

八一大桥独柱墩抗倾覆加固方案分析

温忠辉

(南昌市城市规划设计研究总院, 江西 南昌 330038)

摘要:以南昌市八一大桥独柱墩抗倾覆加固工程为背景,结合现行规范中的抗倾覆要求,针对现状八一大桥南北立交独柱墩桥梁提出可行的抗倾覆加固设计方案,并对加固方案进行综合比选,考虑多种因素后,选取了增设桩基、外包墩柱以及加盖梁的方案。同时,对曲线桥C线桥第三段进行抗倾覆验算,考虑多种因素并根据计算选取了合适的加固墩位置。最终计算结果表明,桥梁抗倾覆加固后满足要求。

关键词:独柱墩;加固;抗倾覆;方案分析

中图分类号: U445.7+2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0126-04

1 项目背景及概况

由于近几年中国交通运输发展迅猛,出现了许多超重车辆,发生了多起桥梁倾覆事故,其中独柱墩桥梁的倾覆问题广受关注。江苏无锡市318国道于2019年发生桥梁倾覆倒塌,事故导致了多人伤亡,同时产生了恶劣的社会影响。为了确保桥梁的安全运行,南昌市对八一大桥南北立交工程中独柱墩桥梁进行初步的倾覆风险评估,对存在倾覆风险的独柱墩进行了抗倾覆方案设计。在此背景下,对中心城区现状桥梁进行维修加固,从而提高城市交通服务水平。

随着桥梁倾覆倒塌的事件不断发生,对独柱墩的倾覆越来越重视。2018年实施了相关规范^[1-2],对桥梁的抗倾覆能力做了明确要求,同时相关的学者对桥梁的倾覆机理^[3]进行深入研究。

八一大桥由南北立交引桥和主桥两部分组成,主桥为双塔双索面斜拉桥,总长1 040 m。南北立交引桥为混凝土箱形连续梁,受立交线形控制,有多处异形板块。箱梁高1.15 m,翼缘悬臂长机动车道为2.0 m,非机动车道桥为1.85 m,桥面净宽15 m者为单箱三室,桥面净宽11 m者为单箱双室,桥面净宽7 m者为单箱单室。桥梁跨径一般为20 m,根据实际情况部分跨径有所调整,最大跨径为21.5 m,最小跨径为18 m。

具体桥梁分布位置见图1至图3。

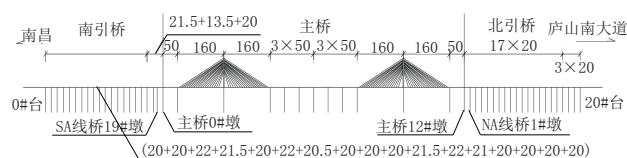


图1 八一大桥立面图(单位:m)

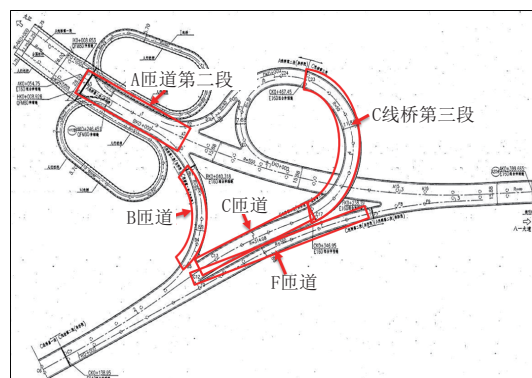


图2 八一大桥南立交平面示意图

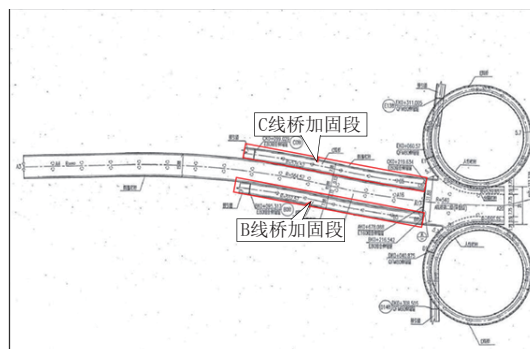


图3 八一大桥北立交平面示意图

八一大桥桥梁加固具体统计信息,见表1。

考虑到该工程桥梁的匝道数量较多,为了突出重点,本文选取了C线桥第三段(见图4)为主要的研究对象。该联桥梁情况如下:匝道桥梁轴线为圆曲线,半径为50 m;共有6跨,跨径为19.5 m+3×21 m+19 m+20.5 m;桥宽11.88 m;桥墩墩号为C17#~C23#(见

收稿日期: 2022-09-14

作者简介: 温忠辉(1977—),男,本科,工程师,从事工程设计、工程监理及咨询工作。

表 1 八一大桥南北立交加固墩数量表

桥梁范围	桥梁名称	加固墩号	加固个数
北桥头	C 匝道	C2#、C3#	2 个
	B 匝道	B2#、B3#	2 个
	C 匝道第三段	C20#~C22#	2 个
南桥头	B 匝道	B2#~B3#	2 个
	F 匝道	F4#	1 个
	C 匝道	C14#~C16#	3 个
	A 匝道	A5#~A7#	3 个

图 5),C17# 和 C23# 墩有下牛腿,上下两层各有两个支座,支座间距为 6.28 m;该联两端设伸缩缝,是单独联。



图 4 C 匝道第三段立面图



图 5 C18# 和 C19# 墩现场照片

2 加固设计原则

由于八一大桥位于南昌城市中心,且大桥已进行了限载管理,超限重车上桥几率较小,因此独柱墩桥梁抗倾覆验算及加固方案设计不考虑超载效应,仅考虑在现有城市-A 级荷载下,桥梁能够满足现行规范^[1]的倾覆要求。具体条款如下:

(1)在基本组合下,单向受压支座始终保持受压状态。

(2)当桥梁只使用单向受压支座时,符合下式要求:

$$\frac{\sum S_{lk,i}}{\sum S_{sk,i}} \geq k_{qf}$$

式中: k_{qf} 为倾覆安全系数,取 2.5; $\sum S_{lk,i}$ 为标准组合下使结构稳定的作用效应设计值; $\sum S_{sk,i}$ 为标准组合下使结构失稳的作用效应设计值。

图 6 为倾覆失稳时有效支座示意图。

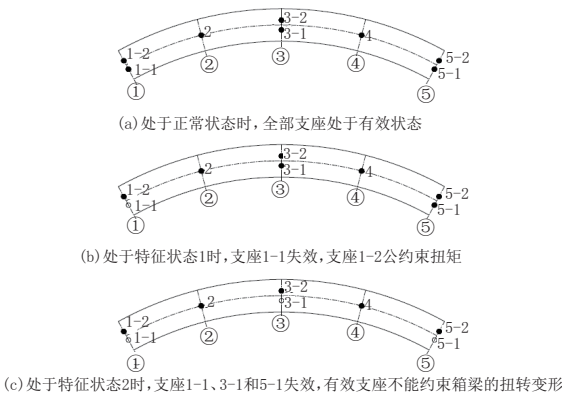


图 6 倾覆失稳时有效支座示意图

(3)在加固桥梁时不能损害原有结构,保持原结构的强度不变。

(4)加固过程中应考虑结构可能出现失稳等不利情况,必要时采取相应加固措施。

(5)加固设计应根据原有设计资料和相关检测报告,同时现场确认。

3 技术标准

(1)原设计桥梁荷载等级

桥涵设计荷载:机动车道采用汽车-超 20 级,挂车-120;非机动车道采用满布人群荷载,汽车-10 级。

(2)抗倾覆加固后设计标准

本次维修加固仅按规范中有关抗倾覆规定进行加固设计,其余技术标准维持原设计。

4 加固设计方案

根据结构受力特点及该项目实际情况,经分析可采用三种加固方案。

4.1 三种加固设计方案

4.1.1 方案一:墩顶新增盖梁

通过增设盖梁,增加了支座的数量和支承间距,提高了结构的抗倾覆能力。由于该加固方案改变了箱梁底部的受力方式,因此需要对箱梁底部进行优化设计,同时考虑桥下施工空间以及施工流程等因素的影响。具体方案如图 7 所示。

4.1.2 方案二:增设墩柱

在原有独柱桥墩两侧增加桩柱,使结构改为多支承。新增支座间距可以采用较大间距,可大大加强结构抗倾覆能力。增设墩柱不改变原有桥墩的受力模式,无需损伤原有墩柱,施工期间的风险较小。但新增墩柱占用较大的桥下空间,受桥梁现有建设条件影响较大。同时,对于桥宽较小的桥梁,由于下部

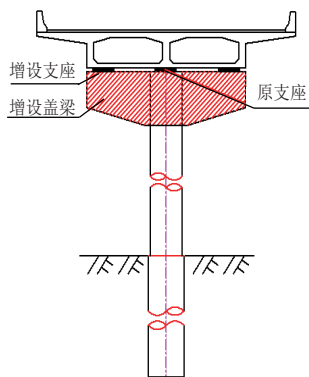


图 7 方案一加固示意图

桩基间距较大，可能需要对原有上部结构横梁进行加宽处理。施工过程主要涉及桩柱施工、增设支座以及横梁加宽(桥宽小时)等流程。具体方案如图 8 所示。

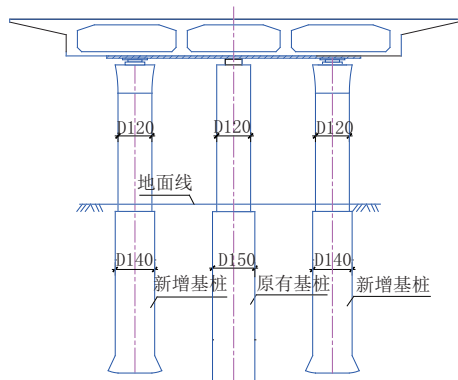


图 8 方案二加固示意图(单位:cm)

4.1.3 方案三:增设桩基、外包墩柱以及加盖梁

原有桩基新建承台,并新增两根桩基,浇筑完成后加固桥墩,并在桥墩顶部新增盖梁。本方案对桥下空间的要求比方案二小,施工复杂度较大,结合了方案一和方案二的优点。具体方案如图 9 所示。

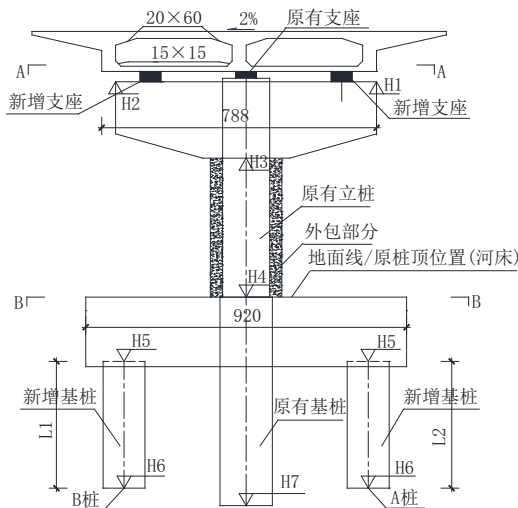


图 9 方案三加固示意图(单位:cm)

4.2 加固方案综合比较

对上述三个方案进行综合比较(见表 2)。

表 2 八一大桥南北立交加固方案综合比较表

方案	施工难度	景观影响	交通影响	工期	造价
方案一	较小	较小	一般	较短	较低
方案二	一般	较大	较大	一般	较高
方案三	较大	较小	一般	较长	高

方案一增设盖梁后,桥墩的受力方式发生变化,承受盖梁支座力产生的弯矩,原有老桥图纸中桩基钢筋不满足受力要求;方案二由于占用桥下空间较大,在老城区施工没有足够空间;方案三通过增设承台和桩基,提高了抵抗弯矩的能力,同时对桥下空间占用不大。

因此,经过对三种加固方案的施工难度、对景观影响、对交通的影响、施工空间、施工工期以及施工造价等多方面比较,推荐采用方案三。

4.3 加固方案设计计算

本文选取八一大桥南桥头的 C 线桥第三段进行验算。该桥曲线半径为 50 m,共有 6 跨,跨径为 19.5 m+3×21 m+19 m+20.5 m,桥宽 11.88 m。

4.3.1 材料计算参数

(1)混凝土

箱梁混凝土标号 C40。

(2)钢筋

普通钢筋:按各联箱梁相关图纸,并对应设计规范,进行取值。

4.3.2 计算荷载

(1)恒载

恒载:箱梁自重;10 cm 铺装层重量,防撞护栏重量按相关图纸取值。

(2)活载

车道荷载:验算车辆荷载为城市-A 级。

4.3.3 原桥抗倾覆计算

(1)计算模型

建立有限元模型,考虑桥梁施工阶段,分析各种因素对支座反力的影响。该桥的主梁截面如图 10 所示。

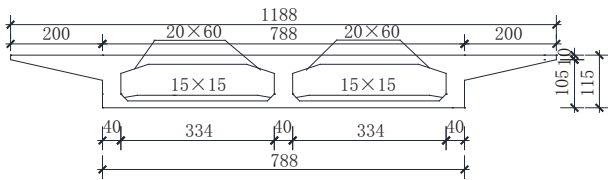


图 10 C 线桥第三段横断面示意图(单位:cm)

该桥有限元模型共计 60 个节点,50 个梁单元,桥梁有限元模型见图 11。

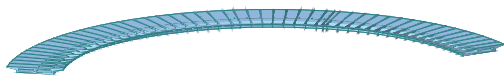


图 11 C 线桥第三段有限元模型

该桥的支座采用一般支承模拟,从左到右的桩号为 C23~C17。

(2)计算结果

根据图纸以及现场初步调查情况,八一大桥南桥头 C 线桥第三段独柱墩连续箱梁桥横向抗倾覆验算结果见表 3。

由表 3 计算可知,现有八一大桥 C 线桥第三段不满足现行新规范抗倾覆要求,建议针对八一大桥南北桥头工程进行加固。

5 加固后抗倾覆分析

结合现场建设条件,对 C20#~C22# 墩进行独柱墩加固,加固方案采用增设桩基、外包墩柱以及加盖梁。

5.1 加固计算模型

根据现场的调查情况,C 线桥第三段的 C18# 和

C19# 墩跨越中间匝道,施工时空间不够,因此该桥加固的桥墩是 C20#~C22# 墩,在 C20#~C22# 墩增设支座,支座间距为 2.74 m。具体加固方案如图 12 所示。

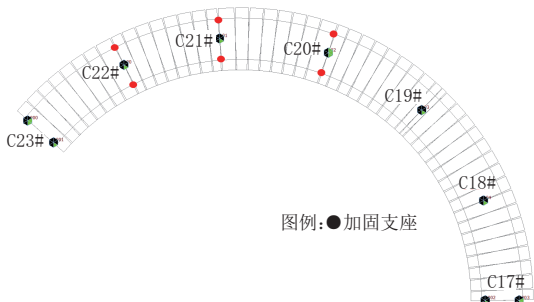


图 12 C 线桥第三段加固方案

5.2 计算结果

考虑加固方案后,对加固后的结构进行建模计算,计算结果见表 4。

由表 4 计算结果可知,八一大桥 C 线桥按照方案三增设桩基、外包墩柱以及加盖梁加固后,抗倾覆能够满足规范要求。

表 3 八一大桥南北立交抗倾覆验算表格

项目		支座编号							
		1000	1001	100	101	102	103	104	1002 1003
l_i (失效和有效支座距离)/m		0	6	0	0	0	0	0	6.28 0
支座竖向力 /kN	R_{gki}	695	803	4 156	3 559	4 020	3 817	4 226	774 610
	R_{Qki11} (工况一)	695	-695	1 528	623	595	590	658	-442 554
	R_{Qki21} (工况二)	556	-441	646	553	577	722	1 553	-707 637
特征状态一 验算 /kN	$1.0R_{Gki} + 1.4 R_{Qki}$ (工况一)	1 668	-170	6 295	4 432	4 853	4 644	5 148	156 1 386
	$1.0R_{Gki} + 1.4 R_{Qki}$ (工况二)	1 475	186	5 060	4 334	4 829	4 829	6 401	-215 1 502
	验算结论	满足!	不满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	不满足! 满足!
特征状态二 验算	稳定效应 $R_{Gki} l_i / (kN \cdot m)$	0	5 044	0	0	0	0	0	4 864 0
	失稳效应 $R_{Qki} l_i / (kN \cdot m)$ (工况一)	0	4 363	0	0	0	0	0	2 775 0
	失稳效应 $R_{Qki} l_i / (kN \cdot m)$ (工况二)	0	2 767	0	0	0	0	0	4 437 0
	稳定性系数 $\Sigma R_{Gki} l_i / \Sigma R_{Qki} l_i$	1.39 (工况一)				1.38 (工况二)			
	验算结论	不满足!				不满足!			

表 4 八一大桥南北立交加固后抗倾覆验算表格

项目		支座编号											
		100	101	102	103	104	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006
l_i (失效和有效支座距离)/m		1.5	1.5	1.5	0	0	0	6.28	6.28	0	0	0	0
支座竖向力 /kN	R_{gki}	4 274	3 498	4 026	3 812	4 231	687	809	781	602	0	0	0
	R_{Qki11} (工况一)	-541	-389	-599	182	184	633	-165	-135	257	779	408	1 224
	R_{Qki21} (工况二)	-107	-208	-1507	685	1 551	258	-13	-489	500	2 048	418	438
特征状态一验算 /kN	$1.0R_{Gki} + 1.4 R_{qki}$ (工况一)	3 517	2 953	3 187	4 066	4 489	1 573	578	591	961	1091	571	1 713
	$1.0R_{Gki} + 1.4 R_{qki}$ (工况二)	4 124	3 207	1 917	4 771	6 403	1 048	791	96	1 302	2 867	585	613
	验算结论	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!	满足!
特征状态二验算	稳定效应 $R_{Gki} l_i / (kN \cdot m)$	6 411	5 247	6 039	0	0	0	5 082	4 903	0	0	0	0
	失稳效应 $R_{Qki} l_i / (kN \cdot m)$ (工况一)	811	583	899	0	0	0	1 037	849	0	0	0	0
	失稳效应 $R_{Qki} l_i / (kN \cdot m)$ (工况二)	160	312	2 260	0	0	0	83	3 074	0	0	0	0
	稳定性系数 $\sum R_{Gki} l_i / \sum R_{Qki} l_i$	6.6(工况一)					4.7(工况二)						
	验算结论	满足!											