

独柱墩曲线桥钢盖梁加固方案设计

王文彪, 韩 鹏, 李 攀

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要:独柱墩桥梁由于其特有的结构特点和受力特性,存在倾覆风险,即有部分独柱墩桥梁倾覆能力储备不足,需要进行加固设计。结合工程实例,采用了增设钢盖梁和双支座方案,对钢盖梁建立了 ASNYs 精细化三维模型,通过优化设计,确定了合理的钢构件空间布置间距,各钢构件强度满足规范验算要求;同时,采用抱箍和锚固的方式,将钢盖梁连接于独柱墩,并对锚栓布设进行了优化设计,对锚栓钢材和墩柱混凝土承载能力进行了验算。本文可为类似独柱墩桥梁加固提供有益的技术参考和案例参照。

关键词:独柱墩;钢盖梁;加固设计

中图分类号:U443.22

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2021)03-0068-04

0 引言

我国大型城市立交曲线桥梁的下部结构较多采用了独柱墩结构,该形式具有减少占地、增加视野和桥梁美观的优点。但近年来,独柱墩支座累积损伤、脱空、滑移导致独柱墩桥梁倾覆事件屡次发生。

独柱墩曲线桥梁的总体受力特征有以下几点:(1)梁体在承受极端荷载时,不利支座可能会出现负反力、支座脱空现象,进而大大增加梁体整体滑移、倾覆、失稳的可能。(2)独柱墩受到偏心荷载作用,存在偏压破坏的可能,且横向约束梁体的墩柱受梁体反作用力有可能造成其底部的压弯破坏。(3)上部梁体横向整体刚性倾斜或者倾覆落梁。(4)偏心超载作用下,桥梁上部结构梁体将承受很大的扭矩作用,桥梁很容易发生剪扭破坏^[1,2]。

而国内目前普遍存在超载现象,在极端偏心超载作用下,桥梁上部结构梁体的质心由两支座之间向支座一侧移动,当车辆超载到一定程度,质心转移到支座外侧,极易导致梁体整体倾覆。而《公路桥涵设计通用规范》^[3]和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》^[4]中均只有禁止支座脱空的描述。现有公路规范,对桥梁抗倾覆稳定性的计算要求与安全余地等未作明确规定。

另外,独柱墩曲线桥总是处于弯扭耦合的受力

状态下,而单点支撑方式不能有效的抵抗上部结构的扭矩,需设置双支座来支撑。而连续梁的两端支承处容易产生较大扭矩,若两端支座不抗扭或抗扭不足,将会导致支座脱空。进而主梁广义质心偏移,原来的双支座支撑又变成了单支座支撑。此时,剩余支撑支座或者反力迅速增大,加速支座破坏;或者支座转角增大,引起梁体滑移^[5,6]。

针对独柱墩曲线桥梁可能存在的安全隐患,需要对倾覆能力不足的独柱墩应进行加固设计,确保桥梁结构安全。

1 工程概况

某曲线连续箱梁桥,跨径为 18.2 m+21.0 m+21.0 m+21.0 m+18.0 m;在过渡墩处设置伸缩缝,除过渡墩为双柱式桥墩外,其它均为独柱式单支座桥墩。采用盆式橡胶支座,桥面铺装为 60 mm 钢筋混凝土+1 mm 防水层+60 mm 沥青混凝土;设计荷载为汽车—超 20 级,验算荷载取挂车—120 级。采用 MIDAS 建立该曲线梁桥的三维分析模型,见图 1。

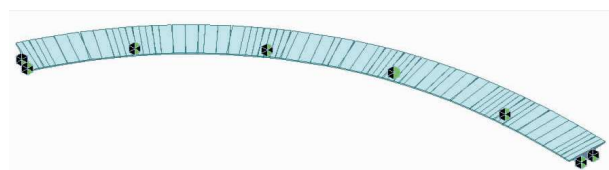


图1 曲线梁桥三维整体模型

对桥梁整体情况进行静力荷载分析,并对不同的汽车验算荷载进行计算对比^[7-9]:(1)I级车道荷载(考虑冲击)、(2)1.3倍公路—I级车道荷载(考虑冲击)、(3)1.2倍汽车超20级车辆荷载(考虑冲击)。

收稿日期:2020-07-28

基金项目:国家重点研发计划(2019YFB2101600);上海市科学技术委员会科研项目(18DZ1201206)

作者简介:王文彪(1990—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

经计算分析得,在(2)和(3)汽车荷载作用下端支座很可能脱空,过渡墩处由双支座变成偏心单支座,反力增大,存在失效风险,需对该曲线桥进行加固。

2 总体加固方案

独柱墩常用加固方案包括增设钢管柱、增设拉杆以及增设钢盖梁和支座方案^[10]。考虑桥梁所处路段交通流量较大,在技术可行、安全可靠的前提下,应力求施工方便快捷,尽量不中断交通。本工程采用模块化钢盖梁加可调高度双支座方案^[11],见图2,实现独柱墩辅助支撑,加强防侧滑、抗倾覆安全度。恒载作用下,现有支座仍起主要承载作用;新增设的左右双支座在恒载作用下确保与结构贴合,较大偏心荷载作用下,新增设的左右双支座开始工作,将单点支撑调整为横向三点支撑,提高桥梁的抗倾覆能力。

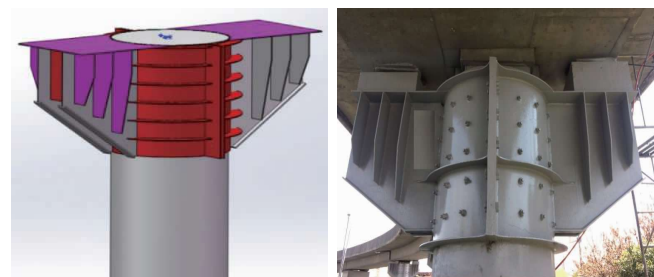


图2 钢盖梁总体加固方案

增设钢盖梁结构相对于混凝土盖梁造型简洁、自重轻,对原独柱墩结构及基础增加的额外恒载较小;且钢结构可工厂预制,施工简易、周期短,方便后期养护,具有可推广性。

对增加钢盖梁和双支座的独柱墩桥梁整体进行几种汽车荷载工况下复核计算,标准荷载工况下支座均未出现负反力,不会发生脱空,且整体倾覆系数满足规范要求,桥梁抗倾覆稳定性得到大幅提升。

同时,为实时了解加固后桥梁的整体安全运行状况,设计了一套独柱墩安全运行监测物联网系统。以现代传感技术和物联网技术,实时监控了解桥梁和支座等设施的结构状态、运维环境、运行荷载等数据资源,构建智慧化综合管理和服务平台,推进城市基础设施运维安全管理的信息化、智慧化提升。通过现代化的技术手段使传统的市政设施变得可感知和智慧,实现道路、桥梁和城市服务机构之间数据的共享和沟通。

3 钢盖梁设计

本工程通过在原独柱墩上设置钢结构盖梁,钢盖梁通过钢板圈抱箍力与部分植入锚筋与墩柱连接

为一体;新增设支座通过楔块实现高度调整,方便既有桥梁不同高度处的安装实施。钢结构盖梁采用Q345d钢材,钢结构分为左右两片在工厂进行标准化预制加工,然后运抵施工现场后进行拼装,最终形成各独柱墩三点支撑。钢盖梁结构构造见图3。

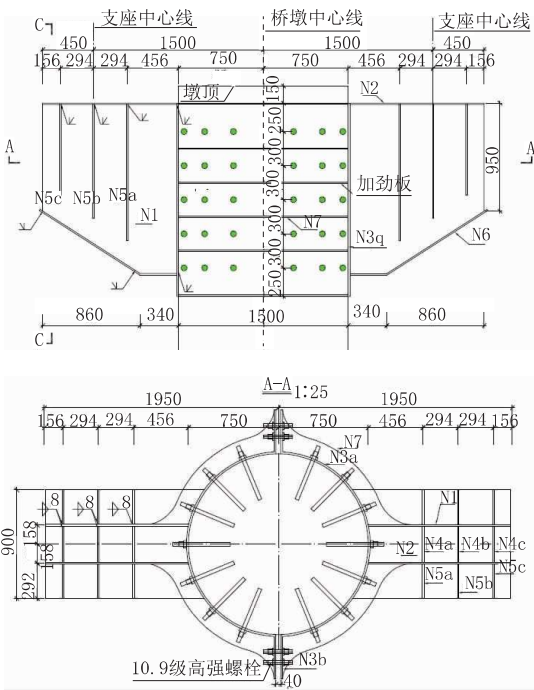


图3 钢盖梁构件设计(单位:mm)

采用高强螺栓将抱箍与原墩柱锚在一起,抱箍上的锚栓为8.8级M30高强螺栓,而抱箍两侧采用10.9级M30高强螺栓拧紧,连为一体。原墩柱混凝土为C40。

3.1 钢盖梁强度验算

各钢板厚度均取为16mm以下,根据GB 50017—2017《钢结构设计标准》^[12],Q345钢抗拉和抗弯强度设计值为310 N/mm²,抗剪强度设计值为180 N/mm²,验算各钢板强度能力。初步选取钢盖梁加劲肋间距S=300mm,其整体强度应力云图见图4。

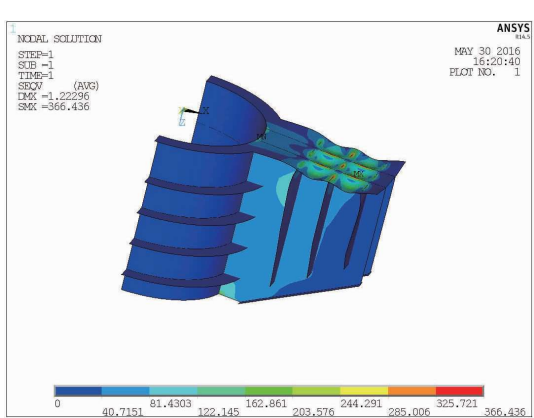


图4 钢盖梁整体应力云图(单位:MPa)

从云图可知,局部应力集中,强度富余量不足。因而对比分析加劲肋间距 S 对验算结果的影响,见表 1。

表 1 各钢构件应力对比表				
单位:MPa				
S/mm	顶板	腹板	加劲板	满足要求
250	294.2	205.3	138.6	是
300	366.4	206.1	139.1	否

分析可知,同等钢板结构尺寸下,加劲肋间距对顶板应力影响较大,对腹板和加劲板应力影响较小。加劲肋间距 $S=250\text{ mm}$ 时各构件强度能满足规范要求,结果见图 5。对钢盖梁进行精细化建模和应力云图分析,为钢盖梁监测系统传感器布设和监测预警数值提供了很好的理论基础和支撑。

3.2 锚栓验算

根据《混凝土结构加固设计规范》GB 50367^[13]—2013 和《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145—2013^[14]对螺栓整体加固进行设计验算。结构会受到弯矩和剪力的复合作用,其主要验算要求包括:

拉剪复合受力下锚栓钢材破坏承载力验算公式:

$$\left(\frac{N_{sl}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{sl}}{V_{Rd,s}}\right)^2 \leq 1$$

拉剪复合受力下混凝土破坏承载力验算公式:

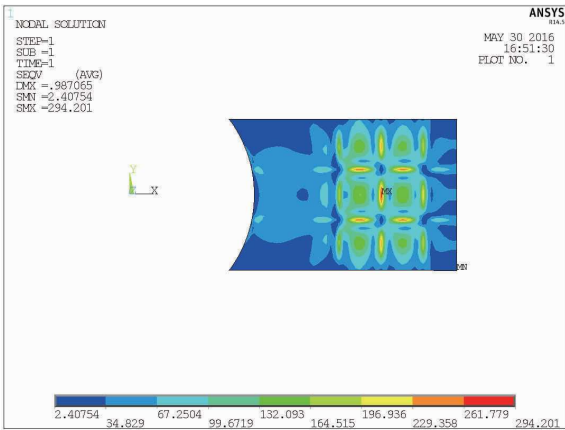
$$\left(\frac{N_{sl}}{N_{Rd,c}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{sl}}{V_{Rd,c}}\right)^{1.5} \leq 1$$

根据锚栓布设要求,竖向间距确定为 300 mm 均布 5 排,每排沿环向均布 7 根,对比分析抱箍环形钢板在不同宽度下的验算结果,见表 2 和表 3。

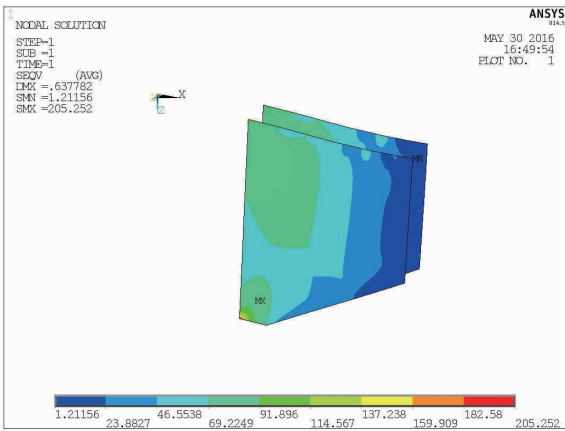
表 2 锚栓钢材破坏承载力验算表					
单位:kN					
钢板宽度 /m	N_s	$N_{R,c}$	V_s	$V_{R,c}$	综合系数
1.5	33.1	224	72.3	75.2	0.95
1.7	24.1	224	56.8	78.7	0.53

表 3 混凝土破坏承载力验算表					
单位:kN					
钢板宽度 /m	N_s	$N_{R,s}$	V_s	$V_{R,s}$	综合系数
1.5	399.7	507.7	506.2	773	1.23
1.7	355.1	571.8	397.6	766.4	0.86

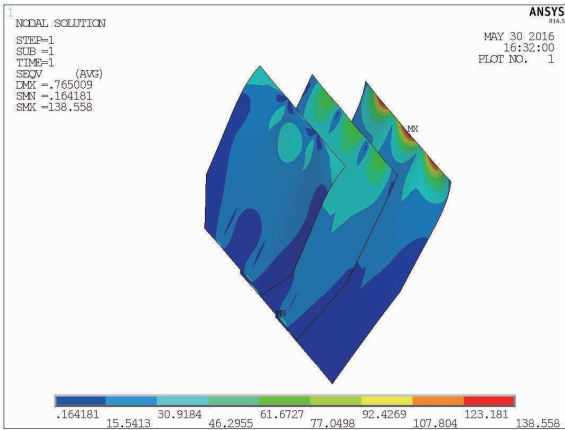
根据验算结果,抱箍环形钢板宽度为 1.5 m 时,混凝土破坏承载力不足;抱箍环形钢板宽度为 1.7 m 时,各项验算结果均通过要求,对锚栓布置设计见图 6。



(a) 顶板应力(最大应力294.2 MPa)



(b) 腹板应力(最大应力205.3 MPa)



(c) 加劲板应力(最大应力138.6 MPa)

图 5 钢盖梁各构件应力图(单位:MPa)

4 结 语

本文对某独柱墩曲线桥梁的钢盖梁加固方案进行了设计验算,并得到结论。

(1)针对该独柱墩桥梁存在倾覆风险的实际需求和现场实施条件,推荐采用在独柱墩上抱箍钢盖梁和增设 2 个支座的加固方案,施工快捷方便,可极大的增加桥梁的抗倾覆能力;

(2)建立钢盖梁 ANSYS 三维模型,对比分析不同加劲肋间距对钢构件应力的影响,通过优化设计,

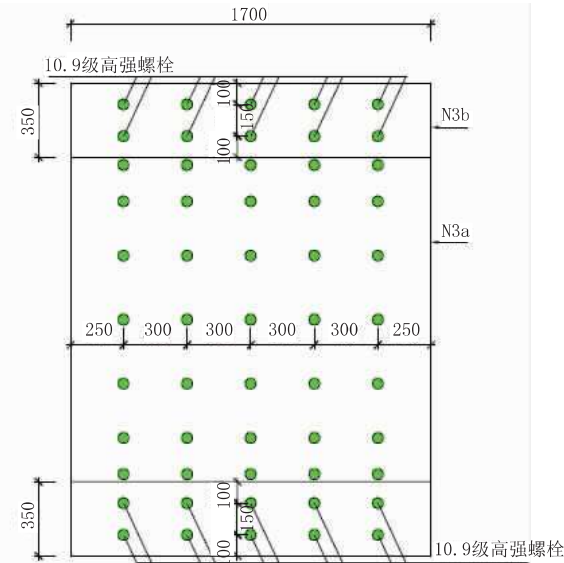


图6 螺栓展开布置设计图(单位:mm)

确定了合理的钢构件布设尺寸,验算结果满足规范要求,且可根据构件应力云图为独柱墩物联网监测系统提供技术指导和报警等级划分指标;

(3)采用抱箍和锚栓的方式将钢盖梁锚固于独柱墩上,根据规范对锚栓钢材和墩柱混凝土承载力进行对比验算,确定了合理的抱箍环形钢板宽度,其验算结果满足规范要求;

(4)随着国内对于独柱墩桥梁抗倾覆性能的注重,

越来越多的独柱墩桥梁需要进行加固设计,本工程案例可为独柱墩曲线桥梁采用钢盖梁加固方案提供技术参考和设计验算案例。

参考文献:

[1] 韩鹏.独柱墩桥梁抗倾覆加固与智慧化运维技术研究[J].城市道桥与防洪,2018(10):121-124.

[2] 王野.独柱墩曲线梁桥抗倾覆安全性评估验算及加固研究[D].广东广州:华南理工大学,2017.

[3] JTGD 60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

[4] JTGD 62—2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[5] 王铁.独柱墩桥梁的稳定性及加固方法探讨[D].湖南长沙:长沙理工大学,2016.

[6] 曾荣平.独柱墩箱梁桥抗倾覆影响因素分析及加固方法探讨[D].广东广州:华南理工大学,2018.

[7] 曾爱.高速公路匝道桥抗倾覆能力研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.

[8] 王志浩.独柱墩梁桥的抗倾覆分析及加固对策研究[D].陕西西安:长安大学,2014.

[9] 祁志伟.城市连续箱梁桥横向抗倾覆稳定性分析[D].湖南长沙:中南大学,2013.

[10] 鲁昌河.独柱墩连续箱梁桥抗倾覆验算与加固分析[J].广东公路交通,2018,44(3):35-38.

[11] 李王辉.独柱墩连续箱梁增设钢盖梁加固设计[J].桥隧工程,2019(1):232-234.

[12] GB 50017—2017,钢结构设计标准[S].

[13] GB 50367—2013,混凝土结构加固设计规范[S].

[14] JGJ 145—2013,混凝土结构后锚固技术规程[S].

(上接第54页)

(2)考虑活载作用后,1/4L拱肋截面为拱肋控制截面,悬链线方案拱肋截面受力最好。

(3)随着矢跨比的降低,拱肋面外稳定安全系数下降;矢跨比的改变对主梁和拱肋的活载效应影响

不大。

参考文献:

[1] 顾安邦.桥梁工程(下)[M].北京:人民交通出版社,2000.