

# 某桥梁墩柱环向裂缝成因分析与加固方案

徐建

(浙江建设职业技术学院, 浙江 杭州 310000)

**摘要:** 桥梁墩柱的环向裂缝是比较常见的桥梁病害,结合某工程实际出现的类似问题,深入工地现场实地勘测,对裂缝的特征进行调查比对分析研究,借助有限元软件对该桥墩柱环向裂缝产生的原因进行模拟分析,进一步提出桥墩环向裂缝加固方案,为类似桥梁墩柱环向裂缝工程病害问题的防治和加固提供参考。

**关键词:** 桥墩;环向裂缝;有限元;裂缝分析;钢抱箍加固

**中图分类号:** U445.7

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)08-0221-04

## 0 引言

刘志伟<sup>[1]</sup>结合工程实例对低墩桥梁墩柱的环向裂缝产生原因进行了分析,定义了环向裂缝基本为受力裂缝。李卫军<sup>[2]</sup>对混凝土桥墩裂缝的成因和进行处理方法进行归纳,提出灌浆法对桥墩裂缝处理取得了良好的效果。李秋生<sup>[3]</sup>对桥墩常见的裂缝进行了归纳总结。白云峰<sup>[4]</sup>对桥墩裂缝形成的原因进行了分析。华昊<sup>[5]</sup>通过桥墩病害检测的方式分析了裂缝的来源并对加固设计方案进行比选研究,提出墩身浇筑钢筋混凝土加大截面加固法是一种可行的方法。高宏伟、朱政敏等<sup>[6-7]</sup>主要结合工程实例,结合有限元软件对桥墩裂缝的加固设计进行了有限元模拟,证明加固型混凝土置换设计对桥墩加固具有良好效果。

但是依托于有限元对桥墩的环向裂缝进行荷载状况下的分析研究还较少,裂缝作为混凝土病害的一种,在混凝土结构中比较常见,它的出现会使结构或构件存在安全隐患。本文主要结合上述论点展开研究,分析产生裂缝原因的同时提出切实可行的加固方案。

## 1 工程概况

某互通匝道桥上部结构桥跨布置为预应力混凝土现浇箱梁,桥跨布置为(3×30 m+4×30 m+3×30 m),桥梁全宽8.5 m,桥梁全长304 m。桥面采用10 cm 沥青混凝土铺装,桥梁两侧采用外包式防撞护栏;下部结构采用柱式桥墩,桩接盖梁桥台,钻孔灌注桩基础。设计荷载为公路-I级,于2008年建

成通车。

## 2 裂缝特征

该桥3#墩柱发现6条环向裂缝,最大缝宽为0.40 mm,其中有4条长度超过墩身直径,立柱直径为1.5 m,裂缝最长为3.03 m。墩柱现场裂缝如图1所示。

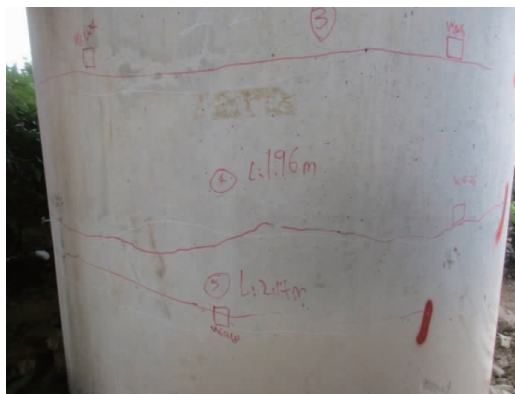


图1 3#墩环向裂缝现场状况图

裂缝分布典型特征表述如下:

(1)该桥墩裂缝产生于桥梁完成施工后,车辆荷载运行一段时间后发现,桥墩浇筑后查阅相关质量检查资料未记录有裂缝产生。

(2)同一墩身环向裂缝方向相同,均朝向圆曲线外侧,分布于墩柱呈现典型的横向(桥宽方向)弯曲受拉裂缝特征。

(3)裂缝长度未超过墩柱半个周长,对称墩柱自身中心,越往外,裂缝宽度越大。

环向裂缝在墩柱的正面与侧面分布示意图如图2所示。

## 3 有限元模型的建立

### 3.1 盖梁上部结构的荷载作用

为了提取3#桥墩盖梁在恒载、活载作用下的支

收稿日期: 2022-07-23

作者简介: 徐建(1984—),男,硕士,讲师,从事桥梁及岩土工程教学和研究工作。

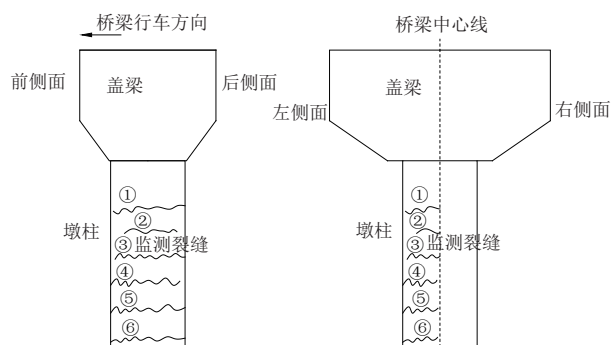


图2 3#墩环向裂缝分布示意图

座反力,本次建模对与3#桥墩相关联的第1、2联上部结构箱梁进行了建模分析,并提取相应荷载作用下的支座反力作为外加荷载作用到桥墩盖梁支座位置处。建模时,伸缩缝采用虚拟梁单元模拟,并释放梁端约束。

图3为汽车荷载偏载加载示意图。图4为恒载作用下Midas Civil 2019有限元软件计算出支座反力,按照《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)(以下简称“04规范”)下偏载作用下的支座反力如图5所示。《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)(以下简称“15规范”)下偏载作用下的支座反力如图6所示。

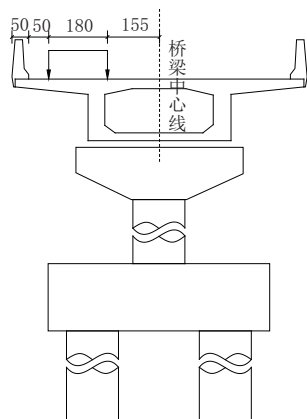


图3 汽车偏载图(单位:cm)



图4 恒载作用下支座反力(单位:kN)

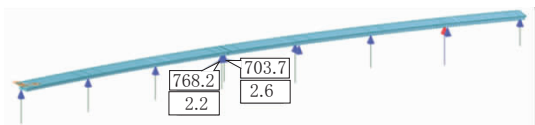


图5 偏载作用下支座反力(04规范,单位:kN)

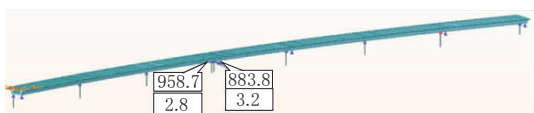


图6 偏载作用下支座反力(15规范,单位:kN)

为了更加清晰地比对理论受力与工程的实际病害情况,分析得出裂缝产生的原因,验算分别提取出曲线内外侧的支反力。在恒载、活载作用下,3#桥墩对应的支座反力见表1。

表1 支座反力结果 单位:kN

| 荷载          | 验算内容    |       |         |       |
|-------------|---------|-------|---------|-------|
|             | 第3跨3#墩  |       | 第4跨3#墩  |       |
|             | 曲线外侧    | 曲线内侧  | 曲线外侧    | 曲线内侧  |
| 恒载作用值       | 1 233.4 | 937.7 | 1 180.7 | 952.8 |
| 04规范汽车荷载作用值 | 768.2   | 2.2   | 703.7   | 2.6   |
| 15规范汽车荷载作用值 | 958.7   | 2.8   | 883.8   | 3.2   |

### 3.2 桥墩立柱建模分析

本次建模采用桥梁通用有限元软件 Midas Civil 2019 对桥墩盖梁(尺寸见图7)结构进行计算分析,并对结构进行验算分析,盖梁有限元模型共分30个单元,33个节点,其模型如图8所示。

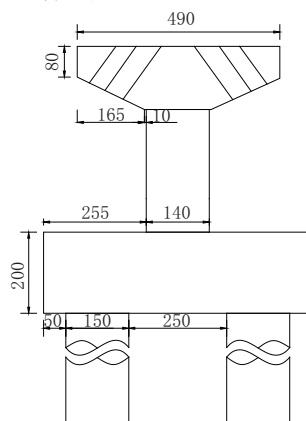


图7 盖梁尺寸图(单位:cm)

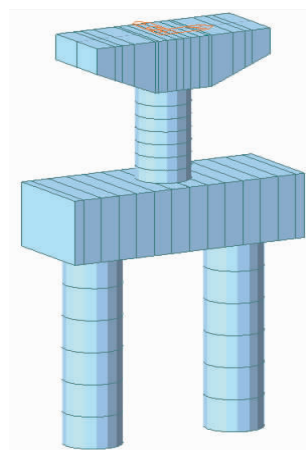


图8 盖梁模型图

### 3.3 分析结论

采用通用有限元软件 Midas Civil 2019 对桥墩盖梁结构分别按04规范、15规范对桥墩立柱承载能力和抗裂能力进行验算。在04规范荷载作用下,立柱轴心受压承载能力满足规范要求,偏心受压承载

能力、抗裂不满足规范要求。在 15 规范荷载作用下,立柱轴心受压承载能力满足规范要求,偏心受压承载能力、抗裂不满足规范要求。有限元结果见表 2。

表 2 结构验算结论

| 验算结果       | 验算内容     |          |        |
|------------|----------|----------|--------|
|            | 轴心受压 /kN | 偏心受压 /kN | 抗裂 /mm |
| 作用值(04)    | 8 207.8  | 8 207.8  | 0.18   |
| 作用值(15)    | 8 697.0  | 8 697.0  | 0.23   |
| 抗力值        | 23 077.7 | 7 385.5  | 0.2    |
| 是否满足规范(04) | 是        | 是        | 是      |
| 是否满足规范(15) | 是        | 否        | 否      |

4 裂缝成因分析

混凝土裂缝产生的原因有很多种,尤其是作为桥梁下部结构桥墩的受力构件,要从多个方面进行裂缝成因分析。从非结构性的方面分析,收缩裂缝是因混凝土内部约束结构表面混凝土的变形,产生的拉应力而引起的混凝土开裂。此病害主要发生在结构浇筑完成模板拆除后,因养护不及时,未按照施工标准进行保湿措施致使结构表面水分蒸发较快引起收缩裂缝。温度裂缝是因水泥水化热存在。因混凝土大体积的特点,水化热产生的热量不易散发,内部与外部存在差异而产生非线性温差,前期(3 d 左右)加之混凝土强度低,容易差生温度裂缝。结构性裂缝的形成主要是因为结构的受力、基础的不均匀沉降致使结构受力不均。在车荷载的作用下,结构竖向力大会使结构产生裂缝,依据裂缝特征描述,并结合工程的实际情况,通过受力分析判断裂缝为结构性裂缝。

对 3# 桥墩立柱进行空间有限元分析表明,在原设计荷载(04 规范)作用下,墩柱的偏心受压承载能力、结构抗裂均满足规范要求。但通过计算分析可知,在荷载(15 规范)作用下,墩柱的偏心受压承载能力、结构抗裂均不满足规范要求。

通过检测报告并结合现场调查表明,该桥桥墩的垂直度、梁体的线形均满足规范要求,伸缩缝也未发现明显病害。由此,可判断非地基沉降等原因造成桥墩产生裂缝。

由以上分析可见,该桥墩墩柱环向裂缝为结构受力性裂缝,不具备非结构性裂缝的特征,是由于在超载、偏压等作用下产生的弯曲拉应力裂缝,该裂缝的产生会直接影响结构的安全性和耐久性<sup>[8]</sup>,必须进行处治。

5 加固方案及效果

5.1 加固方案

对墩柱存在的环向裂缝,按常规措施处理后再采用钢抱箍方案进行处治,以提高立柱承载能力和抗裂性。相应的加固方案示意如图 9 所示。

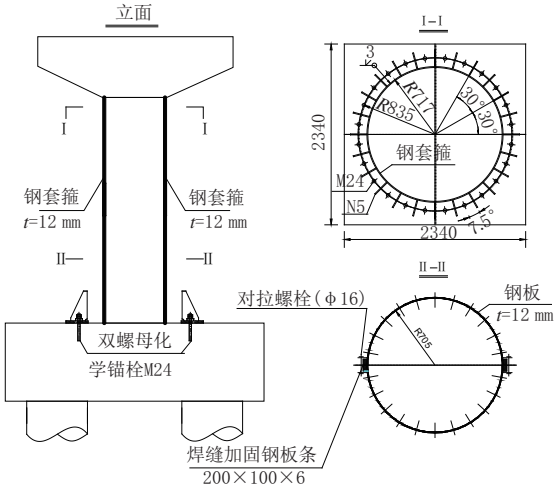


图 9 立柱钢抱箍加固图

(1)工艺流程:立柱表面清洗→裂缝处理→安装第一节钢套箍→逐节安装剩余钢套箍→灌注灌浆料→钢套箍防腐处理。

(2)施工工序。

- a. 对待处治立柱表面进行清洗,并按要求对裂缝进行灌浆处理。
- b. 对待加工的钢套箍内侧必须打磨,用丙酮清洗。
- c. 将加工好的钢套箍拼装焊接,可根据现场实际施工条件分段安装钢套箍并预留。钢套箍卷管成型后,分割成两半。安装后用剖口焊进行焊接,同时用 M16 高强对拉螺栓拧紧,并在焊缝上焊接钢板条,增加刚度。
- d. 钢套箍上下间隔 50 cm 左右设灌浆孔,梅花形布置。
- e. 在钢套箍内灌注灌浆料,确保钢套箍与立柱密贴。
- f. 对钢套箍外表面进行防腐处理。

(3)质量评定方法。钢套箍加固的质量检验<sup>[9-10]</sup>与验收应严格按照《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23—2008)<sup>[11]</sup>10.9 条进行。

5.2 加固效果

本次建模采用通用有限元软件 Midas Civil 2019 按 15 规范对桥墩立柱采用钢抱箍处治的效果进行计算分析。立柱裂缝宽度包络图及立柱偏心抗压包络图分别如图 10、图 11 所示。通过对该桥墩立柱钢

抱箍处治方法的效果进行验算,因轴心受压两种规范下均满要求,所以只比对了不满足要求的偏心受压和抗裂两个方面。在设计荷载(15 规范)作用下,立柱轴心受压承载能力满足规范要求,偏心受压承载能力、抗裂满足规范要求,处治效果验算结果见表 3。

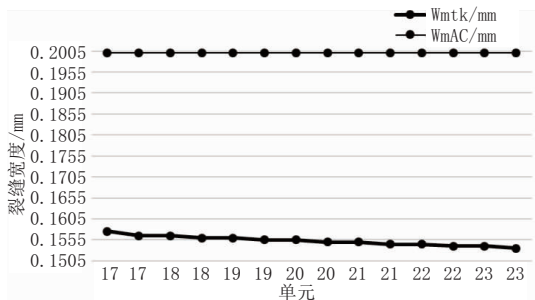


图 10 立柱裂缝宽度包络图

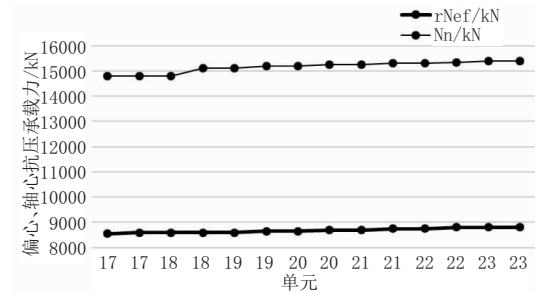


图 11 立柱偏心抗压包络图

表 3 处治效果验算结论

| 验算结果       | 验算内容     |        |
|------------|----------|--------|
|            | 钢抱箍      |        |
|            | 偏心受压 /kN | 抗裂 /mm |
| 作用值        | 8 761.3  | 0.16   |
| 抗力值        | 15 326.3 | 0.20   |
| 是否满足(15)规范 | 是        | 是      |

由裂缝宽度、偏心抗压包络图得到桥墩立柱采用钢抱箍的加方式后的受力效果明显好于加固前,抗裂效果、偏心受压均满足 15 规范的允许值。

## 6 结 语

通过对工程实例的研究分析可知,该桥墩裂缝的差生原因为偏心受压承载能力、抗裂不满足最新规范的要求,属于结构性裂缝,理论与实际相结合的方法研究了裂缝成因,为同类型工程病害的裂缝分析提供了思路。

由分析研究的数据可知,工程加固后,结构验算抗裂的作用值提高 30%,证明工程病害加固方案作用明显。

对承载能力、抗裂不足的桥墩立柱而产生的裂缝病害,在工程病害处理的方式上采用钢抱箍加固。由于紧箍力的作用,墩柱的承载能力、抗裂能力提高明显、效果显著。相对于其他加固方案而言,钢抱箍施工方便、快速,具有一定的适用和实用性。同时,此方案也为其他类似工程的病害分析和工程病害加固提供了参考与借鉴。

### 参考文献:

- [1] 刘志伟.低墩桥梁墩柱环向裂缝的原因分析与加固方案[J].中国市政工程,2012(4):82-84.
- [2] 李卫军.混凝土桥墩裂缝的成因分析及处理方法[J].交通标准化,2012(13):150-152.
- [3] 李秋生,王晓峰.桥墩常见裂缝及加固措施[J].公路交通科技(应用技术版),2012,8(7):79-80.
- [4] 白云峰.桥梁桥墩裂缝病害分析及加固设计[J].交通科技,2008(S1):41-42.
- [5] 华昊.神朔线燕家塔特大桥桥墩病害检分析及加固方案研究[J].铁道建筑,2013(10):31-33.
- [6] 高宏伟.铁路桥墩裂缝加固设计和有限元分析[J].交通科技,2012(1):32-35.
- [7] 朱政敏,庞博新,蒋严波,等.大倾角棱台形桥墩裂缝有限元分析与加固设计[J].中外公路,2013,33(6):140-144.
- [8] 陈东巨.圆端形桥墩裂缝成因分析及处理[J].现代城市轨道交通,2013(6):52-54.
- [9] JTG F80/1—2004,公路工程质量检验评定标准[S].
- [10] JTG H11—2004,公路桥涵养护规范[S].
- [11] JTG/T J23—2008,公路桥梁加固施工技术规范[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