

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.01.042

疏浚对既有桥梁安全影响的分析

谭兴丰, 徐伟洲

(温州设计集团有限公司, 浙江 温州 325000)

摘要: 随着经济的发展, 交通畅通、河段疏浚、景观效果和旅游发展等交叉专业的综合提升, 越来越受到重视。借助 Midas 和桥梁设计师两个软件, 根据河段疏浚施工时序, 分为不同的计算工况, 在不同的工况下计算桥梁下部结构的安全性, 提出对桥梁安全性的影响内容。通过讨论河段疏浚对既有桥梁的安全存在一定的影响, 提出计算模式的探索方式, 提供有效的分析数据, 供管养单位和河段疏浚单位进行参考。

关键词: 既有桥梁; 河段疏浚; 计算工况^[1]; 承载能力

中图分类号: U447

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0155-03

1 工程概况

温州某大桥工程, 北起永嘉县东瓯街道, 经江心屿、江滨路、鹿城路与 104 国道温州过境段相连, 全长 5173 m, 桥面宽 21.4 m, 为双向 4 车道, 2000 年 8 月 11 日正式开通运营。大桥主要结构, 起点桩号为 K1+191, 终点桩号为 K3+949, 全长为 2 048 m, 桥下通航净空为 91 × 21 m, 航道等级为 I 级^[2]。本次涉及的江心屿河段是瓯江进入河口过渡段经历的第一分汊河段, 由于受上村丁顺坝等工程的影响, 瓯江江心屿河段南、北汊分流比出现失衡现象。南汊长期冲刷, 影响堤防行洪安全, 水深流急, 不利于航道安全。北汊低潮位时局部露滩, 影响江心孤屿名胜景观。为实现防洪安全目标、游船通航目标和景观美化目标, 实现交通、旅游、水利等综合效益, 开展江心屿河段整治深化研究。由此引起河段开挖, 对东瓯大桥桥墩安全性的影响。桥梁区位如图 1 所示。



图 1 桥梁鸟瞰区位图

2 计算方法与模型分析

研究的对象主要是瓯江江心屿河段整治对东瓯大桥下部结构的影响, 通过对瓯江江心屿河段整治过程中分步骤、分情况进行疏浚整治的影响, 对桥梁下部结构建立不同的模型进行分析, 分阶段、分步

收稿日期: 2021-04-06

作者简介: 谭兴丰(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事新建、加固桥梁设计工作。

骤、分情况进行研究分析。

2.1 河段整治步骤^[3-4]

(1) 拆除上村丁顺坝北汊进口部分, 拆坝有效长度约 320 m, 底高程 -3.3 m。

(2) 第一步完成后, 北汊顺槽“S 形”开挖。考虑到开挖后会有泥沙回淤, 超挖 0.3 m, 底高程为 -3.6 m。

(3) 上村边滩进一步切滩, 扩大北汊口门宽度, 以增加北汊水动力, 减少挖槽内回淤。切滩底高程为 -3.3 m, 上村丁顺坝以下逐渐与北汊浅滩过渡到 -2 m 左右。

(4) 加大拆坝和开挖力度, 以上范围不变, 拆坝和开挖底高程为 -5 m, 目标是在景观的基础上进一步实现游船通航的要求。具体各个阶段的内容如图 2 所示。

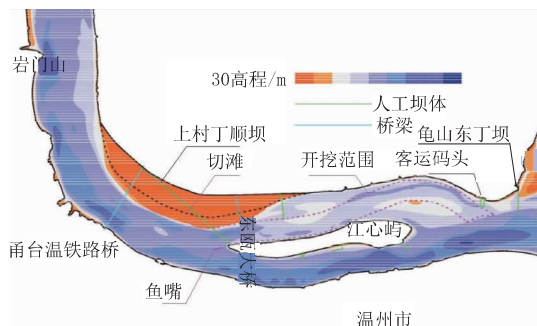


图 2 河段疏浚位置内容示意图

2.2 桥梁计算工况

根据河段整治的步骤分析, 对桥梁下部结构的影响对应分为几种不同的工况, 具体如下:

工况一: 按原设计地面(河床)标高对东瓯大桥北汊段各节点进行复核。

工况二: 按照河道步骤二实施后, 北汊挖槽至 -3.6 m 对东瓯大桥北汊段各节点进行复核。

工况三:按照河道步骤三实施后,上村边滩切滩至-3.3 m(北汊挖槽至-3.6 m已完成),对东瓯大桥北汊段各节点进行复核。

工况四:按照河道步骤四实施后,北汊进一步挖槽至-5 m(上村边滩切滩已完成),对东瓯大桥北汊段各节点进行复核。

2.3 影响节点划分

节点 A:引桥段 20#墩~25#墩。由于上村边滩在整治方案中须实施切滩,故将位于该切滩范围内的 21#墩至 25#墩之间的一联桥梁作为一处主要考虑对象,同时将维持现状地面标高的 20#墩纳入至该节点的影响范畴,作为 21#墩至 25#墩的近邻影响墩考虑。

节点 B:引桥段 29#墩~33#墩。该部分桥墩恰位于北汊挖槽区域相对中心位置,将其作为挖槽影响范围的主要考虑节点。

节点 C:路线右拼宽段 35#墩~38#墩。由于江心屿连接段拼宽桥梁桥型异于一般引桥段,桥面宽度、上部结构梁板、下部结构尺寸均不相同,故视为特殊节点考虑。节点划分如图 3 所示。

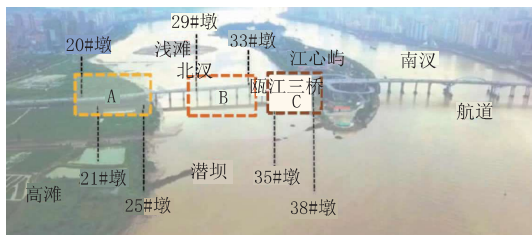


图 3 桥梁节点划分示意图

2.4 考虑的影响因素

(1)桥墩刚度重分配,由于切滩开挖,引起桩柱抗推刚度减小,意味着在全桥水平力(即汽车制动力与温度力)将重新按照全桥各墩的抗推刚度进行分配,挖槽范围内的下部结构和邻近墩的抗推刚度(如邻近尚未进行切滩的 21#墩至 25#墩等)未发生变化的下部结构都将受到影响,各桩柱所受水平力和弯矩数据将随即改变。

(2)地面标高的下降,将会使桩柱的计算长度发生变化,影响其正截面抗压承载力的大小。

(3)地面标高的下降显然会使得桩基所处土层的参数发生变化,影响桩基单桩受压承载力的大小。

2.5 结构建模分析

利用 Midas 和桥梁设计师,分不同的工况,建立模型,进行结构分析,具体结果如下。

由表 1 可知,位于切滩及挖槽范围内的桥墩由于地面(河床)标高下降,引起抗推刚度减小,致使水

平力分配比重下降,柱底弯矩均存在一定程度的减小。但类似 20#墩这样邻近切滩或挖槽范围并未改变其地面(河床)标高的桥墩。虽然刚度未变化,但相应水平力分配比重上升,反而引起柱底弯矩的增加。

表 1 柱底弯矩汇总表

项目	承载力极限状态柱底弯矩/(kN·m)							
	一		二		三		四	
工况	数值	数值	较一	数值	较二	数值	较三	
节点 A	20#	2 630	2 643	0.5%	2 911	10.1%	2 951	1.4%
	21#	2 194	2 236	1.9%	1 911	-14.5%	1 976	3.4%
	22#	2 767	2 842	2.7%	2 340	-17.7%	2 426	3.7%
	23#	2 224	2 318	4.2%	2 103	-9.3%	2 208	5.0%
	24#	2 707	2 806	3.7%	2 330	-17.0%	2 426	4.1%
	25#	2 724	3 050	12.0%	2 378	-22.0%	2 644	11.2%
节点 B	29#	2 592	2 423	-6.5%	2 573	6.2%	2 455	-4.6%
	30#	2 671	2 496	-6.6%	2 573	3.1%	2 527	-1.8%
	31#	2 883	2 650	-8.1%	2 729	3.0%	2 628	-3.7%
	32#	2 997	2 783	-7.1%	2 865	2.9%	2 733	-4.6%
	33#	2 751	2 809	2.1%	2 865	2.0%	2 757	-3.8%
节点 C	35#	1 906	2 213	16.1%	2 213	0.0%	1 937	-12.5%
	36#	1 913	2 134	11.6%	2 134	0.0%	1 851	-13.3%
	37#	2 983	2 016	-32.4%	2 016	0.0%	1 759	-12.7%

由表 2 可知,因北汊河段整治方案仅涉及地面(河床)标高的变化,基本不会对桩顶最大竖向力产生影响。

表 2 桩顶竖向力汇总表

项目	标准组合桩顶最大竖向力/kN					
	一		二		三	
工况	数值	数值	较一	数值	较二	数值
节点 A	20#	8 257	8 257	0.00%	8 257	0.00%
	21#	8 280	8 285	0.06%	8 285	0.00%
	22#	8 303	8 309	0.07%	8 309	0.00%
	23#	8 327	8 332	0.06%	8 332	0.00%
	24#	8 351	8 355	0.05%	8 355	0.00%
	25#	8 399	8 403	0.05%	8 403	0.00%
节点 B	30#	8 640	8 641	0.01%	8 641	0.00%
	31#	8 664	8 664	0.00%	8 665	0.01%
	32#	8 687	8 688	0.01%	8 688	0.00%
	33#	8 711	8 711	0.00%	8 711	0.00%
节点 C	35#	4 499	4 499	0.00%	4 500	0.02%
	36#	4 517	4 517	0.00%	4 518	0.02%
	37#	4 534	4 535	0.02%	4 535	0.00%

由表 3 可知,由于切滩及挖槽的影响,范围内的桩柱式桥墩自由长度增大,墩柱稳定性减弱,从而引起裂缝宽度增大。在各工况条件下,各节点位置裂缝宽度虽超限,但仍可满足规范要求。

由表 4 可知,由于切滩及挖槽的影响,桥墩桩基入土深度减小,在桩顶最大竖向力基本不变的情况下,主要由于置换土重相应减小,在切滩及挖槽范围

表3 柱底裂缝宽度汇总表

项目	持久状况正常使用极限状态主弯矩向裂缝宽度 /0.01 mm								
	工况	一		二		三		四	
编号	数值	数值	较一	数值	较二	数值	较三	数值	较三
节点 A	20#	1.9	1.9	2.2%	2.7	43.1%	2.9	4.5%	
	21#	0.5	0.7	23.7%	2.6	293.8%	2.8	7.8%	
	22#	2.3	2.5	10.1%	4.1	64.6%	4.4	6.5%	
	23#	0.6	0.9	47.0%	3.5	296.8%	3.8	9.3%	
	24#	2.1	2.4	14.7%	4.4	86.8%	4.7	6.8%	
节点 B	25#	4.2	5.2	23.8%	4.7	-9.7%	5.5	17.5%	
	29#	5.5	5.5	0.6%	6.0	8.3%	6.1	2.4%	
	30#	5.9	5.9	-0.4%	6.2	4.0%	6.5	6.1%	
	31#	6.6	6.6	-1.2%	6.8	3.7%	7.0	3.2%	
	32#	7.3	7.2	-1.2%	7.4	3.5%	7.6	1.8%	
节点 C	33#	6.9	7.4	7.7%	7.6	2.3%	7.8	2.9%	
	35#	8.7	9.8	13.1%	9.8	0.0%	9.3	-5.2%	
	36#	8.8	9.7	9.8%	9.7	0.0%	9.2	-5.2%	
	37#	11.6	9.5	-18.5%	9.5	0.0%	9.0	-4.5%	

内的桥墩桩身最大竖向力,且开挖深度越大,桩身最大竖向力增大越多,在切滩位置尤为显著。

表4 桩身竖向力汇总表

项目	标准组合桩身最大竖向力 / kN								
	工况	一		二		三		四	
编号	数值	数值	较一	数值	较二	数值	较三	数值	较三
节点 A	20#	8 899	8 899	0.0%	8 899	0.0%	8 899	0.0%	
	21#	8 921	8 921	0.0%	9 215	3.3%	9 215	0.0%	
	22#	8 945	8 945	0.0%	9 238	3.3%	9 238	0.0%	
	23#	8 976	8 976	0.0%	9 267	3.2%	9 267	0.0%	
	24#	9 007	9 007	0.0%	9 301	3.3%	9 301	0.0%	
节点 B	25#	9 078	9 078	0.0%	9 348	3.0%	9 348	0.0%	
	29#	9 351	9 424	0.8%	9 424	0.0%	9 488	0.7%	
	30#	9 378	9 447	0.7%	9 447	0.0%	9 512	0.7%	
	31#	9 381	9 463	0.9%	9 463	0.0%	9 527	0.7%	
	32#	9 432	9 501	0.7%	9 501	0.0%	9 566	0.7%	
节点 C	33#	9 492	9 532	0.4%	9 532	0.0%	9 597	0.7%	
	35#	5 070	5 081	0.2%	5 081	0.0%	5 125	0.9%	
	36#	5 086	5 098	0.2%	5 098	0.0%	5 143	0.9%	
	37#	5 001	5 116	2.3%	5 116	0.0%	5 161	0.9%	

由表5可知,由于切滩及挖槽的影响,桥墩桩基埋置深度减小。一方面,桩侧所提供的摩阻力减小,所占比例不大;另一方面,由于修正后的桩端土承载力迅速减小,单桩轴向承载力容许值整体减小。且开挖深度越大,切滩及挖槽范围内的桥墩单桩轴向承载力容许值下降越多,在切滩位置尤为显著。

同时,引桥21#墩~23#墩在切滩实施后,单桩受压承载力最大已下降至9 126 kN,即无法满足原设计图纸上对引桥段单桩承载力9 500 kN的要求。拼宽桥35#墩~37#墩在工况四,即挖槽深度达到-5 m时,单桩受压承载力计算得8 493 kN,已十分接近原设计图纸上对拼宽桥单桩承载力8 429 kN的

表5 单桩受压承载力汇总表

项目	单桩轴向承载力容许值 / kN								
	工况	一		二		三		四	
编号	数值	数值	较一	数值	较二	数值	较三	数值	较三
节点 A	20#	10 420	10 420	0.0%	10 420	0.0%	10 420	0.0%	
	21#	10 589	10 589	0.0%	9 126	-13.8%	9 126	0.0%	
	22#	10 589	10 589	0.0%	9 126	-13.8%	9 126	0.0%	
	23#	10 746	10 746	0.0%	9 344	-13.0%	9 344	0.0%	
	24#	10 902	10 902	0.0%	9 586	-12.1%	9 586	0.0%	
节点 B	25#	11 469	11 469	0.0%	10 566	-7.9%	10 566	0.0%	
	29#	10 922	10 454	-4.3%	10 454	0.0%	10 046	-3.9%	
	30#	10 899	10 454	-4.1%	10 454	0.0%	10 046	-3.9%	
	31#	10 734	10 209	-4.9%	10 209	0.0%	9 803	-4.0%	
	32#	11 077	10 701	-3.4%	10 701	0.0%	10 290	-3.8%	
节点 C	33#	11 160	10 949	-1.9%	10 949	0.0%	10 535	-3.8%	
	35#	8 671	8 663	-0.1%	8 663	0.0%	8 493	-2.0%	
	36#	8 673	8 663	-0.1%	8 663	0.0%	8 493	-2.0%	
	37#	8 748	8 663	-1.0%	8 663	0.0%	8 493	-2.0%	

要求,富余量极小。此外,本次评估计算采用汽车荷载为公路Ⅱ级,实际东瓯大桥现状交通流量大,承受荷载也相应较大,对此应引起重视。

2.6 研究结论

(1)在切滩及挖槽的影响下,瓯江江心屿河段北汊范围内的桥墩所分配水平力比重下降,墩柱桩身所受弯矩相应降低。但邻近开挖范围未改变其地面(河床)标高的桥墩(如20#墩),其水平力分配比重将显著上升,应引起重视。

(2)在切滩及挖槽实施后,范围内桥墩桩柱计算长度将明显增大,不利于其墩柱受压稳定,对于其偏心受压截面承载力及墩柱裂缝宽度都将产生负面影响。由于在靠近江心屿连接段工程的桥墩,其墩柱高度随纵坡抬升而不断增大,但相关构造并未做提升,故在此范围内的高墩柱(引桥32#墩至37#墩及拼宽桥35#墩至37#墩)的问题更为突出。

(3)在切滩及挖槽实施后,范围内桥墩桩基单桩受压承载力将不可避免地减小,在切滩处尤为明显,减小幅度可达到近14%。虽然根据浙江省交通设计院原施工图设计图纸,引桥段桥墩桩基桩顶承载力设计值为9 500 kN,而在本次影响分析中桩顶最大竖向力基本均未变化,但在切滩及挖槽实施后,承载力容许值减小,可以看到切滩范围内部分桩基(21#墩至23#墩)承载力已无法满足桩身最大竖向力要求,挖槽范围内桩基承载力富余值也已不大。

3 结语

通过对桥梁下部墩柱的计算,有效地评估了河段疏浚、河段开挖对已建桥梁下部结构的影响,根据

(下转第195页)

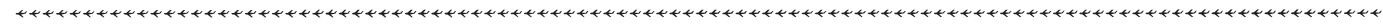
结果相比,均不小于 88%,也不大于 103%;与自然波的计算结果相比,均不小于 90%,也不大于 112%。满足相应规范中对时程分析时的要求,可用于实际工程的计算。

6 结论

本文结合国内外人造地震波的主要合成方法,通过软件的拟合对比分析,研究讨论了地震波持续时间、强震平稳段时间与总持时的占比以及迭代次数对拟合结果的影响,并生成了与我国建筑抗震规范的标准反应谱拟合结果较好的人工地震波。并将所得的人工波应用于苏州多处隧道与管廊实际工程的弹性动力时程分析中。根据实例分析结果表明:拟合的人工地震波用于时程分析,所得到的响应结果与反应谱法以及天然波分析得到的响应结果偏差较小,满足我国相应规范对时程分析的要求。

参考文献:

- [1] GB 50011—2010,建筑抗震设计规范[S].
- [2] JTG/T 2232-01—2019,公路隧道抗震设计规范[S].
- [3] Gasparini Dario and Vanmarcke Erik H. Simulated earthquake motions compatible with prescribed response spectra[R].Boston:M.I.T Department of civil engineering research report R76-4, Order NO. 527, 1976.
- [4] Housner G W. Characteristics of strong-motion earthquakes [J].Bulletin of Seismological Society of America,1947,37 (1):19-31.
- [5] Kanai K.Semi-empirical formula for the seismic characteristic of ground [R]. Tokyo: Institute of seismology, University of Tokyo, 1957,35(2):1-12.
- [6] 胡聿贤,何训.考虑相位谱的人造地震动反应谱拟合[J].地震工程与工程振动,1986,6(2),37-50
- [7] Maharaj K Kaul.Stochastic characterization of earthquakes through their response spectrum [J]. Earthquake Engineering & Structural Dynamics,1978,6(5) :497-509.
- [8] 陈永祁.拟合标准反应谱的人工地震波[J].建筑结构学报,1981,2 (4):34-42.
- [9] 霍俊荣.近场强地面运动的衰减规律[D].哈尔滨:国家地震局工程力学研究所,1989.



(上接第 157 页)

河段疏浚划分不同的施工时序,不同时序对应不同的桥梁计算工况,在不同工况下计算桥梁下部结构的相关数据,评估下部结构的安全性,提出可靠的数据供管养单位、河段疏浚单位进行参考,此计算模型和方法可供类似工程参考。

参考文献:

- [1] JTG D62—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] 浙江省交通设计院,温州市东瓯大桥工程施工图设计[Z].1998.11
- [3] 南京水利科学研究院,瓯江江心屿河段整治深化研究之整治方案专题[Z].2020.07.
- [4] 南京水利科学研究院,瓯江江心屿河段整治深化研究之综合影响专题[Z].2020.07.