38(3):41-47.
- [5] 董创文,李传习,张玉平,等.变曲率竖曲线梁顶推过程支点标高调整方案确定的单步模数搜索合成法[J].土木工程学报,2015,48(1):101-111.
- [6] 何文生,徐小怀,曾友治,等.基于顶推法施工的双曲钢桥线形精度分析与控制[J].建筑施工,2023(1):107-109,134.
- [7] 潘强,吕牧.变宽变纵坡曲线钢梁超长距连续顶推施工关键技术[J].施工技术,2019(23):59-61.
- [8] 樊勇,郑海龙,马永军,等.浅谈跨线钢桁架桥顶推滑移施工技术[J].中国建筑金属结构,2020(6):52-54.

~~~~~  
(上接第157页)

- 铁道建筑,2021,61(11):57-60.
- [5] 孟繁增.基坑开挖引起邻近高铁桥墩隆起变形实例分析[J].铁道标准设计,2020,64(4):98-103.
  - [6] 方浩,方磊,童立元.基坑开挖对运营高速铁路基变形影响因素分析[J].铁道标准设计,2017,61(6):125-130.
  - [7] 潘振华.超大型深基坑对高速铁路桥墩稳定性影响分析[J].铁道标准设计,2014,58(7):80-84.
  - [8] 马宁.软土地区临近运营高速铁路基建筑基坑防护方案研究[J].铁道标准设计,2017,61(4):50-53,63.
  - [9] 邹森,吴禄源,王磊,等.某地铁车站深基坑开挖对临近管线的影响分析[J].铁道标准设计,2016,60(3):106-111.

- [10] 魏丽敏,辛学忠,何群,等.邻近开挖对桥梁桩基变形与内力影响分析[J].铁道工程学报,2017,34(5):38-44.
- [11] 嵯一,张军,宋顺忱.软土地区基坑开挖对临近高铁影响数值分析[J].铁道工程学报,2014,31(2):41-47.
- [12] 王淑敏.软土地区下穿运营高铁通道工程关键技术研究[J].铁道标准设计,2016,60(9):83-88.
- [13] GB 50007—2011,建筑地基基础设计规范[S].
- [14] SL 265—2016,水闸设计规范[S].
- [15] TB 10182—2017,公路与市政工程下穿高速铁路技术规程[S].
- [16] TB 10093—2017,铁路桥涵地基和基础设计规范[S].
- [17] TB 10623—2014,城际铁路设计规范[S].