

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.06.032

一种弯桥梯形压重的技术创新

包孔波, 张立明

(中亿丰建设集团股份有限公司, 江苏 苏州 215131)

摘 要: 小半径弯桥由于弯扭耦合作用, 造成桥梁曲线内外侧支座受力不等, 圆弧内侧支座甚至会出现负反力, 进而造成桥梁有倾覆可能, 因此改善结构的支座受力情况, 提高桥梁的抗倾覆能力, 是桥梁设计者必须关注的问题。以一个弯板桥为算例, 分析各种压重方法的压重效率, 进而推导出最优压重方法: 梯形压重。并针对此梯形压重进行了技术总结, 并用于具体工程设计, 取得了良好的效果。今后, 梯形压重的技术创新值得推广。

关键词: 弯桥; 梯形压重; 弯扭耦合

中图分类号: U448.42

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0123-03

0 引言

小半径弯桥在成桥状态下其边墩或桥台处的曲线内侧支座通常会出现脱空现象, 带来梁体倾覆等安全隐患。所以设计者应对弯桥进行构造处理, 防止支座产生负反力。

解决负反力的方法通常有两种^[1]: 一种是在主梁与墩身之间设置抗拉支座或其它连接结构, 保证在运营状态下边墩或桥台处的支座不脱空, 不影响桥梁结构的使用安全; 另一种则用增加压重的方法来控制边墩或桥台处负反力, 确保在运营状态下钢桥边墩或桥台处支座不出现负反力, 并有一定的压重储备。

目前常见的压重方法存在压重效率不高, 施工困难等不利因素, 本文提供一种用于弯桥的压重结构设计, 该方法压重效率高, 施工方便。

1 弯桥梯形压重的理论依据

根据国内外对曲线桥的研究, 其理论依据主要是由曲梁平衡微分方程和伏拉索夫方程^[2], 总结出的部分曲线桥受力特点如下:

弯桥一般情况下外弧侧支座反力大于内弧侧支座反力, 主要因为主梁在自重作用下产扭矩, 该扭矩必须通过两侧支座反力来平衡。

针对弯桥曲线内弧侧支座脱空现象, 有必要研究一种有效的压重方式, 避免桥梁支座脱空。

如图1所示的力学模型, 假设压重的合力点距离曲线内弧侧支座距离为 x , 距离曲线外弧侧支座距离为 $b-x$, 则内外支座的反力分别为:

$$V_{\text{外}} = F \times (x) / b$$

$$V_{\text{内}} = F \times (b-x) / b$$

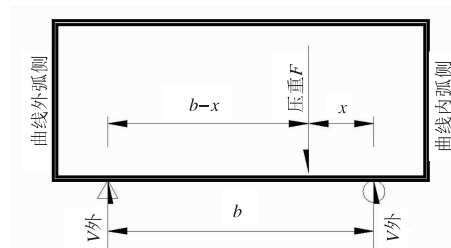


图1 力学图示

由上式可知, 要使得内侧支座取得最大压重反力, 则压重合力作用点越接近曲线内弧侧则内侧支座反力越大, 外弧侧支座反力越小甚至出现负反力。

2 有限元验证分析

为了验证各种压重方法的差异性, 本文进行有限元计算比选分析, 计算模型见图2, 该模型为中心线长度为25 m 简支桥实心板, 板厚50 cm, 桥梁中心半径为25 m, 桥梁宽度为10 m, 每侧支座均匀布置, 支座中心距离主梁边缘均为2.5 m。

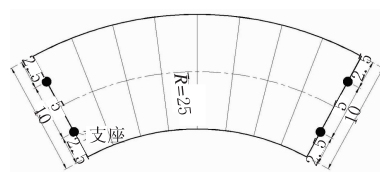


图2 计算模型(单位:m)

总压重量固定为350.8 kN。

比选的压重方式有:

收稿日期: 2020-12-02

作者简介: 包孔波(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 从事道桥设计工作。

- (1)全桥均布压重;
- (2)支座附近 3.1 m 范围内均布压重;
- (3)支座附近 3.1 m 范围内半幅均布压重;
- (4)支座附近 3.1 m 范围内半幅梯形压重。

如图 3 所示,该模型在自重状态下,曲线外弧侧支座反力为 1 603.1 kN,曲线内弧侧支座反力为 -44.7 kN,说明该弯桥弯扭效应明显,必须通过压重来调节支座反力。

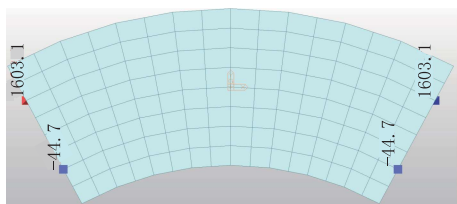


图 3 自重状态下内支座出现负反力(-44.7kN)

2.1 全桥压重

给桥梁施加桥面铺装的效果等同于全桥压重,将压重重量 350.8 kN 均匀分摊到桥面上,则面载荷为 1.4 kN/m²,计算结果见图 4,均匀给全部桥面板施加荷载,会加剧弧线内侧支座的脱空趋势,压重起反作用,工程中应避免此类压重。

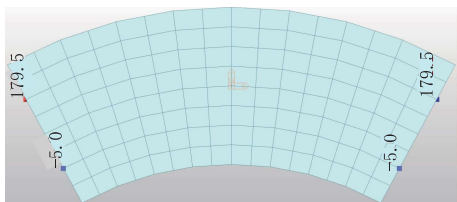


图 4 整体压重状态下(不计自重)内支座出现负反力(-5kN)

2.2 支座附近均匀压重

常规桥梁进行压重的方式为在支座附近进行均匀压重,一般采用箱室内摆放压重块或浇筑素混凝土来实现。本例题选取距离梁端中心线长度为 3.1 m 的箱体进行均匀压重,总压重的重量为 350.8 kN,则距梁端 3.1 m 范围内的均布压重为 5.6 kN/m²。

如图 5 所示,均匀压重下弧线内外侧支座反力均有增加,但是弧线外侧的支座反力更大,内侧支座反力较小。压重效果较差,压重有效性系数仅为 28%。

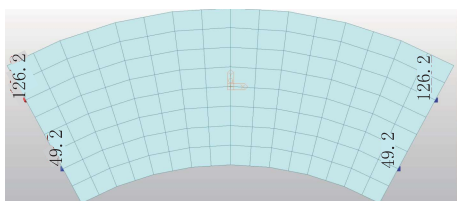


图 5 梁端均匀压重(不计自重)状态下内支座反力 49.2kN

2.3 支座附近内半幅均匀压重

部分设计师意识到整体压重和支座附近均匀压重所起的效果较差,因此采用支座附近半幅均匀压

重,以期取得更好的压重效果。

本例题将总压重重量 350.8 kN 均匀的施加在曲线箱梁距离梁端 3.1 m 范围内的内半幅(曲线内侧),均布荷载为 12.5 kN/m²。

如图 6 所示,支座附近曲线内半幅均匀压重效果十分明显,原本易脱空的内侧支座分配到的支座反力增加明显,内侧支座反力达到 148.2 kN,外侧支座反力为 27.1 kN,压重有效性系数达到 84.5%。

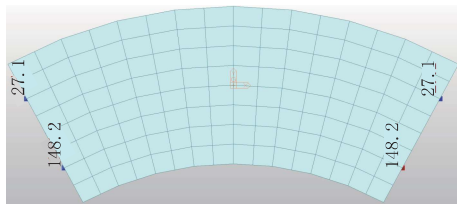


图 6 内半幅压重内支座反力为 148.2 kN

2.4 支座附近内半幅梯形压重

为了尽可能多提高压重有效系数,本文作者团队创造了弯桥的梯形压重技术,即在支座附近曲线内半幅施加梯形压重,见图 7,在小半径处压重多,在半径大的位置压重小。

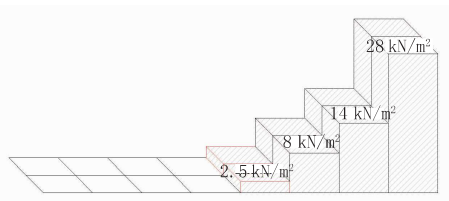


图 7 梯形压重布置立面

本例题将总压重重量 350.8 kN 按照阶梯型分布规律,施加在曲线箱梁的内半幅(曲线内侧)。

如图 8 所示,按照梯形压重进行内力分配后,支座附近曲线内半幅均匀压重效果非常明显,原本易脱空的内侧支座分配到的反力增加明显,内侧支座反力达到 185.1 kN,外侧支座反力为 -9.8 kN,压重有效性系数达到 106%。

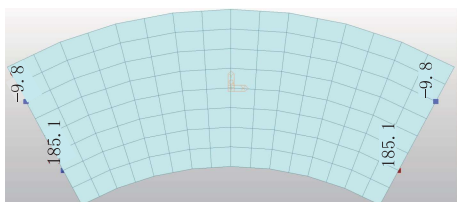


图 8 梯形压重内支座反力为 185.1 kN

综合上述有限元计算的结果,参见表 1 压重方案对比表,可知梯形压重效果最为理想,能最大限度的增加有效压重,可以做到受力合理、力系明确,进而节约压重成本。

3 弯桥梯形压重方法的技术推广

从本文的有限元验证分析可知,弯桥采用梯形

表 1 压重方案对比表

	曲线外侧 支座反力 /kN	曲线内侧 支座反力 /kN	压重效 率 /%
全桥压重	180.8	-5	-3
支座附近 均布压重	126.2	49.2	28
支座附近 半幅均布压重	27.1	148.2	85
支座附近 半幅梯形压重	-9.8	185.1	106

注:本文所述的压重效率指压重工况下曲线内侧支座反力与压重重量的一半的比值。

压重方法可大大提高压重效率。弯桥梯形压重这一技术创新适用于各种弯桥,解决弯桥在运营阶段支座脱空问题。施工时在弯桥靠近边墩或桥台的曲线内侧区域实施阶梯型压重,最大程度的发挥压重效果。

对于工程中常见的弯箱梁,为解决弯箱梁支座脱空问题,可采用本文所述的梯形压重方法。

作者团队应用梯形压重理论成功的在几座小半径弯箱梁上进行了技术应用,取得了很好的效果,其主要压重方法如下:

为防止弯桥端部出现负反力,在梁端一定范围内设置压重,压重材料采用铁矿砂混凝土预制块,容重要求达到 35 kN/m³,压重件分两次施工,第一次在拆除临时墩前加一半的压重,其余部分在拆除临时墩后摆放。为防止底板纵向肋的失稳,在纵向肋间设置 T 型加劲板^[3]。

压重块按照阶梯形摆放^[4],能最大程度上减少压重块件的重量,使得结构布置更趋合理。图 9 为采用梯形压重方法的钢箱横截面布置。其左侧为曲线内侧,右侧为曲线外侧。

图 9 中:1、支撑座;2、分隔板;3、T 型加强板;4、纵向肋;5、配重块。

其中支撑座为钢板,搁置在纵向加劲肋和 T 型加劲板上,其作用是增大压重块与纵肋的接触面积

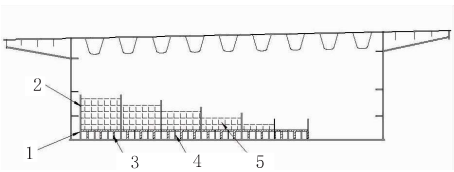


图 9 钢箱梁压重块摆放示意

防止构件失稳。

分隔板用来将箱室分隔出若干腔体,在各个腔体内摆放不同高度的压重块。

在纵向加劲肋之间焊接 T 型加劲板,防止纵向加劲肋压屈失稳。

本文所述的梯形压重方法,有以下优点:

- (1)受力直观明确,压重效果明显。
- (2)施工工效高,无需现场混凝土泵送及搅拌,仅仅摆放钢砂混凝土块,操作容易且绿色经济。
- (3)若采用传统的压重方法,浪费更多材料,而且对于改善支座受力情况有限;
- (4)与现有平均压重或混凝土桥面板压重相比,施工成本更低,施工更容易,施工周期更短。

4 本技术创新应用前景

针对弯桥特有的受力属性,即由于弯扭效应影响,曲线内侧支座易脱空,如何有效的增加曲线内侧支座反力储备,是每个桥梁建设者迫切关心的问题。本技术创新从结构受力的本源出发寻找出一种切实有效的压重方法,将弯桥曲线内侧的支座反力大幅度增加,避免了今后支座脱空的风险。

参考文献:

[1] 中铁大桥勘测设计院集团有限公司.一种用于钢桁梁斜拉桥的压重结构及其施工方法[P].中国发明专利,CN201610614390.0 2018.05.11.

[2] 陈明贵,冯克岩,肖杰,等.弯桥支座反力的分析与研究[J].市政技术,2012,30(2):67-69.

[3] 张立明,包孔波,陈优.钢结构桥梁理论及设计创新综述[J].城市道桥与防洪,2018(12):58-61.

[4] 中亿丰建设集团股份有限公司.一种弯钢箱梁压重装置[P].中国实用新型专利,ZL201920728961.2 2019.05.19.

(上接第 118 页)

参考文献:

[1] 武汉市市政工程设计研究院有限责任公司.荆门市金虾路跨象山大道桥梁工程方案及施工图设计文件[Z].武汉:武汉市市政工程设计研究院有限责任公司,2016.

[2] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范[S].

[3] CJJ 11—2011,城市桥梁设计规范[S].

[4] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

[5] JTG D62—2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].

[6] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].

[7] JG J120—2012,建筑基坑支护技术规程[S].

[8] GB 50330—2013,建筑边坡工程技术规范[S].

[9] JTG D63—2007,公路桥涵地基与基础设计规范[S].