

独柱墩桥梁抗倾覆加固方法对比与应用分析

杨天宇

[上海城投公路投资(集团)有限公司,上海市 200335]

摘要:以上海某独柱墩加固项目为研究背景,探讨了独柱墩桥梁倾覆机理,对新增钢盖梁、抗拔销、新增立柱等独柱墩加固方法进行了对比分析,对既有独柱墩桥梁的加固提出加固意见。结果表明:钢盖梁、抗拔销、钢(混凝土)立柱等加固方法,均适用于独柱墩桥梁的加固;综合考虑经济性、施工、养护等因素,建议优先采用混凝土立柱加固的方法,对于墩高高于12 m或处于水中的墩柱,建议采用钢盖梁加固;对于小半径独柱墩桥梁(拟合半径小于60 m),中墩加固后,边墩支座仍有负反力(小于500 kN)不满足抗倾覆要求,可以采用抗拔销作为辅助加固措施。

关键词:独柱墩桥梁;抗倾覆;加固方法;稳定性

中图分类号: U443.22

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)06-0106-04

0 引言

近几十年来,随着城市的快速发展,独柱墩桥梁因其占用土地少、经济性好等优点,在城市立交、高架中被广泛应用。但是近年来,各地相继发生了独柱墩桥梁整体横桥向倾覆失稳直至垮塌的事故案例。由于独柱墩桥梁在设计时没有明确的规范指导,设计过程中普遍存在抗倾覆安全系数取值标准不统一和取值偏小的情况,再加上超载等运营现状,对现有存量独柱墩桥梁进行抗倾覆验算和加固迫在眉睫。

学者们对独柱墩加固方法开展了一系列研究,王志浩^[1]通过改变桥梁平面曲线半径、支座偏心距、支座间距分析统计了以上因素对独柱墩桥梁抗倾覆稳定性的影响。李王辉等^[2]结合广东某高速公路独柱墩加固项目,提出了桥墩增设预制钢盖梁的加固方案。陈伟胜^[3]提出了新建桥梁抗倾覆设计要点和存量独柱墩桥梁可以采用抗拔销、钢盖梁、增加端横梁支座间距的加固措施。卢羿良^[4]提出了桥墩加宽、独柱墩改新增门架、钢盖梁等加固方法,比选后认为钢盖梁优势明显。周永强^[5]建议采用端横梁加设抗拔销和横向支座拉开间距两种加固方法。韩鹏^[6]阐述了圆型墩柱钢盖梁的加固方法,提出物联

网智慧化运维技术。武宏晓^[7]提出了钢管混凝土立柱、增设预应力盖梁的加固方法。上述研究大多仅对钢盖梁、拉开支座、钢立柱等加固方法的特点进行了分析,认为钢盖梁的加固方法更有优势,当前对混凝土立柱的加固方法及各加固方法的适用范围研究较为欠缺。

结合上海某独柱墩加固项目,本文总结了多种独柱墩加固方法的优缺点,探讨了各种独柱墩加固方法的特性,对混凝土立柱加固进行了专门研究,得到一些有益的结论,研究结果可为同类项目选择合适的抗倾覆加固方法提供参考,提高桥梁的使用寿命,增强桥梁的设施韧性。

1 倾覆破坏类型

通过对已有桥梁倾覆案例进行研究,根据倾覆产生原因与模态,桥梁倾覆破坏类型可以分为三类,分别为:直接横向失稳倾覆;单侧支承体系破坏倾覆;桥墩倒塌破坏。不同倾覆破坏阶段的产生过程如下。

(1)直接横向失稳倾覆

如图1(a)所示,梁体在承受极端荷载(如大量重车偏载行驶)时,在梁体自重和极端荷载的作用下,桥梁连接墩或桥台支座位置的不利支座出现负反力、支座脱空现象,进而使得梁体发生横向失稳倾覆。

(2)单侧支承体系破坏倾覆

如图1(b)所示,当梁体倾斜,进而使得内力重分布后,独柱墩支座受剪压破坏的可能性加大,当支座

收稿日期:2024-01-29

基金项目:上海城投(集团)有限公司科研项目(CTKY-ZDZX-2022-001):交通基础设施低碳韧性发展战略及实施路径研究

作者简介:杨天宇(1990—),男,本科,工程师,从事高速公路运营维护工作。

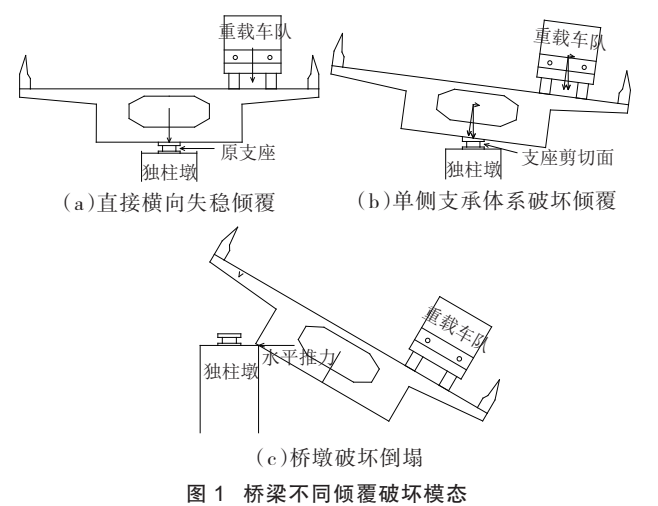


图 1 桥梁不同倾覆破坏模式

受剪压超过临界值后,支座出现剪切面,在自重和极端荷载的作用下,使得梁体沿着支座剪切面滑落、倾覆。

(3)桥墩倒塌破坏

如图 1(c)所示,在梁体沿着支座剪切面滑落、倾覆后,在下落的过程中梁体对独柱墩产生水平推力,导致墩柱发生破坏。

2 独柱墩加固方法与对比

2.1 加固方法

提高独柱墩抗倾覆稳定性的方法主要有独柱墩单支撑改双支撑、增设抗拔销等,常见的加固方法包括增设钢盖梁(增加辅助支座、单支座改双支座)、抗拔销、钢立柱、混凝土立柱。下文对增加辅助支座、单支座改双支座的钢盖梁加固方法简称为钢盖梁增支座、钢盖梁单改双支座方案。

2.1.1 钢盖梁加固

(1)钢盖梁增支座

钢盖梁设置在中墩墩顶,采用化学锚栓的形式与原立柱连接,在钢盖梁两侧新增辅助支座,保留原结构支座,如图 2(a)所示。

(2)钢盖梁单改双支座

钢盖梁设置在中墩墩顶,采用化学锚栓的形式与原立柱连接,在钢盖梁两侧新增辅助支座,去除原支座,如图 2(b)所示。

2.1.2 抗拔销加固

在边墩设置抗拔装置,避免因边支座的脱空而改变结构体系,增强梁体横向抗倾覆性能。抗拔销需要通过锚栓、链杆、锚板等构造将盖梁与主梁进行连接,如图 2(c)所示。

2.1.3 钢立柱加固

在中墩两侧或单侧(根据计算确定)增设钢立

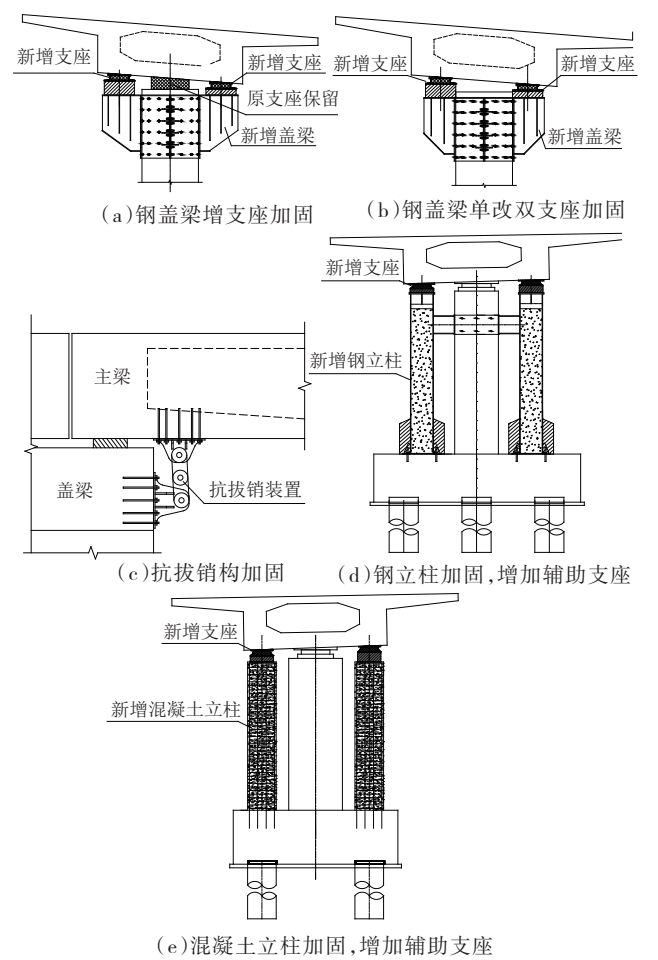


图 2 加固方法

2.1.4 混凝土立柱加固

在中墩两侧或单侧(根据计算确定)增设混凝土立柱,混凝土立柱顶部增设辅助支座。混凝土立柱截面形式可采用圆形、正方形等,尺寸大小根据计算需求确定,混凝土立柱底部通过植筋的方式与承台进行连接,如图 2(e)所示。

2.2 加固方法对比

结合上海某独柱墩加固项目的实际情况,在考虑施工、经济性、养护等因素后,上述五种加固方法的优缺点与使用范围见表 1。

由上表可知,以上五种加固方案,均能满足一定条件下的加固需求,其中混凝土立柱加固方案的施工难度最小,造价相对最低,且后续养护成本要低于钢结构。

钢盖梁单改双支座相对于钢盖梁增支座,支座间距更小且用钢量较低,但单支撑改双支撑会永久改变结构支撑体系,使得新增钢盖梁受力较大,不建

表 1 加固方案对比表

加固类别	优点	缺点	施工难度	造价	参考适用范围	养护
钢盖梁增支座	对结构原有受力模式影响小	原结构需要有较大箱梁底板宽度	大	高	墩高大于 12 m、涉河	钢结构需定期养护
钢盖梁单改双支座	对下部结构受力影响较小	永久改变结构支撑体系	大	高	墩高大于 12 m、涉河	钢结构需定期养护
抗拔销	对结构原有受力模式影响小	适用于支座脱空吨位较小的情况	小	低	支座脱空负反力小于 500 kN	钢结构需定期养护
钢立柱	增加辅助支座, 对结构原有受力模式影响小	景观稍差, 既有承台需有足够的横向宽度	小	中	墩高小于 12 m	钢结构需定期养护
混凝土立柱	增加辅助支座, 对结构原有受力模式影响小	景观稍差, 既有承台需有足够的横向宽度	小	低	墩高小于 12 m	混凝土结构养护成本低

议采用该加固方法。

钢盖梁增支座加固方法既能维持现有支座在正常运营中的主要承载作用, 又能在出现偏载情况下起到安全辅助作用, 从而提高桥梁的抗倾覆能力。但该方法造价高, 施工难度大, 后期钢结构养护成本高。

抗拔销加固方法施工难度小, 造价低, 但是加固能力有限, 且后期需要对钢结构进行养护。

结合上海某独柱墩加固项目, 中墩为独柱(横截面为矩形、圆形)+单点支撑的结构形式, 需要加固的桥梁均位于高速公路节点处, 从经济性、施工、养护等因素综合考虑, 建议采用混凝土立柱加固为主, 在特殊区域(墩高较高或涉河)采用钢盖梁增支座的形式进行加固; 抗拔销因其承载力有限(负反力小于 500 kN), 建议仅作为辅助加固措施。

3 独柱墩加固计算模型

3.1 几何参数

以上海某独柱墩加固项目中的一联为对象, 对其进行混凝土立柱加固分析, 分析其加固前后的抗倾覆能力变化。该联跨径组合为 15 m+20 m+15 m; 上部结构为钢筋混凝土大箱梁, 拟合半径约为 50 m; 墩柱布置: 边墩为双支座墩, 支座间距 2.8 m; 中墩为独柱单支座墩; 桥面宽度 8.5 m, 见图 3。

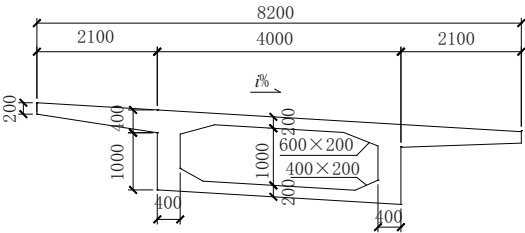


图 3 钢筋混凝土大箱梁跨中截面图(单位:mm)

3.2 荷载组合

通过对已建桥梁进行全面的抗倾覆调查, 分析得到造成倾覆的主要原因为设计时没有明确的规范

指导, 原设计根据不同工程的技术标准取用不同的横向抗倾覆安全系数, 设计过程中普遍存在取值标准不统一和取值偏小的情况。于是, 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[8]对抗倾覆的验算提出两个要求:

- (1)基本组合作用下, 支座不脱压;
- (2)正常使用状态下稳定效应值应有不小于 2.5 倍的冗余。

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

(1)

式中: k_{qf} 为横桥向抗倾覆稳定性系数, 取为 2.5; $\sum S_{bk,i}$ 为使上部结构稳定的效应设计值; $\sum S_{sk,i}$ 为使上部结构失稳的效应设计值。

正常使用状态下的荷载效应设计值取自《公路桥涵设计通用规范》(JTGD 60—2015)^[9]。

不满足现行规范要求的独柱墩桥梁, 应及时采取加固措施, 消除独柱墩桥梁横向倾覆风险。

按照混凝土桥涵规范^[8]第 4.1.8 条进行抗倾覆验算, 利用有限元分析软件 MIDAS civil 进行建模分析, 该算例加固前和加固后的计算模型, 见图 4。验算结果见表 2。

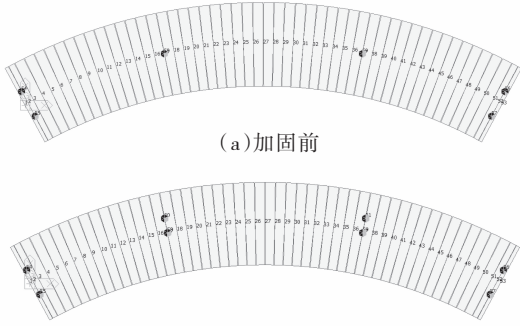


图 4 某独柱墩桥梁的 Midas 计算模型

4 独柱墩加固计算结果

由表 2 可见, 本联在独柱墩改多点辅助支承后,

表 2 某独柱墩桥梁加固前后计算结果

抗倾覆指标	加固前	加固后	规范限值
最小支反力 /kN	-762	-211	>0
抗倾覆稳定系数	1.2	4.1	>2.5

原边墩支座最小支座反力仍为 $-211\text{ kN}<500\text{ kN}$ (抗拔销适用反力值), 此处的负反力主要是温度与沉降引起, 可在边墩处再增设抗拔销进行加固, 限制梁体在运行中发生大位移转动; 横向稳定安全系数均大于 2.5, 符合规范要求。

新增混凝土立柱高度最高为 9.5 m, 立柱的尺寸为 $0.8\text{ m}\times 0.8\text{ m}$, 纵向主筋 12 根直径 28 mm。新增立柱的最大需求为 3 530 kN, 根据混凝土桥涵规范^[8]第 5.3.1 节的规定, 对一端固定一端自由的混凝土立柱进行验算, 计算长度与边长比值为 $l_0/b=23.75$, 取受压构件的稳定系数为 0.56, 新增混凝土立柱的轴压设计值为 6 513 kN, 大于需求 3 530 kN, 满足规范要求。若新增混凝土立柱超过 10 m, 考虑长细比、施工误差等因素的影响, 建议在立柱中部增设与原有桥墩的横向支撑, 提高整体稳定性。

5 结 论

经过对不同独柱墩的加固方法进行分析, 并结合上海某独柱墩加固工程的实施情况, 本文得到的主要结论如下:

(1) 本文以上海某独柱墩加固项目为研究背景, 对既有独柱桥梁进行验算和加固, 提出了现有可靠的几种加固方法: 钢盖梁加固、抗拔销加固、钢(混凝土)立柱加固等, 对比分析了各加固方法的优缺点。

(2) 根据桥梁的倾覆破坏形态, 可分为三类: 直接横向失稳倾覆、单侧支承体系破坏倾覆、桥墩倒塌破坏。

(3) 综合考虑经济性、施工、养护等因素, 建议采用混凝土立柱加固为主的加固方法, 对于墩高高于 12 m 或处于水中的墩柱, 建议采用钢盖梁加固。

(4) 对于小半径独柱墩桥梁(拟合半径小于 60 m), 在中墩增设辅助支座后, 边墩仍可能存在较小的支座脱空现象(负反力 $<500\text{ kN}$), 建议采用边墩增设抗拔销的辅助加固措施。

(5) 对独柱墩桥梁进行加固, 能够提高桥梁的抗倾覆能力, 进一步提高桥梁设施韧性, 促进交通设施的低碳发展。

参考文献:

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

[2] 李王辉,贾磊,张小刚.独柱墩连续箱梁增设钢盖梁加固设计[J].公路交通科技:应用技术版,2019(1):232-234.

[3] 陈伟胜.城市桥梁抗倾覆设计方法与施工技术分析[J].城市道桥与防洪,2018(12):115-117.

[4] 卢羿良.浅谈独柱墩桥梁抗倾覆稳定性分析及加固设计[J].甘肃科技,2023(1):7-11.

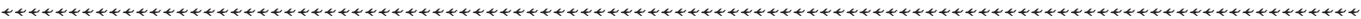
[5] 周永强.独柱墩梁桥横向抗倾覆加固分析[J].交通世界(下旬刊).2019(7):114-115.

[6] 韩鹏,李攀,王大海.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,2018(10):121-124.

[7] 武宏晓.连续独柱墩桥梁抗倾覆安全评价及加固设计方案[J].城市道桥与防洪,2010(4):88-90.

[8] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[9] JTG 3362—2018,公路桥涵设计通用规范[S].



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com